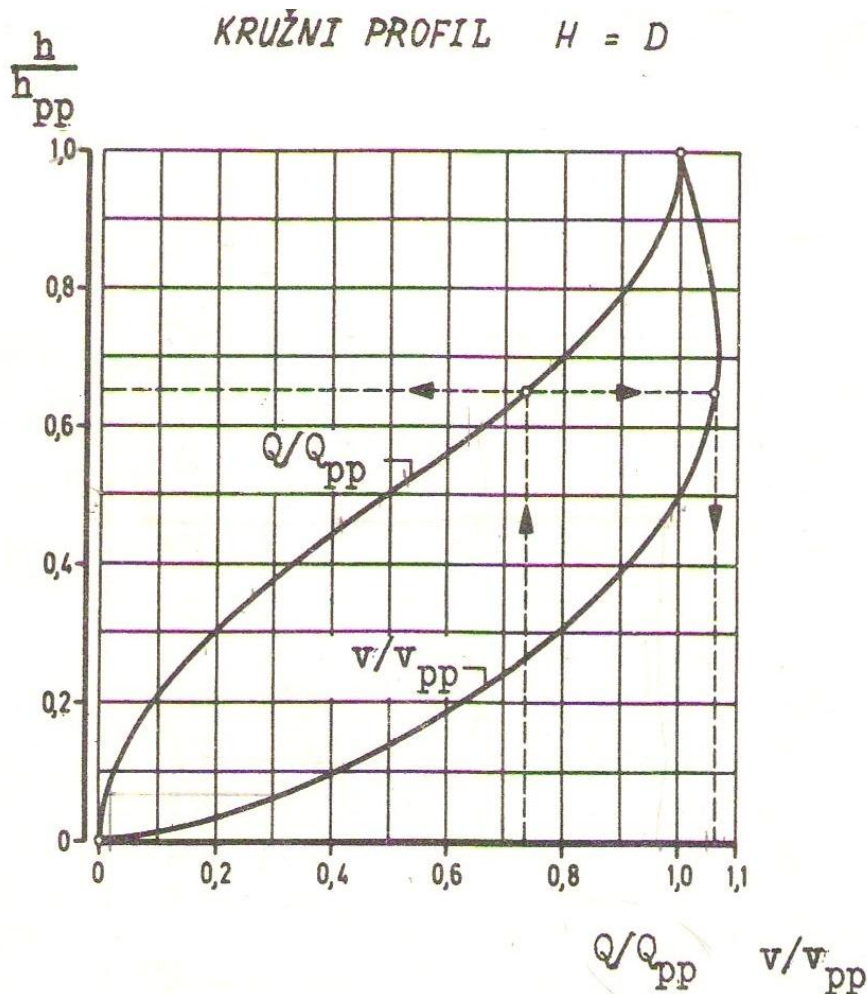


**Tablica 3.1**  $Q_{pp}$  i  $v_{pp}$  za različite promjere (DN) cijevi i padove ( $I_t$ ) cijevi

[illegible]

**Slika 3.1** Dijagram odnosa protoka, brzina i ispunjenosti

### Zadatak 3.1

Na dionici gravitacijskog cjevovoda DN ID 500 mm gdje je teren potpuno ravan, uz poštivanje minimalnog dopuštenog uzdužnog pada nivelete cijevi  $I_{\min}$ , potrebno je odrediti najmanji i najveći dozvoljeni protok za koje ta dionica cjevovoda može odgovarati. Kanalizacijski sustav je razdjelni, a analizirana dionica služi za distribuciju komunalne otpadne vode.

### Rješenje

#### Proračun minimalnog dozvoljenog uzdužnog pada nivelete cijevi:

$$I_{\min} = \frac{0,11}{\frac{4}{R^3}} = \frac{0,11}{\left(\frac{0,5}{4}\right)^3} = \frac{0,11}{0,125^3} = 1,76 \text{ ‰} \approx 2,0 \text{ ‰}$$
$$I_{\min} = \frac{1}{\text{DN ID [m]}} = \frac{1}{0,5} = 2,0 \text{ ‰}$$

U daljnjem proračunu usvojen je pad nivelete cijevi  $I_c = 2 \text{ ‰}$ .

#### Proračun protoka punog profila $Q_{pp}$ i brzine punog profila $v_{pp}$ :

Iz Tablice 3.1 su za usvojeni pad cijevi  $I_c = 2,0 \text{ ‰}$  i zadan promjer cjevovoda DN ID 500 mm očitane vrijednosti  $Q_{pp} = 169 \text{ l/s}$  i  $v_{pp} = 0,86 \text{ m/s}$ .

#### Proračun maksimalnog dozvoljenog protoka:

Vrijednost maksimalnog dozvoljenog protoka za cijev DN ID 500 određena je na temelju maksimalno dozvoljene ispunjenosti cijevi.

Za usvojenu vrijednost  $\left(\frac{H}{H_{pp}}\right)_{\max.\text{doz.}} = 0,6$  sa Slike 3.1 očitane su je vrijednosti  $\frac{Q}{Q_{pp}} = 0,68$  i  $\frac{v}{v_{pp}} =$

1,05. Prema tome, maksimalan protok i pripadna brzina tečenja iznose:

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = 0,68 \rightarrow Q = Q_{\max} = Q_{pp} \cdot 0,68 = 169 \cdot 0,68 = 114,92 \text{ l/s}$$
$$\frac{v}{v_{pp}} = 1,05 \rightarrow v = v_{\max} = v_{pp} \cdot 1,05 = 0,86 \cdot 1,05 = 0,90 \text{ m/s}$$

#### Proračun minimalnog dozvoljenog protoka:

Vrijednost minimalnog dozvoljenog protoka za cijev DN ID 500 određena je na temelju kriterija minimalno dozvoljene brzine tečenja u cjevovodu. Usvojena je minimalna vrijednost brzine od  $v_{\min} = 0,3 \text{ m/s}$ . Prema tome, minimalan protok i pripadna ispunjenost iznose:

$$\frac{v_{\min}}{v_{pp}} = \frac{0,3}{0,9} = 0,33 \rightarrow \frac{Q_{\min}}{Q_{pp}} = 0,02 \rightarrow Q_{\min} = 3,4 \text{ l/s}$$
$$\frac{H}{H_{pp}} = 0,08 \rightarrow H = H_{\min} = 0,08 \cdot 500 = 40 \text{ mm}$$

### Zadatak 3.2

Potrebno je dimenzionirati kanalizacijski cjevovod i odrediti nagib dna cijevi ako je nagib terena  $I_t = 130 \text{ ‰}$ , a protok mjerodavan za dimenzioniranje  $Q_{mj} = 300 \text{ l/s}$ . Odrediti ispunjenost i stvarnu brzinu tečenja u cjevovodu. Kanalizacijska cijev je za komunalnu otpadnu vodu. Potrebno je odabrati profil cijevi tako da mjerodavan protok pri dimenzioniranju ispunjava oko 50 % presjeka cijevi, a maksimalna brzina ne prelazi  $v_{max} = 5 \text{ m/s}$ . Za Manningov koeficijent hrapavosti usvojiti vrijednost  $n = 0,013$ .

### Rješenje

S obzirom na to da je potrebno odabrati profil cjevovoda gdje mjerodavan protok ispunjava 50 % ukupnog profila, rješenje (profil) se iz Manningove jednadžbe ne može dobiti eksplicitno. Drugim riječima, s obzirom na nepoznanice promjera (DN ID,  $H_{pp}$ ) i visine vode u cijevi ( $H$ ), radi se o implicitnom obliku jednadžbe i ona se rješava iteracijski. Također, svaki profil cijevi ima svoj maksimalan i minimalan dozvoljeni pad pa i to predstavlja nepoznanicu u Manningovoj jednadžbi.

Prema tome, za pretpostavljeni promjer cjevovoda DN ID, odredit će se protok punog profila. Odgovarajući profil odredit će se iz uvjeta da mjerodavan protok ne ispunjava više od 50 % profila.

#### 1. Pretpostavka DN ID 300

Proračun minimalnog i maksimalnog dozvoljenog pada cijevi:

$$I_{min} = \frac{0,11}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{0,11}{0,075^{\frac{4}{3}}} = 3,48 \text{ ‰}$$

$$I_{max} = \frac{4,2}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{4,2}{0,075^{\frac{4}{3}}} = 132 \text{ ‰}$$

S obzirom na to da je pad terena u granicama minimalnog i maksimalnog dozvoljenog pada cijevi, usvojiti će se pad nivele cijevi jednak padu terena  $I_c = I_t$ .

Protok punog profila tada iznosi:

$$Q_{pp} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot A = \frac{1}{0,013} \cdot 0,075^{\frac{2}{3}} \cdot 0,13^{\frac{1}{2}} \cdot 0,07 = 348 \text{ l/s}$$

Prema tome, ispunjenost cijevi iznosi:

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{300}{348} = 0,86 \rightarrow \frac{H}{H_{pp}} = 0,75 > \left( \frac{H}{H_{pp}} \right)_{max.doz.} = 0,5$$

S obzirom na to da mjerodavan protok ispunjava 75 % profila cijevi, DN ID 300 se ne smatra prikladnim za distribuciju otpadne vode u ovom slučaju.

#### 2. Pretpostavka DN ID 400

Proračun minimalnog i maksimalnog dozvoljenog pada cijevi:

$$I_{min} = \frac{0,11}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{0,11}{0,13^{\frac{4}{3}}} = 2,37 \text{ ‰}$$

$$I_{max} = \frac{4,2}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{4,2}{0,13^{\frac{4}{3}}} = 90,49 \text{ ‰}$$

S obzirom na to da je pad terena veći od maksimalnog dozvoljenog pada cijevi, usvojiti će se pad nivelete cijevi  $I_c = 90 \text{ ‰}$ .

Protok punog profila tada iznosi:

$$Q_{pp} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot A = \frac{1}{0,013} \cdot 0,1^{\frac{2}{3}} \cdot 0,09^{\frac{1}{2}} \cdot 0,13 = 646 \text{ l/s}$$

Prema tome, ispunjenost cijevi iznosi:

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{300}{646} = 0,46 \rightarrow \frac{H}{H_{pp}} = 0,46 < \left( \frac{H}{H_{pp}} \right)_{\text{max.doz.}} = 0,5$$

S obzirom na to da mjerodavan protok ispunjava manje od 50 % profila cijevi, DN ID 400 se smatra prikladnim za distribuciju otpadne vode u ovom slučaju.

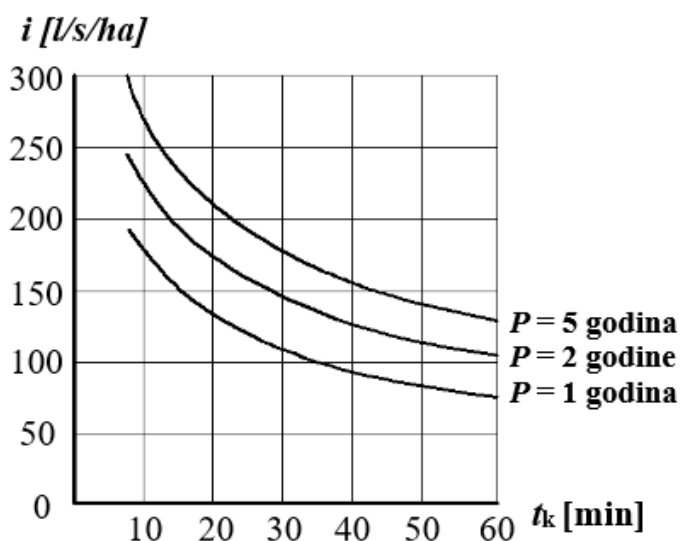
### Zadatak 3.3

Za mješovitu kanalizaciju s površinom sliva  $A = 100 \text{ ha}$ , dužinom sliva  $L = 2000 \text{ m}$  i prosječnim nagibom terena  $I_t = 10 \text{ ‰}$ , potrebno je odrediti:

1. Mjerodavne protoke u promatranom profilu:
  - protok komunalne otpadne vode,
  - protok oborinske vode (za mjerodavnu kišu),
  - ukupan protok za dimenzioniranje kanalizacijskog kolektora.
2. Dimenzije cijevi, stupanj ispunjenosti i stvarnu brzinu tečenja.

Podaci potrebni za proračun:

- gustoća naseljenosti: 100 stanovnik/ha,
- specifična potrošnja vode: 130 l/stanovnik/dan,
- povratni period oborine:  $P = 2$  godine,
- srednji koeficijent otjecanja:  $C = 0,28$ ,
- vrijeme ulaska oborinske vode u sustav (prvi slivnik) - površinsko tečenje:  $t_1 = 10 \text{ min}$ ,
- ITP krivulja prikazana je na Slici 3.2.



Slika 3.2 ITP krivulja

## Rješenje

Proračun suhog protoka odnosno komunalne vode:

$$Q_{sr,d,kom} = N \cdot q_{sp}$$

$$Q_{sr,d,kom} = 100 \text{ stanovnik/ha} \cdot 100 \text{ ha} \cdot 130 \text{ l/stanovnik/dan} = 15 \text{ l/s}$$

$$K = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{15}} = 2,15$$

$$Q_{max,h} = 15 \text{ l/s} \cdot 2,15 = Q_{kom} = 32 \text{ l/s}$$

Proračun mjerodavne količine oborinske vode:

*Proračun vremena otjecanja po dionici:*

Pretpostavljena je brzina tečenja po dionici budućeg kolektora od  $v_{pretp.} = 2 \text{ m/s}$ .

$$t_2 = \frac{L}{v_{pretp.}} = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ s} = 16,7 \text{ min}$$

*Vrijeme koncentracije  $t_c$ :*

$$t_c = t_1 + t_2 = 10 + 16,7 = 26,7 \text{ min}$$

*Intenzitet mjerodavne oborine:*

$$i(2; 26,7) = 155 \text{ l/s/ha}$$

*Mjerodavan protok oborinske vode:*

$$Q_{mj.ob.} = Q_{max} = C \cdot i \cdot A = 0,28 \cdot 155 \text{ l/s/ha} \cdot 100 \text{ ha} = 4340 \text{ l/s}$$

*Ukupan protok mjerodavan za dimenzioniranje iznosi:*

$$Q_{mj} = Q_{mj.ob.} + Q_{kom} = 4340 + 32 = 4372 \text{ l/s}$$

S obzirom na to da pad terena iznosi  $I_t = 10 \text{ ‰}$ , pretpostavljeno je da će pad nivelete cijevi pratiti pad terena ( $I_c = 10 \text{ ‰}$ ). Prema tome, iz Tablice 3.1 odabran je promjer kolektora DN ID 1300, za koji protok i brzina punog profila iznose:  $Q_{pp} = 4693 \text{ l/s}$ ,  $v_{pp} = 3,57 \text{ m/s}$ .

*Provjera ispunjenosti i stvarne brzine za vrijeme kiše:*

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{4372}{4693} = 0,93$$

$$\frac{H}{H_{pp}} = 0,85 \rightarrow H = 0,85 \cdot H_{pp} = 1105 \text{ mm}$$

$$\frac{v}{v_{pp}} = 1,04 \rightarrow v = 1,04 \cdot v_{pp} = 3,71 \text{ m/s}$$

S obzirom na to da je pretpostavljena brzina prilikom proračuna  $t_2$  iznosila  $v_{pretp.} = 2 \text{ m/s}$ , a dobivena stvarna brzina tečenja iznosi  $v_{stv} = 3,74 \text{ m/s}$ , proračun treba provesti ponovno s novom pretpostavljenom brzinom. Ponovljeni proračun je sada prikazan u Tablici 3.2.

Tablica 3.2 Proračun protoka oborinske vode i mjerodavnog protoka za dimenzioniranje

| $v_{pretp.}$<br>[m/s] | $t_2$<br>[min] | $t_c$<br>[min] | $i(P; t_c)$<br>[l/s/ha] | $Q_{mj.ob.}$<br>[l/s] | $Q_{mj}$<br>[l/s] |
|-----------------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| 3,7                   | 9              | 19             | 175                     | 4900                  | 4932              |

Sada je iz Tablice 3.2 za mjerodavan protok  $Q_{mj} = 4932 \text{ l/s}$  odabran profil kolektora DN ID 1300, ali s padom nivelete  $I_c = 12 \text{ ‰}$ . Protok i brzina punog profila iznose:  $Q_{pp} = 5142 \text{ l/s}$ ,  $v_{pp} = 3,87 \text{ m/s}$ .

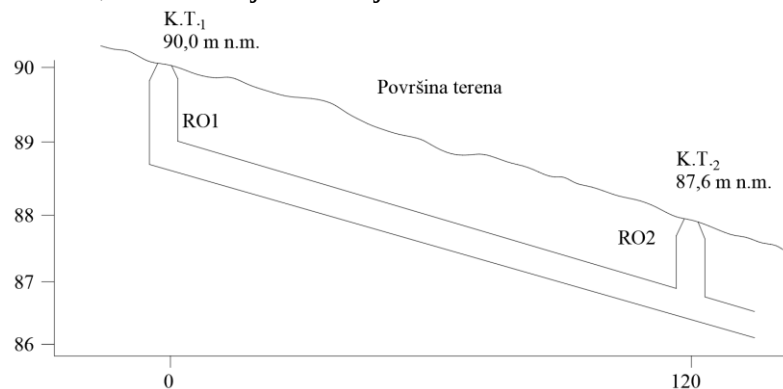
Provjera ispunjenosti i stvarne brzine za vrijeme kiše:

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{4932}{5142} = 0,96 \rightarrow \frac{H}{H_{pp}} = 0,86 \rightarrow \frac{v}{v_{pp}} = 1,05 \rightarrow v = 1,04 \cdot v_{pp} = 4,0 \text{ m/s}$$

S obzirom na to da su dobivena i pretpostavljena brzina tečenja vrlo slične, za analiziranu dionicu **usvaja se promjer DN ID 1300 s padom nivelete  $I_c = 12 \text{ ‰}$ .**

### Zadatak 3.4

Projektira se dionica cjevovoda kanalizacije mješovitog tipa duljine 120 m na protok od 100 l/s. Nadmorska visina terena na uzvodnom revizijskom oknu (RO1) iznosi 90,0 m n.m., a na nizvodnom oknu (RO2) 87,6 m n.m., kako je prikazano na Slici 3.3. Potrebno je odrediti odgovarajući promjer cijevi i pad cjevovoda te odrediti kote dna cijevi u uzvodnom i nizvodnom oknu. Pretpostavlja se minimalan nadsloj tla od 1,0 m iznad tjemena cijevi.



Slika 3.3 Uzdužni prikaz terena, okana i cjevovoda

### Rješenje

Pad terena iznosi:

$$I_t = \frac{\Delta H}{L} = \frac{90 - 87,6}{120} = 0,02 = 20 \text{ ‰}$$

Ukoliko bi se cjevovod ugradio paralelno s terenom ( $I_t = I_c$ ), potreban profil cjevovoda iznosi DN 300. Iz Tablice 1 može se odrediti protok punog profila  $Q_{pp} = 139 \text{ l/s}$  i brzina punog profila  $v_{pp} = 1,96 \text{ m/s}$ . Ispunjenost i stvarna brzina tečenja tada iznose:

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{100}{139} = 0,72 \rightarrow \frac{H}{H_{pp}} = 0,62 \rightarrow \frac{v}{v_{pp}} = 1,05 \rightarrow v = 1,96 \cdot v_{pp} = 2,06 \text{ m/s}$$

Kota dna cijevi (kota nivelete) na uzvodnom oknu iznosi:

$$K.N._1 = K.T._1 - h_{\text{nadsloj}} - DN = 90 \text{ m n.m.} - 1 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 88,7 \text{ m n.m.}$$

Kota dna cijevi na nizvodnom oknu iznosi:

$$K.N._2 = K.N._1 - \Delta h = 88,7 \text{ m n.m.} - (I_c \cdot L) = 88,7 \text{ m n.m.} - 2,4 \text{ m} = 86,3 \text{ m n.m.}$$

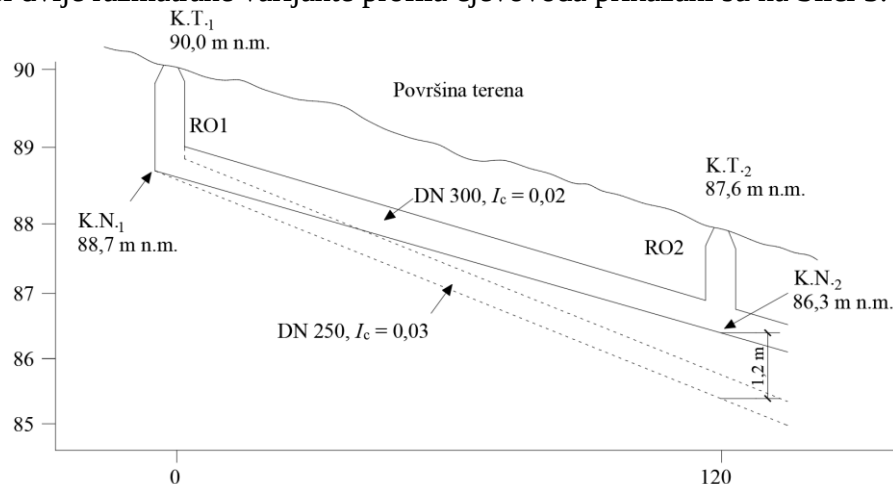
Alternativno, provjerit će se uvjeti ugradnje ukoliko se pretpostavi profil cjevovoda DN 250. Iz Tablice 1 može se očitati vrijednost protoka punog profila  $Q_{pp} = 85,5 \text{ l/s}$  za DN 250 i  $I_c = 20 \text{ ‰}$ . Prema tome, kako bi se propustio mjerodavan protok od 100 l/s potrebno je povećati pad cijevi. Pad pri kojem je to moguće ostvariti iznosi  $I_c = 30 \text{ ‰}$  ( $Q_{pp} = 105 \text{ l/s}$ ). Ovakvo rješenje zahtijeva veću dubinu iskopa i veći nadsloj od opcije s DN 300.

Visinska razlika između kote dna cijevi na početku i kraju dionice tada iznosi:

$$\Delta h = I_c \cdot L = \frac{30}{1000} \cdot 120 \text{ m} = 3,6 \text{ m}$$

što predstavlja dodatni nadsloj od 1,2 m (3,6 m – 2,4 m) u odnosu na varijantu s DN 300.

Visinski odnosi dvije razmatrane varijante profila cjevovoda prikazani su na Slici 3.4.



**Slika 3.4** Usporedni prikaz dvaju analiziranih varijanti

### Zadatak 3.5

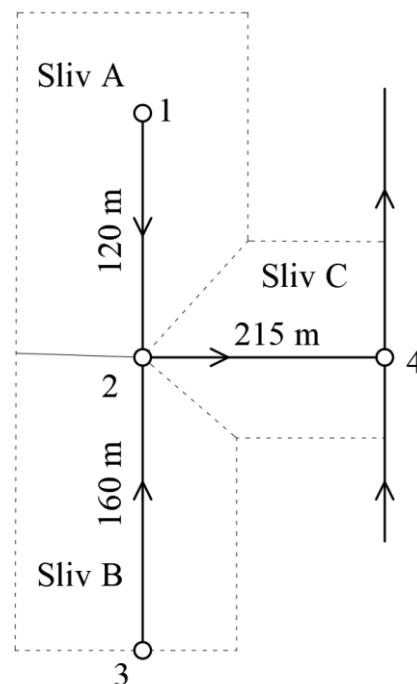
Potrebno je dimenzionirati kolektore mješovite kanalizacije. Prosječni padovi terena prikazani su u Tablici 3.3 (padovi su u smjeru planiranog polaganja kolektora). Proračun oborinske vode izvršiti pomoću racionalne teorije. Usvojiti vrijeme ulaska kiše  $t_1 = 10$  minuta i povratno razdoblje  $P = 2$  godine. Koristiti ITP krivulju iz Zadatka 3.3. Koeficijenti otjecanja prikazani su u Tablici 3.4. Specifična potrošnja vode u naselju iznosi 130 l/stanovnik/dan.

**Tablica 3.3** Broj stanovnika i površina sliva

| Sliv                                   | A   | B   | C   |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|
| <b>Broj stanovnika</b>                 | 250 | 180 | 300 |
| <b>Površina [ha]</b>                   | 0,8 | 0,9 | 1,5 |
| <b>Pad terena <math>I_t</math> [%]</b> | 3   | 5   | 7   |

**Tablica 3.4** Koeficijenti otjecanja i pripadajuće površine

| Sliv | Koeficijent otjecanja $C$ | Postotak površine (%) |
|------|---------------------------|-----------------------|
| A    | 0,5                       | 40                    |
|      | 0,9                       | 60                    |
| B    | 0,6                       | 35                    |
|      | 0,95                      | 65                    |
| C    | 0,5                       | 55                    |
|      | 0,8                       | 45                    |



**Slika 3.5** Shema sustava odvodnje

## Rješenje

Prvenstveno je proveden proračun mjerodavnih količina komunalne otpadne vode (Tablica 3.5).

**Tablica 3.5** Proračun komunalne otpadne vode  $Q_{\max, \text{dn}, \text{kom}}$  po dionicama

| Dionica | Pripadni slivovi | Broj stanovnika $N$ | $Q_{\text{sr}, \text{dn}, \text{kom}}$ [l/s] | $K$ | $Q_{\max, \text{dn}, \text{kom}}$ [l/s] |
|---------|------------------|---------------------|----------------------------------------------|-----|-----------------------------------------|
| 1-2     | A                | 250                 | 0,4                                          | 3   | 1,2                                     |
| 3-2     | B                | 180                 | 0,3                                          | 3   | 0,9                                     |
| 2-4     | A, B, C          | 730                 | 1,1                                          | 3   | 3,3                                     |

Proračun mjerodavnog intenziteta oborinske vode proveden je i prikazan u Tablici 3.6. Vrijeme ulaska  $t_1$  je zadano, a potrebno je izračunati vrijeme otjecanja po dionici kolektora  $t_2$ . Za određivanje vremena otjecanja potrebno je pretpostaviti brzinu otjecanja ( $v_{\text{pretp.}}$ ), a kasnije u postupku dimenzioniranja tu brzinu provjeriti ( $v_{\text{stv.}}$ ). Ukoliko se stvarna brzina  $v_{\text{stv.}}$  i pretpostavljena brzina  $v_{\text{pretp.}}$  razlikuju proračun je potrebno ponoviti. Odgovarajuća točnost usvaja se ukoliko se brzine razlikuju do 0,5 m/s. Proračun količina oborinske vode, mjerodavnog protoka za dimenzioniranje i postupak dimenzioniranja kolektora provedeni su u Tablicama 3.7 – 3.9.

**Tablica 3.6** Proračun mjerodavnog intenziteta  $i$  oborinske vode po dionicama

| Dionica | $I_t$ [%] | $t_1$ [min] | $L_i$ [m] | $v_{\text{pretp.}}$ [m/s] | $t_2$ [min] | $t_c$ [min] | $i$ [l/s/ha] |
|---------|-----------|-------------|-----------|---------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 1-2     | 3         | 10          | 120       | 2,4                       | 0,83        | 10,83       | 220          |
| 3-2     | 5         | 10          | 160       | 3                         | 0,88        | 10,88       | 220          |
| 2-4     | 7         | 10,88       | 215       | 5                         | 0,72        | 11,6        | 210          |

**Tablica 3.7** Proračun mjerodavnog protoka  $Q_{\text{mj}, \text{ob}}$  oborinske vode po dionicama

| Dionica | $A$ [ha] | $i$ [l/s/ha] | $C$ [-] | $Q_{\text{ob}}$ [l/s] |
|---------|----------|--------------|---------|-----------------------|
| 1-2     | 0,8      | 220          | 0,74    | 130                   |
| 3-2     | 0,9      | 220          | 0,83    | 164                   |
| 2-4     | 3,2      | 210          | 0,716   | 481                   |

**Tablica 3.8** Mjerodavan protok  $Q_{\text{mj}}$  za dimenzioniranje mješovite kanalizacije po dionicama

| Dionica | $Q_{\max, \text{dn}, \text{kom}}$ [l/s] | $Q_{\text{mj}, \text{ob}}$ [l/s] | $Q_{\text{mj}}$ [l/s] |
|---------|-----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 1-2     | 1,2                                     | 130                              | 131                   |
| 3-2     | 0,9                                     | 164                              | 165                   |
| 2-4     | 3,3                                     | 481                              | 484                   |

Proračun koeficijenta otjecanja  $C$ :

$$\bar{C}_{1-2} = \bar{C}_A = (0,4 \cdot 0,5) + (0,6 \cdot 0,9) = 0,74$$

$$\bar{C}_{3-2} = \bar{C}_B = (0,35 \cdot 0,6) + (0,65 \cdot 0,95) = 0,83$$

$$\bar{C}_C = (0,55 \cdot 0,5) + (0,45 \cdot 0,8) = 0,635$$

$$\bar{C}_{4-2} = \frac{\bar{C}_A \cdot A_A + \bar{C}_B \cdot A_B + \bar{C}_C \cdot A_C}{A_{\text{sliv}}} = 0,716$$

Dimenzioniranje cijevi provedeno je s obzirom na dobivene mjerodavne količine otpadne vode  $Q_{\text{mj}}$  (Tablica 3.8) i pretpostavku da će se cijevi polagati paralelno s terenom (gdje god je moguće). Pošto padovi terena iznose od 30 do 70 ‰, u ovom slučaju treba obratiti pozornost na maksimalno dozvoljene padove cijevi  $I_{\max, \text{doz.}}$ .

**Tablica 3.9** Dimenzioniranje kolektora i provjera stvarne brzine tečenja

| Dionica | DN ID [mm] | $I_{\max, \text{doz.}}$ [‰] | $I_c = I_t$ [%] | $Q_{pp}$ [l/s] | $v_{pp}$ [m/s] | $Q_{mj}/Q_{pp}$ | $v_{stv}/v_{pp}$ | $v_{stv}$ [m/s] | $v_{pretp.}$ [m/s] |
|---------|------------|-----------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|
| 1-2     | 300        | 132                         | 30              | 170            | 2,41           | 0,77            | 1,06             | 2,55            | 2,4                |
| 3-2     | 300        | 132                         | 50              | 220            | 3,11           | 0,75            | 1,06             | 3,3             | 3                  |
| 2-4     | 400        | 90                          | 70              | 550            | 4,38           | 0,87            | 1,05             | 4,6             | 5                  |

S obzirom na to da su stvarne brzina tečenja po kolektorima približno jednake pretpostavljenima ( $v_{stv} \approx v_{pretp.}$ ), usvajaju se gore navedene dimenzije kanalizacijskih kolektora. Proračun protoka i brzine punog profila za dionicu 2-4 proveden je Manningovom jednadžbom (uz usvojen  $n = 0,013$ ).

### Zadatak 3.6

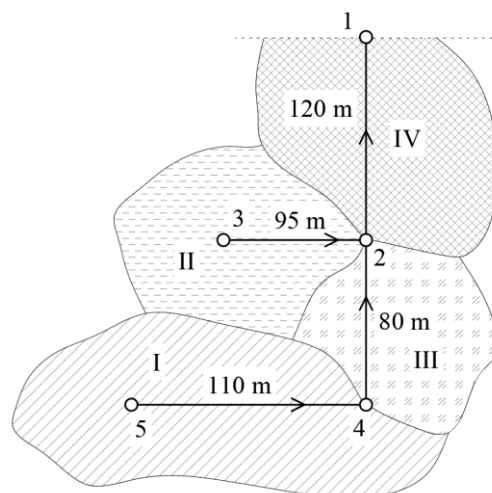
Za sustav cjevovoda sa Slike 3.6 potrebno je izračunati najveći protok oborinske vode u nizvodnim profilima svih dionica. Potrebno je nizvodne profile dimenzionirati na dobiveni protok te usvojiti isti profil cijevi za cijelu promatranu dionicu. Odrediti ispunjenost i stvarnu brzinu toka. Pad terena usvojiti prema podacima iz Tablice 3.10. Usvojiti vrijeme ulaska u sustav od  $t_1 = 10$  min, koeficijent otjecanja  $C = 0.55$  i kišu čija vjerojatnost pojavljivanja iznosi  $p = 20$  %. Koristiti ITP krivulju iz Zadatka 3.3. Gdje je moguće, pretpostaviti da će cijevi biti ugrađene paralelno s terenom.

**Tablica 3.10** Nadmorske visine

| Čvor | Nadmorska visina [m n.m.] |
|------|---------------------------|
| 1    | 96                        |
| 2    | 97,2                      |
| 3    | 111,45                    |
| 4    | 98                        |
| 5    | 103,5                     |

**Tablica 3.11** Površine slivova

| Sliv | Površina [m <sup>2</sup> ] |
|------|----------------------------|
| I    | 9 000                      |
| II   | 6 000                      |
| III  | 5 000                      |
| IV   | 7 000                      |

**Slika 3.6** Shema sustava oborinske odvodnje naselja

### Rješenje

S obzirom na to da su zadane nadmorske visine u čvorovima koji predstavljaju početak i kraj budućih dionica, prvenstveno su određeni padovi terena  $I_t$  (Tablica 3.12).

**Tablica 3.12** Proračun padova terena  $I_t$ 

| Dionica | Nadmorska visina [m n.m.] |               | $\Delta h$ [m] | $L$ [m] | $I_t$ [‰] |
|---------|---------------------------|---------------|----------------|---------|-----------|
|         | Početna točka             | Krajnja točka |                |         |           |
| 5-4     | 103,5                     | 98            | 5,5            | 110     | 50        |
| 4-2     | 98                        | 97,2          | 0,8            | 80      | 10        |
| 3-2     | 111,45                    | 97,2          | 14,25          | 95      | 150       |
| 2-1     | 97,2                      | 96            | 1,2            | 120     | 10        |

Povratni period mjerodavne kiše iznosi  $P = 5$  godina, s obzirom na zadanu vjerojatnost pojavljivanja kiše  $p = 20 \%$ .

Proračun mjerodavnog intenziteta, mjerodavnog protoka i dimenzioniranje kolektora provedeno je i prikazano u Tablicama 3.13 – 3.15.

**Tablica 3.13** Proračun mjerodavnog intenziteta  $i$  oborinske vode po dionicama

| Dionica | $I_t$<br>[%] | $t_1$<br>[min] | $L_i$ [m] | $v_{\text{pretp.}}$<br>[m/s] | $t_2$<br>[min] | $t_c$<br>[min] | $i$<br>[l/s/ha] |
|---------|--------------|----------------|-----------|------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| 5-4     | 50           | 10             | 110       | 3                            | 0,6            | 10,6           | 270             |
| 4-2     | 10           | 10,6           | 80        | 1,6                          | 0,83           | 11,43          | 250             |
| 3-2     | 150          | 10             | 95        | 4                            | 0,39           | 10,39          | 270             |
| 2-1     | 10           | 11,43          | 120       | 2                            | 1              | 12,43          | 240             |

**Tablica 3.14** Proračun mjerodavnog protoka  $Q_{\text{mj.ob}} = Q_{\text{max}}$  oborinske vode po dionicama

| Dionica | $A$<br>[ha] | $i$<br>[l/s/ha] | $C$<br>[-] | $Q_{\text{ob}}$<br>[l/s] |
|---------|-------------|-----------------|------------|--------------------------|
| 5-4     | 0,9         | 270             | 0,55       | 134                      |
| 4-2     | 1,4         | 250             | 0,55       | 164                      |
| 3-2     | 0,5         | 270             | 0,55       | 74                       |
| 2-1     | 2,7         | 240             | 0,55       | 356                      |

**Tablica 3.15** Dimenzioniranje kolektora i provjera stvarne brzine tečenja

| Dionica | $DN\ ID$<br>[mm] | $I_{\text{max,doz.}}$<br>[‰] | $I_t$<br>[%] | $I_c$<br>[%] | $Q_{\text{pp}}$<br>[l/s] | $v_{\text{pp}}$<br>[m/s] | $Q_{\text{mj}}/Q_{\text{pp}}$ | $v_{\text{stv}}/v_{\text{pp}}$ | $v_{\text{stv}}$<br>[m/s] | $v_{\text{pretp.}}$<br>[m/s] |
|---------|------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 5-4     | <b>300</b>       | 132                          | 50           | 50           | 220                      | 3,11                     | 0,61                          | 1,04                           | 3,2                       | 3                            |
| 4-2     | <b>400</b>       | 90                           | 10           | 10           | 210                      | 1,67                     | 0,78                          | 1,06                           | 1,7                       | 1,6                          |
| 3-2     | <b>300</b>       | 132                          | 150          | 132          | 351                      | 4,97                     | 0,21                          | 0,82                           | 4,1                       | 4                            |
| 2-1     | <b>500</b>       | 67,2                         | 10           | 10           | 378                      | 1,93                     | 0,94                          | 1,04                           | 2,0                       | 2                            |

Proračun protoka i brzine punog profila za dionicu 3-2 proveden je Manningovom jednadžbom (uz usvojen  $n = 0,013$ ). S obzirom na to da su stvarne brzina tečenja po kolektorima približno jednake pretpostavljenima ( $v_{\text{stv}} \approx v_{\text{pretp.}}$ ), usvajaju se gore navedene dimenzije kanalizacijskih kolektora.