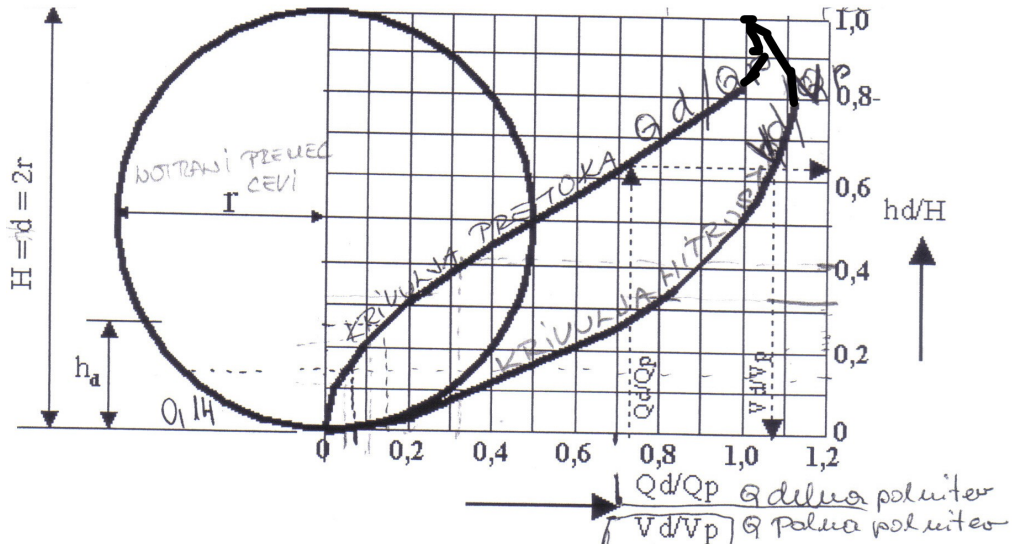


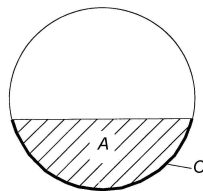
Q	h	v	Q	h	v	Q	h	v	Q	h	v
Q_{polno}	h_{polno}	v_{polno}	Q_{polno}	h_{polno}	v_{polno}	Q_{polno}	h_{polno}	v_{polno}	Q_{polno}	h_{polno}	v_{polno}
0,001	0,02	0,17	0,110	0,22	0,67	0,410	0,45	0,95	0,710	0,63	1,06
0,002	0,03	0,21	0,120	0,23	0,69	0,420	0,45	0,96	0,720	0,64	1,07
0,004	0,04	0,26	0,130	0,24	0,70	0,430	0,46	0,96	0,730	0,65	1,07
0,006	0,05	0,29	0,140	0,25	0,72	0,440	0,46	0,97	0,740	0,65	1,07
0,008	0,06	0,32	0,150	0,26	0,73	0,450	0,47	0,97	0,750	0,66	1,07
0,010	0,07	0,34	0,160	0,27	0,74	0,460	0,48	0,98	0,760	0,67	1,07
0,012	0,07	0,36	0,170	0,28	0,76	0,470	0,48	0,99	0,770	0,67	1,07
0,014	0,08	0,37	0,180	0,28	0,77	0,480	0,49	0,99	0,780	0,68	1,07
0,016	0,09	0,39	0,190	0,29	0,78	0,490	0,49	1,00	0,790	0,69	1,07
0,018	0,09	0,40	0,200	0,30	0,79	0,500	0,50	1,00	0,800	0,70	1,07
0,020	0,10	0,41	0,210	0,31	0,80	0,510	0,51	1,00	0,810	0,70	1,08
0,022	0,10	0,42	0,220	0,32	0,81	0,520	0,51	1,01	0,820	0,71	1,08
0,024	0,10	0,43	0,230	0,32	0,82	0,530	0,52	1,01	0,830	0,72	1,08
0,026	0,11	0,45	0,240	0,33	0,83	0,540	0,52	1,02	0,840	0,73	1,07
0,028	0,11	0,45	0,250	0,34	0,84	0,550	0,53	1,02	0,850	0,74	1,07
0,030	0,12	0,46	0,260	0,35	0,85	0,560	0,54	1,02	0,860	0,75	1,07
0,035	0,13	0,48	0,270	0,35	0,86	0,570	0,54	1,03	0,870	0,76	1,07
0,040	0,13	0,50	0,280	0,36	0,86	0,580	0,55	1,03	0,880	0,77	1,07
0,045	0,14	0,52	0,290	0,37	0,87	0,590	0,56	1,03	0,890	0,78	1,07
0,050	0,15	0,54	0,300	0,37	0,88	0,600	0,56	1,04	0,900	0,79	1,07
0,055	0,16	0,55	0,310	0,38	0,89	0,610	0,57	1,04	0,910	0,80	1,07
0,060	0,16	0,57	0,320	0,39	0,89	0,620	0,57	1,04	0,920	0,81	1,06
0,065	0,17	0,58	0,330	0,39	0,90	0,630	0,58	1,05	0,930	0,82	1,06
0,070	0,18	0,59	0,340	0,40	0,91	0,640	0,59	1,05	0,940	0,83	1,05
0,075	0,18	0,60	0,350	0,41	0,92	0,650	0,59	1,05	0,950	0,85	1,05
0,080	0,19	0,61	0,360	0,41	0,92	0,660	0,60	1,05	0,960	0,86	1,04
0,085	0,19	0,62	0,370	0,42	0,93	0,670	0,61	1,06	0,970	0,88	1,04
0,090	0,20	0,63	0,380	0,43	0,93	0,680	0,61	1,06	0,980	0,91	1,03
0,095	0,21	0,64	0,390	0,43	0,94	0,690	0,62	1,06	0,990	0,93	1,02
0,100	0,21	0,65	0,400	0,44	0,95	0,700	0,63	1,06	1,000	1,00	1,00



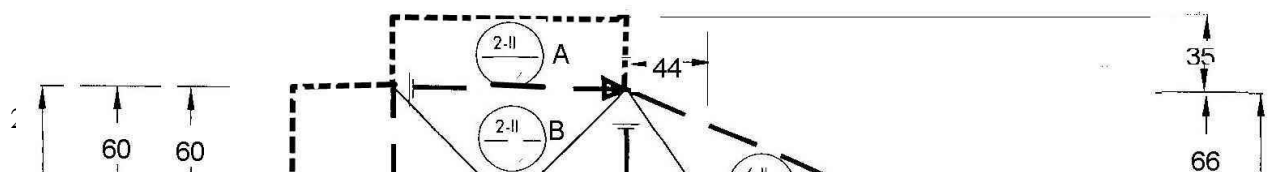
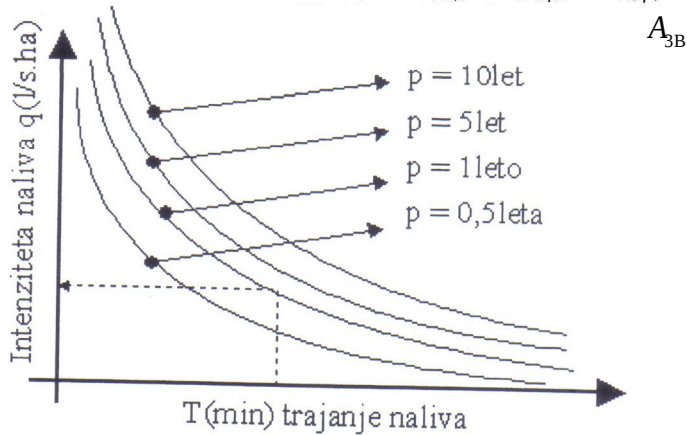
Padec [%]	Premer cevi d_N [mm]											
	150		200		250		300		400		500	
	Pretok Q [l/s] in hitrost v [m/s]											
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
0,4												
0,5											75,5	0,38
0,6											84,4	0,43
0,8											92,5	0,47
1											106,8	0,54
1,25							30,6	0,43	65,9	0,52	119,4	0,61
1,5					21,0	0,43	34,2	0,48	73,6	0,59	133,5	0,68
2			12,70	0,40	23,0	0,47	37,5	0,53	80,7	0,64	146,2	0,74
2,5			14,67	0,47	26,6	0,54	43,2	0,61	93,1	0,74	168,9	0,86
3	7,61	0,43	16,40	0,52	29,7	0,61	48,4	0,68	104,1	0,83	188,8	0,96
4	8,34	0,47	17,96	0,57	32,6	0,66	53,0	0,75	114,1	0,91	206,8	1,05
5	9,63	0,55	20,74	0,66	37,6	0,77	61,2	0,87	131,7	1,05	238,8	1,22
6	10,77	0,61	23,19	0,74	42,0	0,86	68,4	0,97	147,3	1,17	267,0	1,36
7	11,80	0,67	25,41	0,81	46,1	0,94	74,9	1,06	161,3	1,28	292,5	1,49

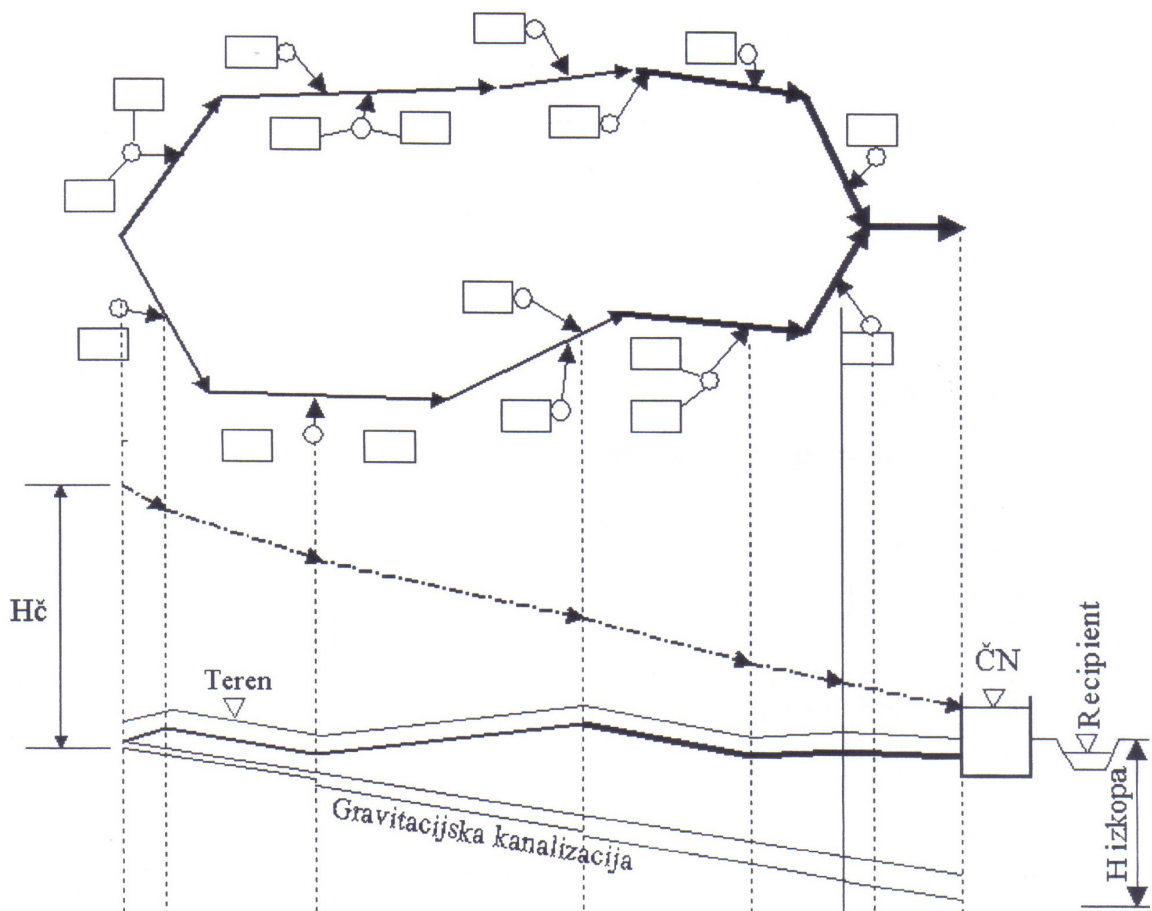
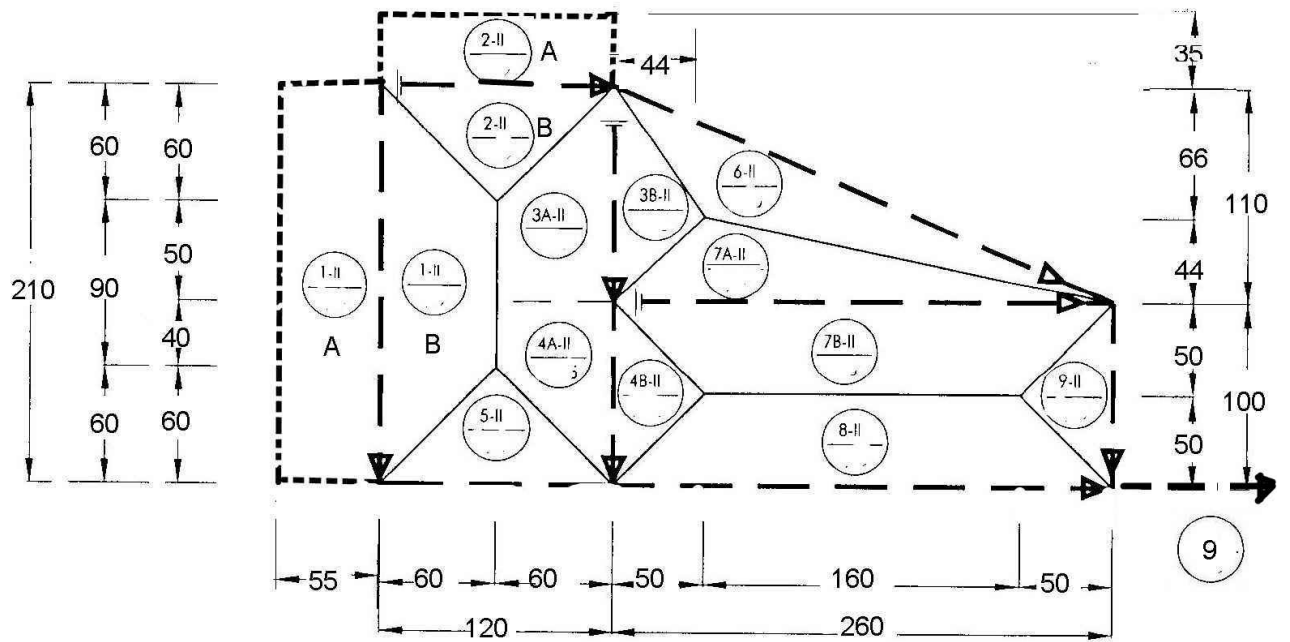


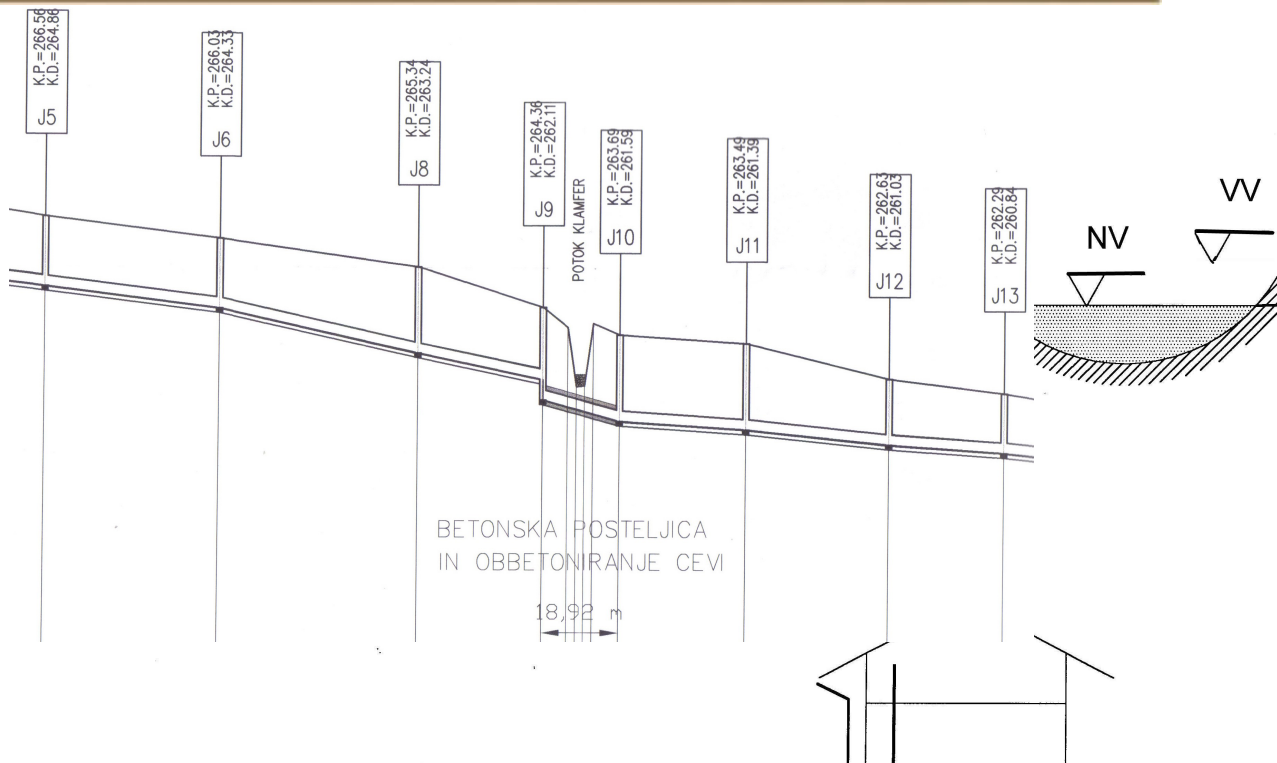
Padec [%]	Premer cevi d_N [mm]											
	150		200		250		300		400		500	
	Pretok Q [l/s] in hitrost v [m/s]											
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
0,4												
0,5											75,5	0,38
0,6											84,4	0,43
0,8									51,0	0,41	92,5	0,47
1									58,9	0,47	106,8	0,54
1,25									65,9	0,52	119,4	0,61
1,5					21,0	0,43	34,2	0,48	73,6	0,59	133,5	0,68
2			12,70	0,40	23,0	0,47	37,5	0,53	80,7	0,64	146,2	0,74
2,5	7,61	0,43	14,67	0,47	26,6	0,54	43,2	0,61	93,1	0,74	168,9	0,86
3	8,34	0,47	16,40	0,52	29,7	0,61	48,4	0,68	104,1	0,83	188,8	0,96
4	9,63	0,55	17,96	0,57	32,6	0,66	53,0	0,75	114,1	0,91	206,8	1,05
5	10,77	0,61	20,74	0,66	37,6	0,77	61,2	0,87	131,7	1,05	238,8	1,22
6	11,80	0,67	23,19	0,74	42,0	0,86	68,4	0,97	147,3	1,17	267,0	1,36
7	12,74	0,72	25,41	0,81	46,1	0,94	74,9	1,06	161,3	1,28	292,5	1,49
8	13,62	0,77	27,44	0,87	49,8	1,01	80,9	1,14	174,2	1,39	315,9	1,61
10	15,23	0,86	29,34	0,93	53,2	1,08	86,5	1,22	186,3	1,48	337,7	1,72
12	16,68	0,94	32,80	1,04	59,5	1,21	96,7	1,37	208,3	1,66	377,6	1,92
14	18,02	1,02	35,93	1,14	65,1	1,33	105,9	1,50	228,1	1,82	413,6	2,11
16	19,26	1,09	38,81	1,24	70,4	1,43	114,4	1,62	246,4	1,96	446,8	2,28
18	20,43	1,16	41,49	1,32	75,2	1,53	122,3	1,73	263,4	2,10	477,6	2,43
20	21,54	1,22	44,00	1,40	79,8	1,63	129,7	1,84	279,4	2,22	506,6	2,58
22	22,59	1,28	46,38	1,48	84,1	1,71	136,8	1,93	294,5	2,34	534,0	2,72
24	23,59	1,34	48,65	1,55	88,2	1,80	143,4	2,03	308,9	2,46	560,1	2,85
25	24,08	1,36	50,81	1,62	92,1	1,88	149,8	2,12	322,6	2,57	585,0	2,98
26	24,56	1,39	51,86	1,65	94,0	1,92	152,9	2,16	329,3	2,62	597,0	3,04
28	25,48	1,44	52,89	1,68	95,9	1,95	155,9	2,21	335,8	2,67		
30	26,38	1,49	54,88	1,75	99,5	2,03	161,8	2,29	348,5	2,77		
32	27,24	1,54	56,81	1,81	103,0	2,10	167,5	2,37	360,7	2,87		
34	28,08	1,59	58,67	1,87	106,4	2,17	173,0	2,45	372,5	2,96		
36	28,90	1,64	60,48	1,93	109,7	2,23	178,3	2,52	384,0	3,06		
38	29,69	1,68	62,23	1,98	112,8	2,30	183,5	2,60				
40	30,46	1,72	63,94	2,04	115,9	2,36	188,5	2,67				
42	31,21	1,77	65,60	2,09	118,9	2,42	193,4	2,74				
44	31,95	1,81	67,22	2,14	121,9	2,48	198,2	2,80				
46	32,66	1,85	68,80	2,19	124,7	2,54	202,8	2,87				
48	33,37	1,89	70,34	2,24	127,5	2,60	207,4	2,93				
50	34,05	1,93	71,86	2,29	130,3	2,65	211,9	3,00				
			73,34	2,33	133,0	2,71	216,2	3,06				

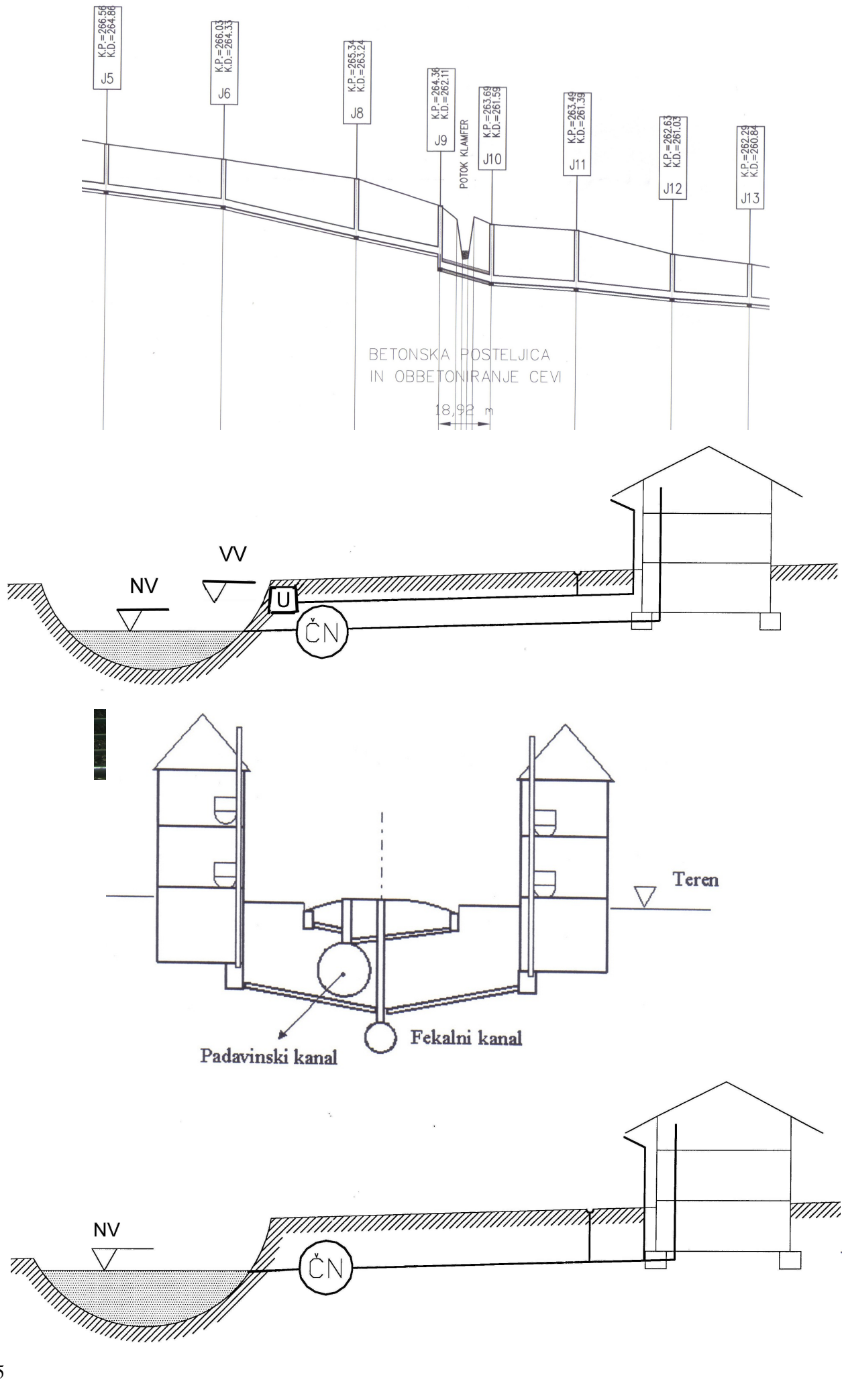


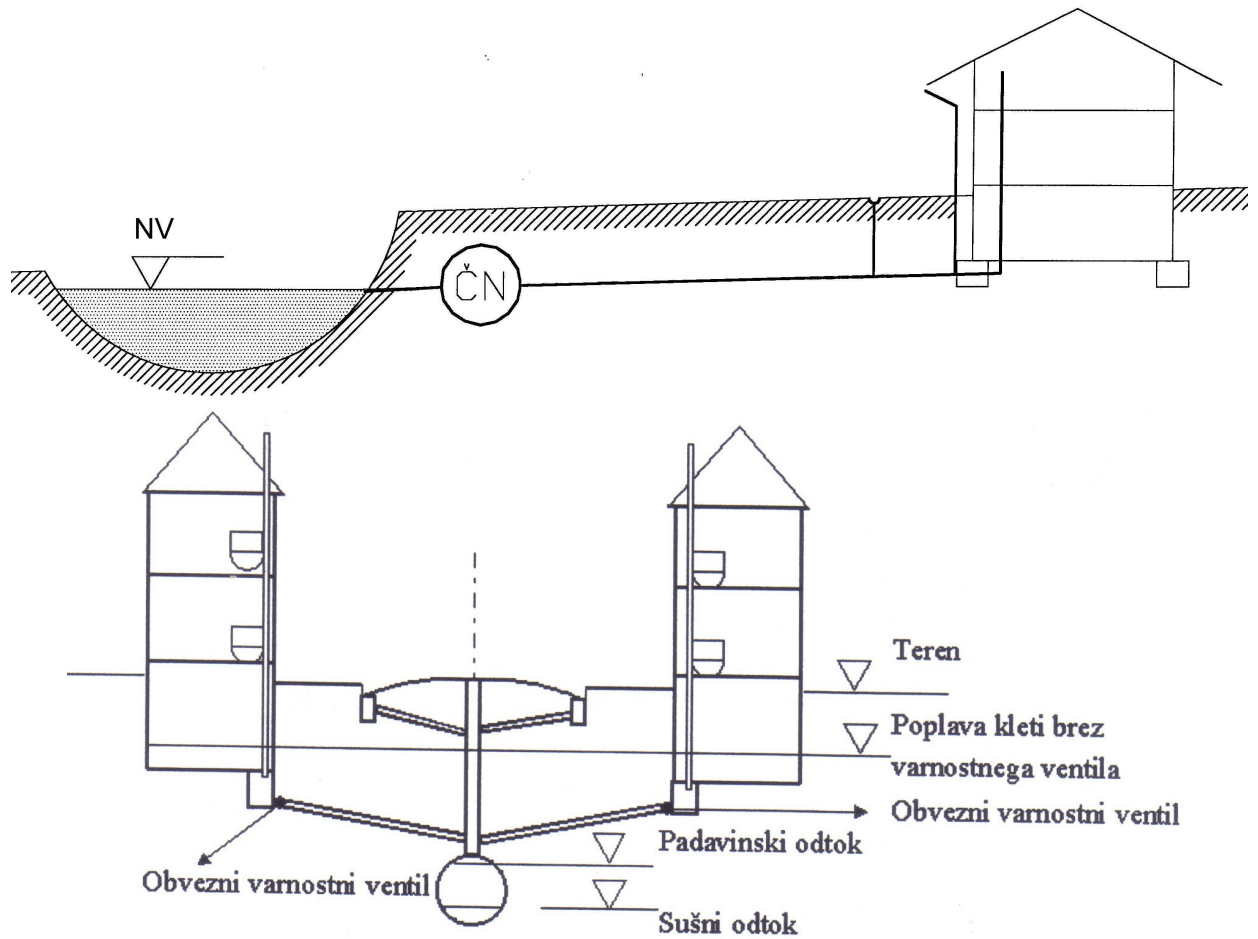
Pogostost naliva	Jakost odtoka nalivov l/s/ha, trajanje v min											
	5	10	15	20	30	60	90	120	180	300	420	600
0,1	590,6	383,3	281,2	225,6	165,6	97,2	71,4	57,4	42,1	31,4	28,2	25,1
0,2	528,6	333,3	296,2	198,6	146,7	87,4	64,5	52	38,4	28	24	20,4
0,5	404,5	253,1	191,6	157,2	119,0	73,9	56	45,9	34,8	24,5	19,4	15,2
0,66	375	233,5	177	145,4	110,2	68,7	52,1	42,8	32,4	22,8	18,2	14,2
1	327,4	211,6	160,6	132,1	100,2	62,5	47,6	39	29,6	20,9	16,6	
2	259,3	173,2	131,8	108,6	82,7	51,9	39,5	32,5	24,8	17,6		
4	201,7	133,1	101,7	84,1	64,3	40,6	31	25,6	19,6			
6	164,9	109,2	84,2	70	54,0	34,4	26,7	21,2	15,1			











ERUDIO, VIŠJA



**STROKOVNA ŠOLA
VIŠJEŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM**

VARSTVO OKOLJA IN KOMUNALA

Iztok Slokan

ODVAJANJE IN ČIŠČENJE ODPADNE VODE

2012/2013

ODVAJANJE IN ČIŠČENJE ODPADNE VODE

1 UVOD

2 VIRI KANALIZACIJSKIH VODA

2.1 ODPADNE VODE (q_{od})

2.2 TUJE VODE (q_t)

2.3 PADAVINSKE (METEORNE) VODE (q_{pad})

3 KANALIZACIJSKI SISTEMI

3.1 MEŠANI KANALIZACIJSKI SISTEM

3.2 LOČENI KANALIZACIJSKI SISTEM

3.3 MODIFICIRANI MEŠANI KANALIZACIJSKI SISTEM

3.4 MODIFICIRANI LOČENI KANALIZACIJSKI SISTEM

4 VRSTE KANALIZACIJSKIH OMREŽIJ GLEDE NA NAČIN ODVAJANJA ODPADNE VODE

4.1 PODTLAČNO -- VAKUUMSKO ODVAJANJE

4.2 TLAČNO ODVAJANJE

5 HIDRAVLIČNI PRERAČUN KANALIZACIJE

5.1 DOLOČITEV KOLIČINE VODE V KANALIH

5.1.1 Določitev količine odpadnih voda q_{od} (l/s)

5.1.2 Določitev količine tuje vode q_t

5.1.3 Določitev količine padavinskih voda q_{pad}

5.2 DIMENZIONIRANJE CEVI (pri težnostnem odvajanju vode v kanalih)

5.2.1 Dimenzioniranje cevi glede na skupno vodo

5.2.2 Kontrola hitrosti in višine vode pri skupnem odtoku

5.2.3 Kontrola hitrosti in višine vode pri sušnem odtoku

6 KANALIZACIJSKA MREŽA

6.1 KANALIZACIJSKE CEVI

6.2 OBJEKTI NA KANALIZACIJSKI MREŽI

6.2.1 Revizijski jaški

6.2.2 Kaskadni jaški

6.2.3 Cestni požiralniki

6.2.4 Razbremenilniki

6.2.5 Črpališča

6.2.6 Zadrževalniki

6.2.7 Kanalizacijski priključki

7 GRADNJA IN VZDRŽEVANJE KANALIZACIJE

7.1 POLAGANJE CEVOVODOV

7.2 VARSTVO PRI DELU

7.3 PREIZKUS TESNOSTI KANALSKIH SISTEMOV

7.4 VZDRŽEVANJE KANALIZACIJE

8 PROJEKT KANALIZACIJE

9 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA

8.1 SESTAVA ODPADNE VODE

8.2 KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE

8.3 MALE ČISTILNE NAPRAVE

8.3 RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE

8.5 PONIKOVALNICE

8.6 GREZNICE

10 LITERATURA, KI OBRAVNAVA PODROČJE KANALIZACIJE

ODVAJANJE IN ČIŠČENJE ODPADNE VODE

1 UVOD

Ime predmeta je izbrano nesrečno, saj zavaja, da odvajamo in čistimo samo odpadne vode. Zato raje za odvod vseh voda v kanalih uporabljamo raje izraz **KANALIZACIJA**. Tudi zapis »čiščenje odpadnih voda« ni ustrezen.

Poleg čiščenja odpadnih voda v čistilnih napravah bomo obravnavali tudi čiščenje (ne)onesnaženih padavinskih voda.

Sodobno razumevanje ohranjanje okolja nam nalaga ohranjanje hidroloških danosti v okolju, zaradi česar je zaželeno, da kar največ padavinskih voda ponikamo na mestu, kamor so padle, zato bomo na kratko obravnavali tudi to problematiko.

Z dobro načrtovano, zgrajeno in vzdrževano kanalizacijo:

- varujemo okolje,
- ščitimo vire pitne vode,
- skrbimo za zdravje prebivalstva,
- preprečujemo nalezljive bolezni.

Kanalizacija mora biti v mestih in naseljih zgrajena tako, da:

- odpadne vode odvaja higiensko neoporečno izven območja naselja,
- odtok padavinskih voda uredi tako, da zaščiti varnost in lastnino ljudi pred poplavami,
- skladno s predpisi zagotovi v čistilni napravi takšen način in stopnjo čiščenja odpadnih voda, da odpadna voda ni več škodljiva za odvodnik (recipient), blato, proizvedeno v čistilni napravi pa je sprejemljivo za okolje.

Kanalske sisteme moramo načrtovati, zgraditi in vzdrževati tako, da dosežemo kar najboljši tehnično-ekonomski učinek.

Žal je neurejena kanalizacija v nerazvitih deželah (slika1) vzrok črevesnim in drugim obolenjem, pa tudi prezgodnji umrljivosti in s tem mnogo krajši življenjski dobi.

Slika 1. Primer neurejene kanalizacije v Egiptu

2 VIRI KANALIZACIJSKIH VODA

Vode, ki odtekajo v kanalizacijo, imenujemo **kanalizacijske vode**. Kanalizacijske vode delimo na:

- **odpadne vode:**
 - hišne odpadne vode,
 - industrijske ali tehnološke odpadne vode,
 - kmetijske odpadne vode,
 - komunalne odpadne vode,
- tuje vode,
- padavinske (meteorne) vode, deževni odtok.

Med seboj se razlikujejo po:

- onesnaženosti,

- količini odtoka,
- spreminjanju veličine odtoka,

kar vpliva (pri načrtovanju in izvedbi kanalizacije) na:

- dovoljene hitrosti vode v kanalizaciji ($v_{\min} = 0,4 \text{ m/s}$ in $v_{\max} = 3 \text{ m/s}$),
- dovoljene polnjenosti cevi – višino vode v cevi ($h_{\min} = 0,1 \cdot h = 10 \% h$ in 3 cm ter $h_{\max} = 0,7 \cdot h = 70 \% h$, kar velja za mešano kanalizacijo in padavinsko vodo pri ločenem sistemu kanalizacije in $h_{\max} = 0,5 \cdot h = 50 \% h$, kar velja odpadno vodo pri ločenem sistemu kanalizacije).

2.1 ODPADNE VODE (q_{od})

Z izrazom **odpadne vode** ali **odplake** označujemo vso onesnaženo vodo, ki odteka v kanalizacijo s stanovanjskih in proizvodnji namenjenih območij. Po izvoru jih delimo na:

- **hišne odpadne vode (q_h):** iz stanovanj, šol, gostinstva, uradih, bolnic, ... predvsem iz kuhinj in sanitarij. Količina vode je približno enaka porabljeni pitni vodi in se relativno malo spreminja, nekoliko večje razlike so le med dnevom in nočjo.
- **industrijske ali tehnološke odpadne vode (q_i):** vse odpadne vode iz industrijskih obratov in obrtnih delavnic –tudi vodo iz sanitarnih prostorov, čiščenja prostorov ...
- **kmetijske odpadne vode (q_{kmet}):** To so vsi odtoki iz kmetijske in živinorejske proizvodnje, ki jih spuščamo v kanalizacijo.
- **komunalne odpadne vode (q_{kom}):** To so vode, ki odtekajo v kanalizacijo zaradi čiščenja ulic, trgov in kanalov.

Vse odpadne vode so onesnažene z organskimi in anorganskimi snovmi, maščobo, trdnimi delci, prisotni so tudi mikroorganizmi. Najmanj in najlaže razgradljive so hišne odpadne vode, ker so malo onesnažene s kemikalijami. Odpadne vode iz kmetijske in živinorejske proizvodnje so pa preveč koncentrirane, a običajno niso onesnažene s kemikalijami. Industrijske odpadne vode so različno onesnažene, kar je odvisno od vrste industrije, uporabljenih surovin in delovnih postopkov. Industrijske in kmetijske odpadne vode moramo praviloma predčistiti pred izpustom v javno kanalizacijsko omrežje, če preverjanje pred izpustom v javno kanalizacijo pokaže preseganje predpisanih vrednosti lastnosti odpadne vode glede:

- fizikalnih (temperaturo, motnost, barvo, količino snovi, ...
- kemijskih (količino elementov v vodi, biokemijska potreba po kisiku, ...
- bakterioloških (število klic in koliformnih bakterij v vodi) parametrov.

Predpisi tudi določajo, česa ne smemo spuščati v kanalizacijo. V kanalizacijo je prepovedano spuščati strupene snovi (topila, čistila, razkužila, težke kovine, zdravila, gnojnice, gnojila, herbicide, insekticide, ...), radioaktivne snovi, pa tudi vročo vodo.

2.2 TUJE VODE (q_t)

To so podtalnica, izviri, celo potoki, ki nekontrolirano vdirajo v nevodotesno kanalizacijo, ki deluje kot drenaža. Tuje vode so moteče, saj zapolnijo kanalizacijo, ki ne more odvajati voda, za katere je zgrajena (odpadnih in padavinskih), odpadna voda »udari nazaj« in povzroči poplave v kletih hiš. Tudi zaradi tega mora biti kanalizacijsko omrežje vodotesno.

2.3 PADAVINSKE (METEORNE) VODE (q_{pad})

Padavinske ali meteorne vode odtekajo v kanalizacijo s streh, prometnih površin in drugih urejenih (kanaliziranih) površin. Veličina odtoka padavinskih vod se spreminja: ko ni padavin je ni, močno pa naraste ko so padavine, še posebno ob nalivih, ko so količine lahko zelo velike – tudi do 100-krat večje od količine odpadnih voda. Padavinska voda nosi s seboj droben pesek, zato je njena največja dovoljena hitrost 3 m/s.

Razmislite

- Med seboj primerjajte značilnosti odpadnih, padavinskih in tujih voda.
- Razložite, kako škodljive so vode, ki se stekajo v kanalizacijo.
- Naštejte izvor voda, ki odtekajo v kanalizacijo.
- Naštejte odpadne vode in pojasnite njihove značilnosti.
- Katere vode imenujemo odplake?
- Pojasnite značilnosti odpadnih voda.
- Katere so tuje vode in kakšne težave povzročajo v kanalizaciji.
- Katero tujo besedo uporabljamo za padavinske vode?
- Kaj prinašajo v kanalizacijo padavinske vode? Zakaj je to škodljivo? Kolikšno najmanjšo hitrost padavinske vode v cevi zahtevajo predpisi?
- Primerjajte količino odpadnih in meteornih voda v kanalizaciji.
- Kolikšne so dovoljene hitrosti vode v kanalskih ceveh? Zakaj so predpisane?
- Kolikšne je dovoljena polnitev cevi? Zakaj je predpisana?

3 KANALIZACIJSKI SISTEMI

Odpadne moramo speljati v odvodnik (recipient) po čiščenju v čistilni napravi, kar za padavinske ni nujno: tiste s cest lahko spustimo v vodotok neprečiščene, ali bolje, preko lovilcev olj in maščob, vodo s treh pa je najbolje ponikovati »in situ«.

Kanalizacijske vode zato lahko odvajamo po:

- mešanem kanalizacijskem sistemu (vse vode odvajamo po eni cevi),
- ločenem kanalizacijskem sistemu (po eni cevi odvajamo odpadno vodo v čistilno napravo, po drugi pa padavinsko vodo neposredno v vodotok),
- modificiranem mešanem kanalizacijskem sistemu (vode odvajamo po eni cevi; izjema so čiste padavinske vode, ki jih ponikamo ali neposredno odvajamo v vodotok),
- modificiranem ločenem kanalizacijskem sistemu (po eni cevi odvajamo odpadno vodo v čistilno napravo, po drugi pa padavinsko vodo prečiščeno ponikamo ali odvajamo v vodotok).

3.1 MEŠANI KANALIZACIJSKI SISTEM

Sistem, po katerem odvajamo vse vode po eni cevi imenujemo mešani kanalizacijski sistem (slike 2, 3 in 4). Značilnost sistema je neenakomeren odtok vode v ceveh:

- večino časa so cevi skoraj prazne (količina odpadne, relativno onesnažene vode je majhna),
- cevi se napolnijo samo ko dežuje, ko količina vode močno naraste, kanalizacijska voda pa je preveč razredčena.

Kanali morajo ležati tako globoko (vsaj 2 m), da moremo nanje priključiti odpadno vodo iz kleti (nekateri občinski odloki ne dovoljujejo priključevanja odtokov iz kleti, začetna globina kanalov je tedaj najmanj 1,2 m).

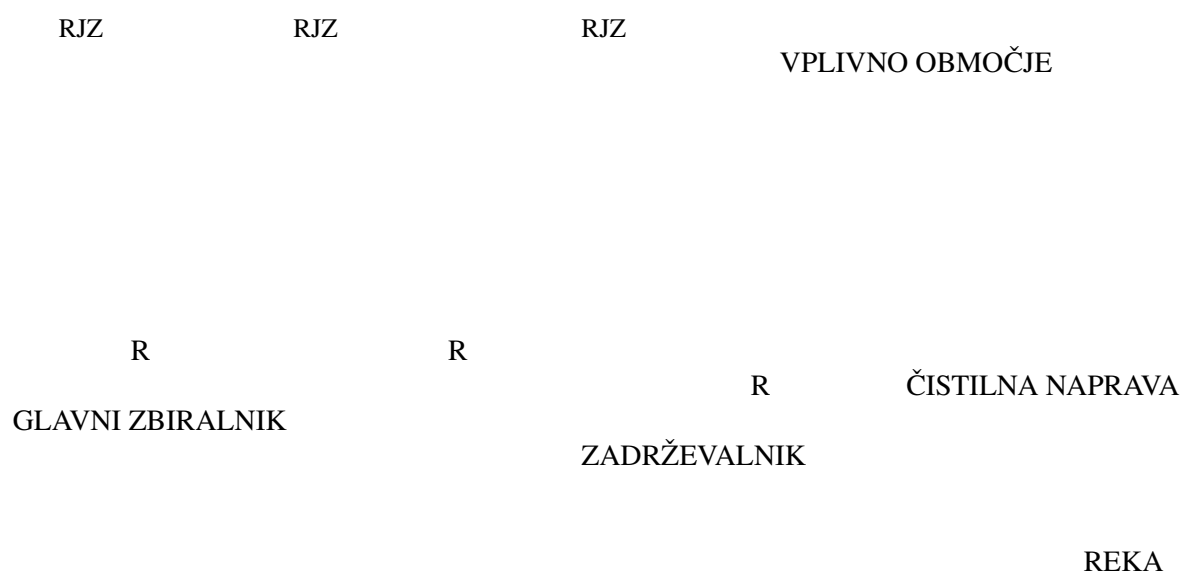
Prednosti mešanega sistema kanalizacije so:

- enostavna zasnova in izdelava,

- pregledna izvedba,
- nižja cena kot pri ločenem,
- očistimo velik del onesnaženih padavinskih voda,
- zagotovimo varno urbano odvodnjo pred poplavami lastnih voda.

Slika 2. Mešani kanalizacijski sistem (prečni prerez) funkcionalna shema

Slika 3. Mešani kanalizacijski sistem (vzdolžni prerez)



Slika 4. Mešani kanalizacijski sistem (tloris) (**RJZ**: rajonski zbiralnik, **R**: razbremenilnik)

Pomanjkljivosti mešanega sistema kanalizacije so:

- nevarnost izliva kanalizacijske vode v kletih ob nalivih,
- premajhna hitrost vode v kanalih, ko ni padavinskega odtoka in s tem povezano škodljivo usedanje blata v ceveh,
- slabše delovanje čistilnih naprav zaradi različne razredčenosti odpadnih voda,
- dražja prečrpališča, saj morajo biti dimenzionirana tudi za velike količine padavinske vode.

Velikemu odtoku ob nalivih in s tem povezanimi velikimi dimenzijami cevi se izognemo z vgradnjo razbremenilnikov, preko katerih ob nalivih odvajamo čistejšo vodo naravnost v odvodnik. S tem zmanjšamo količino vode v ceveh, ki so zato lahko manjšega premera, kar gradnjo poceni. Z razbremenilnikom lahko zelo natančno reguliramo količino in kakovost prelite vode. Za bolj kakovostno delovanje razbremenilnikov dogradimo še zadrževalne bazene deževnih voda, ki nam dodatno varujejo odvodnike (recipiente), zmanjšujejo konice odtokov in enakomerneje ter v večji količini obremenijo čistilno napravo (ČN) z onesnaženo padavinsko vodo.

3.2 LOČENI KANALIZACIJSKI SISTEM

Ločeni sistem kanalizacije (slika 5, 6 in 7) sestavljata dva sistema cevi:

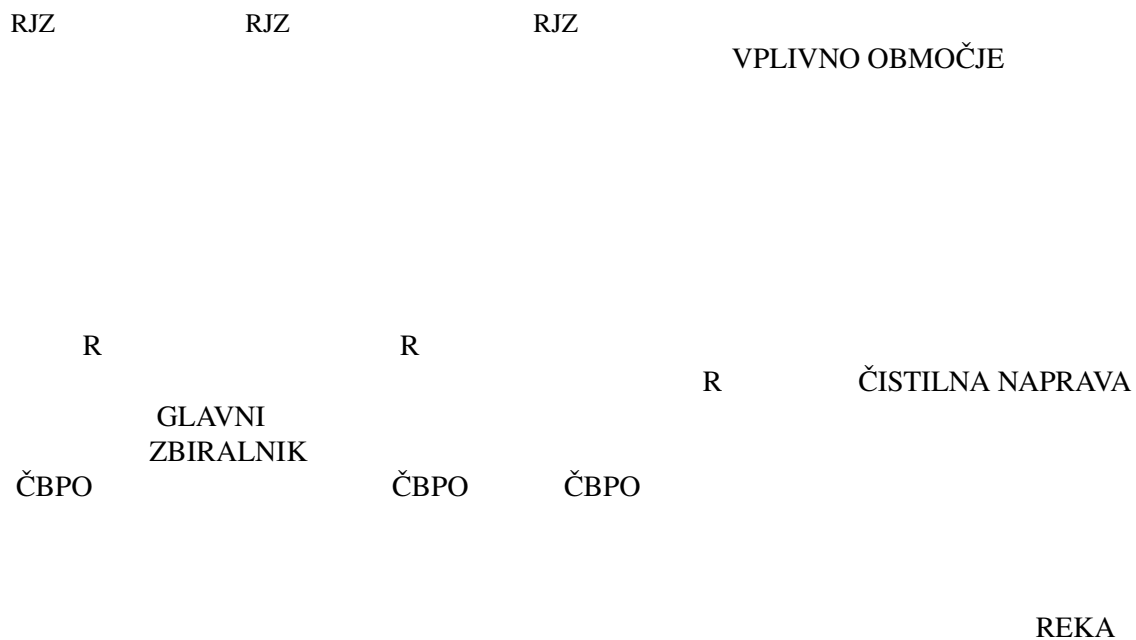
- **kanali za odvod odpadne vode** (imenujemo jih **kanalski sistemi za sušni odtok**). Odpadne vode je malo, zato so kanali manjših profilov, speljani so v čistilno napravo. Zahtevana globina cevi je 2 m globoko, v nekaterih občinah 1,2 m;
- **kanali za odvod padavinske vode**. So večjih dimenzij kot kanali za odpadno vodo in leže vsaj 1 m pod površino. Speljani so naravnost v odvodnik; pred izlivom je pogosto zadrževalni objekt, v katerem prestrezamo olja, ki jih padavinske vode spirajo z vozišč.

Njihove prednosti so:

- količina odpadne vode v cevi je ves čas približno enaka, ni poplav v kletih,
- v boljše delovanje čistilne naprave zaradi konstantnega dotoka,
- so okolju prijaznejši zaradi ločenega odvajanja voda.

Slika 5. Ločeni kanalizacijski sistem (prečni prerez) funkcionalna shema

Slika 6. Ločeni kanalizacijski sistem (prerez)



Slika 7. Ločeni kanalizacijski sistem (tloris) (RJZ: rajonski zbiralnik, R: razbremenilnik, ČBPO: čistilni bazeni padavinskega odtoka)

Slabosti ločenih kanalskih sistemov so:

- večji investicijski stroški,
- dražje vzdrževanje dvojnih kanalskih cevi,
- zapletenost in nepreglednost sistema,
- nevarnost spuščanja neprečiščene odpadne vode v odvodnik zaradi napačnega priključevanja cevi.

3.3 MODIFICIRANI MEŠANI KANALIZACIJSKI SISTEM

Pri modificiranem sistemu mešane kanalizacije vse odplake in onesnaženi padavinski odtok odvajamo na čistilno napravo v mešanem kanalu. Manj onesnažene padavinske odtoke na mestu nastanka ponikamo ali neposredno površinsko uvajamo v vodotoke. Pri nas, predvsem v mestih, obstaja največ temu sistemu podobnih sistemov.

3.4 MODIFICIRANI LOČENI KANALIZACIJSKI SISTEM

Pri modificiranem sistemu ločene kanalizacije vse odplake odvajamo v sušnem kanalu na čistilno napravo, onesnažene padavinske odtoke pa v meteorinem kanalu do naprav za čiščenje deževnice, nakar jih po očiščenju izpuščamo v vodotoke. Manj onesnažene padavinske odtoke (padavinsko vodo s streh) pa na mestu nastanka ponikamo ali direktno površinsko uvajamo v vodotoke.

Razmislite

- *Pojasnite, kaj pomenita izraza mešani in ločeni kanalski sistem. Narišite skici.*
- *Med seboj primerjajte dobre in slabe lastnosti ločenega in mešanega kanalizacijskega sistema.*
- *Pojasnite, kaj so razbremenilniki in kakšen je njihov pomen.*
- *Pojasnite pomen razbremenjevanje mešanega kanalskega sistema.*
- *Pojasnite pomen gradnje zadrževalnih bazenov.*
- *Pojasnite vzroke, zakaj je v Sloveniji prevladujejo mešani kanalski sistemi.*
- *Razložite, kje in zakaj bi predlagali ločeni kanalizacijski sistem.*

4 VRSTE KANALIZACIJSKIH OMREŽIJ GLEDE NA NAČIN ODVAJANJA ODPADNE VODE

Odpadne vode zbiramo in odvajamo:

– težnostno (gravitacijsko).

Pri tem klasičnem, običajnem načinu vode v kanalih odtekajo zaradi hidravličnega padca (vzdolžnega nagiba) kanalov. Ta način je enostaven, delovanje je poceni brez uporabe energije. Cevi moramo položiti s primernim padcem, da zagotovimo predpisano hitrost vode v kanalih (med 0,4 /ali 0,5 m/s/ in 3 m/s). Težnostno odvajanje vode je manj ugodno na ravninskem terenu, kjer zaradi zahtevanega padca ležijo cevi vedno globlje, kar gradnjo draži in otežuje. Težnostno odvajanje ni ugodno v tleh z visoko podtalnico, ki povzroča dvig cevi zaradi vzgona, oteženo je tudi polaganje cevi v izkopani jarek, ki ga zaliva podtalnica. Neugodno je tudi pri slabše nosilnih tleh, kjer moramo cevi temeljiti, da se ne posedejo, kar bi onemogočilo odtok vode. Dimenzioniranje cevi pri težnostnem odvajanju vode je predstavljeno v poglavju 5, kanalizacijsko omrežje v poglavju 6, gradnja pa podrobno v poglavju 7;

Slika 8. Gravitacijsko odvajanje vode v kanalu

– s črpanjem.

Te sisteme uporabljamo samo pri ločenih sistemih kanalizacije (izjemoma za kritične pretoke mešanega sistema) samo za odvajanje komunalne odpadne vode, padavinske odtok moramo odvajati ločeno. Gradimo jih za manjša naselja, predvsem na redkeje poseljenih območjih, pri visoki gladini podtalnice, pri neugodnih topografskih razmerah (raven teren), pri večji oddaljenosti čistilne naprave, pa tudi pri občasnem nastopu odplak (taborjenje, počitniška naselja). Za tako kanalizacijo se odločamo na zemljiščih z visoko podtalnico, saj prihranimo stroške za znižanje podtalnice, saj kanale polagamo plitvo. Pri teh zaprtih sistemih, brez možnosti vstopa, odpadno vodo črpamo od uporabnikom do čistilne naprave, za kar potrebujemo tujo energijo oziroma izpiranje. Gradnja je v primerjavi z gravitacijskim načinom praviloma cenejša, saj so cevi manjših premerov in ležijo ves čas relativno plitvo, saj zaradi črpanja vode cevi ne polagamo s padcem. Toda stroški obratovanja so višji zaradi porabljene energije, zahtevajo pa tudi dobro organizirano obratovalno in nadzorno službo. Načina odvajanja odpadne vode sta dva: podtlačni (vakuumski) in tlačni.

4.1 PODTLAČNO – VAKUUMSKO ODVAJANJE

Podtlačno odvajanje, znano pod različnimi imeni (vakuum sistem, vakuumska kanalizacija itd.) uporabljajo v veliko državah, tudi v Sloveniji obratuje že nekaj sistemov (Logatec, Dornava, Turnišče). Na take naprave so običajno priključena naselja velikosti do 1500 prebivalcev. Na enak način odvajajo odpadne vode tudi na velikih ladjah.

Glavni element sistema je vakuumska postaja (na desnem robu na sl. 9), ki edina potrebuje električno energijo za delovanje celotnega sistema. S pomočjo vakuumske naprave, priključene na zbirno posodo, v razvejanemu omrežju vzpostavimo podtlak (0,6 do 0,7 bara), ki se v celotnem omrežju razširi do končnih decentralnih hišnih priključkov, kjer so v vakuumskih jaških (sl. 10) nameščeni posebni ventili. Vakuumska postaja lahko izsesava cevi, oddaljene do dveh kilometrov, izjemoma in ob ugodnih pogojih lege kanala do tri kilometre.

Slika 9. Shema delovanja vakuumskega omrežja z značilnim vzdolžnim stopničastim vzdolžnim potekom

Slika 10. Primer vakuumskega jaška v prerezu

Podtlak avtomatično odpira vakuumske ventile (sl. 11 in 12), odsesa potrebne količine odplak in zraka ter zapira ventile. Poleg tega se vsa vsrkana mešanica odplak in zraka iz omrežja odsesa v zbirno posodo in od tam izčrpa v čistilno napravo ali drug del kanalskega omrežja. Daljši zadrževalni čas odpadni vodi v sistemu ne škodi, saj se v omrežju vedno nahaja precej velika količina zraka.

Slika 11. Vakuumski (batni) ventil v zaprtem (levo) stanju

Slika 12. Vakuumski (batni) ventil v odprtem (desno) stanju

Podtlačno odvajanje odplak je ugodno pri vodoravnemu terenu ali pri izredno majhnih vzdolžnih padcih, saj ne potrebuje vzdolžnega padca kanalov – kanale polagamo relativno plitvo (izpod cone zmrzovanja, s prekritjem od 0,8 do 1,5 m) in ne potrebujejo temeljenja. Kanalske cevi so manjših premerov kot pri težnostnem odvajanju, saj so hitrosti pretakanja višje (5-6 m/s). Cevi običajno polagamo v skupni jarek z drugimi napeljavami (vodovodnimi ali plinskimi) z značilnim stopničastim vzdolžnim profilom. Stopničaste elemente cevi običajno izdelamo vnaprej ali pa uporabimo fazonske kose serijske izdelave. Največkrat uporabljamo PVC cevi z lepljenimi spojkami in PEHD – cevi z elektrovarilnimi spojkami, ker so trajne, elastične, odporne in prenesejo

velike strižne in vzdolžne sile ter se lahko prilagajajo neenakomerno posedanim temeljnim tlem. Pri membranskih ventilih namestimo na določenih razdaljah vertikalne odcepe cevi, ki jih potrebujemo za merjenje podtlaka. Na ta način lahko hitro ugotovljamo mesta poškodb omrežja. Zaradi velike hitrosti odplak v ceveh usedanje delcev ni mogoče, zato izpiranje kanalov ni potrebno. Ves sistem deluje s pomočjo podtlaka, ki ga ustvari centralno črpališče. Hišni ventili, preko katerih se po potrebi vsrkavajo odplake, ne potrebujejo tujega energetskega priključka. Pri vsrkavanju odplak v vakuumski kanal, se vsakokrat vsrka tudi določena količina zraka, tako, da tudi pri daljših časih zadrževanja, pri temu načinu odplake ne gnijejo v zaprtih vodih. Istočasno se v omrežju med ventilom in vakuumsko črpalko izvede preskok vode v stopnji. Priporočamo monitoring obratovanja, ki omogoča centralni (računalniški) nadzor delovanja vsakega posameznega ventila ter avtomatično alarmiranje v primeru motenj obratovanja, kar je pri tem ranljivem sistemu pomembno. Zaradi stalnega merjenja tlaka ali monitoringa hitro zaznamo večje spremembe podtlaka v sistemu, ki so lahko posledice netesnosti cevi, mehanske okvare ali zamašitve sistema. Mesto napake hitro odkrijemo in napako odpravimo.

4.2 TLAČNO ODVAJANJE

Za razliko od podtlačnega odvajanja, kjer se vsa potrebna energija dovaja enemu samemu mestu (vakuumski postaji), pri tlačnem odvajanju energijo dovajamo decentralno vsakemu hišnemu priključku oziroma pri večjih omrežjih tudi splakovalnemu mestu. Ta sistem skupaj porabi veliko energije, večja je tudi možnost okvar zaradi velikega števila vgrajenih črpalk.

Pri tlačnem odvajanju odplak za kanale praviloma uporabljamo cevi, črpalke in tlačne vode z najmanjšim notranjim premerom 100 mm brez zožitev, ki bi povzročale mašenje sistema. Pri karakteristikah črpalke je zato pomemben podatek o najmanjšemu prostemu prerezu črpalke in ne samo podatek o ustreznem rotorju. Če je le mogoče, ne uporabljamo črpalk, ki sesekljajo oziroma zdrobijo večje sestavine v dotoku, ker ti delci povzročajo hude naknadne težave v čistilni napravi. Izkušnje so pokazale, da postanejo sčasoma ti sekalci oziroma drobilci topi in se tudi take črpalke zelo rade zamašijo in ustavijo. Zadrževalni čas odplak (predvsem ponoči!) v tlačnem vodu mora ostati kratek, saj drugače odplake zagnijejo ter povzročijo težave na čistilni napravi.

Hitrost pretoka mora znašati vsaj $v \geq 0,80$ m/s, da preprečimo usedanje. V tlačnem vodu se lahko sproščajo plini, zato moramo tlačne vode (podobno kakor vodovod) polagati z zadostnimi vzdolžnimi padci, da lahko te pline izločamo preko posebnih odzračevalnih ventilov v najvišjih točkah vodov. Plini, ki jih ne bi odvedli, bi v ceveh povzročali zmanjšanje pretočnih presekov, zaradi česar bi se povečala črpalna višina in poraba energije. V skrajnem primeru bi lahko črpalna višina dosegla tlačno višino črpalke in s tem zmanjšala ali celo ustavila odtok.

Pri izbiri ustreznih črpalk preverimo območje delovanja, saj se napačno izbrana črpalka zaradi kavitacije hitro pokvari. Paziti moramo, da izklopi črpalk, pa tudi odpiranje in zapiranje zasunov, ne povzročijo vodnega udara na tlačnih vodih, saj jih lahko poškodujejo.

Pri visokih tlačnih višinah in majhnih pretočnih količinah uporabljamo poseben, tako imenovani STRATE -- sistema. Pri temu sistemu uporabljamo črpalke z močno zmanjšanim pretočnim prereзом, saj snovi, ki bi lahko zamašile črpalko preusmerimo mimo črpalke. Zaradi boljšega izkoristka črpalke dosega ta način tudi nižje obratovalne stroške. Na začetku vsakega tlačnega voda (v vsaki hiši) moramo zgraditi (decentralno) črpališče z ustreznim energetskim priključkom in zanj plačevati obratovalne stroške.

Slika 13. Tlačno odvajanje vode v kanalu (zgoraj: tloris, spodaj: vzdolžni prerez)

5 HIDRAVLICNI PRERAČUN KANALIZACIJE

Pri kanalizaciji cevi niso polne, voda odteka s prosto gladino. Zato je hidravlični preračun kanalizacijskega sistema zahtevnejši od hidravličnega preračuna vodovoda, ki je relativno enostaven, saj so cevi pod tlakom, cevi so polne, pretok pa računamo pri polni cevi. Pri kanalizaciji moramo upoštevati tudi zakasnitev dotoka in zmanjšanje odtoka (zaradi prenehanja deževja) na vseh odsekih, kjer je tok po cevi daljši, kot je trajanje dežja. Izračun kanalizacije je zahtevnejši tudi zato, ker cev izberemo kot da je polna in naknadno preverjamo razmere pri skupnem in sušnem odtoku (hitrost in polnjenost).

Projekt kanalizacije zasnujemo:

- * izberemo kanalizacijski sistem (mešani ali ločeni),
- * določimo potek kanalizacije (odvisno od konfiguracije (razgibanosti) terena in urbanizacije),
- * v situacijo vrišemo osi kanalov (cevi, ki ležijo pod cestami),
- * kanale oštevilčimo,
- * predvidimo smer odtoka (proti čistilni napravi), kar označimo s puščicami,
- * k risanim kanalom pripišemo izračunano prispevno površino (površino, s katere odvajamo kanalizacijske vode v obravnavani kanal).

Hidravlični preračun izdelamo za vsak odsek (kanal):

- * po znanih enačbah izračunamo količino odpadne vode v vsakem kanalu (odplak): hišne, industrijske, kmetijske, komunalne: upoštevamo seveda samo tiste, ki prispevajo vodo v kanal – upoštevamo tudi odpadno vodo, ki priteče v ta kanal iz višje ležečih odsekov;
- * v skladu s predpisi določimo količino tuje vode v vsakem kanalu – upoštevamo tudi odpadno vodo, ki priteče v ta kanal iz višje ležečih odsekov ;
- * izračunamo količino padavinske (meteorne) vode v vsakem kanalu – upoštevamo tudi odpadno vodo, ki priteče v ta kanal iz višje ležečih odsekov;
- * pri mešanem sistemu kanalizacije izračunamo za vsako cev skupno količino vode v kanalu – **skupni odtok**;
- * dimenzioniramo cev (določi ustrezno obliko in premer cevi) in določi padec cevi z upoštevanjem pravil o hitrosti vode v cevi in polnitvi cevi. Pri tem za mešani sistem upoštevamo skupni odtok, pri ločenem sistemu pa odtok posebej za obe cevi;
- * preverimo hitrost vode v kanalu in polnitev kanalov pri skupnem odtoku (izraz polnitev pomeni razmerje med višino vode v cevi in celotno višino – notranjim premerom cevi);
- * preveri hitrost vode v kanalu in polnitev kanalov pri največjem sušnem odtoku;
- * po potrebi ponovno izberemo ustreznejše premere in padce cevi.

Pri dimenzioniranju cevi upoštevamo:

- * najmanjši profil javne kanalizacije je 250 mm;
- * pri mešanem sistemu kanalizacije je največja dovoljena polnitev 70 % pri projektiranem naliivu in maksimalnem sušnem odtoku;
- * pri ločenem sistemu kanalizacije je za kanal padavinske vode dovoljena največja polnitev 70 % pri projektiranem naliivu;
- * pri ločenem sistemu kanalizacije je za kanal odpadne vode dovoljena največja polnitev 50 % pri maksimalnem sušnem odtoku;
- * najvišja dovoljena hitrost vode v kanalu je 3 m/s;
- * najnižja dovoljena hitrost vode v kanalu je 0,4 m/s ali 0,5 m/s;
- * padec kanalov naj bo na začetnih odsekih vsaj 5 ‰ (priporočilo).

5.1 DOLOČITEV KOLIČINE VODE V KANALIH

Ko se odločimo za nek kanalizacijski sistem (mešani ali ločeni), ko določimo potek (lego) kanalizacije, ko v situacijo vrišemo osi kanalov, ko kanale oštevilčimo, ko predvidimo smer odtoka, izračunamo **prispevne površine** (ploskve, s katerih odtekajo vode v obravnavani kanal). Vode naj odtekajo po najkrajši poti, zato prispevne površine med seboj ločimo s simetralami kotov, izračunamo pa v ha. Prispevne površine naj imajo isto številko kot obravnavani odseki. Pri dimenzioniranju posameznega kanala upoštevamo tudi vodo, ki priteče v ta kanal iz višje ležečih odsekov. Shema kanalizacijskega omrežja manjšega naselja je na sliki 14.

Določitev prispevne površine A (ha)

V situacijo smo vrisali lego kanalov (praviloma so pod cestami), kasneje tudi njihovo dolžino, padec terena in dna. Stavbe in odtok padavinske vode priključujemo praviloma na najbližji kanal, pri čemer moramo upoštevati še nagib terena, saj ni mogoče, da bi na strmem terenu priključevali hišno kanalizacijo na kanal, ki leži na cesti nad stavbami. Prispevne površine določimo tako, da površine med kanali razdelimo na posamezne dele s simetralami kotov. S tako delitvijo dosežemo, da se bodo kanalske vode po čim krajši poti zlivale v najbližji kanal. Prispevne površine označimo s številko pripadajočega kanala. Njihove velikosti izračunamo v ha po enačbah za izračun ploščin preprostih ravninskih likov: kvadratov, pravokotnikov, trikotnikov in trapezov. V situacijo poleg številke prispevne površine in njene velikosti vpišemo še kategorijo zemljišča.

Slika 14. Shema kanalizacijskega omrežja (kanali so položeni pod cestami)

Izračun prispevne površine po sliki 14:

Ploščina A_{1A} (pravokotnik): $A_{1A} = a \cdot b = 55 \cdot 210 = 11550 \text{ m}^2 \approx 1,16 \text{ ha}$.

$$A_{1A} = \frac{(a+b) \times h}{2} = \frac{(210+90) \times 60}{2} = 9000 \text{ m}^2 = 0,9 \text{ ha}.$$

Ploščina A_{1B} (trapez):

Ploščina A_{2A} (pravokotnik): $A_{2A} = a \cdot b = 120 \cdot 35 = 4200 \text{ m}^2 = 0,42 \text{ ha}$.

$$A_{2B} = \frac{a \times h_a}{2} = \frac{120 \times 60}{2} = 3600 \text{ m}^2 = 0,36 \text{ ha}.$$

Ploščina A_{2B} (trikotnik):

Ploščina A_{3A} (pravokotnik in trikotnik):

$$A_{3A} = a \times h + \frac{h^2}{2} = (210 - 100 - 60) \times 60 + \frac{60^2}{2} = 50 \times 60 + 1800 = 3800 \text{ m}^2 = 0,38 \text{ ha}$$

$$A_{3B} = \frac{a \times h_a}{2} = \frac{110 \times 44}{2} = 2420 \text{ m}^2 \approx 0,24 \text{ ha}.$$

Ploščina (trikotnik):):

$$A_{4A} = 0,42 \text{ ha} \quad A_{4B} = 0,25 \text{ ha} \quad A_5 = A_{2B} = 0,36 \text{ ha} \quad A_6 = \dots, \text{ itd.}$$

5.1.1 Določitev količine odpadnih voda q_{od} (l/s)

Količina odpadnih voda v nekem kanalu q_{od} je vsota hišne odpadne vode q_h , industrijske odpadne vode q_i , kmetijske odpadne vode q_{kmet} in komunalne odpadne vode q_{kom} .

$$q_{od} = q_h + q_i + q_{kmet} + q_{kom} \quad [l/s].$$

Za dimenzioniranje premerov kanalov vedno upoštevamo maksimalne urne dotok posameznih odpadnih voda in jih preračunamo v pretoke v l/s. Podali bomo samo enačbe za izračun hišnih odpadnih voda, druge bomo zanemarili: komunalnih je zelo malo, za izračun industrijskih bi morali

poznati proizvodnji postopek, za izračun odpadne vode iz farm bi morali poznati število glav živine in norma porabo vode za eno žival.

Določitev količine hišnih odpadnih voda q_h (l/s)

Količina hišne odpadne vode je običajno približno enaka količini porabljene pitne vode, zato nam enačbe, ki so zapisane v Pravilniku, dajo podobne rezultate, kot enačbe, ki smo jih uporabljali pri dimenzioniranju vodovoda.

Količina vode je odvisna od:

- **števila uporabnikov** (upoštevamo sedanje števila stanovalcev P in število zaposlenih Z , ki prihajajo iz drugih naselij, pri čemer lokalnih prebivalcev ne smemo šteti dvakrat.

Če podatka o številu prebivalcev ne poznamo, ga izračunamo kot zmnožek gostote pozidave P_{ha} (za redko pozidavo 50-100, srednjo 100-300, mestna jedra do 300-600 prebivalcev/ha – glejte tudi razpredelnico 3 na strani 21!) in izračunane prispevne površine A (ha), s katere odteka hišna odpadna voda v obravnavani kanal:

$$P_0 \text{ [preb]} = P_{ha} \text{ [preb/ha]} \times A \text{ [ha]}.$$

Upoštevamo tudi naraščanje prebivalcev, če se kraj širi (n je pogosto 50 let):

$$P_n = P_0 \left(1 + \frac{p}{100} \right)^n,$$

pri čemer je:

P_n – število prebivalcev čez n let (oseb),

P_0 – sedanje (trenutno) število prebivalcev čez n let (oseb),

p – odstotek letnega prirastka prebivalcev (%),

n – letna amortizacija (leto),

Z_n – število zaposlenih, ki dnevno migrirajo čez n let (oseb),

- **norma porabe vode na prebivalca n_p , zaposlenega n_z .** Zapisali smo, da je količina hišne odpadne vode običajno približno enaka količini porabljene pitne vode, zato upoštevamo:
 - norma porabo vode na prebivalca na dan v povprečnem dnevu leta:
 $n_p = 150$ do 250 l/os. \times dan; večja poraba velja za večje kraje;
 - norma porabo vode na zaposlenega na dan v povprečnem dnevu leta:
 $n_z = 60$ do 80 l/os. \times dan, odvisno od občinskega pravilnika.

Povprečni dnevni odtok q_{od} je potem enak:

$$\bar{q}_{od} = n_p \cdot P_n + n_z \cdot Z_n \quad [l/dan].$$

- **koeficienta največjega nihanja odtoka K_{max} :** zaradi nihanja odtoka urni odtok ni štiriindvajsetina dnevnega odtoka temveč več – 1/18, 1/14 in 1/10 (kar imenujemo **urni maksimum**), kar je odvisno od naselja. Iz dnevnega odtoka računamo odtok v l/s, zato dobljeno količino delimo s 3600.

Količine hišnih odpadnih voda izračunamo po enačbah za maksimalni urni dotok, ki se razlikujejo odvisno od velikosti kraja:

večja mesta:
$$q_h = \frac{P_n \times n_p + Z_n \times n_z}{18 \times 3600} \approx \frac{P_n \times n_p + Z_n \times n_z}{65.000} \quad [l/s],$$

srednje veliki kraji:
$$q_h = \frac{P_n \times n_p + Z_n \times n_z}{14 \times 3600} \approx \frac{P_n \times n_p + Z_n \times n_z}{50.000} \quad [l/s],$$

manjši kraji:
$$q_h = \frac{P_n \times n_p + Z_n \times n_z}{10 \times 3600} \approx \frac{P_n \times n_p + Z_n \times n_z}{36.000} \quad [l/s],$$

kjer je:

q_h – odtok hišnih odpadnih voda $[l/s]$,

P_n – število prebivalcev na obravnavanem območju,

Z_n – število zaposlenih na obravnavanem območju,

n_p – norma poraba vode na prebivalca na dan v povprečnem dnevu leta $[l/os. \cdot dan]$.

n_z – norma poraba vode na zaposlenega na dan v povprečnem dnevu leta $[l/os. \cdot dan]$.

Vaja

Izračunajte odtok hišnih odpadnih voda v srednje velikem kraju z 1400 prebivalci in 300 zaposlenimi. Norma poraba vode na prebivalca $n_p = 250 l/os. \times dan$, na zaposlenega pa $n_z = 80 l/os. \times dan$.

Rešitev:
$$q_h = \frac{P \times n_p + Z \times n_z}{14 \times 3600} = \frac{1400 os. \times 250 l/os. \times dan + 300 os. \times 80 l/os. \times dan}{50.000} = 7,48 l/s.$$

Vaja

Izračunajte odtok hišnih odpadnih voda iz stanovanjskega naselja v večjem mestu, ki leži na površini $A = 5 ha$, kjer je gostota pozidave $P_{/ha} = 600 oseb/ha$. Norma poraba vode na prebivalca $n_p = 250 l/os \times dan$.

Rešitev: $P = P_{/ha} (os./ha) \times A (ha) = 600 os./ha \times 5 ha = 3000 os.,$

$$q_h = \frac{P \times n_p}{18 \times 3600} = \frac{3000 os. \times 250 l/os. \times dan}{65.000} = 11,54 l/s.$$

5.1.2 Določitev količine tuje vode q_t

Tuje vode se nezaželeno stekajo v kanale. Njena količina v kanalu je odvisna predvsem od višine talne vode na zemljišču, izvirov, vodotesnosti kanalizacije in globine kanala.

Po pravilnikih lahko količino tuje vode upoštevamo na dva načina:

- kot 100-% odtok odpadnih voda,
- kot specifično infiltracijo (posebno vtekanje vode v kanalsko cev), kar je odvisno od

prispevne površine $q_t [l/s] = q_{t/ha} [l/s \times ha] \times A [ha]$, kjer je $q_{t/ha}$ 0,15 do 1,0 $l/s \times ha$.

- (lahko) zanemarimo pri mešani kanalizaciji na prepustnih tleh, če je podtalnica globoko pod površjem.

5.1.3 Določitev količine padavinskih voda q_{pad}

V urbanem okolju vodo s streh, prometnih in utrjenih površin odvajamo v kanalizacijo, da ne bi prišlo do poplav, pa tudi da onesnaženo vodo očistimo v čistilni napravi. Količina padavin (padavinski odtok), ki odtečejo v kanalizacijo, je odvisna od:

- prispevne površine A , s katere voda odteka v naš kanal, ki je obravnavana v poglavju 5.1,
- **intenzitete (jakosti) padavin q_p** , – glejte sliko 15,
- **koeficienta odtoka φ** , s katerim upoštevamo, da vse padavine ne odtečejo v kanale, ampak jih del izhlapi ali ponikne,
- **koeficienta zakasnitve ψ** , s katerim upoštevamo zmanjševanje odtoka vode iz višje ležečega kanalizacijskega omrežja v obravnavani del (primerjamo čas trajanja naliva in čas toka vode po ceveh).

Količino padavinskih voda izračunamo:

$$q_{\text{pad}} = A \times q_p \times \varphi \times \psi \quad [l/s],$$

kjer je:

A – prispevna površina, s katere voda odteka v kanal $3ha4$,

q_p – jakost (intenziteta) naliva $[l/s \cdot ha]$,

φ – koeficient odtoka, (brez enote),

ψ – koeficient zakasnitve, (brez enote).

Opomba: nekateri projektanti upoštevajo koeficient odtoka kar pri izračunu prispevne površine. Namesto prispevne površine upoštevajo **reducirano prispevno površino** ($A_{\text{reducirano}}$), ki jo izračunajo tako, da prispevno površino zmanjšajo s koeficientom odtoka φ : $A_{\text{reducirano}} = A \cdot \varphi$,

iz česar sledi: $q_{\text{pad}} = A_{\text{reducirano}} \times q_p \times \psi \quad [l/s]$.

Določitev jakosti (intenzitete) nalivov $q_p \quad [l/s \cdot ha]$

Vremenoslovci podajajo za javno rabo največkrat količino padavin v l/m^2 v dnevu, mesecu, tudi letu. Za dimenzioniranje kanalizacije ta podatek nima vrednosti, saj se kanalske cevi napolnijo z vodo do vrha samo pri močnih nalivih – ob veliki jakosti (intenziteti) naliva (slika 15). Po sliki 15 je

$$\text{intenziteta naliva} \quad q_p = 166,7 \times \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{T}} \quad [l/s \times ha].$$

Največjo jakost naliva dosega kratki nekajminutni močni nalivi, ki vplivajo na maksimalno polnitev na začetnih odsekih, pri nižje ležečih pa prej minejo, kot se cevi napolnijo. Tudi dolgotrajen dež, ko so padavine šibke, ne napolni cevi do vrha. Največjo jakost naliva dosega kratki nekajminutni močni nalivi, ki vplivajo na maksimalno polnitev na začetnih odsekih, pri nižje ležečih pa prej minejo, kot se cevi napolnijo. Tudi dolgotrajen dež, ko so padavine šibke, ne napolni cevi do vrha (slika 16). Zato cevi dimenzioniramo na naliv, ki je velike jakosti in zadostnega trajanja ter pogostosti, saj je tak najbolj nevaren, da se voda iz kanalov izlije. Meritve kažejo, da kritični naliv traja 5 do 20 minut, kar je odvisno od kanalizacijskega omrežja in vremenskih razmer. Pogosto upoštevamo kar 15-minutni naliv, ki se pojavi enkrat na leto. Pri dimenzioniranju cevi pa iz ekonomskih razlogov ne upoštevamo

najmočnejšega 15-minutnega naliva. Zato je občasno, pri nalivih, močnejših od predvidenih, voda v kanalizaciji pod pritiskom in lahko zalije kleti.

padavine h (mm)

višina padavin Δh (mm)

trajanje dežja T (minute)

čas: ΔT (minut)

Slika 15. Intenziteta nalivov q ($l/s \cdot ha$)

Jakost (intenziteto) naliva za posamezni kraj odčitamo iz priročnikov. Odvisna je od:

▣ **trajanja naliva** (mi upoštevamo kar 15-minutni naliv). Pri natančnejših izračunih bi morali izhajati črt gospodarsko enakovrednih nalivov. Iz slike 16 vidimo povezavo med intenziteto nalivov, trajanjem naliva in povratno dobo,

Slika 16. Črte gospodarsko enakovrednih nalivov

▣ **lokacije** (jakost padavin je odvisna od lokalnih okoliščin; Slovenija je razdeljena na 8 con),
▣ **povratne dobe**, to je povprečnega časa, ko se bo tako močan naliv ponovil. Če za Maribor izberemo naliv s povratno dobo 10 let, je intenziteta 15-minutnega naliva $284,9 l/s \cdot ha$, kanalizacija pa bo poplavljala povprečno na 10 let. Če se odločimo za naliv s povratno dobo 2 leti, je intenziteta 15-minutnega naliva $180,7 l/s \cdot ha$, toda poplavljeni bomo imeli povprečno vsaki 2 leti. Iz ekonomskih razlogov v mestih računamo povratno dobo običajno na 2 do 5 let, kjer je nevarnost škode manjša, pa 1 na leto. Praviloma upoštevamo povratno dobo 1 leto, za podvoze in industrijska območja pa 5 do 20 let.

Namesto povratne dobe pogosto govorimo o **pogostosti naliva**, ki pove, kolikokrat se tak naliv ponovi v 1 letu. Pri povratni dobi 1 leto je pogostost naliva 1, pri povratni dobi 2 leti je 0,5, pri povratni dobi 10 let pa 0,1. Intenziteta 15-minutnega naliva s povratno dobo 1 leta znaša: za Ljubljano 160,6 (razpredelnica 1 velja za Ljubljano), Maribor 153,2, Novo mesto 157,2, Koper 253,7 $l/s \cdot ha$.

Razpredelnica 1. Upoštevanje jakosti nalivov pri zasnovi kanalskega omrežja in spremljajočih objektov (meteorološka postaja Ljubljana)

Običajno za dimenzioniranje kanalizacijskih omrežij zadošča upoštevanje 15-minutnega naliva, kar za preprostejše kanalizacijske dovoljuje pravilnik o projektiranju kanalizacije. Zato jakost naliva (q_{pad}) odčitamo iz grafikonov ali razpredelnic kot funkcijo trajanja naliva in pogostosti naliva. V

razpredelnici 16 so za nekatere kraje podane vrednosti jakosti naliva q_{pad} (l/s . ha) za 15-minutni naliv.

Kraj	$n =$	0,01 (100 let)	0,02 (50 let)	0,1 (10let)	0,2 (5 let)	0,5 (2 leti)	1 (1 leto)
Ljubljana – Bežigrad		449	405	301	254	182	130
Maribor		371	335	250	212	154	111
Novo mesto		453	409	304	256	184	131
Portorož letališče		499	450	333	280	199	141
Slovenj Gradec (Šmartno)		405	366	272	230	165	118
Bohinj (Stara Fužina)		355	325	254	222	174	138
Vogel		381	347	266	230	174	134

Razpredelnica 2. Jakosti 15-minutnih nalivov nekaterih slovenskih krajev za l. 2005

Določitev koeficienta odtoka φ

Vsa voda ne odteče v kanale, saj je del ponikne v tla ali izhlapi. Pri dimenzioniranju cevi upoštevamo samo delež vode, ki odteče v kanalizacijo. Količino padavin zato zmanjšamo s koeficientom odtoka φ ($\varphi \leq 1$), ki podaja razmerje med vodo, ki odteče v kanal, in vso padavinsko vodo. Vrednost koeficienta odtoka je približno 0,9 za strehe, 0,85 za asfaltirane površine, 0,4 za dvorišča, 0,1 za zelenice.

Določitev koeficienta zakasnitve ψ

Močan naliv v večjem kraju povzroči, da se vse cevi pričnejo polniti istočasno le v primeru, da je čas trajanja naliva enak času trajanja odtoka po ceveh. Če pa odtok po ceveh daljši, voda iz zgornjega dela kanala priteče v nizvodni del toliko kasneje, da je del naliva že odtekel. Zaradi tega moramo pri večjih površinah (velikih vsaj nekaj ha) odtok zmanjšati s koeficientom zakasnitve ψ , ki je razmerje med intenziteto dežja za dejanski odtok s prispevne površine in našim računskim nalivom ($\psi \leq 1$). Koeficient zakasnitve je odvisen od velikosti zbirne površine ter oblike in padca terena. Izračunamo ga lahko z Imhoffovo enačbo:

$$\psi = \frac{1}{\sqrt[m]{A}},$$

kjer je:

A -- vsota površin, s katerih se voda steka v obravnavani kanal (ha),

$m = 4$ -- raven teren,

$m = 6$ -- razgiban teren,

$m = 8$ -- zelo strm teren.

Vaja: izračun padavinskega odtoka

Izračunajte padavinski odtok s površine 1,2 ha, če je intenziteta naliva $q_p = 232,1 \text{ l/s} \times \text{ha}$, koeficient odtoka $\varphi = 0,4$. V izračunu koeficienta zakasnitve upoštevajte, da je teren raven.

Rešitev:
$$\psi = \frac{1}{\sqrt[m]{A}} = \frac{1}{\sqrt[4]{1,2}} = 0,955$$

$$q_{\text{pad}} = A \times q_p \times \varphi \times \psi = 1,2 \text{ ha} \times 232,1 \text{ l/s} \times \text{ha} \times 0,4 \times 0,955 = 106,4 \text{ l/s.}$$

Približne odtoke in koeficiente odtokov (sušnih in padavinskih) podaja Imhoff (Imhoff, 1999, stran 55) v odvisnosti od utrditve površine in gostote pozidave (razpredelnica 3).

1	2	3	4	5	6	7	8
Razred zazidave	Gostota zazidave	Prebivalcev na 1 ha	Sušni odtok		Padavinski odtok		
			Odpadne vode	Tuje vode	Koeficient odtoka	Pretok v cestnih kanalih	Pretok v odprtih jarkih
			(preb./ha)	(l/s·ha)	–	(l/s·ha)	(l/s·ha)
I	zelo gosta	350	1,40	0,05 do 0,15, pa tudi do 1,0	0,8	104	160
II	gosta	250	1,00		0,6	78	120
III	zaključena	150	0,60		0,4	52	80
IV	redka	100	0,40		0,25	35,2	50
V	nezazidano	0	0		0,05	6,5	10

Razpredelnica 3. Odtoki in koeficienti odtokov v odvisnosti od gostote pozidave in deleža utrjenih površin.

Razmislite

- Na podlagi česa izračunamo prispevno površino?
- Pojasnite, kaj je prispevna površina in kako jo izračunamo. V kateri enoti jo podajamo?
- Opišite izračun prispevne površine. Čemu jo potrebujemo?
- Pojasnite, kako izračunamo odpadne, tuje in padavinske vode. Zapišite enoto.
- Zapišite enačbe za izračun odpadne, tuje in padavinske vode. Razložite, kaj simboli pomenijo.
- Pojasnite, kako pri izračunu količine hišnih odpadnih voda upoštevamo nihanje odtoka.
- Pojasnite, zakaj, kje, kdaj in kako pri izračun kanalizacije upoštevamo tuje vode.
- Zapišite in pojasnite enačbo za izračun padavinskih voda.
- Pojasnite, kaj vse vpliva na izračun količine padavinskih voda.
- Pojasnite povezavo pogostostjo nalivov in povratno dobo. Pojasnite njen pomen.
- Pojasnite razliko med količino padavin in intenziteto padavin. Kaj in zakaj upoštevamo pri dimenzioniranju kanalizacije?
- Razložite, od česa je odvisno, katero povratno dobo upoštevamo pri izračunih padavinskih voda?
- Kako se je v Sloveniji geografsko spreminja intenziteta naliva?
- Pri izračunu padavinskih voda smo spoznali pojem "koeficient odtoka". Koliko je lahko teoretično, koliko v praksi? Od česa je to odvisno?
- Pojasnite, vpliv velikosti prispevne površine na izračun kanalskih voda.
- Razložite, kaj je koeficient zakasnitve, koliko je in od česa je odvisen.

5.2 DIMENZIONIRANJE CEVI (pri težnostnem odvajanju vode v kanalih)

Izbran imamo kanalizacijski sistem, za vsak kanal smo izračunali **skupni odtok**, pri mešanem sistemu tudi **sušni odtok**, poznamo pravila o hitrosti vode v kanalih, polnjenosti cevi in najmanjših priporočenih (hidravličnih) padcih, v situaciji imamo narisane kanale in plastnice terena, tako da bomo lahko za vse cevi ekonomično izbrali **notranje premere cevi in hidravlične padce** v skladu s pravili za dimenzioniranje cevi, pri čemer upoštevamo tudi razpredelnico 4.

Premer cevi (mm)	Priporočeni padci kanalov
200	3-100 ‰
250-350	2-50 ‰
400-500	1-30 ‰

550-1000	0,5-10 ‰
> 1000	0,2-6 ‰

Razpredelnica 4. Priporočeni padci kanalov

Poleg razpredelnice si lahko zapomnimo enostavni pravili:

Najmanjši padec kanala: $I_{\min} = \frac{\text{premer cevi (cm)}}{100} \left[\frac{0}{100} \right].$

Največji padec kanala: $I_{\max} = \frac{\text{premer cevi (cm)}}{10} \left[\frac{0}{100} \right].$

5.2.1 Dimenzioniranje cevi glede na skupno vodo

Za vsak kanal izračunamo vsoto odtoka skupne, največje vodne količine, kar služi za določitev ustreznega premera cevi.

Za dimenzioniranje cevi uporabimo naslednje enačbe:

$$Q = v \cdot A,$$

Q – skupni pretok vode v cevi, ki jo dimenzioniramo $[m^3/s]$,

v – hitrost vode v cevi (m/s); odvisna je od hidravličnega padca, ki ga prilagajamo terenu; pri dimenzioniranju cevi glede na skupno vodo se odločamo za hitrost od 1 do 3 m/s; če izberemo premajhno, pri sušnem odtoku ne bomo dosegli zahtevane najnižje hitrosti 0,4 m/s,

A – ploskev notranjega prereza cevi (m^2).

Povezavo med hitrostjo vode v , hidravličnim padcem I , hidravličnim radijem R , ob upoštevanju de Chezyjevega koeficienta C (ki je odvisen od koeficienta hrapavosti n) podaja De Chezyjeva enačba:

$$v = C\sqrt{R \cdot I} = C \cdot R^{1/2} \cdot I^{1/2},$$

C – de Chezyjev koeficient ($m^{1/2} \cdot s^{-1}$) običajno izračunamo po Manning-Stricklerjevi formuli:

$$C = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R} = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6},$$

, kjer je n (koeficient hrapavosti) za betonsko cev približno $n = 0,013$.

Oznake v de Chezyjevi enačbi pomenijo:

R – hidravlični radij (m); ki je razmerje med ploskvijo prečnega notranjega prereza cevi A in omočenim obodom O (tistim delom cevi, kanala, korita, struge, kjer se voda dotika stene) – slika 17:

$$R = \frac{A}{O};$$

za okrogle in polne cevi velja:

Slika 17. Vodna površina A , omočeni obod O

$$R = \frac{A}{O} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{2\pi r} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} = \frac{d}{4},$$

d – notranji premer cevi (m),

I – hidravlični padec ($^0/_{00}$) ki ga v enačbo zapišemo: $18^0/_{00} = 0,018$

Enačbo za dimenzioniranje okroglih cevi običajno zapišemo tako, da pri izbranem skupnem pretoku Q , koeficientu hrapavosti n (običajno kar $n = 0,013$) in predpostavljjenem hidravličnem padcu I iščemo ustrezen premer cevi:

$$d_{\min} = (3,208 \cdot Q \cdot n \cdot I^{-1/2})^{0,375} = \left(\frac{3,208 \cdot Q \cdot n}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

Računanje z zapisano enačbo je zapleteno in nepregledno, saj moramo preveriti še hitrost vode v cevi ($Q = A \cdot v$ in $v = Q/A$), ki ne sme preseči 3 m/s. Namesto enačb običajno uporabljamo grafikone ali razpredelnice. V razpredelnici 4 so za različne notranje premer cevi (d_N) izračunani pretoki (Q) in hitrosti (v) v odvisnosti od padca (I) z upoštevanjem koeficienta hrapavosti $n = 0,013$. Ker bomo morali preveriti polnjenost cevi moramo izbrati cev, kjer bo za **polno cev** pretok za približno

25- 30 % večji (za mešani sistem) in vsaj 50 % (sušni odtok ločenega sistema)

od skupnega pretoka. Kako cev izberemo? Pogosto se odločamo med večjim premerom cevi in manjšim padcem, lahko pa izbere tudi manjši premer, toda za isti pretok mora biti zato padec večji in s tem večja hitrost vode v cevi. Izbira je odvisna tudi od padca terena, saj poskušamo slediti naravnemu padcu, pa tudi od razpoložljive višinske razlike do priključka na glavno kanalizacijsko mrežo – vemo, da je osnovna višina kanala dno kanala (slika 18).

*Slika 18. Osnovna kota v kanalu je **dno** kanala.*

Pri izbiri cevi moramo upoštevati:

- Za javne kanale je najmanjši notranji premer cevi $d_N = 250$ mm,
- Za priključke (spoje na javne kanale) je najmanjši notranji premer cevi $d_N = 150$ mm. Tu so predpisani tudi najmanjši padci: priporočljivo vsaj 20 ‰, ali vsaj $1 : DN$ (d_N). Največji padec je na priključkih 5 ‰ (50 ‰).

Dimenzioniranje cevi na skupno vodo (vaji)

1.vaja:

Za kanalsko cev mešanega sistema kanalizacije, ki jo želimo dimenzionirati, smo že izračunali, da so hišne odpadne vode $Q_h = 1,6$ l/s, tuje vode (upoštevali bomo isti odtok, kot hišnih voda) $Q_t = 1,6$ l/s, padavinske vode $Q_p = 103,6$ l/s.

Rešitev:

$$Q_{\text{skupno}} = Q_h + Q_t + Q_{\text{pad}} = 107,0 \text{ l/s.}$$

Dovoljena polnitev cevi mešanega sistema je največ 70 %, **zato izračunani skupni odtok povečamo za vsaj 25 %**, kolikor mora biti odtok polne cevi:

$$Q_{\text{polno}} > 1,35 Q_{\text{skupno}} > 1,35 \cdot 107,0 > 144,5 \text{ l/s.}$$

Iz razpredelnice 5 lahko izberemo cev \varnothing 400 mm:

$$Q_{\text{polno}} = 147,3 \text{ l/s} > Q_{\text{skupno}} > 1,35 \times 107,0 \text{ l/s}, \quad I = 5 \text{ ‰}, \quad v = 1,17 \text{ m/s},$$

ali

slabše: cev \varnothing 300 mm, kjer bo potreben večji hidravlični padec:

$$Q_{\text{polno}} = 149,8 \text{ l/s} > Q_{\text{skupno}} > 12,35 \times 107,0 \text{ l/s}, \quad I = 24 \text{ ‰}, \quad v = 2,12 \text{ m/s}.$$

Razpredelnica 5. Odvisnost pretoka (Q) in hitrosti (v) od padca (I) za cevi notranjega premera od $d_N = 150$ mm do $d_N = 500$ mm

2.vaja:

Za kanalsko cev ločenega sistema kanalizacije, ki jo želimo dimenzionirati, smo že izračunali, da so hišne odpadne vode $Q_h = 23$ l/s, tuje vode (prispevna površina $A = 60$ ha)

$$Q_t = Q_{t/ha} \times A = 0,2 \text{ l/s} \times 60 \text{ ha} = 12 \text{ l/s}, \quad \text{padavinske vode } Q_{\text{pad}} = 340 \text{ l/s}.$$

Rešitev:

Cev za padavinsko vodo: (polnjenje do 70 %): $Q_{\text{polno}} > 1,35 Q_{\text{pad}} > 1,35 \times 340 > 459 \text{ l/s}$.

Izrazpredelnice 5 lahko izberemo cev \varnothing 500 mm:

$$Q_{\text{polno}} = 477,6 \text{ l/s} > Q_{\text{skupno}} > 1,35 \times 340 \text{ l/s}, \quad I = 16 \text{ ‰}, \quad v = 2,43 \text{ m/s},$$

Cev za odpadno vodo: (polnjenje do 50 %): $Q_{\text{skupno}} = Q_h + Q_t = 23 + 12 = 35 \text{ l/s}$.

Polnjenje do 50 %: $Q_{\text{polno}} > 2 \times Q_{\text{pad}} > 2 \times 23 > 46 \text{ l/s}$. Izberem:

$$Q_{\text{polno}} = 49,8 \text{ l/s} > Q_{\text{skupno}} > 2 \times 23 \text{ l/s}, \quad I = 7 \text{ ‰ (malo)}, \quad v = 1,01 \text{ m/s (malo!).}$$

5.2.2 Kontrola hitrosti in višine vode pri skupnem odtoku

V prejšnjem poglavju smo se naučili, kako izbrati premer cevi in hidravlični padec tako, da bosta pri polni cevi zadoščala zahtevanima kriterijema:

\varnothing hitrost vode je manjša od 3 m/s,

\varnothing pretok polne cevi je večji od skupnega pretoka. Ta pogoj pa ni dovolj, saj moramo še dokazati, da je pri skupnem odtoku napolnjenost cevi manjša od 70 %, za odpadno vodo pri ločenem sistemu kanalizacije pa največ 50 %.

Kontrola maksimalne hitrosti je pomembna tudi zato, da ugotovimo, ali smo izbrali tak premer cevi, da je hidravlični padec (gladina) čim bolj enak padcu dna cevi (padec dna cevi pa mora biti čim bolj enak padcu terena; če je ta raven, pa minimalnemu padcu).

Hidravlične enačbe, po katerih smo računali, so bile izpeljane za polno cev. Kanalizacijske cevi pa so le izjemoma polne, voda odteka s prosto gladino. S spreminjanjem gladine vode v cevi pa se spreminja hidravlični radij – razmerje med ploskvijo cevi in omočenim obodom, s tem pa se spreminjata tudi pretok Q in hitrost vode v v cevi. Tudi višina vode v cevi (napolnjenost cevi) vpliva na vodno ploskev, kar izračun še dodatno zaplete. Povezavo med višino vode v cevi (polnitvijo cevi) in hitrostjo ter med polnitvijo in pretokom podaja grafikon 1 in razpredelnica 6.

Grafikon1. Grafikon hitrosti in polnitve za okrogle cevi

Zaradi enostavnosti dejansko hitrost vode in polnitev pri skupnem odtoku dokazujemo s pomočjo razpredelnice 6 po naslednjem vrstnem redu:

□ izračunamo razmerje $\left(\frac{Q_{\text{skupno}}}{Q_{\text{polno}}} \right)$,

□ iz razpredelnice 6 za izračunano razmerje $\left(\frac{Q_{\text{skupno}}}{Q_{\text{polno}}} \right)$ odčitamo koeficienta $\left(\frac{v_{\text{skupno}}}{v_{\text{polno}}} \right)$ in $\left(\frac{h_{\text{skupno}}}{h_{\text{polno}}} \right)$

□ polnitev cevi (v %) je odčitani koeficient $\left(\frac{h_{\text{skupno}}}{h_{\text{polno}}} \right)$ pomnožen s 100,

□ dejansko višino vode v cevi dobimo:

$$h_{\text{skupno}} = h_{\text{polno}} \times \left(\frac{h_{\text{skupno}}}{h_{\text{polno}}} \right)$$

□ dejansko hitrost vode v cevi dobimo:

$$v_{\text{skupno}} = v_{\text{polno}} \times \left(\frac{v_{\text{skupno}}}{v_{\text{polno}}} \right)$$

Razpredelnica 6. Koeficient hitrosti in polnitve za okrogle cevi

5.2.3 Kontrola hitrosti in višine vode pri sušnem odtoku

Postopek dokazovanja ustreznosti hitrosti vode v cevi in polnitve po znanih zahtevah:

- hitrost vode je **najmanj 0,4 m/s** oziroma **0,5 m/s**,
 - **višina vode v cevi najmanj 10 % premera cevi**,
- in
- **višina vode v cevi najmanj 3 cm**.

je enak kot pri kontroli skupnega odtoka:

□ izračunamo razmerje $\left(\frac{Q_{\text{sušno}}}{Q_{\text{polno}}} \right)$,

□ iz razpredelnice 5.3 za izračunano razmerje $\left(\frac{Q_{\text{sušno}}}{Q_{\text{polno}}} \right)$ odčitamo koeficienta $\left(\frac{v_{\text{sušno}}}{v_{\text{polno}}} \right)$ in $\left(\frac{h_{\text{sušno}}}{h_{\text{polno}}} \right)$

□ polnitev cevi (v %) je odčitani koeficient $\left(\frac{h_{\text{sušno}}}{h_{\text{polno}}} \right)$ pomnožen s 100,

□ dejansko višino vode v cevi dobimo:

$$h_{\text{sušno}} = h_{\text{polno}} \times \left(\frac{h_{\text{sušno}}}{h_{\text{polno}}} \right)$$

□ dejansko hitrost vode v cevi dobimo:

$$v_{\text{sušno}} = v_{\text{polno}} \times \left(\frac{v_{\text{sušno}}}{v_{\text{polno}}} \right)$$

Razmiselite

- *Pojasnite De Chezyjevo enačbo, ki povezuje pretok Q, hidravlični padec I in hidravlični radij R.*

- *Od česa je sta odvisna hitrost in pretok v polni kanalizacijski cevi?*
- *Kolikšen koeficient trajne hrapavosti običajno upoštevamo pri uporabi Manning-Striklerjeve enačbe?*
- *Pojasnite kaj je hidravlični radij, od česa je odvisen (zapišite enačbo), kakšen je njegov pomen in kje ter zakaj ga potrebujemo. Pri kakšnem hidravličnem radiju so hitrosti in pretoki največji?*
- *Zakaj imajo korita reguliranih potokov v sredini poglobljeni del? Odgovor povežite s hidravličnim radijem.*
- *Kaj je osnovni, izhodiščni podatek za dimenzioniranje kanalskih cevi?*
- *Razpredelnica 5 služi za dimenzioniranje polnih kanalskih cevi. Katere spremenljivke iščemo na podlagi podanega skupnega odtoka?*
- *Zakaj se pri dimenzioniranju cevi mešanega odtoka odločamo za tak premer cevi in hidravlični padec, da je pretok za vsaj 25 % večji od skupnega odtoka?*
- *Pri dimenzioniranju kanalskih cevi po razpredelnici 5 običajno izbiramo premer cevi tako, da predpostavimo hitrost vode v cevi. Za kolikšno hitrost se odločimo in zakaj?*
- *Kolikšna polnitev cevi (višina vode v cevi) je dovoljena za obe cevi ločenega sistema kanalizacije?*
- *Pojasnite, kako določimo notranji premer kanalizacijske cevi.*
- *Razložite, kako z razpredelnico 6 preverimo hitrost vode v cevi in polnitev cevi.*
- *Pri dejanskem skupnem odtoku preverjamo višino vode v cevi in njeno hitrost. Zapišite zahtevi.*
- *Pojasnite izraz sušni odtok. Kako z višino vode v cevi in njeno hitrostjo dokazujemo njegovo ustreznost?*
- *Kolikšni sta najmanjša in največja dovoljena hitrost vode v cevi? Pri katerem pretoku ju preverjamo?*
- *Kako vpliva od premer cevi na priporočljiv padec kanalov? Kolikšen je priporočljiv padec?*
- *Kaj bo narobe, če se pri mešanem sistemu kanalizacije pri skupnem odtoku odločimo za cev z zelo majhnim padcem?*
- *Kaj bo narobe, če se pri mešanem sistemu kanalizacije pri skupnem odtoku odločimo za cev premajhnega premera?*