

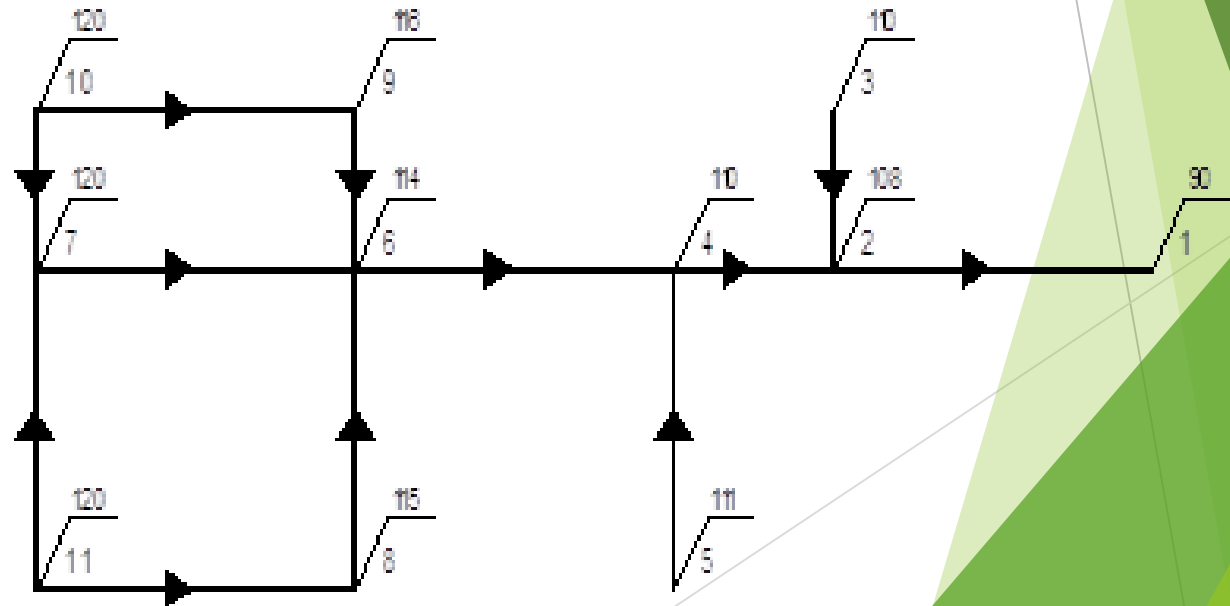
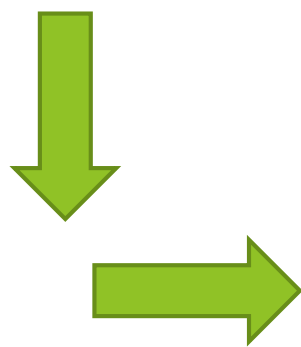
HIDRAULIČKI PRORAČUNI I DIMENZIONISANJE

Pretpostavlja da su prethodno obavljene svi poslovi koji daju ulazne veličine u hidraulički proračun:

- Poznat je broj korisnika fekalne kanalizacije
- Određene su trase budućih cevovoda i poznate njihove dužine
- Poznata je nivelacija terena na trasama cevovoda
- Poznati su smerovi tečenja vode u cevima
- Poznat je koeficijent oticaja na slivnom području
- Načinjena je karta slivnih površina odnosno poznate su slivne površine pojedinačnih kanala



Šeme nivelacije i smjerovi tečenja vode



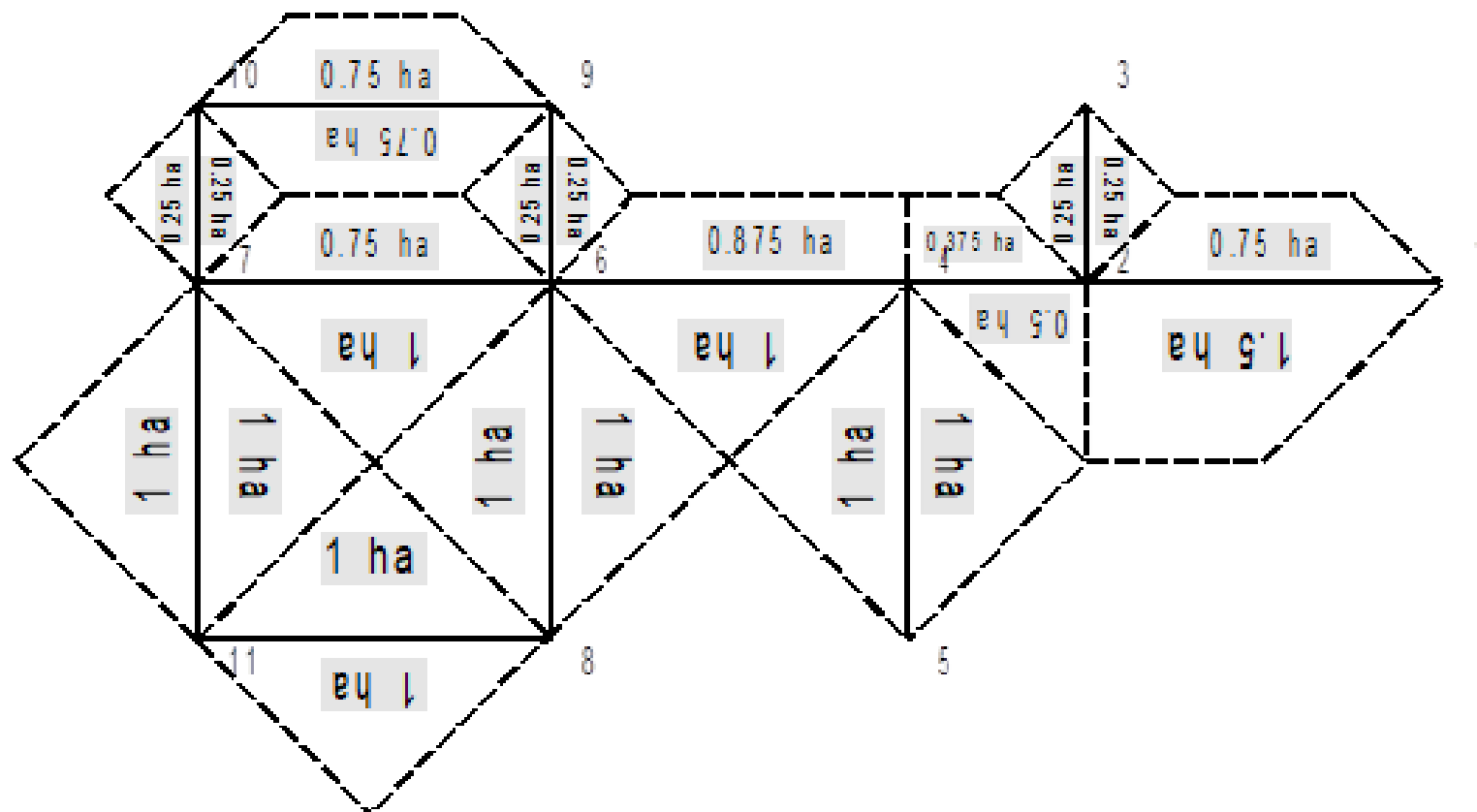
Korak 1 Odrediti ukupnu količinu fekalne vode \overline{Q}_f na osnovu broja potrošača i merodavne potrošnje

$$\overline{Q}_f = \frac{\text{Broj potrosaca} \times Q_{\max}^{cas}}{86400} [l / s]$$

Korak 2 Odrediti specifičnu potrošnju po dužnom metru kanalizacione mreže kao $q^* = \frac{\overline{Q}_f}{\sum L} [l / s / m]$.

Korak 3 Odrediti specifičnu količinu fekalne vode q_i svakog pojedinačnog kanala i kao $q_i = q^* L_i [l / s]$

Šema slivnih površina



Korak 4 Vodeći računa o smerovima tečenja vode u kanalima, pomoću jednačine kontinuiteta odrediti stvarne proticaje fekalne vode u kanalima. Pri tome za svaki čvor dakle važi

$$\sum Q = 0$$

dok je proticaj u nizvodnom profilu svakog kanala i

$$Q_i^{niz} = Q_i^{uz} + q_i [l/s]$$

Za dimenzionisanje svakog kanala i merodavan je proticaj u njegovom nizvodnom profilu $Q_i^{niz} = Q_i^f$, obzirom da je veći.

Korak 5 Odrediti specifičnu količinu kišne vode $q_i^k [l/s]$ svakog pojedinačnog kanala kao $q_i = \Psi i F_i$ gde su:

- Ψ koeficijent oticaja slivne površine kanala
- $i [l/s/ha]$ merodavna kiša
- $F_i [ha]$ slivna površina kanala i

Korak 6 Vodeći računa o smerovima tečenja vode u kanalima, pomoću jednačine kontinuiteta odrediti stvarne proticaje kišne vode po kanalima, na isti način kao i kod fekalne vode. Za dimenzionisanje kanala i merodavan je ponovo proticaj u njegovom nizvodnom profilu $Q_i^{niz} = Q_i^k$

Korak 7 Odrediti ukupne količine fekalne i kišne vode po svakom kanalu $i : Q_i = Q_i^f + Q_i^k$

Korak 8 Prelazi se na dimenzionisanje kanala. Dimenzionisanje se vrši deonica po deonica, odnosno cev po cev. Podseća se da dimenzionisanje kanalizacione mreže podrazumeva određivanje dva parametra i to prečnika kanala D i pada dna kanala I . Kako je najpogodnije kanal voditi paralelno sa terenom u prvoj iteraciji pretpostaviti da je pad dna kanala I jednak padu terena odgovarajuće deonice.

Količine vode mjerodavne za proračun

Deonica	Dužina L	Fekalna voda		Kišna voda		Ukupno Q
		qf	Qf	qk	Qk	
10-7	100	2.26	2.26	36.25	36.25	38.53
11-7	200	4.52	4.52	145.00	145.00	149.52
7-6	200	4.52	11.3	126.85	308.10	319.40
10-9	200	4.52	4.52	108.75	108.75	113.27
9-6	100	2.26	6.78	36.25	145.00	151.78
11-8	200	4.52	4.52	145.00	145.00	149.52
8-6	200	4.52	9.04	145.00	290.00	299.04
6-4	200	4.52	31.64	135.94	879.04	910.68
5-4	200	4.52	4.52	145.00	145.00	149.52
4-2	100	2.26	38.42	63.43	1087.4	1172.4
3-2	100	2.26	2.26	36.25	36.25	38.51
2-1	200	4.52	45.20	163.12	1286.8	1332.0
	Σ=	45.20		1286.9		

Broj	Dionica		Kota terena		Dužina dionice (m)	Sušni protok (l/s)
	Uzvodni čvor	Nizvodni čvor	Uzvodna (mnm)	Nizvodna (mnm)		
1	2	3	4.1	4.2	5	6

Kota dna cijevi		Pad (%)	Hrapavost (mm)	Prečnik D (mm)	Puni profil	
Uzvodna (mnm)	Nizvodna (mnm)				Qpp(l/s)	Vpp(l/s)
7.1	7.2	8	9	10	11	12

Punjenje kanala		Stvama brzina	
d/D	d(mm)	Uzvodna (m/s)	Nizvodna (m/s)
13	14	15	16

Kišni protok [6]+tuđe vode(l/s)	Punjenje kanala		Stvama brzina	
	d/D	d(mm)	Uzvodna (m/s)	Nizvodna (m/s)
17	18	19	20	21

Tabela za proračun kanalizacionih okruglih cijevi
po Prantl-Kolbrukovoj formuli za $k_b=1,5 \text{ mm}$

Nagib	Prečnik cijevi u mm													
	200		250		300		400		500		600		700	
	Q_{pp}	V_{pp}	Q_{pp}	V_{pp}	Q_{pp}	V_{pp}	Q_{pp}	V_{pp}	Q_{pp}	V_{pp}	Q_{pp}	V_{pp}	Q_{pp}	V_{pp}
(‰)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)
0,2											85,2	0,3	128	0,33
0,25									58,8	0,3	95,4	0,33	143	0,37
0,3							35,7	0,28	64,6	0,33	105	0,37	157	0,41
0,4							41,4	0,33	74,8	0,38	121	0,43	182	0,47
0,5					21,5	0,3	46,3	0,37	83,7	0,43	136	0,48	204	0,53
0,6			14,6	0,3	23,6	0,33	50,8	0,4	91,8	0,47	149	0,53	224	0,58
0,8	9,5	0,3	16,8	0,34	27,4	0,39	58,8	0,47	106	0,54	172	0,61	259	0,67
1	10,4	0,33	18,9	0,38	30,7	0,43	65,8	0,52	119	0,61	193	0,68	289	0,75
1,25	11,6	0,37	21,1	0,43	34,3	0,49	73,7	0,59	133	0,68	216	0,76	324	0,84
1,5	12,8	0,41	23,2	0,47	37,7	0,53	80,8	0,64	146	0,74	236	0,84	355	0,92
2	14,8	0,47	26,8	0,55	43,5	0,62	93,5	0,74	169	0,86	273	0,97	410	1,07
2,5	16,6	0,53	30	0,61	48,7	0,69	105	0,83	188	0,96	306	1,08	459	1,19
3	18,2	0,58	32,9	0,67	53,4	0,76	115	0,91	207	1,05	335	1,19	503	1,31
4	21	0,67	38	0,78	61,8	0,87	133	1,05	239	1,22	387	1,37	582	1,51
5	23,5	0,75	42,6	0,87	69,1	0,98	148	1,18	268	1,36	433	1,53	650	1,69
6	25,8	0,82	46,7	0,95	75,8	1,07	162	1,29	293	1,49	475	1,68	713	1,85
7	27,8	0,89	50,4	1,03	81,9	1,16	176	1,4	317	1,61	513	1,81	770	2
8	29,8	0,95	53,9	1,1	87,6	1,24	188	1,49	339	1,73	548	1,94	824	2,14
10	33,3	1,06	60,3	1,23	98	1,39	210	1,67	378	1,93	613	2,17	921	2,39
12	36,5	1,16	66,1	1,35	107	1,52	230	1,83	415	2,11	672	2,38	1009	2,62
14	39,5	1,26	71,5	1,46	116	1,64	249	1,98	449	2,28	728	2,57	1090	2,83
16	42,2	1,34	76,4	1,56	124	1,75	266	2,12	480	2,44	776	2,75	1166	3,03
18	44,8	0,43	81,1	1,65	132	1,86	282	2,24	509	2,59	824	2,91	1237	3,21
20	47,2	1,5	85,5	1,74	139	1,96	297	2,37	537	2,73	868	3,07	1304	3,39
22	49,5	1,58	89,7	1,83	146	2,06	312	2,48	563	2,87	911	3,22	1367	3,55
24	51,7	1,65	93,7	1,91	152	2,15	326	2,59	588	2,99	951	3,36	1428	3,71
25	52,8	1,68	95,6	1,95	155	2,2	333	2,65	600	3,06	971	3,43	1458	3,79
26	53,9	1,71	97,5	1,99	158	2,24	339	2,7	612	3,12	990	3,5	1487	3,86
28	55,9	1,78	101	2,06	164	2,32	352	2,8	635	3,23	1028	3,63	1543	4,01
30	57,9	1,84	105	2,13	170	2,41	364	2,9	657	3,35	1064	3,76	1597	4,15
32	59,8	1,9	108	2,2	176	2,48	376	3	679	3,46	1099	3,89	1650	4,29
34	61,6	1,96	112	2,27	181	2,56	388	3,09	700	3,58	1133	4,01	1701	4,42
36	63,4	2,02	115	2,34	186	2,64	399	3,18	720	3,67	1166	4,12	1750	4,55
38	65,2	2,07	118	2,4	191	2,71	410	3,28	740	3,77	1197	4,24	1798	4,67
40	66,8	2,13	121	2,47	196	2,78	421	3,35	759	3,87	1229	4,35	1845	4,79
42	68,5	2,18	124	2,53	201	2,85	431	3,43	778	3,96	1259	4,45	1890	4,91
44	70,1	2,23	127	2,59	206	2,91	441	3,51	796	4	1289	4,56	1935	5,03

Korak 9 Pretpostaviti prečnik kanala D . Za pretpostavljeni pad I i prečnik D izračunati (hipotetički) proticaj punog profila Q_{pp} i odgovarajuću brzinu u punom profilu v_{pp} , koristeći Šezi-Manningovu formulu:

$$Q_{pp} = \frac{1}{n} A_{pp} R_{pp}^{2/3} \sqrt{I} \qquad v_{pp} = \frac{1}{n} R_{pp}^{2/3} \sqrt{I}$$

Korak 10 Ukoliko je $Q_{pp} \geq Q$ može se smatrati da je prečnik dobro odabran i ide se na Korak 11.

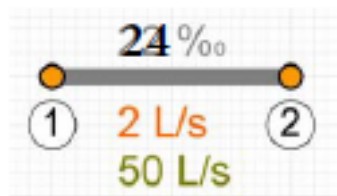
Ukoliko je $Q_{pp} < Q$ to znači da kanal prečnika D ne može da propusti stvarni proticaj Q . Vraća se na Korak 9 i bira veći prečnik kanala.

Ukoliko se eventualno pokaže da je proticaj punog profila mnogo veći od stvarnog proticaja $Q_{pp} \gg Q$ potrebno je ispitati mogućnost smanjenja pretpostavljenog prečnika cevi.

Korak 11 Na osnovu odnosa $\frac{Q}{Q_{pp}}$ iz dijagrama se očitavaju

vrednosti $C_1 = \frac{v}{v_{pp}}$ i $C_2 = \frac{h}{h_{pp}}$. Zatim se određuju stvarna

brzina u kanalu v i punjenje kanala h



Za vreme suše

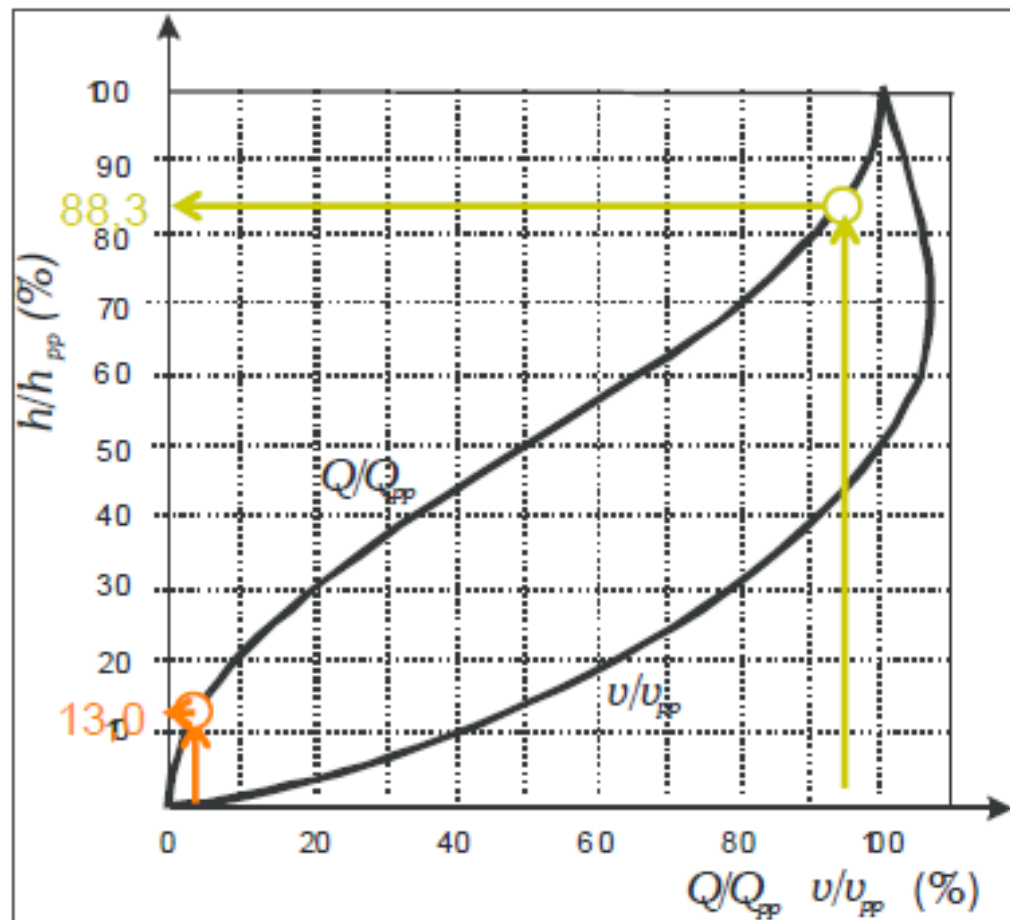
$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{2}{51,7} = 0,038 \quad \frac{h}{D} = \frac{h}{h_{pp}} = 0,13$$

$$h = 0,13 \cdot 20\text{cm} = 2,6\text{cm}$$

Za vreme kiše

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{50}{51,7} = 0,97 \quad \frac{h}{h_{pp}} = 0,883$$

$$h = 0,883 \cdot 20\text{cm} = 17,7\text{cm}$$



Tačne vrednosti se mogu pročitati u tablici

Geometrijske i hidrauličke karakteristike kružnog poprečnog profila

Q/Q _{pp}	h/D	WV _{pp}	R/D	Q/Q _{pp}	h/D	WV _{pp}	R/D	Q/Q _{pp}	h/D	WV _{pp}	R/D	Q/Q _{pp}	h/D	WV _{pp}	R/D
0,001	0,023	0,17	0,0152	0,095	0,205	0,640	0,1233	0,41	0,445	0,95	0,2313	0,805	0,701	1,08	0,2964
0,002	0,032	0,21	0,0210	0,100	0,211	0,650	0,1265	0,42	0,451	0,96	0,2334	0,810	0,705	1,08	0,2969
0,003	0,038	0,24	0,0249	0,105	0,216	0,660	0,1291	0,43	0,458	0,96	0,2359	0,815	0,709	1,08	0,2974
0,004	0,044	0,26	0,0287	0,110	0,221	0,670	0,1317	0,44	0,464	0,97	0,2380	0,820	0,713	1,08	0,2979
0,005	0,049	0,28	0,0319	0,115	0,226	0,680	0,1343	0,45	0,470	0,97	0,2401	0,825	0,717	1,08	0,2984
0,006	0,053	0,29	0,0345	0,120	0,231	0,690	0,1369	0,46	0,476	0,98	0,2420	0,830	0,721	1,08	0,2989
0,007	0,057	0,30	0,0370	0,125	0,236	0,690	0,1395	0,47	0,482	0,99	0,2441	0,835	0,725	1,08	0,2993
0,008	0,061	0,32	0,0395	0,130	0,241	0,700	0,1421	0,48	0,488	0,99	0,2461	0,840	0,729	1,07	0,2997
0,009	0,065	0,33	0,0420	0,135	0,245	0,710	0,1441	0,49	0,494	1,00	0,2481	0,845	0,734	1,07	0,3002
0,010	0,068	0,34	0,0439	0,140	0,250	0,720	0,1466	0,50	0,500	1,00	0,2500	0,850	0,738	1,07	0,3006
0,011	0,071	0,35	0,0458	0,145	0,255	0,720	0,1491	0,51	0,506	1,00	0,2519	0,855	0,742	1,07	0,301
0,012	0,074	0,36	0,0476	0,150	0,259	0,730	0,1511	0,52	0,512	1,01	0,2538	0,860	0,747	1,07	0,3014
0,013	0,077	0,36	0,0495	0,155	0,263	0,740	0,1531	0,53	0,519	1,01	0,2559	0,865	0,751	1,07	0,3018
0,014	0,080	0,37	0,0513	0,160	0,268	0,740	0,1556	0,54	0,525	1,02	0,2577	0,870	0,756	1,07	0,3022
0,015	0,083	0,38	0,0532	0,165	0,272	0,750	0,1575	0,55	0,531	1,02	0,2595	0,875	0,761	1,07	0,3025
0,016	0,086	0,39	0,0550	0,170	0,276	0,760	0,1590	0,56	0,537	1,02	0,2612	0,880	0,766	1,07	0,3028
0,017	0,088	0,39	0,0562	0,175	0,281	0,760	0,1619	0,57	0,543	1,03	0,2629	0,885	0,770	1,07	0,3031
0,018	0,091	0,40	0,0581	0,180	0,285	0,770	0,1638	0,58	0,550	1,03	0,2649	0,890	0,775	1,07	0,3033
0,019	0,093	0,41	0,0593	0,190	0,293	0,780	0,1676	0,59	0,556	1,03	0,2665	0,895	0,781	1,07	0,3036
0,020	0,095	0,41	0,0605	0,200	0,301	0,790	0,1714	0,60	0,562	1,04	0,2681	0,900	0,786	1,07	0,3038
0,022	0,100	0,42	0,0635	0,210	0,309	0,800	0,1751	0,61	0,568	1,04	0,2697	0,905	0,791	1,07	0,304
0,024	0,104	0,43	0,0659	0,220	0,316	0,810	0,1784	0,62	0,575	1,04	0,2715	0,910	0,797	1,07	0,3041
0,026	0,108	0,45	0,0683	0,230	0,324	0,820	0,1820	0,63	0,581	1,05	0,2731	0,915	0,803	1,06	0,3042
0,028	0,112	0,45	0,0707	0,240	0,331	0,830	0,1851	0,64	0,587	1,05	0,2745	0,920	0,808	1,06	0,3043
0,030	0,116	0,46	0,0731	0,250	0,339	0,840	0,1887	0,65	0,594	1,05	0,2762	0,925	0,814	1,06	0,3043
0,032	0,120	0,47	0,0755	0,260	0,346	0,850	0,1918	0,66	0,600	1,05	0,2776	0,930	0,821	1,06	0,3043
0,034	0,123	0,48	0,0772	0,270	0,353	0,860	0,1948	0,67	0,607	1,06	0,2793	0,935	0,827	1,06	0,3042

Korak 12

Ako je stvarna brzina veća od maksimalne dopuštene brzine:

$$v > v_{\max} \Rightarrow I > I_{\max}$$

pa se usvaja maksimalni dopušteni pad kanala izračunat po obrascu

$$I_{\max} = \frac{B}{R^{1.25}}$$

i vraća na Korak 9. Napominje se da je ovde prečnik već usvojen, preostaje izračunavanje Q_{pp}, v_{pp} u Koraku 9.

Ako je stvarna brzina manja od minimalne dopuštene brzine:

$$v < v_{\min} \Rightarrow I < I_{\min}$$

pa se usvaja minimalni dopušteni pad kanala izračunat po obrascu

$$I_{\min} = \frac{B}{R^{1.25}}$$

i vraća na Korak 9.

Ukoliko je stvarna brzina u dopuštenim tolerancijama $v_{\min} < v < v_{\max}$ može se smatrati da je deonica uspešno dimenzionisana i prelazi se na sledeću deonicu.

U ovom koraku takođe treba obratiti pažnju i na punjenje kanala. Podseća se da kanali opšteg sistema i kišni kanali dopuštaju povremeno punjenje $\frac{h}{h_{pp}} = 1$. Kada

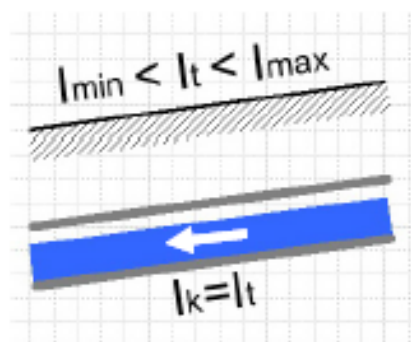
se projektuje fekalna kanalizacija onda je dopušteno punjenje $\frac{h}{h_{pp}} = 0.5 \div 0.7$. Ukoliko je punjenje kanala veće

od dopuštenog, bez obzira na dopuštene brzine, vraća se na Korak 9 i povećava prečnik kanala.

Korak 13

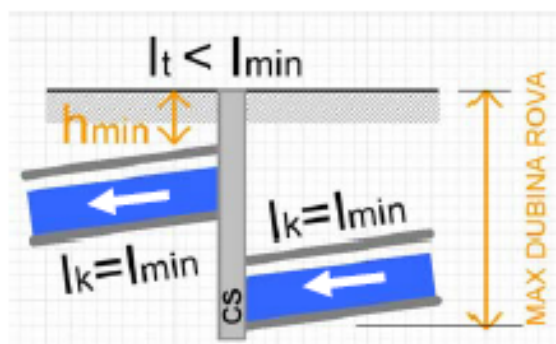
Pošto su sve deonice dimenzionisane određuju se kote dna kanala. Pri ovome se vodi računa o minimalnim dozvoljenim dubinama ukopavanja. Podseća se da se deonice kod kojih je pad manji od pada terena postepeno sve više ukopavaju tako da se može pojaviti potreba za pumpanjem. Nasuprot tome, na deonicama na kojima je pad kanala manji od pada terena, uzvodnu dubinu ukopavanja treba smanjiti projektovanjem kaskada.

NAGIB DNA KANALA

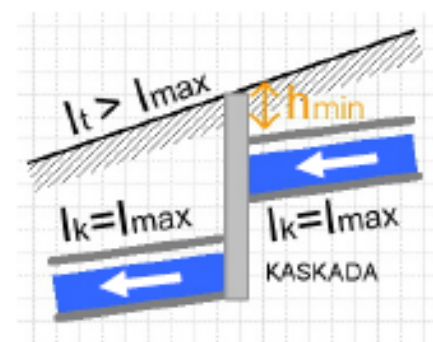


Kada je nagib terena u opsegu I_{min} - I_{max} nagib cevi **treba da je jednak nagibu terena**

$$I_{min} < \text{usv. } I_{kanala} < I_{max}$$



Kada je nagib terena manji od najmanjeg dopuštenog nagiba kanala, kanal se **postavlja u minimalnom nagibu** i postepeno sve dublje ukopava do maksimalne dubine rova. Na mestu ukopavanja cevi na maksimalnoj dubini rova postavlja se crpna stanica.

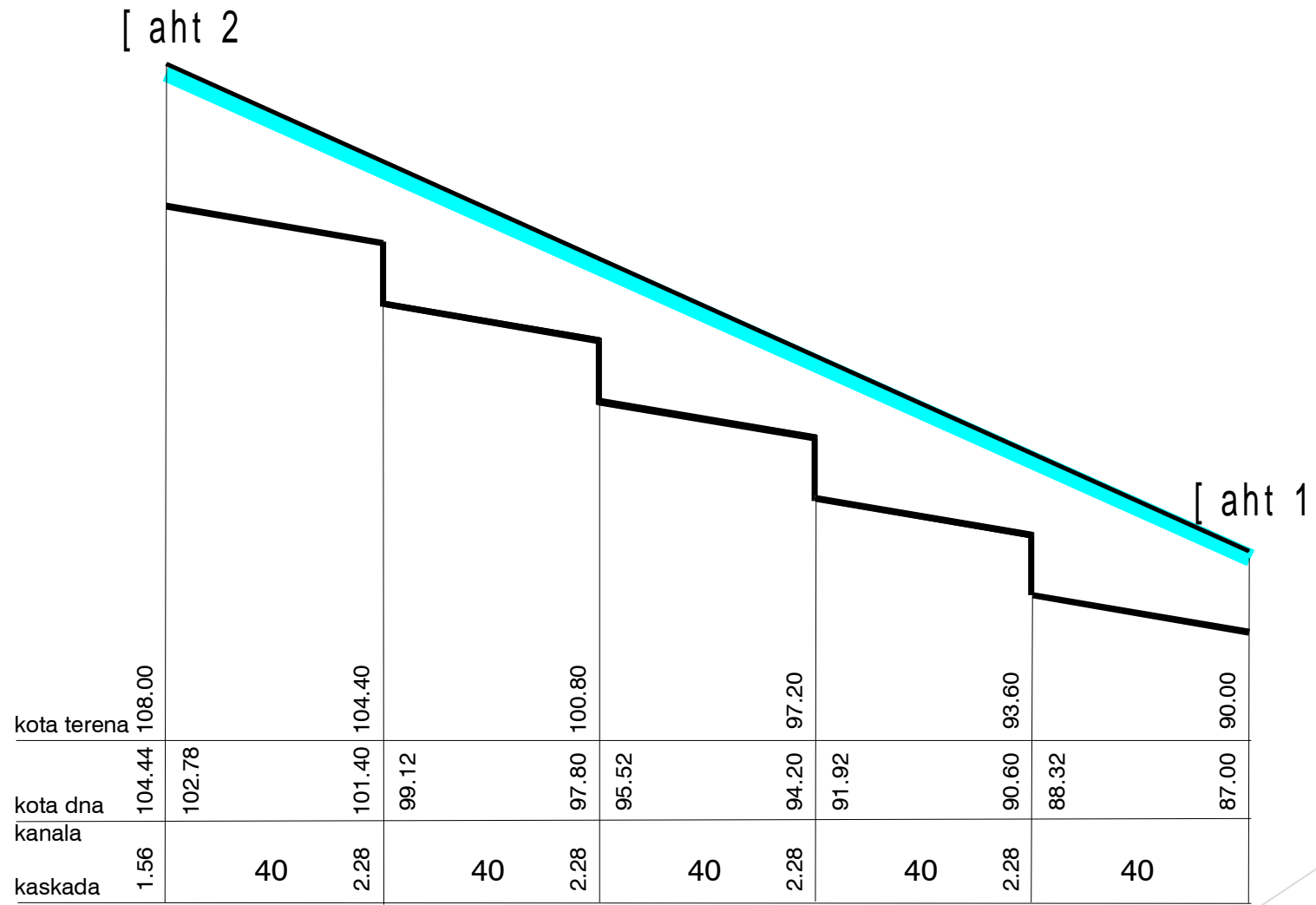


Kada je nagib terena veći od najvećeg dopuštenog nagiba kanala, kanal se **postavlja u maksimalnom nagibu** a višak pada se savlađuje kaskadama.

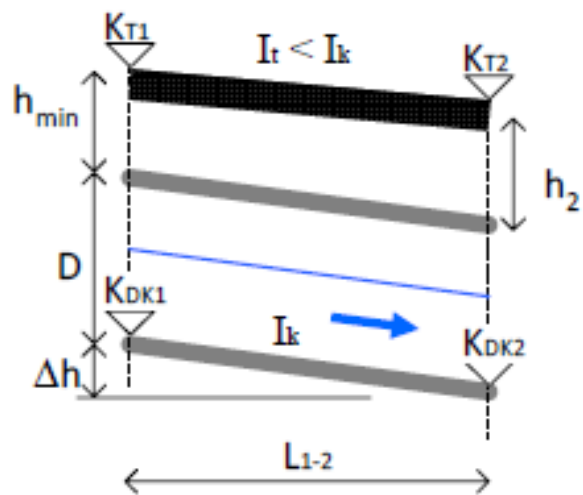
(17) Nagib terena I_t (‰) za svaku deonicu izračunati na osnovu podataka sa situacije:

$$I_t = (Z_{\text{ter,uzv}} - Z_{\text{ter.niz}}) / L$$

(18) Nagib dna kanala se usvaja uporedo sa usvajanjem prečnika cevi a na osnovu merodavnih protoka, nagiba terena i projektnih parametara



KOTE DNA KANALA I DUBINE UKOPAVANJA NA POČETNIM DEONICAMA



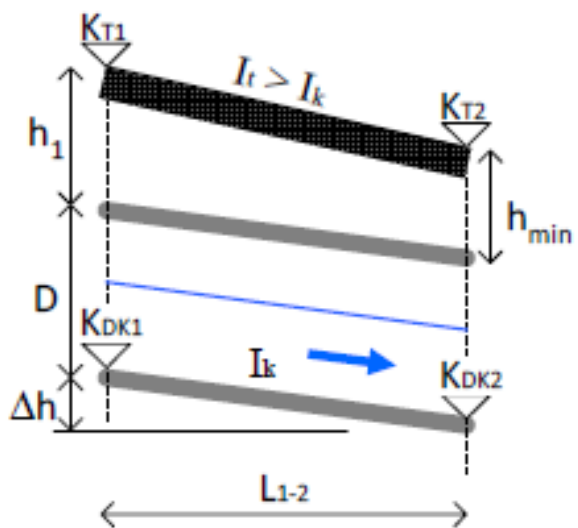
Pad dna kanala: $\Delta h = I_k L$

Kote terena se preuzimaju sa situacije.

ZA POČETNE DEONICE

$$\underline{I_t < I_k}$$

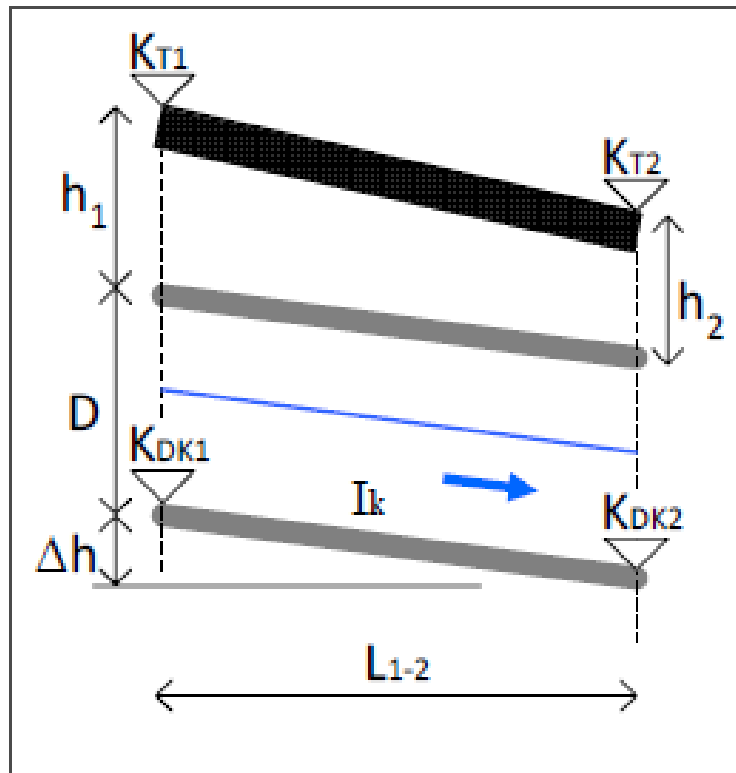
Uzvodni deo cevi početnih deonica se ukopava minimalnim dubinom ukopavanja h_{min} .



$$\underline{I_t > I_k}$$

Nizvodni deo cevi početnih deonica se ukopava minimalnim dubinom ukopavanja h_{min} .

KOTE DNA KANALA I DUBINE UKOPAVANJA



Kota dna kanala u uzvodnom čvoru:

$$K_{DK1} = K_{T1} - h_1 - D$$

Kota dna kanala u nizvodnom čvoru:

$$K_{DK2} = K_{DK1} - \Delta h$$

Dubina ukopavanja u nizvodnom čvoru:

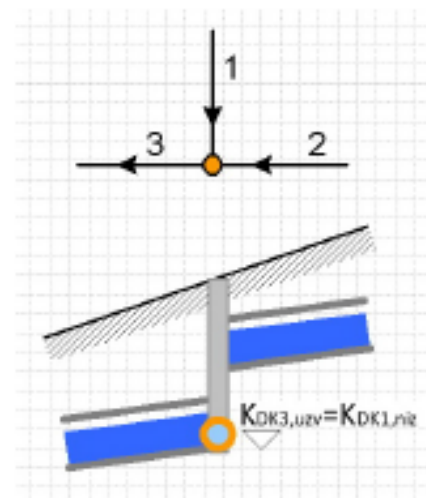
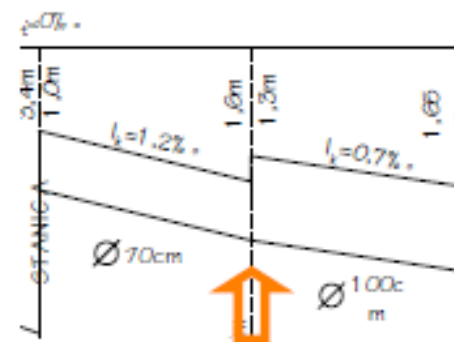
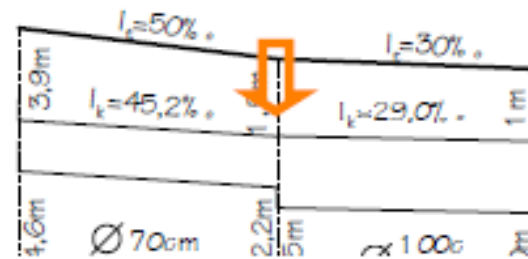
$$h_2 = K_{T2} - K_{DK2} - D$$

SPAJANJE CIJEVI

Kada je $D_{uzv} < D_{niz}$ spoj treba predvideti u temenu. Ovakav način spajanja je hidraulički najpovoljniji jer sprečava pojavu uspora.

Kada je $I_t \sim 0$, zbog uštede u zemljanim radovima i smanjenja dubine rova, iako je hidraulički manje povoljno, može se dopustiti spajanje cijevi u dnu.

Kada u čvor (reviziono okno) ulazi dve i više cijevi, izlazna cev se postavlja u odnosu na najnižu ulaznu cijev.



KASKADE

$$I_t > I_{\max}$$

Kada je nagib terena veći od najvećeg dopuštenog nagiba kanala višak pada se savlađuje kaskadama.

U tablici upisati visinu kaskade.

CRPNE STANICE

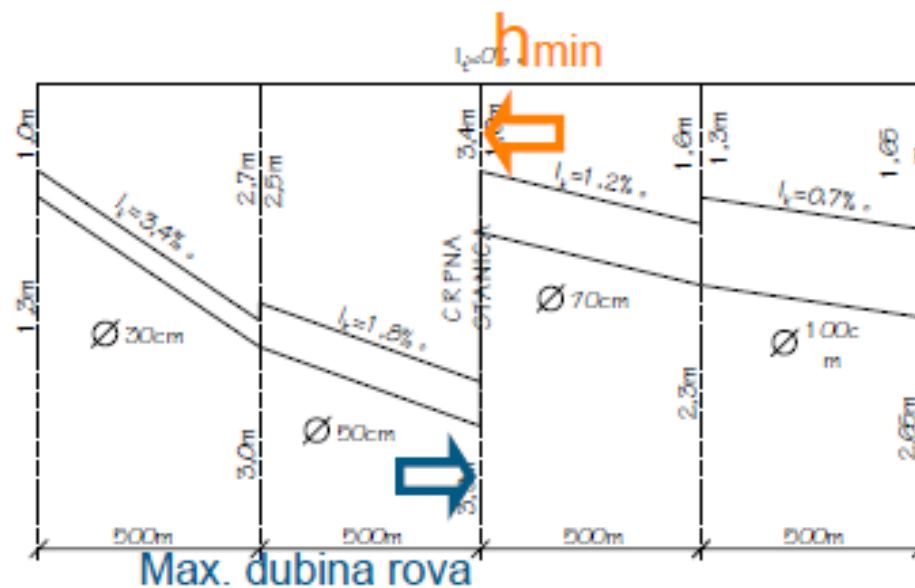
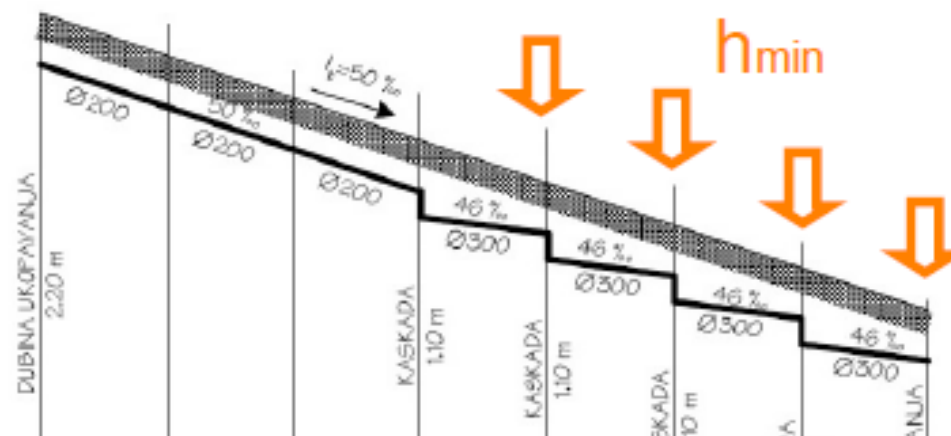
$$I_t < I_{\min}$$

Kada je nagib terena manji od minimalno dozvoljenog nagiba kanala, kanal se postepeno sve dublje ukopava. Da bi se dubina ukopavanja smanjila kanali treba da se postavljaju sa minimalnim dozvoljenim nagibom.

Kada dubina ukopavanja, odnosno maksimalna dubina rova, premaši vrednost zadatu u Projektnim kriterijumima potrebno je postaviti crpnu stanicu.

U tablici upisati CS na mestu crpne stanice.

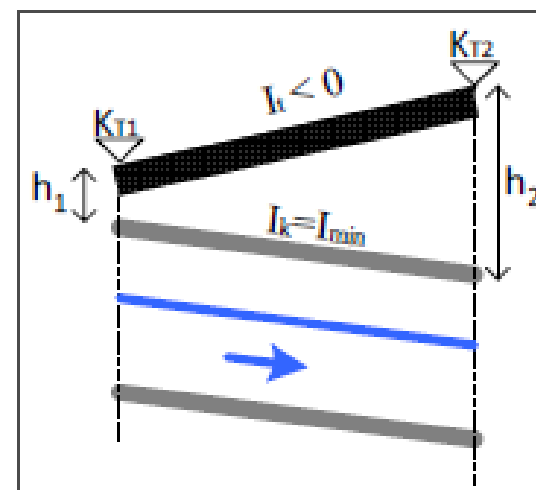
SKICA PODUŽNOG PROFILA



KONTRANAGIB

$$I_t < 0$$

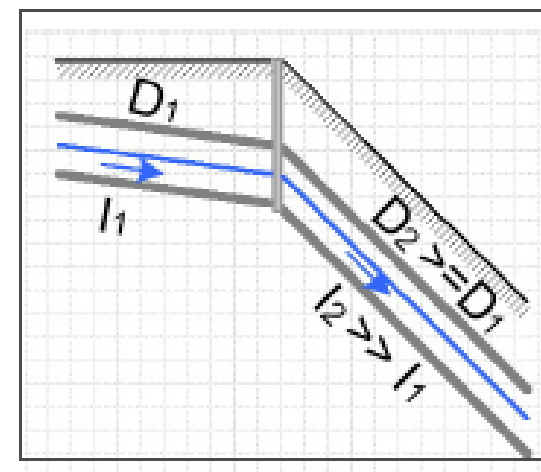
Kada cijev treba postaviti na terenu u kontranagibu, cijev se postavlja sa minimalnim nagibom.



UZVODNI – NIZVODNI PREČNIK CEVI

$$I_{k,niz} \gg I_{k,uzv}$$

Kada je kapacitet nizvodnog kolektora značajno veći od kapaciteta uzvodnog kolektora zbog povećanja nagiba kanala, prečnik nizvodnog kolektora se ne sme smanjivati. Bez obzira što bi merodavni proticaj kroz nizvodnu deonicu mogao da se propusti i kroz cev manjeg prečnika smatra se da zbog pravilnog funkcionisanja i održavanja mreže **nizvodni prečnik ne sme biti manji od uzvodnog prečnika cijevi.**



SMANJIVANJE DUBINE UKOPAVANJA

Zbog smanjenja obima zemljanih radova cevi treba postavljati sa što manjom dubinom ukopavanja ne prekoračujući Projektne kriterijume. Ukoliko je uzvodna deonica duboko ukopana a nizvodno postoje uslovi za smanjenje dubine ukopavanja treba težiti h_{min} u nizvodnom čvoru.

