

Univerzitet u Beogradu
Građevinski fakultet



SINTEZNI RAD

TEMA:

**Idejno rešenje sistema za navodnjavanje sportskog
centra “Teleoptik” u Zemunu**

Student: Vasilić Željko
Br.indeksa: 154/05

Beograd, oktobar 2009

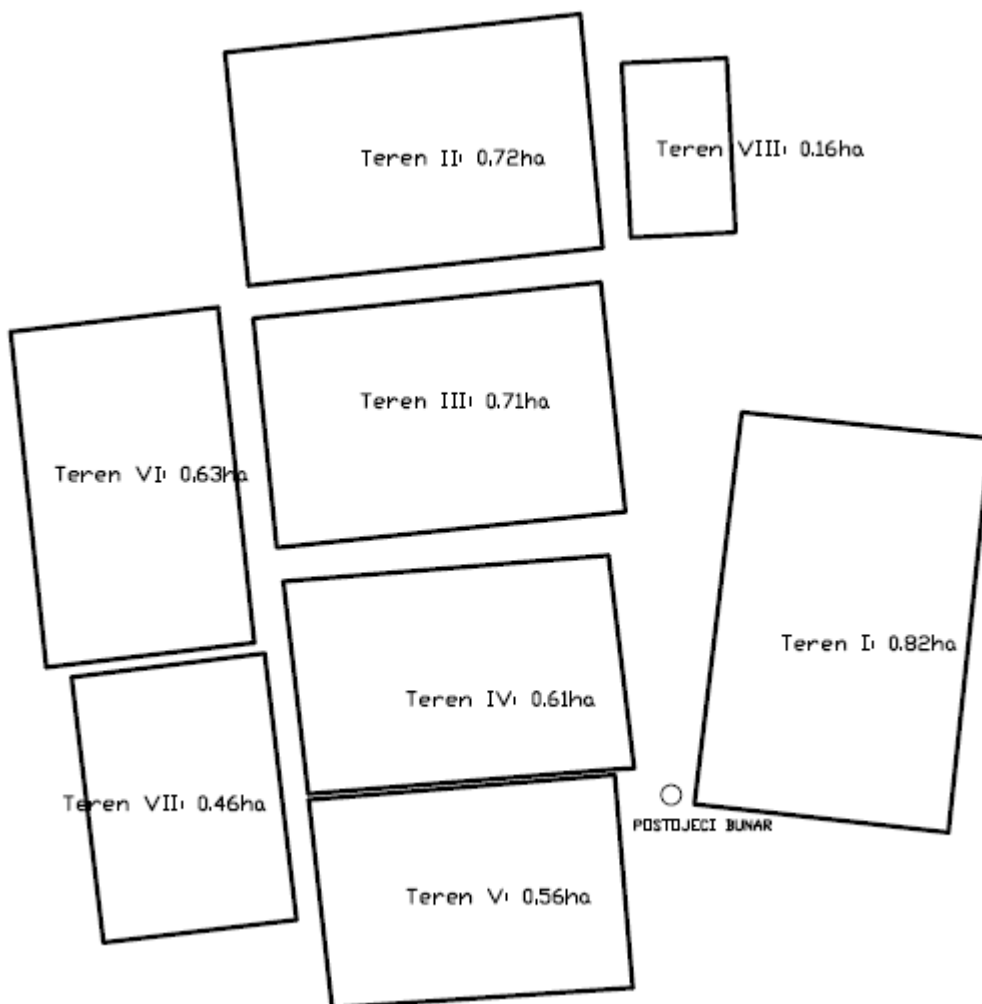
Sadržaj:

1. Tehnički izveštaj.....	3
1.1. Tema zadatka.....	3
1.2. Postojeći bunar.....	4
1.3. Potrebe za vodom.....	4
1.4. Tehničko rešenje.....	5
1.4.1. Prskači.....	5
1.4.2. Mreža.....	6
1.4.3. Model distribucije vode.....	7
1.4.4. Pumpa.....	7
2. Proračun referentne evapotranspiracije.....	8
3. Proračun hidromodula sistema.....	16
4. Uređaji za zalivanje.....	16
4.1. Usvajanje prskača.....	16
4.2. Model distribucije vode.....	22
5. Hidraulički proračun.....	24
6. Izbor pumpe.....	31
7. Predmer i predračun.....	37
8. Grafički prilozi.....	38

1. Tehnički izveštaj

1.1 Tema zadatka

- Dati idejno rešenje sistema za navodnjavanje sportskog centra Teleoptik u Zemunu.
- Površine za navodnjavanje obuhvataju 8 sportskih terena ukupne površine $A=4.68$ ha
- Za navodnjavanje koristiti postojeći bunar
- Raspolaze se dnevnim meteorološkim podacima za period od 5 godina (januar 2000.- decembar 2004.)



Slika 1: Raspored terena

1.2 Postojeći bunar

Na osnovu dostavljene projektne dokumentacije postojeći bunar ima sledeće karakteristike:

- Dubina bušenja iznosi 69 m, prečnika 820 mm.
- Kaptiran je vodonosni sloj na intervalu od 47,50 m do 62,50 m, sa PVC filterom u dužini 15 m.
- Ugrađena je bunarska PVC konstrukcija prečnika 315 mm za pritisak od 10 bara od +0,50 m – 65,50 m.
- Kvarcni zasip granulacije od 1-3 mm postavljen je u intervalu od 39 - 69 m.
- Izvršeno je zaptivanje glinom od 39 – 0 m.
- Utvrđen je hidrostatski nivo vode na dubini 15,14 m od površine terena.
- Izvršeno je opitno crpljenje vode u trajanju od 48 časova sa tri različita proticaja i dobijene su sledeće karakteristike:

$$Q_1 = 8,97 \text{ l/s} ; S_1 = 8,14 \text{ m}$$

$$Q_2 = 12,97 \text{ l/s} ; S_2 = 11,77 \text{ m}$$

$$Q_3 = 16,14 \text{ l/s} ; S_3 = 17,57 \text{ m}$$

- Maksimalni kapacitet bunara je $Q=20 \text{ l/s}$.

1.3 Potrebe za vodom

Merodavna evapotranspiracija za razmatrani period je $ET_o = q_s^{\text{neto}} = 7.72 \text{ mm/dan}$.

Bruto hidromodul sistema je $q_s^{\text{bruto}} = 9.08 \text{ mm/dan}$.

Usvojeni hidromodul sistema iznosi $q_s = 10 \text{ mm/dan}$.

Usvojena norma zalivanja je $D_n = 30 \text{ mm}$.

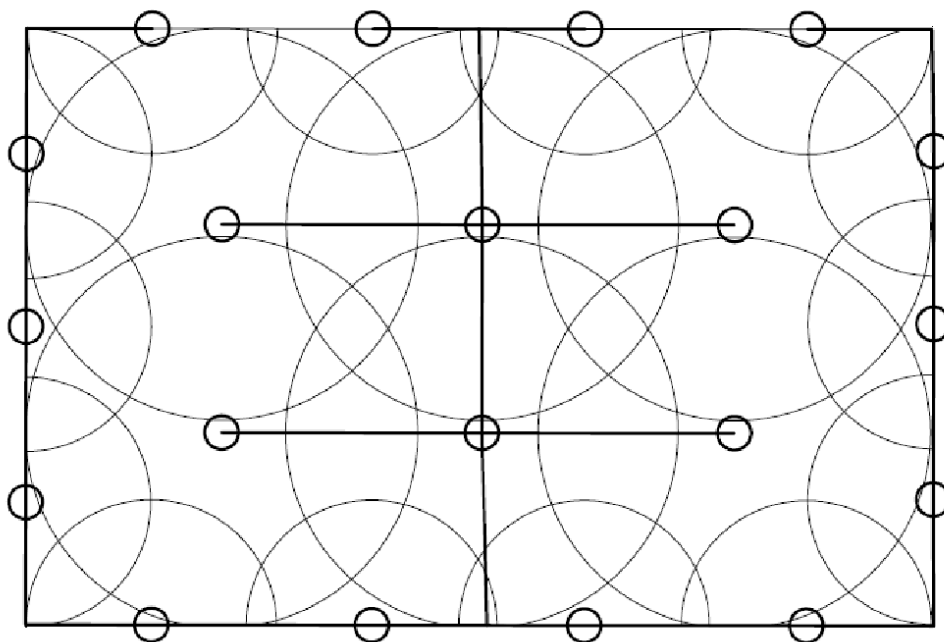
Turnus u merodavnom periodu je $\tau = 3 \text{ dana}$.

1.4 Tehničko rešenje

Tehničkim rešenjem predviđa se izgradnja stacionarnog sistema. Predviđena je granata distribuciona mreža. Ovaj tip mreže je usvojen jer za ovakav sistem nije neophodna velika obezbeđenost i shodno tome nije potrebno ulagati sredstva u prstenastu mrežu.

1.4.1 Prskači

Usvojena su dva tipa prskača, oba proizvođača „RAINBIRD“. Jači prskači tipa „Series 8005“ postavljeni su kao centralni, a prskači tipa „Series 5500“ kao obodni prskači. Oba prskača imaju radni pritisak 5 bara. Ukupno je usvojeno 33 prskača „Series 8005“ i 99 prskača „Series 5500“



Slika 2: Šematski prikaz rada prskača

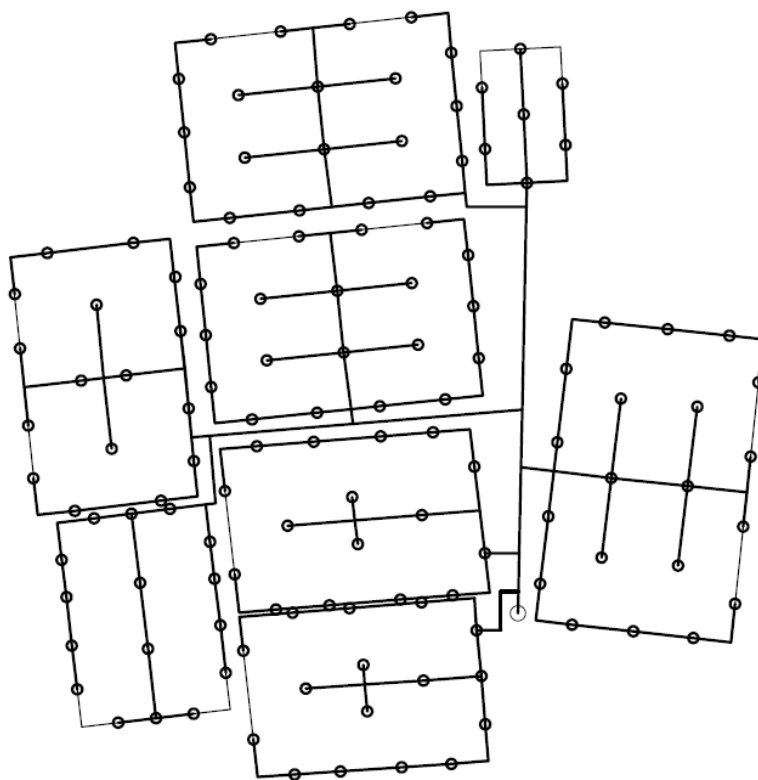
1.4.2 Mreža

Predviđa se granata distribuciona mreža od PEHD 100 cevi proizvođača „RUMAPLAST“.

	L (m)			
	Ø50	Ø75	Ø110	Ø140
Teren I	470.7	29.6	22.5	13
Teren II	391.8	24.2	36.8	66
Teren III	432.4	23.8	22	5.7
Teren IV	315.5	25.9	52.1	-
Teren V	293.7	22.7	71.4	-
Teren VI	342.5	8.7	56.3	-
Teren VII	215.1	53.4	58.8	-
Teren VIII	157.8	10.6	-	-
Glavni vod	-	-	-	457.6
Σ	2619.5	198.9	319.9	542.3

Ukupna dužina mreže je $L = 3680.6$ m.

Mreža je projektovana tako da se omogući isključenje svakog terena pojedinačno ukoliko je to potrebno. To je omogućeno šahtnim zatvaračima.



Slika 3: Granata distribuciona mreža

1.4.3 Model distribucije vode

Predviđena je rotaciona distribucija vode, usled ograničenog kapaciteta bunara. Radno vreme sistema je 10 sati u periodu od 20:00 do 06:00. Ukupno ima 6 rotacija. Napravljen je detaljan dinamički plan zalivanja.

1.4.4 Pumpa

Usvojena je pumpa proizvođača KSB, tip UPA 150C-60.

Uz pumpu je predviđen i frekventni regulator broja obrtaja tipa „PUMPDRIVE“ istog proizvođača.

2. Proračun referentne evapotranspiracije ET_o

- Za proračun referentne evapotranspiracije korišćene su meteorološke podloge za period od 5 godina (jan 2000.- dec 2004.)
- Korišćena je metoda PENMAN-MONTEITH-a

Prema ovoj metodi referentna evapotranspiracija definiše se kao ona količina vode koja se gubi sa referentne biljke pretpostavljene visine od 12cm, fiksnog površinskog otpora od 70 s/m i albeda 0.23 što odgovara evapotranspiraciji sa prostrane površine zelene trave koja potpuno pokriva zemljište određene vlažnosti.

$$\lambda ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p * \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma * (1 + \frac{r_s}{r_a})}$$

gde su:

- ◆ λ - latentna toplota isparavanja (MJ/kg)
- ◆ R_n - neto Sunčeva radijacija ($MJ/m^2 dan$)
- ◆ G - Razmena toplote sa Zemljom ($MJ/m^2 dan$)
- ◆ ρ_a - gustina vazduha (kg/m^3)
- ◆ C_p - specifična toplota vazduha ($MJ/kg^\circ C$)
- ◆ e_s - napon zasićene vodene pare (KPa)
- ◆ e_a - stvarni napon vodene pare (KPa)
- ◆ Δ - nagib krive zasićene vodene pare ($KPa/^\circ C$)
- ◆ γ - psihometrijska konstanta ($KPa/^\circ C$)
- ◆ r_s, r_a - otpori isparavanju (s/m)

- Proračun je sproveden u nekoliko koraka:

1. proračun radijacije na granici atmosfere $Ra (MJ/m^2 dan)$

- To je astronomska veličina i zavisi od perioda godine i geografske širine

$$Ra = (24 * \frac{60}{\pi}) * 0.082 * d_r * (\omega * \sin \varphi * \sin \delta + \sin \omega * \cos \varphi * \cos \delta)$$

gde su:

- ♦ δ – solarna deklinacija (rad)
 $\delta = 0.4093 * \sin((2\pi/365) * n_{dan} - 1.39)$
- ♦ φ – geografska širina (rad)
- ♦ ω – ugao zalaska sunca (rad)
 $\omega = \arccos(-\tan \varphi * \tan \delta)$
- ♦ d_r – relativno rastojanje izmedju Zemlje i Sunca
 $d_r = (1 + 0.033 * \cos((2\pi/365) * n_{dan}))$

2. proračun kratkotalasne radijacije $Rs (MJ/m^2 dan)$

$$Rs = Ra * (a_s + b_s \frac{n}{N})$$

3. proračun neto kratkotalasne radijacije $Rns (MJ/m^2 dan)$

$$Rns = (1 - \alpha) * Rs$$

Gde je:

α - koef.refleksije (albedo)

4. proračun neto dugotalasnog zračenja $R_{nl} (MJ/m^2 dan)$

$$R_{nl} = \sigma * \frac{(T_{max}^4 + T_{min}^4)}{2} * (0.34 - 0.1\sqrt{e_a}) * (0.1 + 0.9 \frac{n}{N})$$

Gde su:

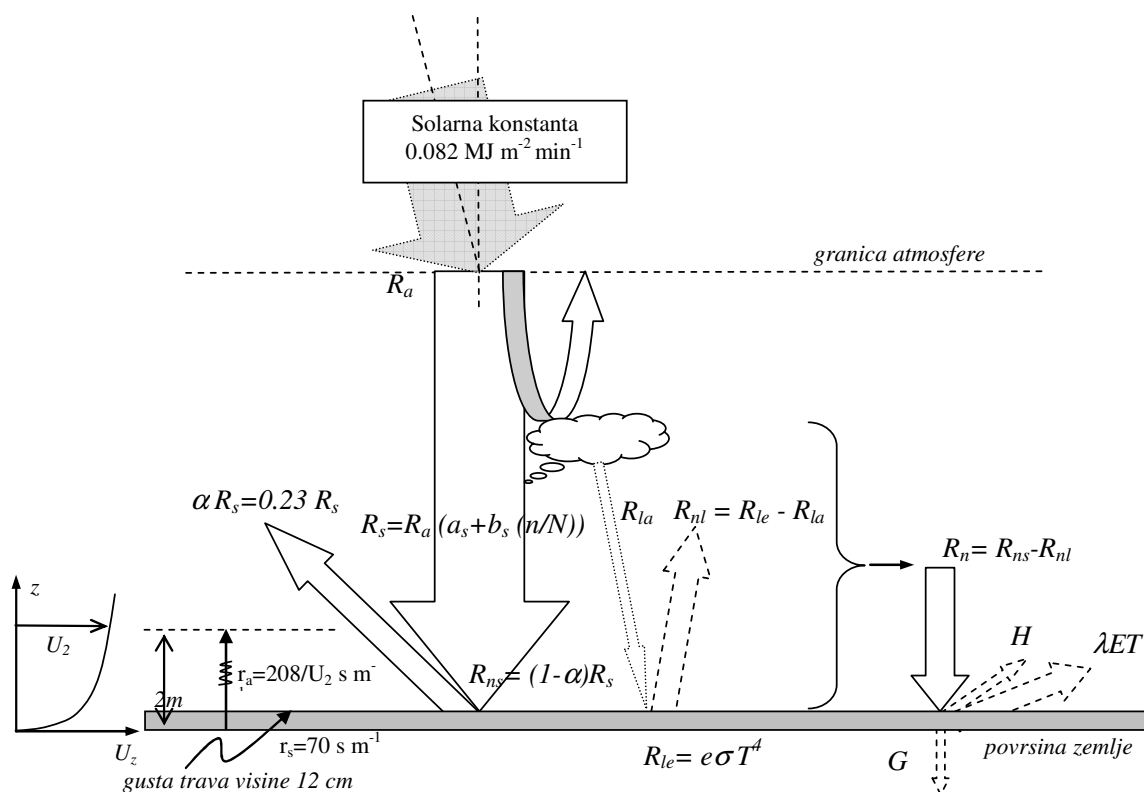
σ - Štefan-Bolcmanova konstanta ($MJ/m^2 dan K^4$)

e_a - stvarni napon vodene pare (KPa)

$\frac{n}{N}$ - relativna insolacija

5. proračun neto radijacije $R_n (MJ/m^2 dan)$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$



Slika 4: Energetski bilans

6. proračun radijacione komponente ET_{rad} (mm/dan)

$$ET_{rad} = \frac{\overline{\Delta}(Rn - G) * \frac{1}{\lambda}}{\overline{\Delta} + \gamma^*}$$

Gde su:

λ - latentna toplota isparavanja (MJ/kg)

$$\lambda = 2.501 - 2.361 * 10^{-3} * \overline{T}$$

γ^* - korigovana psihometrijska konstanta

$$\gamma^* = \gamma(1 + r_s/r_a)$$

Gde su:

$$\gamma = 0.0016286 \frac{P}{\lambda}$$

r_s – otpor biljke ($r_s = 70 \text{ s/m}$)

r_a – aerodinamički otpor isparavanju ($r_a = 208/U_2$)

7. proračun aeracione komponente ET_{aero} (mm/dan)

$$ET_{aero} = \frac{\gamma}{\overline{\Delta} + \gamma^*} * \frac{900}{\overline{T} + 273} * U_2 * (\overline{e_s} - e_a)$$

Gde su:

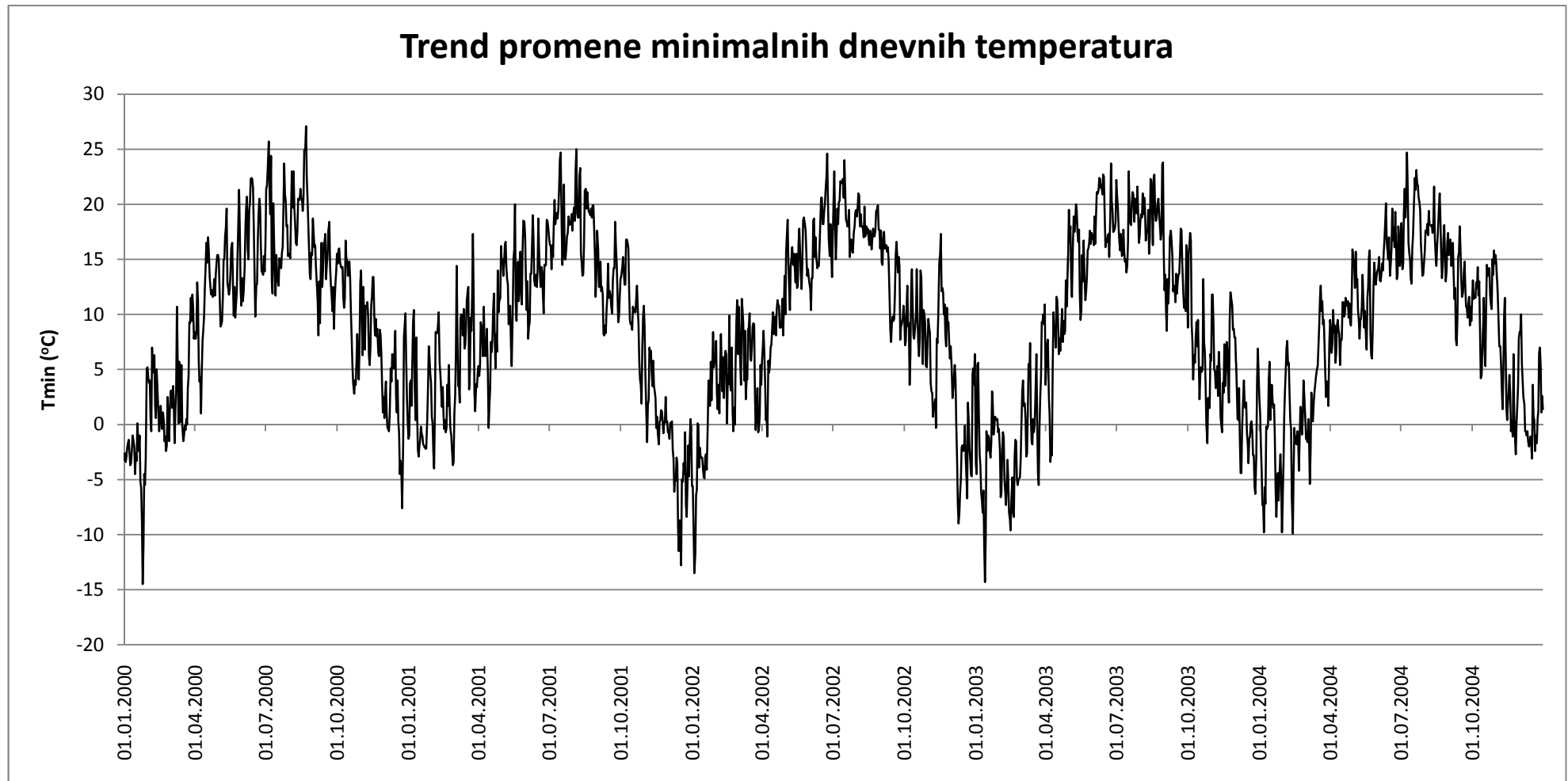
U_2 - brzina vetra na 2m visine (m/s)

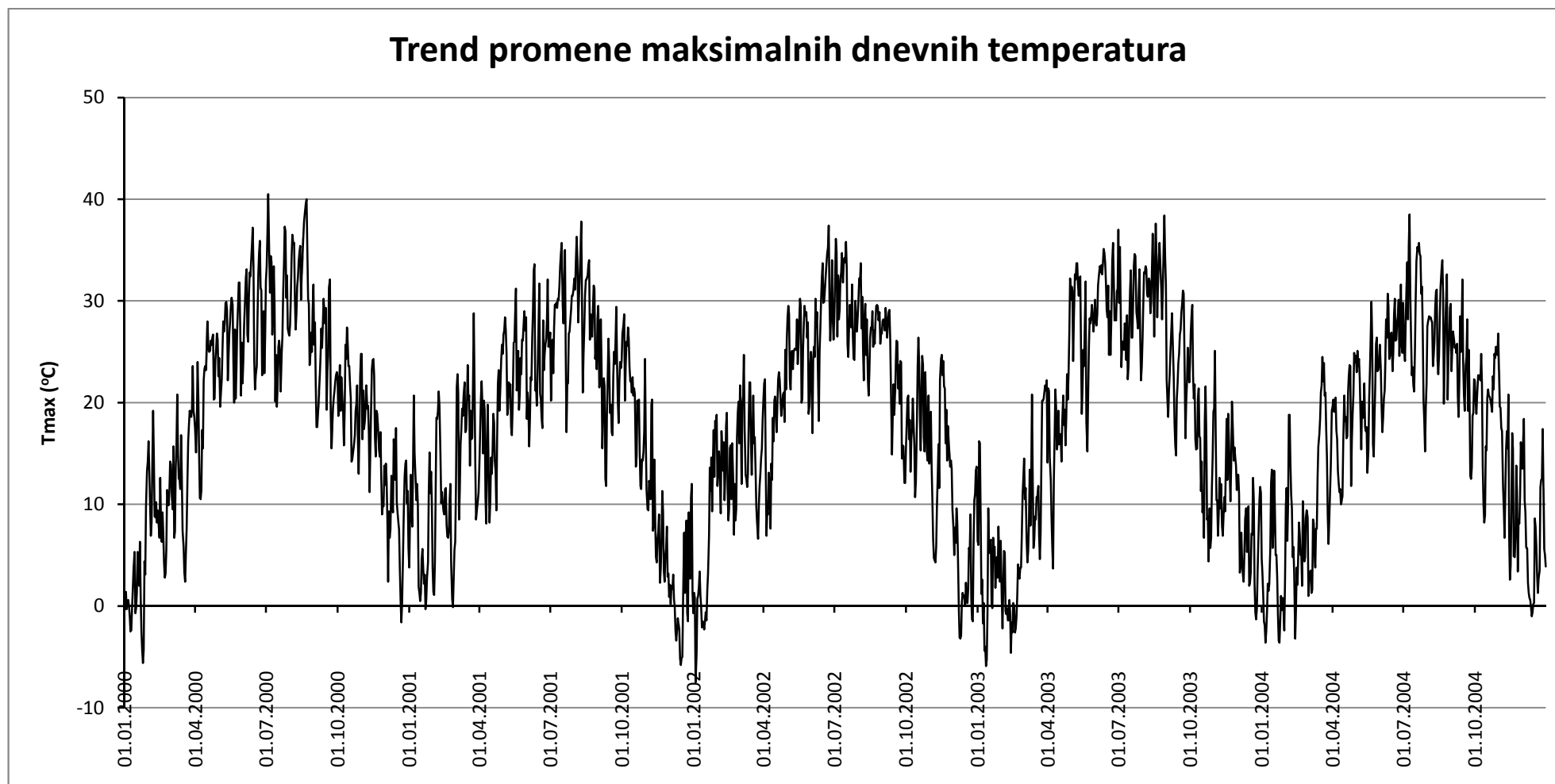
$\overline{T}$ - srednja vrednost temperature

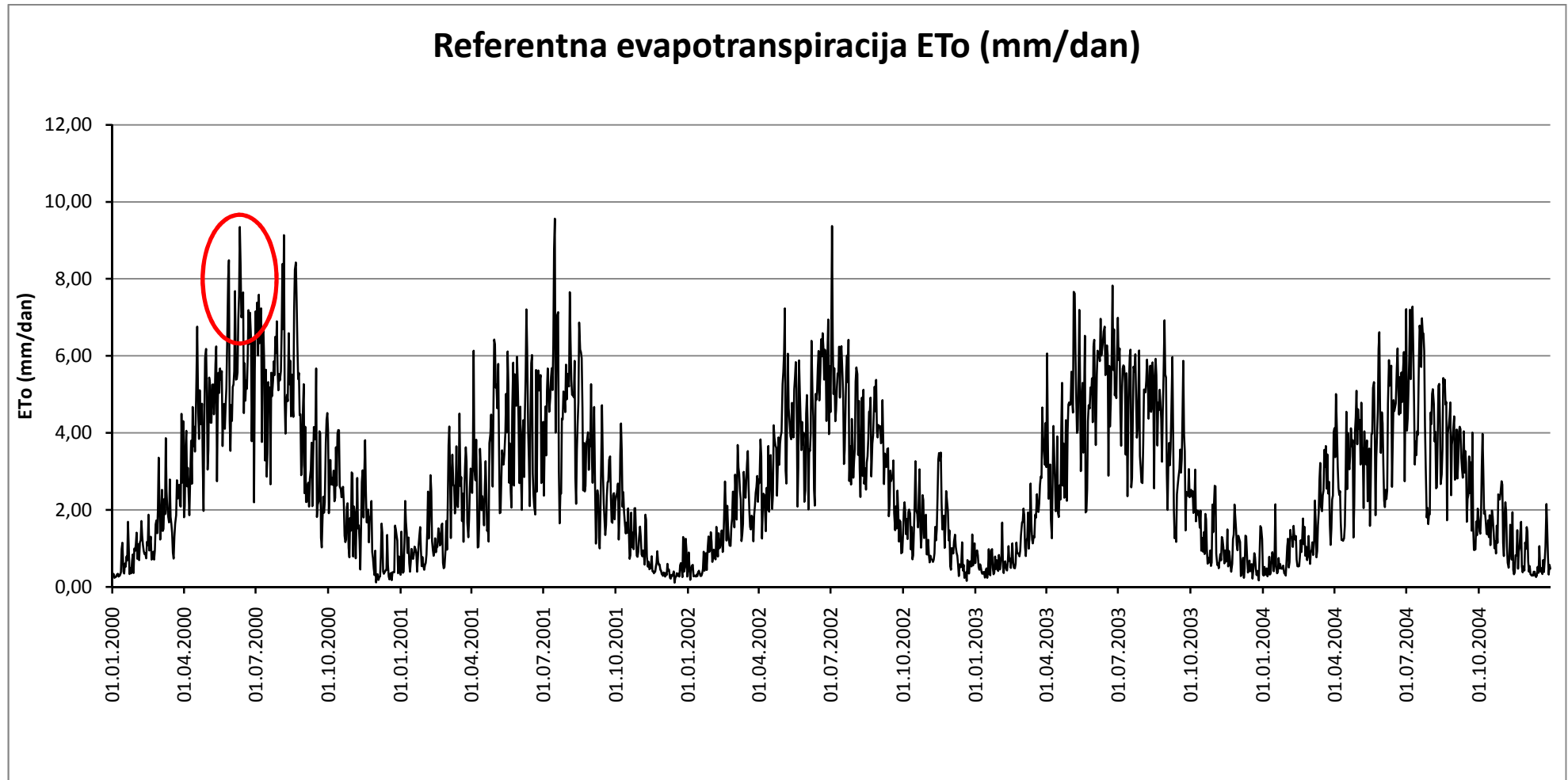
8. proračun ukupne evapotranspiracije ET_o (mm/dan)

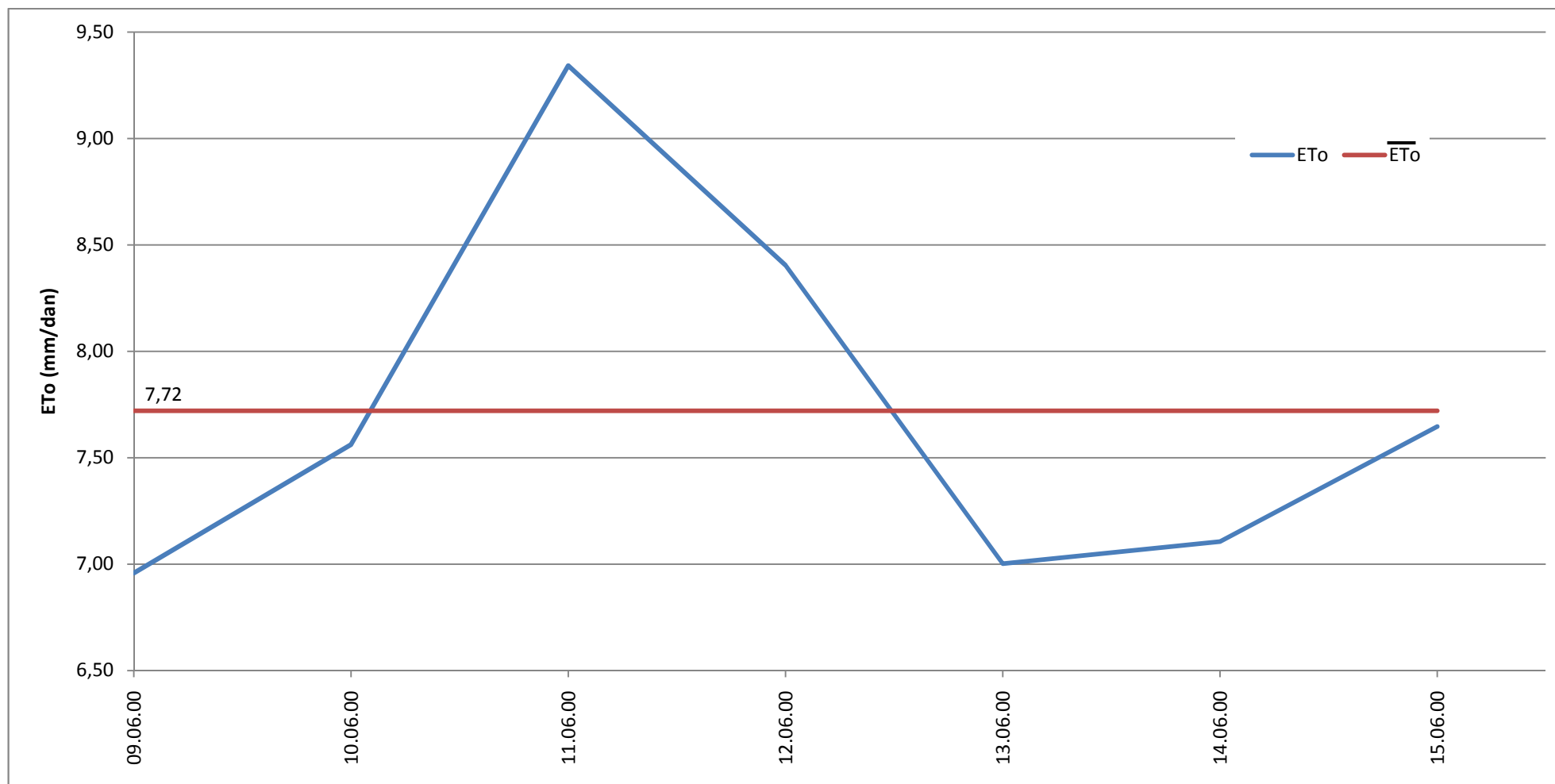
$$ET_o = ET_{rad} + ET_{aero}$$

Grafički prikazi maksimalnih i minimalnih temperatura u razmatranom periodu, kao i izračunate evapotranspiracije dati su u sledećim prilogima.









3. Proračun hidromodula sistema q_s

Na osnovu sračunatih evapotranspiracija za niz od 5 godina određena je maksimalna srednja vrednost evapotranspiracije za period od 7 sušnih dana metodom MOVING AVERAGE. Ta vrednost je usvojena za neto hidromodul sistema i ona iznosi $q_s^{\text{neto}}=7.72$ mm/dan.

Bruto hidromodul sistema je dobijen kada je u obzir uzeta efikasnost metode zalivanja kišenjem koja se primenjuje u sistemu, i on iznosi $q_s^{\text{bruto}}=9.08$ mm/dan.

Usvojeni hidromodul sistema iznosi $q_s=10$ mm/dan.

Usvojena norma zalivanja je $D_n=30$ mm.

Turnus u merodavnom periodu je $\tau=3$ dana.

4. Uređaji za zalivanje

4.1 Usvajanje prskača

Prskači su usvojeni tako da zadovolje kriterijum jednakosti intenziteta kišenja. Usvojeni su prskači proizvođača "RAINBIRD" tipa "8005 Series" i "5500 Series". Oba modela se mogu podesiti tako da kontinualnim kretanjem pokrivaju luk od 360° ili da pokrivaju lukove u rasponu od 50° do 330° . Snažniji model "8005 Series" je predviđen kao centralni prskač koji zahvata ceo luk od 360° , a model "5500 Series" kao prskač postavljen na ivici terena koji zahvata luk od 180° .

Karakteristike prskača su:

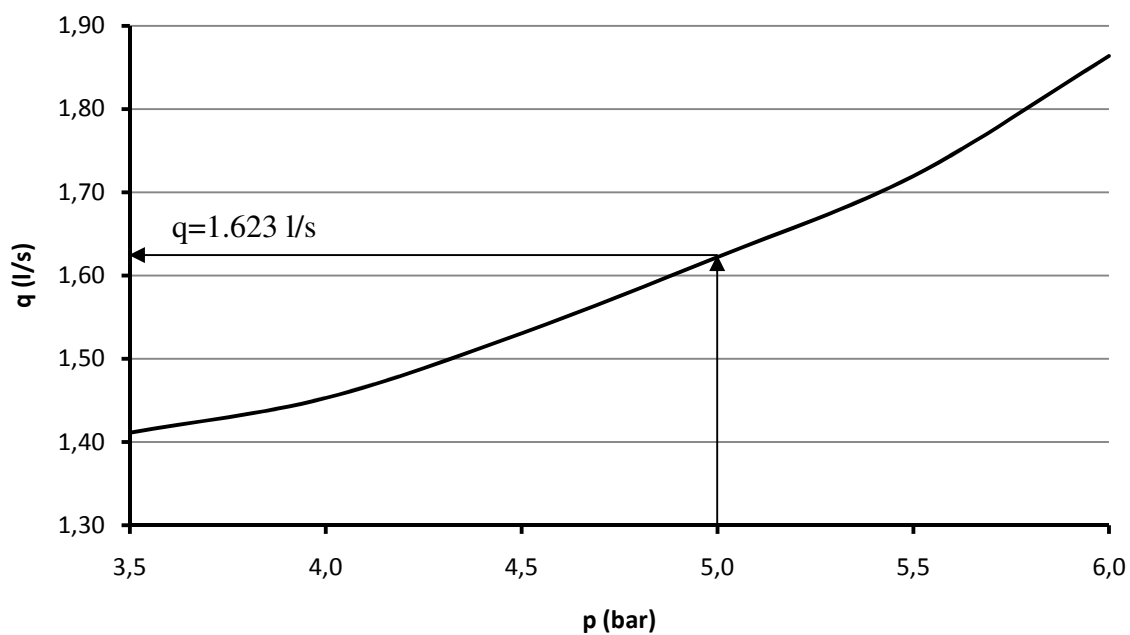
"5500 Series"

- $p=5$ bara
- $R=14.3$ m
- $q=0.328$ l/s

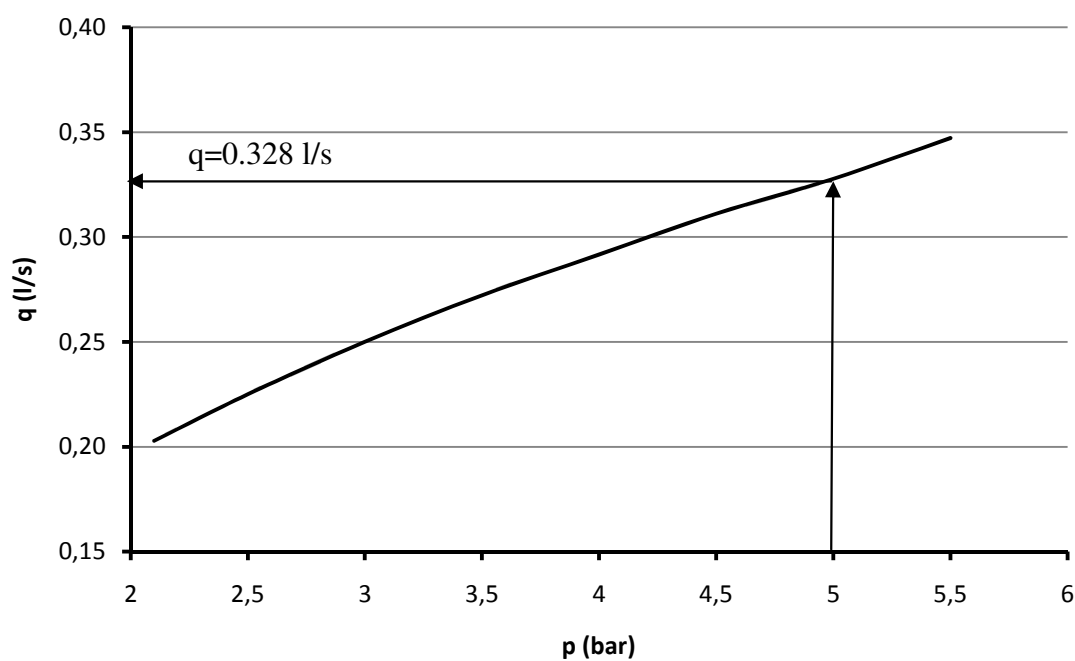
"8005 Series"

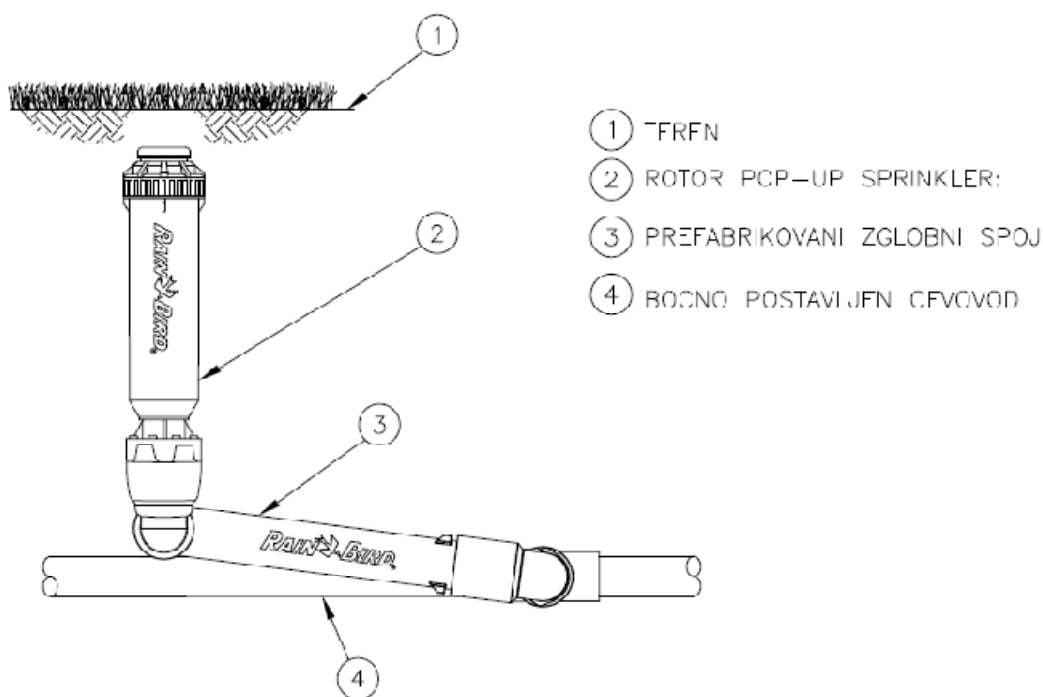
- $p=5$ bara
- $R=22.4$ m
- $q=1.623$ l/s

"Series 8005"



"Series 5500"





Slika 5: Šematski prikaz prskaca

Prskači su postavljeni tako da se pokrije celokupna površina terena. Za svaki teren je zatim proračunato potrebno vreme rada da bi se isporučila potrebna količina vode od 30 mm.

TEREN I

usvojeno n1=	6	prskaca "8005"
usvojeno n2=	14	prskaca "5500"
A=	0.82	ha
V _{pot} =A*D _{max} =	246000	l
Q _{uk} =n1*q1+n2*q2=	14.33	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 4.77 \text{ h}$$

usvojeno T= 5.00 h

Disp= 31.46 mm

TEREN II

usvojeno n1=	6	prskaca "8005"
usvojeno n2=	14	prskaca "5500"
A=	0.72	ha
Vpot=A*Dmax=	216000	l
Quk=n1*q1+n2*q2=	14.33	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 4.19 \quad h$$

usvojeno T= 4.50 h

Disp= 32.24 mm

TEREN III

usvojeno n1=	6	prskaca "8005"
usvojeno n2=	14	prskaca "5500"
A=	0.71	ha
Vpot=A*Dmax=	213000	l
Quk=n1*q1+n2*q2=	14.33	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 4.13 \quad h$$

usvojeno T= 4.50 h

Disp= 32.70 mm

TEREN IV

usvojeno n1=	4	prskaca "8005"
usvojeno n2=	12	prskaca "5500"
A=	0.61	ha
Vpot=A*Dmax=	183000	l
Quk=n1*q1+n2*q2=	10.43	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 4.87 \quad h$$

usvojeno T= 5.00 h

Disp= 30.77 mm

TEREN V

usvojeno n1=	4	prskaca "8005"
usvojeno n2=	13	prskaca "5500"
A=	0.56	ha
Vpot=A*Dmax=	168000	l
Quk=n1*q1+n2*q2=	10.76	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 4.34 \text{ h}$$

usvojeno T= 4.50 h

Disp= 31.12 mm

TEREN VI

usvojeno n1=	4	prskaca "8005"
usvojeno n2=	12	prskaca "5500"
A=	0.63	ha
Vpot=A*Dmax=	189000	l
Quk=n1*q1+n2*q2=	10.43	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 5.03 \text{ h}$$

usvojeno T= 5.00 h

Disp= 29.79 mm

TEREN VII

usvojeno n1=	2	prskaca "8005"
usvojeno n2=	14	prskaca "5500"
A=	0.46	ha
Vpot=A*Dmax=	138000	l
Quk=n1*q1+n2*q2=	7.84	l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 4.89 \text{ h}$$

usvojeno T= 5.00 h

Disp= 30.67 mm

TEREN VIII

usvojeno n1= 1 prskaca "8005"
 usvojeno n2= 6 prskaca "5500"
 A= 0.16 ha
 Vpot=A*Dmax= 48000 l
 Quk=n1*q1+n2*q2= 3.59 l/s

$$T = \frac{V_{pot}}{Q_{uk}} = 3.71 \text{ h}$$

usvojeno T= 4.00 h

Disp= 32.32 mm

Formirana je granata distribuciona mreža sa glavnim vodom sa koga se odvajaju grane za pojedine terene. Predviđeni su zatvarači na svakom od ogranaka da bi se omogućilo isključenje svakog terena pojedinačno.

Tabela: Karakteristike terena i usvojen broj prskaca

Teren	A (ha)	Broj prskaca "8005"	Broj prskaca "5500"	Q (l/s)	Trajanje zalivanja (h)
1	0.82	6	14	14.33	5
2	0.72	6	14	14.33	4.5
3	0.71	6	14	14.33	4.5
4	0.61	4	12	10.43	5
5	0.56	4	13	10.76	4.5
6	0.63	4	12	10.43	5
7	0.46	2	14	7.84	5
8	0.16	1	6	3.59	4

4.2 Model distribucije vode

Usled ograničenog kapaciteta bunara od 20 l/s, usvojena je rotaciona distribucija vode.

Predviđeno radno vreme sistema je $T_d=10h$, u periodu od 20:00 do 06:00. U skladu sa tim, turnusom $\tau=3$ dana i ograničenim kapacitetom bunara usvojeno je šest rotacija u sledećem rasporedu:

- I rotacija:
Teren I u periodu od 20:00 do 01:00 sa maksimalnim protokom $Q=14.33$ l/s
- II rotacija:
Teren III u periodu od 01:00 do 05:30 sa maksimalnim protokom $Q=14.33$ l/s
- III rotacija:
Teren II u periodu od 20:00 do 00:30 i teren VIII u periodu od 20:00 do 00:00 sa maksimalnim protokom $Q=17.92$ l/s
- IV rotacija:
Teren IV u periodu od 01:00 do 06:00 sa maksimalnim protokom $Q=10.43$ l/s
- V rotacija:
Teren V u periodu od 20:00 do 00:30 sa maksimalnim protokom $Q=10.76$ l/s
- VI rotacija:
Tereni V i VI u periodu od 01:00 do 06:00 sa maksimalnim protokom $Q=18.27$ l/s

Dinamički plan zalivanja dat je u sledećem prilogu.

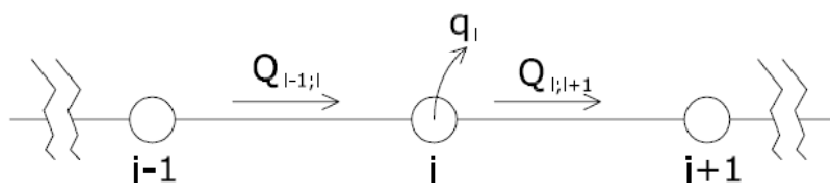
Dinamički plan zalivanja:

DAN	SAT	TEREN I	TEREN II	TEREN III	TEREN IV	TEREN V	TEREN VI	TEREN VII	TEREN VIII
1	1:00								
	2:00								
	3:00								
	4:00								
	5:00								
	6:00								
	7:00								
	8:00								
	9:00								
	10:00								
	11:00								
	12:00								
	13:00								
	14:00								
	15:00								
	16:00								
	17:00								
	18:00								
	19:00								
	20:00	ukupno 20 prskaca							
2	21:00	A=0.82ha							
	22:00	Quk=14.33 l/s							
	23:00	Tz=5h							
	0:00	Disp=31.46 mm							
	1:00			ukupno 20 prskaca					
	2:00			A=0.71ha					
	3:00			Quk=14.33 l/s					
	4:00			Tz=4.5h					
	5:00			Disp=32.70 mm					
	6:00								
	7:00								
	8:00								
	9:00								
	10:00								
	11:00								
	12:00								
	13:00								
	14:00								
	15:00								
	16:00								
3	17:00								
	18:00								
	19:00								
	20:00		ukupno 20 prskaca						ukupno 7 prskaca
	21:00		A=0.72ha						A=0.16ha
	22:00		Quk=14.33 l/s						Quk=3.59 l/s ;Tz=4h
	23:00		Tz=4.5h						Disp=32.32 mm
	0:00		Disp=32.24 mm						
	1:00				ukupno 16 prskaca				
	2:00				A=0.61ha				
	3:00				Quk=10.43 l/s				
	4:00				Tz=5h				
	5:00				Disp=30.77 mm				
	6:00								
	7:00								
	8:00								
	9:00								
	10:00								
	11:00								
	12:00								
	13:00								
4	14:00								
	15:00								
	16:00								
	17:00								
	18:00								
	19:00								
	20:00					ukupno 17 prskaca			
	21:00					A=0.56ha			
	22:00					Quk=10.76 l/s			
	23:00					Tz=4.5h			
	0:00					Disp=31.12 mm			
	1:00						ukupno 16 prskaca	ukupno 16 prskaca	
	2:00						A=0.63ha	A=0.46ha	
	3:00						Quk=10.43 l/s	Quk=7.84 l/s	
	4:00						Tz=5h	Tz=5h	
	5:00						Disp=29.79 mm	Disp=30.67 mm	
	6:00								
	7:00								
	8:00								
	9:00								
	10:00								
	11:00								
	12:00								
	13:00								
	14:00								
	15:00								
	16:00								
	17:00								
	18:00								
	19:00								
	20:00								
	21:00								
	22:00								
	23:00								
	0:00								

5. Hidraulički proračun

Sproveden je hidraulički proračun za granatu mrežu, jer se ,kao što je ranije navedeno ovaj tip mreže najčešće koristi u sistemima za navodnjavanje pa je to i ovde slučaj. Proračun je sproveden u nekoliko koraka i posebno za svaku rotaciju.

- Prolaz unazad (podrazumeva proračun protoka)



$$Q_{i-1;i} = Q_{i;i+1} + q_i$$

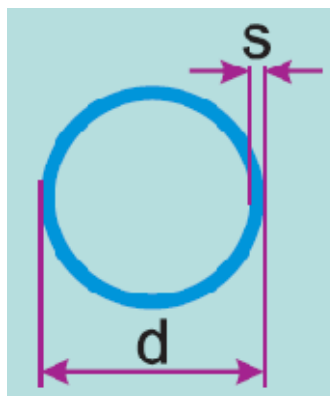
- Odredjivanje prečnika cevovoda

Minimalan prečnik cevovoda je određen iz uslova da za izračunati protok brzina u cevovodu ne bude veća od $V=1.5$ m/s.

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{\max}}}$$

Usvojene su PEHD 100 cevi proizvođača "RUMAPLAST" sa sledećim karakteristikama:

D (mm)	s (mm)
50	3
75	4.5
110	6.6
140	8.3



slika 6:
Poprečni presek
cevi

- Proračun gubitka energije ΔE

$$\Delta E_{i;i+1} = \frac{8\lambda_{i;i+1} * L_{i;i+1}}{D^5 \pi^2 g} * Q_{i;i+1}^2$$

gde su:

λ -koeficijent trenja

L-dužina cevi

D-prečnik cevi

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{k/D}{3.71} + \frac{5.1286}{Re^{0.89}}\right)$$

gde su:

k-hrapavost

Re-Rejnoldsov broj

Kompletan hidraulički proračun dat je u sledećim priložima.

												ROTACIJA I					ROTACIJA II					ROTACIJA III					
TEREN	CEV	Q rot I (l/s)	Q rot II (l/s)	Q rot III (l/s)	Q rot IV (l/s)	Q rot V (l/s)	Q rot VI (l/s)	Q max (l/s)	D _{min} (mm)	D _{usv} (mm)	Lij (m)	V _{stv} (m/s)	Re (-)	λ (-)	Kij (s ² /m ⁵)	ΔE (m)	V _{stv} (m/s)	Re (-)	λ (-)	Kij (s ² /m ⁵)	ΔE (m)	V _{stv} (m/s)	Re (-)	λ (-)	Kij (s ² /m ⁵)	ΔE (m)	
TEREN I	5-6	0,328						0,328	16,69	50	30,00	0,167	8352,451	0,035382	280654,7	0,03											
	6-7	0,656						0,656	23,60	50	23,9	0,334	16704,9	0,030919	195387,1	0,08											
	7-8	0,984						0,984	28,90	50	24,4	0,501	25057,35	0,029031	187295,7	0,18											
	8-9	1,312						1,312	33,37	50	31,5	0,668	33409,81	0,027953	232810,9	0,40											
	9-10	1,64						1,64	37,31	50	28,5	0,835	41762,26	0,027244	205301	0,55											
	10-11	1,968						1,968	40,87	50	11,7	1,002	50114,71	0,02674	82720,19	0,32											
	12-13	0,328						0,328	16,69	50	13,3	0,167	8352,451	0,035382	124423,6	0,01											
	13-14	0,328						0,328	16,69	50	13,3	0,167	8352,451	0,035382	124423,6	0,01											
	13-16	0,656						0,656	23,60	50	23	0,334	16704,9	0,030919	188029,4	0,08											
	17-16	1,623						1,623	37,12	50	30,8	0,827	41329,36	0,027275	222119,8	0,59											
	15-16	1,623						1,623	37,12	50	30,8	0,827	41329,36	0,027275	222119,8	0,59											
	16-19	5,525						5,525	68,48	75	29,6	1,251	93795,31	0,023552	24273,67	0,74											
	19-20	1,623						1,623	37,12	50	30,8	0,827	41329,36	0,027275	222119,8	0,59											
	19-18	1,623						1,623	37,12	50	30,8	0,827	41329,36	0,027275	222119,8	0,59											
	11-19	10,394						10,394	93,93	110	22,5	1,094	120309,6	0,021644	2498,512	0,27											
	22-21	0,328						0,328	16,69	50	29,5	0,167	8352,451	0,035382	275977,1	0,03											
	23-22	0,656						0,656	23,60	50	23,3	0,334	16704,9	0,030919	190481,9	0,08											
	24-23	0,984						0,984	28,90	50	23,7	0,501	25057,35	0,029031	181922,5	0,18											
	25-24	1,312						1,312	33,37	50	28,3	0,668	33409,81	0,027953	209160,3	0,36											
	26-25	1,64						1,64	37,31	50	26,1	0,835	41762,26	0,027244	188012,5	0,51											
	11-26	1,968						1,968	40,87	50	17	1,002	50114,71	0,02674	120191,7	0,47											
	4-11	14,33						14,33	110,29	140	13	0,931	130325,2	0,020723	413,8869	0,08											
TEREN III	59-60		0,328					0,328	16,69	50	28,7						0,167	8352,451	0,035382	268493	0,03						
	60-61		0,656					0,656	23,60	50	19,8						0,334	16704,9	0,030919	161868,8	0,07						
	61-62		0,984					0,984	28,90	50	20,1						0,501	25057,35	0,029031	154288,7	0,15						
	62-63		1,312					1,312	33,37	50	28,4						0,668	33409,81	0,027953	209899,3	0,36						
	63-64		1,64					1,64	37,31	50	25,2						0,835	41762,26	0,027244	181529,3	0,49						
	64-65		1,968					1,968	40,87	50	13,2						1,002	50114,71	0,02674	93325,35	0,36						
	66-67		0,328					0,328	16,69	50	12,2						0,167	8352,451	0,035382	114132,9	0,01						
	67-68		0,328					0,328	16,69	50	12,2						0,167	8352,451	0,035382	114132,9	0,01						
	67-70		0,656					0,656	23,60	50	22,5						0,334	16704,9	0,030919	183941,8	0,08						
	69-70		1,623					1,623	37,12	50	29,8						0,827	41329,36	0,027275	214908,1	0,57						
	71-70		1,623					1,623	37,12	50	28,8						0,827	41329,36	0,027275	207696,5	0,55						
	70-73		5,525					5,525	68,48	75	23,8						1,251	93795,31	0,023552	19517,34	0,60						
	73-74		1,623					1,623	37,12	50	28,8						0,827	41329,36	0,027275	207696,5	0,55						
	72-73		1,623					1,623	37,12	50	29,8						0,827	41329,36	0,027275	214908,1	0,57						
	73-65		10,394					10,394	93,93	110	22						1,094	120309,6	0,021644	2442,989	0,26						
	75-76		0,328					0,328	16,69	50	28,1						0,167	8352,451	0,035382	262879,9	0,03						
	76-77		0,656					0,656	23,60	50	19,8						0,334	16704,9	0,030919	161868,8	0,07						
	77-78		0,984					0,984	28,90	50	20,1						0,501	25057,35	0,029031	154288,7	0,15						
	78-79		1,312					1,312	33,37	50	28,4						0,668	33409,81	0,027953	209899,3	0,36						
	79-80		1,64					1,64	37,31	50	25,4						0,835	41762,26	0,027244	182970	0,49						
	80-65		1,968					1,968	40,87	50	11,1						1,002	50114,71	0,02674	78478,13	0,30						
	65-81		14,33					14,33	110,29	140	5,7						0,931	130325,2	0,020723	181,4735	0,04						
TEREN II	36-37			0,328				0,328	16,69	50	27,8											0,167	8352,451	0,035382	260073,4	0,03	
	37-38			0,656				0,656	23,60	50	20,7											0,334	16704,9	0,030919	169226,4	0,07	
	38-39			0,984				0,984	28,90	50	21,3											0,501	25057,35	0,029031	163499,9	0,16	
	39-40			1,312				1,312	33,37	50	2																

												ROTACIJA IV					ROTACIJA V					ROTACIJA VI				
TEREN	CEV	Q rot I (l/s)	Q rot II (l/s)	Q rot III (l/s)	Q rot IV (l/s)	Q rot V (l/s)	Q rot VI (l/s)	Q max (l/s)	Dmin (mm)	Dusv (mm)	Lij (m)	Vstv (m/s)	Re (-)	λ (-)	Kij (s²/m⁵)	ΔE (m)	Vstv (m/s)	Re (-)	λ (-)	Kij (s²/m⁵)	ΔE (m)	Vstv (m/s)	Re (-)	λ (-)	Kij (s²/m⁵)	ΔE (m)
TEREN IV	82-83				0,328			0,328	16,69	50	30,4	0,167	8352,451	0,035382	284396,8	0,03										
	83-84				0,656			0,656	23,60	50	22	0,334	16704,9	0,030919	179854,2	0,08										
	84-85				0,984			0,984	28,90	50	25,9	0,501	25057,35	0,029031	198809,8	0,19										
	85-86				1,312			1,312	33,37	50	20,2	0,668	33409,81	0,027953	149294,6	0,26										
	86-87				1,64			1,64	37,31	50	28,7	0,835	41762,26	0,027244	206741,7	0,56										
	87-88				1,968			1,968	40,87	50	17	1,002	50114,71	0,02674	120191,7	0,47										
	89-91				1,623			1,623	37,12	50	26	0,827	41329,36	0,027275	187503,7	0,49										
	90-91				1,623			1,623	37,12	50	9,1	0,827	41329,36	0,027275	65626,31	0,17										
	91-92				1,623			1,623	37,12	50	9,1	0,827	41329,36	0,027275	65626,31	0,17										
	91-93				4,869			4,869	64,29	75	25,9	1,102	82658,71	0,02381	21471,86	0,51										
	93-88				6,492			6,492	74,23	110	22,3	0,683	75144,28	0,022694	2596,458	0,11										
	88-99				8,46			8,46	84,74	110	16,6	0,890	97923,7	0,022064	1879,12	0,13										
	94-95				0,328			0,328	16,69	50	29,2	0,167	8352,451	0,035382	273170,6	0,03										
	95-96				0,656			0,656	23,60	50	20,7	0,334	16704,9	0,030919	169226,4	0,07										
	96-97				0,984			0,984	28,90	50	27,4	0,501	25057,35	0,029031	210323,9	0,20										
	97-98				1,312			1,312	33,37	50	20,2	0,668	33409,81	0,027953	149294,6	0,26										
	98-99				1,64			1,64	37,31	50	29,6	0,835	41762,26	0,027244	213224,9	0,57										
	99-3				10,428			10,428	94,08	110	13,2	1,097	120703,1	0,021638	1465,373	0,16										
TEREN V	100-101					0,328		0,328	16,69	50	28,9						0,167	8352,451	0,035382	270364,1	0,03					
	101-102					0,656		0,656	23,60	50	17,7						0,334	16704,9	0,030919	144700,9	0,06					
	102-103					0,984		0,984	28,90	50	23,6						0,501	25057,35	0,029031	181154,9	0,18					
	103-104					1,312		1,312	33,37	50	19,2						0,668	33409,81	0,027953	141903,8	0,24					
	104-105					1,64		1,64	37,31	50	28,4						0,835	41762,26	0,027244	204580,7	0,55					
	105-111					1,968		1,968	40,87	50	18,7						1,002	50114,71	0,02674	132210,9	0,51					
	106-108					1,623		1,623	37,12	50	22,7						0,827	41329,36	0,027275	163705,2	0,43					
	108-109					1,623		1,623	37,12	50	7,6						0,827	41329,36	0,027275	54808,79	0,14					
	107-108					1,623		1,623	37,12	50	10,4						0,827	41329,36	0,027275	75001,5	0,20					
	108-110					4,869		4,869	64,29	75	22,7						1,102	82658,71	0,02381	18818,97	0,45					
	110-111					6,492		6,492	74,23	110	22,4						0,683	75144,28	0,022694	2608,102	0,11					
	111-116					8,788		8,788	86,37	110	17,7						0,925	101720,3	0,021982	1996,194	0,15					
	112-113					0,328		0,328	16,69	50	33,6						0,167	8352,451	0,035382	314333,3	0,03					
	113-114					0,656		0,656	23,60	50	22,2						0,334	16704,9	0,030919	181489,2	0,08					
	114-115					0,984		0,984	28,90	50	27,8						0,501	25057,35	0,029031	213394,3	0,21					
	115-116					1,312		1,312	33,37	50	32,9						0,668	33409,81	0,027953	243158	0,42					
116-2					10,428		10,428	94,08	110	31,3						1,097	120703,1	0,021638	3474,711	0,38						
TEREN VI	134-135						0,328	0,328	16,69	50	28,6											0,167	8352,451	0,035382	267557,5	0,03
	135-136						0,656	0,656	23,60	50	33,4											0,334	16704,9	0,030919	273051,4	0,12
	136-137						0,984	0,984	28,90	50	29											0,501	25057,35	0,029031	222605,6	0,22
	137-138						1,312	1,312	33,37	50	21											0,668	33409,81	0,027953	155207,3	0,27
	138-147						1,64	1,64	37,31	50	14,5											0,835	41762,26	0,027244	104451,4	0,28
	139-140						0,328	0,328	16,69	50	15,1											0,167	8352,451	0,035382	141262,9	0,02
	141-140						0,328	0,328	16,69	50	15											0,167	8352,451	0,035382	140327,4	0,02
	140-142						0,656	0,656	23,60	50	22,1											0,334	16704,9	0,030919	180671,7	0,08
	142-144						2,279	2,279	43,98	50	8,8											1,161	58034,26	0,026377	61373,84	0,32
	143-144						1,623	1,623	37,12	50	28,3											0,827	41329,36	0,027275	204090,6	0,54
	144-145						1,623	1,623	37,12	50	27,4											0,827	41329,36	0,027275	197600,1	0,52
	144-146						5,525	5,525	68,48	75	8,7											1,251	93795,31	0,023552	7134,49	0,22
	146-147						7,148	7,148	77,89	110	22,4											0,752	82737,42	0,022453	2580,345	0,13
	147-148						8,788	8,788	86,37	110	15,5											0,925	101720,3	0,021982	1748,08	

- Prolaz unapred (proračun energetskeg tj. Pijezometarskih kota)

$$E_{i+1} = E_i - \Delta E_{i;i+1}$$

Pošto se visinske kote terena kreću u granicama od 88 mm do 90 mm, sto je zanemarljiva razlika u odnosu na radni pritisak od 5 bara, može se kao pretpostavka u proračunu usvojiti da je teren idealno ravan sa visinskom kotom od 90 mm. Upravo zbog te pretpostavke hidraulički proračun potrebne visine dizanja će se sprovesti samo za najudaljenije čvorove u mreži jer su oni jedini merodavni. Proračun je sproveden po rotacijama.

Minimalna P_i kota za sve čvorove u mreži je, na osnovu pretpostavke o ravnom terenu, jednaka i iznosi $\Pi_{\min} = 140 \text{ mm}$. P_i kota koja bi se mogla ostvariti gravitacionom distribucijom vode označava se sa Π^o i računa se za svaki od računskih čvorova preko sledeće formule:

$$\Pi^o_{i+1} = \Pi^o_i - \Delta E_{i;i+1}$$

Proračun pijezometarskih kota dat je u sledećem prilogu.

		ROTACIJA I				ROTACIJA II				ROTACIJA III			
TEREN	čvor	$P^{(o)}$ (mm)	P_{min} (mm)	$P_{min} - P^{(o)}$ (m)	P_{stv} (mm)	$P^{(o)}$ (mm)	P_{min} (mm)	$P_{min} - P^{(o)}$ (m)	P_{stv} (mm)	$P^{(o)}$ (mm)	P_{min} (mm)	$P_{min} - P^{(o)}$ (m)	P_{stv} (mm)
GLAVNI VOD	1	90,00			145,07	90,00			145,07	90,00			145,07
	2	89,94			145,01	89,94			145,01	89,90			144,97
	3	89,83			144,90	89,83			144,90	89,74			144,80
	4	89,58			144,65	89,58			144,65	89,36			144,42
	27					89,41			144,48	89,10			144,17
	81					88,43			143,49				
	154												
	28									88,21			143,28
TEREN I	5	87,93	140,00	52,074	142,99								
	20	88,64	140,00	51,360	143,71								
	18	88,64	140,00	51,360	143,71								
	17	87,90	140,00	52,101	142,97								
	15	87,90	140,00	52,101	142,97								
	12	88,39	140,00	51,610	143,46								
	14	88,39	140,00	51,610	143,46								
	21	87,88	140,00	52,124	142,94								
TEREN III	59					86,93	140,00	53,07	142,00				
	72					87,56	140,00	52,44	142,63				
	74					87,58	140,00	52,42	142,65				
	69					86,96	140,00	53,04	142,03				
	71					86,98	140,00	53,02	142,05				
	66					87,44	140,00	52,56	142,51				
	68					87,44	140,00	52,56	142,51				
	75					86,98	140,00	53,02	142,05				
TEREN II	36									86,11	140,00	53,89	141,18
	48									86,73	140,00	53,27	141,80
	50									86,75	140,00	53,25	141,81
	45									86,13	140,00	53,87	141,20
	47									86,14	140,00	53,86	141,21
	42									86,62	140,00	53,38	141,69
	44									86,62	140,00	53,38	141,69
	54									87,61	140,00	52,39	142,67
TEREN VIII	31									87,97	140,00	52,03	143,03
	32									87,36	140,00	52,64	142,43
	34									87,97	140,00	52,03	143,03

		ROTACIJA IV				ROTACIJA V				ROTACIJA VI			
TEREN	čvor	$P^{(o)}$ (mm)	P_{min} (mm)	$P_{min} - P^{(o)}$ (m)	P_{stv} (mm)	$P^{(o)}$ (mm)	P_{min} (mm)	$P_{min} - P^{(o)}$ (m)	P_{stv} (mm)	$P^{(o)}$ (mm)	P_{min} (mm)	$P_{min} - P^{(o)}$ (m)	P_{stv} (mm)
TEREN IV	82	88,03	140,00	51,97	143,10								
	90	88,95	140,00	51,05	144,02								
	92	88,95	140,00	51,05	144,02								
	89	88,63	140,00	51,37	143,70								
	94	88,61	140,00	51,39	143,68								
TEREN V	112					88,85	140,00	51,15	143,92				
	109					88,73	140,00	51,27	143,80				
	107					88,68	140,00	51,32	143,75				
	106					88,45	140,00	51,55	143,51				
	100					87,86	140,00	52,14	142,93				
TEREN VI	134									84,93	140,00	55,07	140,00
	143									84,95	140,00	55,05	140,02
	145									84,97	140,00	55,03	140,04
	139									85,08	140,00	54,92	140,15
	141									85,08	140,00	54,92	140,15
	150									85,61	140,00	54,39	140,68
TEREN VII	117									84,98	140,00	55,02	140,05
	122									85,04	140,00	54,96	140,11
	124									85,04	140,00	54,96	140,11
	128									85,59	140,00	54,41	140,65

6. Izbor pumpe:

Na osnovu prethodnog proračuna P_i kota može se izračunati potrebna visina dizanja za svaku od rotacija. Potrebna visina dizanja u svakom računskom čvoru dobija se kao razlika minimalne potrebne P_i kote i P_i kote koja se može ostvariti gravitacionom distribucijom tj.

$$H_{i,pot} = \Pi_{min} - \Pi_i^o$$

Potrebna visina dizanja za svaku rotaciju predstavlja maksimalnu vrednost $H_{i,pot}$.

Na osnovu podataka o probnom crpljenju određeni su koeficijenti gubitaka na ulazu u bunar kao i pri strujanju vode u poroznoj sredini.

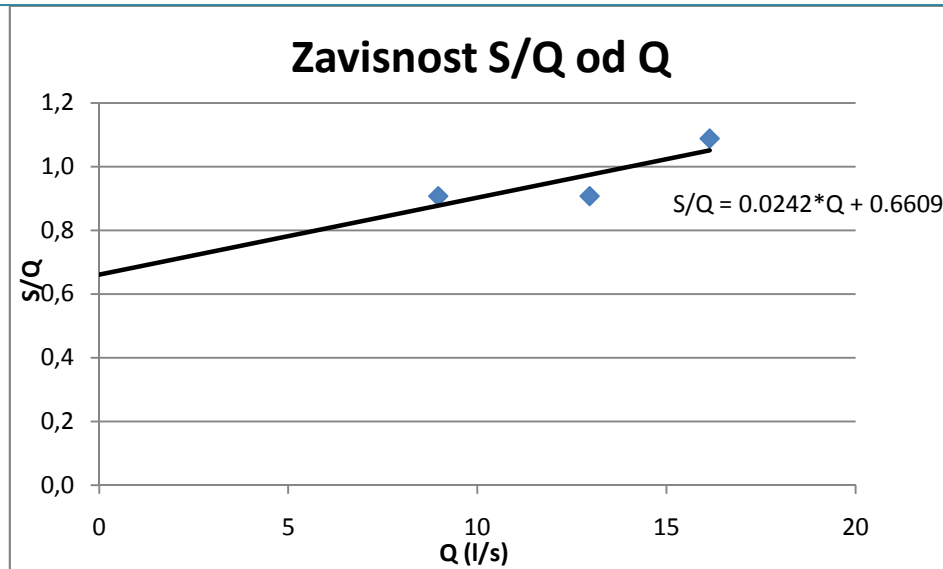
Q (l/s)	S (m)	S/Q
8.97	8.14	0.907
12.97	11.77	0.907
16.14	17.57	1.089

$$S = S_o + S_L + S_T$$

**S_o -gubici u poroznoj sredini
 S_L -parazitski gubici linearnog karaktera
 S_T -parazitski gubici kvadratnog karaktera**

$$S = A_o * Q + A_l * Q + B * Q^2$$

$$\frac{S}{Q} = (A_o + A_l) + B * Q$$



Ukupna potrebna visina dizanja pumpe je :

$$H_p = H_{\max} + 15.4 + S(Q_{\max}) + \Delta E(Q_{\max})$$

$$V = \frac{4Q}{D^2 \pi}$$

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{k/D}{3.71} + \frac{5.1286}{Re^{0.89}}\right)$$

$$\Delta E_{cev}(Q_{\max}) = \frac{8\lambda L_{cev}}{D^5 \pi^2 g} * Q_{\max}^2$$

Qmax=	18.266	l/s
Hmax=	55.07	m
S(Q _{max})=	20.15	m
Lcev=	62.5	m
Dcev=	150	mm
k=	0.0001	m
V=	1.034	m/s
Re=	155047	
λ=	0.020191	
ΔE _{cev} (Q _{max})=	0.46	m

Hp=	91.07	m
------------	--------------	----------

Visine dizanja pumpe po rotacijama su:

rotacija I

Q= 14.33 l/s
H= 52.12 m
S= 14.44 m
V= 0.811 m/s
Re= 121637
 $\lambda = 0.020666$
 $\Delta E_{cev} = 0.29$ m

Hp= 82.25 m

rotacija II

Q= 14.33 l/s
H= 53.07 m
S= 14.44 m
V= 0.811 m/s
Re= 121637
 $\lambda = 0.020666$
 $\Delta E_{cev} = 0.29$ m

Hp= 83.20 m

rotacija III

Q= 17.921 l/s
H= 53.89 m
S= 19.62 m
V= 1.014 m/s
Re= 152118
 $\lambda = 0.020226$
 $\Delta E_{cev} = 0.44$ m

Hp= 89.34 m

rotacija IV

Q= 10.428 l/s
H= 51.97 m
S= 9.52 m
V= 0.590 m/s
Re= 88516
 $\lambda = 0.021408$
 $\Delta E_{cev} = 0.16$ m

Hp= 77.05 m

rotacija V

Q=	10.428	l/s
H=	52.14	m
S=	9.52	m
V=	0.590	m/s
Re=	88516	
λ =	0.021408	
ΔE_{cev} =	0.16	m

Hp= 77.22 m

rotacija VI

Q=	18.266	l/s
H=	55.07	m
S=	20.15	m
V=	1.034	m/s
Re=	155047	
λ =	0.020191	
ΔE_{cev} =	0.46	m

Hp= 91.07 m

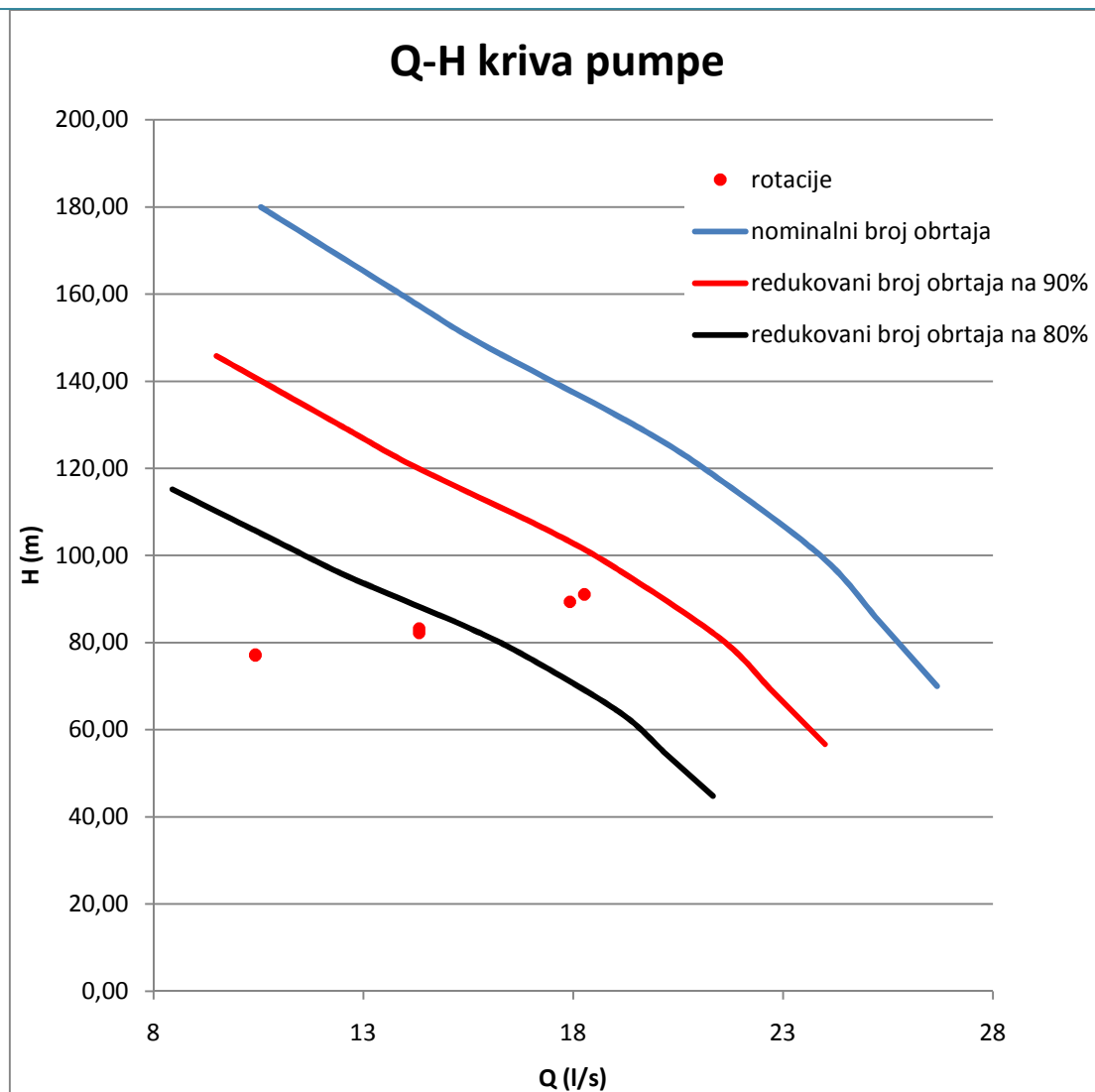
Usvojena je pumpa proizvođača KSB, tip UPA 150C-60.

Q-H kriva pumpe data je na sledećem dijagramu.

Na dijagramu su takođe ucrtane i potrebne visine dizanja pumpe za sve rotacije.



Slika 7: Princip rada pumpe

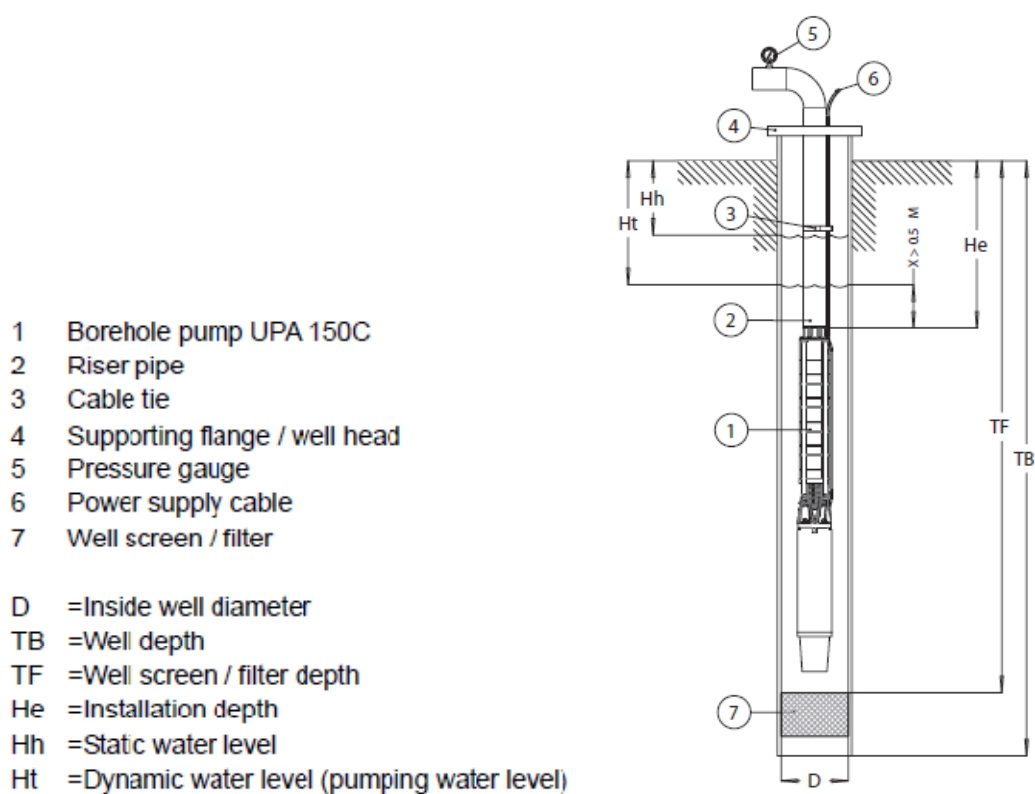


Uz pumpu je predviđena i ugradnja frekventnog regulatora broja obrtaja istog proizvođača tipa „PUMPDRIVE“. Uloga ovog regulatora je da podešava broj obrtaja pumpe u zavisnosti od potrebne visine dizanja. Tako se predviđa da za rotacije III i VI pumpa radi sa redukovanim brojem obrtaja na 90%, a za sve ostale rotacije sa redukovanim brojem obrtaja na 80%.

Predviđeno je da se sa zatvaračima na prikljucku svakog terena reguliše pritisak tj. da se smanji u slučajevima kada je visina dizanja pumpe značajno veća od potrebnog pritiska.



Slika 8: PUMPDRIVE frekventni regulator



Slika 9: Princip instalacije pumpe

7. Predmer i predračun

r. br.	Opis	jed mere	količina	cena	ukupno
1. Građevinski radovi					
1.1	Raskopavanje i rušenje trotoara na mestu kopanja rova za polaganje cevi pri izradi priključka. U cenu ulazi razbijanje trotoara, vađenje, utovar i odvoz van mesta gradnje	m ²	538	300.00	161400.00
1.2	Dovođenje trotoara u prvobitno stanje.	m ²	538	1200.00	645600.00
1.3	Obeležavanje trase. Pre početka radova na iskopu izvršiti obeležavanje trase sa svim potrebnim elementima, prelomima, šahtovima, odvojcima i priključcima.	m	3680	40.00	147200.00
1.4	Iskop rova za polaganje cevi. Sirina rova u dnu je 0.7m a u vrhu 0.9m. Dubina rova je 1.1m. Pri iskopu voditi računa da se postojeće podzemne instalacije ne oštete, a iskopani materijal odbaciti na 1 m od ivice rova. Podzemnu vodu ukoliko se pojavi odstraniti na najpogodniji način pod uslovom da se ne naruši stabilnost terena	m ³	3240	400.00	1296000.00
1.5	Nabavka, dovoz, ubacivanje, razastiranje i nabijanje peska u rov. Ispod i iznad cevi stavlja se soj od 10 cm peska. Najveća veličina zrna peska ne sme preći granulaciju od 3 do 4 mm.	m ³	704	600.00	422400.00
1.6	Odvoz preostalog iskopanog materijala na deponiju koju odredi Nadzorni organ	m ³	704	280.00	197120.00
1.7	Zatrpavanje rova zemljom iz iskopa sa nabijanjem do potrebne zbijenosti	m ³	2536	150.00	380400.00

1.8	Izrada šaftova za zatvarače i ispuste.	kom	8	45000.00	360000.00
1.9	Izrada anker blokova na skretanjima cevovoda	m3	30	6000.00	180000.00
1.	UKUPNO GRAĐEVINSKI RADOVI	(din)			3790120.00
2.	Monterski radovi				
2.1	Isporučka i montaža PEHD 100 vodovodnih cevi (u cenu uracunati i fazonski komadi)				
	Ø50	m	2630	400.00	1052000.00
	Ø75	m	210	650.00	136500.00
	Ø110	m	330	1000.00	330000.00
	Ø140	m	550	1500.00	825000.00
2.2	Nabavka i monataža prskača "RAINBIRD 8005 SERIES"	kom	33	5500.00	181500.00
2.3	Nabavka i monataža prskača "RAINBIRD 5500 SERIES"	kom	99	2500.00	247500.00
2.4	Nabavka i montaža šaftnih zatvarača	kom	8	20000.00	160000.00
2.5	Nabavka i montaža pumpe "KSB" tip UPA 150C-60	kom	1	500000.00	500000.00
2.6	Ispitivanje cevovoda na pritisak	paus.			25000.00
2	UKUPNO MONTERSKI RADOVI	(din)			3457500.00

3. Ostali radovi

3.1	Pre zatrpavanja rova izvršiti geodetsko snimanje izvedenog stanja mreže i unošenje u katastar vodovodnih instalacija	m	3720	40.00	148800.00
3.2	Izrada projekta izvedenog stanja po dobijanju podataka o izvedenim cevovodima	pauš			15000.00

3.	UKUPNO OSTALI RADOVI	(din)			163800.00
-----------	-----------------------------	--------------	--	--	------------------

REKAPITULACIJA

1.	Građevinski radovi	din			3790120.00
2.	Monterški radovi	din			3457500.00
3.	Ostali radovi	din			163800.00
	UKUPNO	(din)			7411420.00