

3.2 KANALISANJE NASELJA

U svakoj kući u koju je uvedena voda, bilo iz sopstvenog ili iz zajedničkog vodovoda, od čiste vode koja se u njoj koristi nastaje najčešće odmah, ili sa izvesnim zakašnjenjem, ista količina upotrebijene vode. Ova upotrebijena voda sadrži različite mineralne i prljave organske materije, koje su najčešće škodljive a ponekad i opasne. One se moraju odmah odstraniti iz kuće, i to najbolje kroz sistem zatvorenih kanala.





Iz usamljenih kuća ove vode se mogu odvesti u podzemlje i na taj način učiniti neškodljivim. U naseljima je ovakvo odvođenje nepodesno jer se na taj način mogu zagaditi podzemne vode, a samim tim i bunari. Zbog toga je najpodesniji, iako ne uvek najjeftiniji, način odvođenje domaćih upotrebljenih voda sistemom podzemnih zatvorenih

kanala, koji su tako projektovani i izvedeni da se u njima ne taloži suspendovani materijal, koga u upotrebljenoj vodi ima u velikim količinama.

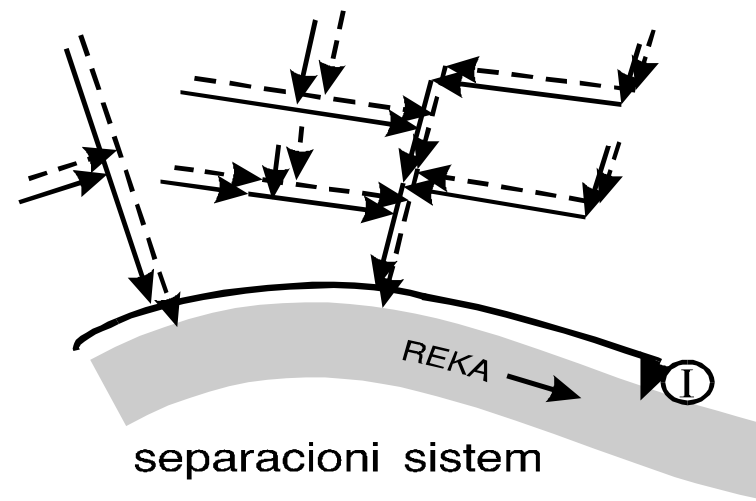
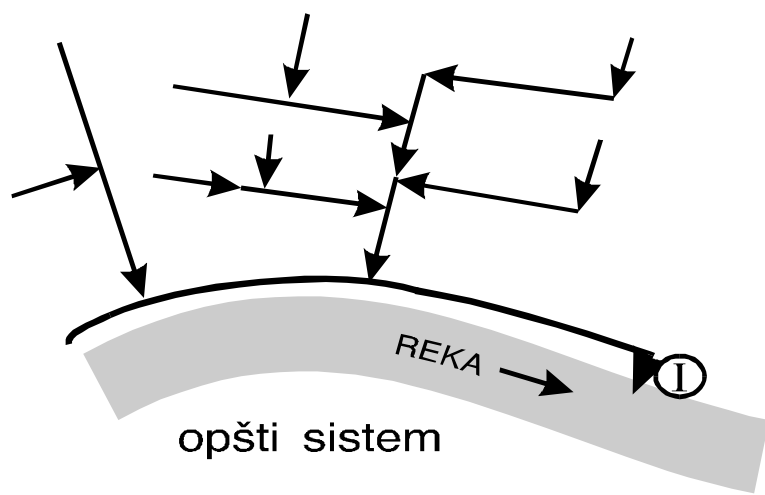
U naseljima često velike nevolje čini i atmosferska voda. Kiša koja pada na krovove i druge površine pokrivene vodonepropustljivim materijalima sliva se u znatno većim količinama nego van naselja, gde se veliki deo vode zadržava na rastinju ili upija u zemlju. Iz ovih razloga se i kišnica sa saobraćajnih i popločanih površina mora odvoditi kanalima van naselja.

Industrija takođe troši velike količine vode čiji se najveći deo ispušta kao upotrebljena voda i koja često može biti veoma škodljiva. Industrijske upotrebljene vode se u najvećem broju slučajeva ne smeju upuštati u podzemlje, čak se često ne smeju uvoditi ni u gradsku kanalizaciju bez prethodne prerade.

Stoga se u velikim naseljima, kao i u savremenim malim naseljima sa većom gustinom naseljenosti, sve atmosferske, domaće i industrijske upotrebljene vode, a ponekad i podzemne vode koje ugrožavaju naselje, odvođe odgovarajućim mrežama kanala.

Ako se sve ove vode odvođe jedinstvenom kanalskom mrežom iz svih delova grada onda se kaže da je kanalska mreža izgrađena po opštem sistemu. Ovaj sistem je najprostiji a ponekad i najjeftiniji.

Ako se pojedine vrste otpadnih voda odvođe posebnim kanalskim mrežama kaže se da je kanalizacija izgrađena po separacionom sistemu. U separacionom sistemu najčešće se jednom mrežom kanala odvodi kišnica i voda od pranja ulica, a drugom se odvođe upotrebljene vode. U velikim industrijskim zonama može postojati i treća mreža kanala, kojima se upotrebljene vode iz tehnološkog procesa odvođe na prečišćavanje a zatim u gradsku kanalizacionu mrežu.



Bez obzira koji se od ova dva sistema primenjuje, fekalni kanali moraju postojati u svim delovima naselja gde se kanalisanje planira. Kišne vode se ne moraju priključiti u kanalizaciju u svim delovima naselja. U ulicama sa malim obimom saobraćaja i sa dovoljno velikim nagibom koji gravitira nekom pogodnom prirodnom odvodniku, kišnica se može pustiti da slobodno otiče. U drugim slučajevima ona se može prihvatiti na podesnim mestima u zatvorene kanale i njima sprovesti kroz one delove grada gde bi mogla naneti štetu. U malim naseljima neracionalno je graditi kišnu kanalizaciju. Tada se gradi samo kanalizacija za upotrebljenu vodu a kišnica se odvodi plitkim rigolama pored trotoara.

Sistemi kod kojih se neka od otpadnih voda iz pojedinih delova grada ne odvodi u javnu kanalizaciju nazivaju se nepotpuni sistemi. Nepotpuni sistemi razlikuju se od poluseparacionih sistema kod kojih se fekalne vode, voda od pranja ulica i prvi naleti kišne vode odvede jednom mrežom kanala a ostatak kišne vode drugom.

Za industrijske upotrebljene vode, mreža se sprovodi kroz industrijske zone da bi se zatim, ponekad pod posebnim, veoma složenim uslovima, uvela u gradsku kanalizaciju.

3.2.1 OPŠTE ŠEME SISTEMA ZA KANALISANJE NASELJA

Građevine koje predstavljaju delove sistema za odvođenje otpadnih voda mogu se podeliti u četiri grupe

- (A) Mreža kanala za sakupljanje upotrebljenih i atmosferskih voda. Sem samih kanala¹ ovde spadaju i drugi specijalni objekti kao što su prelive za rasterećivanje mreže ili retenzioni baseni za smanjivanje oscilacija proticaja vode kroz kanale, kaskade i drugo.
- (B) Kolektori² za odvođenje vode od naselja do ispusta, zajedno sa kaskadama ili crpnim stanicama ako su potrebne.
- (C) Postrojenja za prečišćavanje otpadne vode pre upuštanja u recipijent³.

¹ Kanalom se ovde podrazumevaju kanalizacione cevi manjih profila, takozvana sekundarna mreža, ali kada je u pitanju kišna voda može se raditi i o otvorenim kanalima.

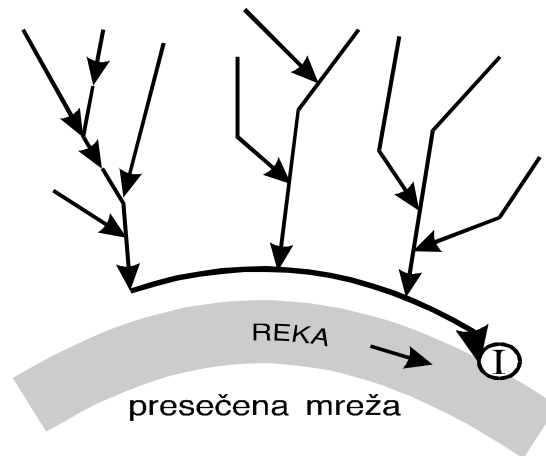
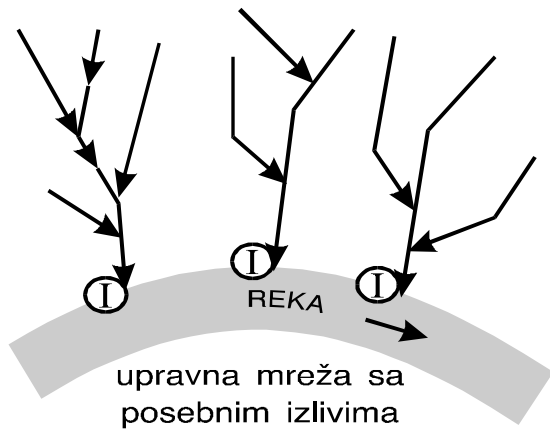
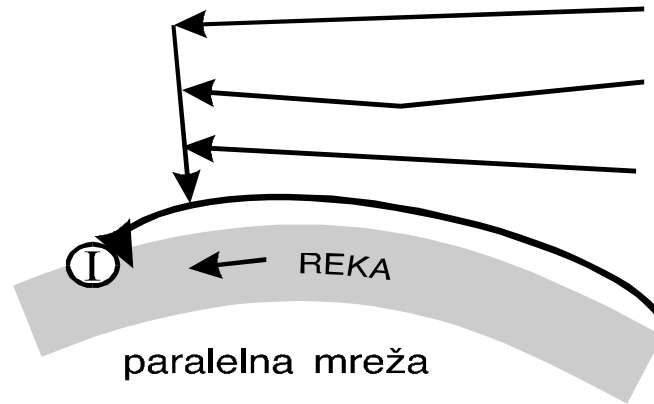
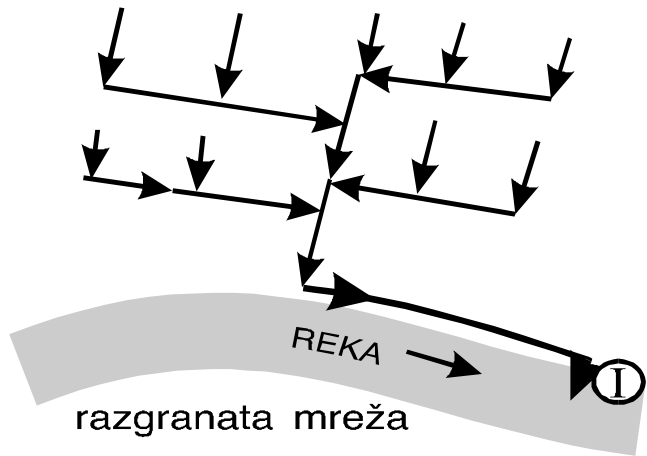
² Kolektorima se obično nazivaju kanali većeg profila, različitog poprečnog preseka. Kolektori su elementi primarne kanalizacione mreže.

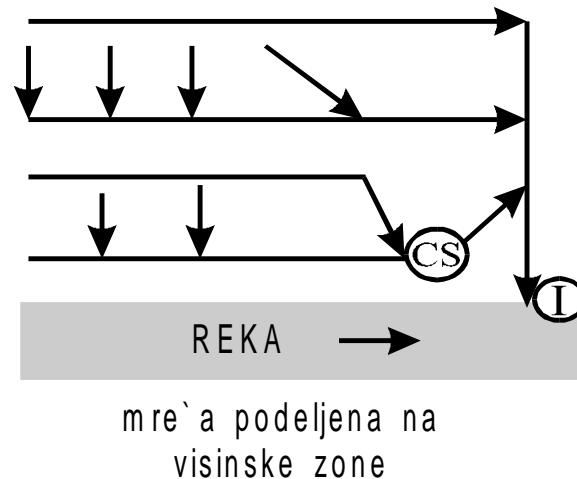
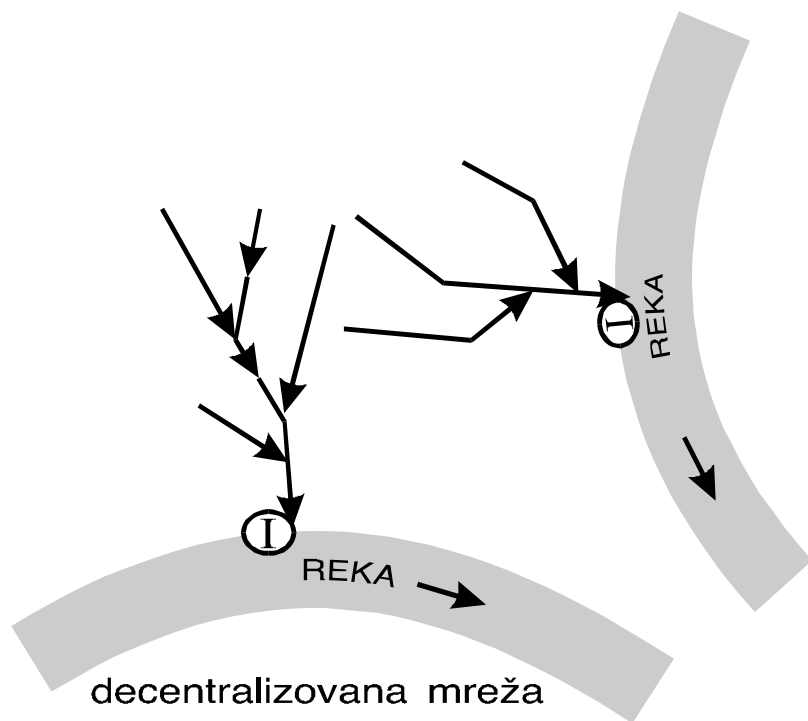
³ Recipijent ili prijemnik otpadne vode može biti reka dovoljnog kapaciteta, jezero, more, podzemlje



(D) Ispusti - objekti za ispuštanje kanalskog sadržaja posle prečišćavanja u prirodni recipijent.

Na sledećim slikama date su uobičajene osnovne šeme kanisanja naselja sa dispozicijom ispusta.





Najvažnija tačka u kanalizacionoj mreži jeste ispust u odvodnik. Zbog toga je prvi posao u projektovanju nove kanalizacije jednog naselja izbor odvodnika i mesta ispuštanja otpadne vode u njega. Za odvodnik se bira onaj vodotok koji ima veliku masu čiste vode te će se u njemu najmanje osetiti rđave posledice zagađenja. Drugi uslov za izbor odvodnika proističe iz uticaja odvodnika na kanalsku mrežu, odnosno nivoa vode u njemu, jer se ne sme dopustiti povratak vode iz odvodnika u kanalizacionu mrežu pri visokim vodostajima.

Kanalska mreža se projektuje i gradi tako da profil kanala bude samo delimično ispunjen, odnosno da voda kroz njih protiče sa slobodnim ogledalom a da iznad vode nesmetano struje gasovi koji se razvijaju iz kanalske vode i vazduh, tako da se voda što duže zadrži u svežem stanju. Zbog toga će biti izabran onaj odvodnik u kome su promene nivoa

male i čiji je najviši vodostaj najniži u odnosu na površinu koja se odvodnjava. Takav odvodnik će dopustiti da se kanalima daju najveći nagibi dna i vezano s tim najmanji prečnici.

Visok nivo vode u jedinom raspoloživom odvodniku može da izazove uspor u kanalima pa čak i povraćaj vode i plavljenje naselja. Zbog toga se u nekim slučajevima kanalski sadržaj mora ispuštati u odvodnik preko crpne stanice. Ponekad su neki delovi naselja dovoljno visoko u odnosu na odvodnik pa ne postoji opasnost od plavljenja dok drugi nisu. U tom slučaju vrši se podela na visinske zone, tako što se iz više zone voda upušta gravitaciono a iz niže preko crpne stanice.

Udaljenost mesta ispuštanja takođe je od značaja, što iz ekonomskih razloga, što zbog toga jer voda koja predugo putuje može izmeniti svoje hemijske osobine u negativnom smislu.

Ako postoji mogućnost izbora između više odvodnika, osim ranije navedenih kriterijuma, potrebno je voditi računa i o tome da se u izabranom odvodniku u daljoj budućnosti neće javiti takve promene koje će otežavati uslove za ispuštanje otpadne vode (planirana gradnja akumulacije uzvodno ili nizvodno od ispusta i sl.).

Ukoliko je recipijent reka, uobičajeno je da kanalizacioni ispust gradi nizvodno od naselja, čime se praktično i upotrebljene vode odvede nizvodno od naselja⁴.

3.2.2 IZBOR SISTEMA ZA KANALISANJE

Izbor sistema za kanalisanje vrši se prema sanitarnim potrebama i zahtevima kao i prema tehničkim i ekonomskim mogućnostima a na osnovu svestranog proučavanja uslova kao što su

⁴ U Nemačkoj je, nasuprot tome, na snazi propis po kome se ispusti kanalizacije moraju postavljati uzvodno od naselja. Namera zakonodavca je bila da natera lokalne zajednice da grade postrojenja za prečišćavanje, jer bi u protivnom zagađivali sopstveno područje. Naime, ukoliko se neprečišćena otpadna voda ispušta nizvodno od naselja, ona se posrednim putem "distibuira" svim nizvodnim naseljima.

- ⇒ Količina domaćih i industrijskih upotrebljenih voda i količina kišne i podzemne vode, karakter i stepen njihove izgrađenosti;
- ⇒ Mogućnost zajedničkog odvođenja i prečišćavanja industrijskih i domaćih upotrebljenih voda;
- ⇒ Moć prirodnog prečišćavanja u prirodnom odvodniku;
- ⇒ Sanitarni zahtevi i potreban stepen prečišćavanja otpadnih voda pre upuštanja u odvodnik;
- ⇒ Reljef terena;
- ⇒ Položaj instalacije za prečišćavanje;
- ⇒ Karakter naselja, širina ulica i vrsta njihovog pokrivača.

Ne može se reći da je bilo koji sistem u opštem slučaju bolji, već za svaki pojedinačan slučaj treba tražiti najracionalnije rešenje. Treba proceniti koristi i štete od primene bilo kog od navedenih sistema pa se odlučiti za onaj od koga su koristi najveće a štete najmanje.

U narenom tekstu navedene su prednosti i mane opšteg i separacionog sistema.

(A) Opšti sistem

Povoljne osobine opšteg sistema kanalizacije su

- ⊕ Sve otpadne vode odlaze po pravilu nizvodno od naselja i tamo se, ako je to potrebno, prečišćavaju;
- ⊕ I kad postoje prelive, prve, najzagađenije količine kišne vode odlaze zajedno sa upotrebljenim vodama;
- ⊕ Ako se kišnica u nekim krajevima grada može zagađiti (na primer u industrijskim zonama) ona se mora, sa prečišćavanjem, ispuštati zajedno sa upotrebljenim vodama;

- ⊕ Jedinstvena mreža kanala je prostija i jeftinija za gradnju i održavanje;
- ⊕ Povećanje specifične potrošnje vode (l/st/dn) ne utiče na rad mreže jer su ove količine neznatne u odnosu na količinu kišnice prema kojoj se mreža dimenzioniše

Nepovoljne osobine opšteg sistema kanalizacije su

- ⊘ Usled uspora može doći do izlivanja fekalnih voda na ulice;
- ⊘ Zagađivanje odvodnika kišnicom pomešanom sa upotrebljenom vodom pre prelivanja;
- ⊘ Veliki profili kanala, što je skupo za građenje, koji se koriste samo ponekad, dok za vreme suše mali proticaji mogu izazvati taloženje;
- ⊘ Otežan rad postrojenja za prečišćavanje zbog promenljivog proticaja i naglog snižavanja temperature u proleće i jesen, što je najznačajnije kod biološkog prečišćavanja;
- ⊘ Kišnica mora ponekad da se odvodi nizvodno od naselja;
- ⊘ Zahteva odmah investicije za odvođenje kišne vode;
- ⊘ Potrebno je prečišćavanje i kišnice ako reka presušuje.

(B) Separacioni sistem

Povoljne osobine separacionog sistema su

- ⊕ Postepeno odvođenje - najpre se odvede najzagađenije, upotrebljene vode;
- ⊕ Ako reka presušuje kišnica se ne mora prečišćavati;
- ⊕ Preopterećenje kišnih kanala ne izaziva izlivanje upotrebljenih voda na ulice;
- ⊕ Manja početna ulaganja nego za opšti sistem jer je moguće prvo izgraditi fekalnu a tek kasnije kišnu kanalizaciju;
- ⊕ Mreži za kišnu vodu mogu se dati veći nagibi jer ima više ispusta pa time i manje dimenzije;

- ⊕ U slučaju kišne kanalizacije sa više ispusta racionalno je izgraditi fekalnu kanalizaciju sa samo jednim ispustom nizvodno od naselja i eventualnim prečišćavanjem

Nepovoljne osobine separacionog sistema su

- ∅ Kišnica se upušta u odvodnik bez prečišćavanja pa tako i prve, najzagađenije, količine kao i voda od pranja ulica;
- ∅ Građenje i eksploatacija dva sistema kanala, dvostruki kućni spojevi, duplo više silaza, ukrštanja;....

Kod nepotpunog opšteg sistema važe iste dobre i loše osobine opšteg sistema, a kod nepotpunog separacionog - separacionog sistema.

3.2.3 KOLIČINE VODE U KANALIZACIONOJ MREŽI

Količina vode koja se odvodi kanalima zavisi od veličine područja koje je opremljeno kanalizacijom i njegovih hidroloških karakteristika, od broja stanovnika priključenih na kanalizaciju, od njihove specifične potrošnje vode i od sistema kanalisanja. Pri tome se uzimaju u obzir sve ranije navedene vrste otpadnih voda.

Kućne upotrebene vode

Gotovo sva količina čiste vode koja se potroši u domaćinstvu pretvara se, sa manjim ili većim zakašnjenjem, u upotrebenu vodu. Prema tome za količinu kućne upotrebene vode važi isto što i za potrošnju čiste vode. Po nekim autorima, međutim, računa se sa količinama 20 do 30% manjim od količine vode potrošene iz vodovoda, što se objašnjava činjenicom da voda od zalivanja parkova ponire u zemlju, da su u potrošnju čiste vode uračunati i gubici iz mreže i slično. Ovo je opravdano jedino kada se radi o separacionom sistemu.

Količina upotrebijene vode zavisi između ostalog i od opremljenosti kuća vodovodnim instalacijama. Orijentacione vrednosti količina upotrebijene vode u zavisnosti od opremljenosti vodovodnim instalacijama u stanovima date u sledećoj tabeli:

Opremljenost zgrada	Srednja potrošnja (l/st/dn)	Najveća potrošnja (l/st/dn)
Zgrade sa vodovodom i kanalizacijom ali bez kada	60 - 80	70 - 100
Zgrade sa vodovodom i kanalizacijom sa kadama i individualnom toplom vodom (bojleri)	90 - 120	110 - 150
Zgrade sa vodovodom i kanalizacijom sa kadama i centralizovanim zagrevanjem vode	150 - 200	175 - 225

Upotrebijena voda ne teče kroz kanale neprekidno i u nepromenljivoj količini. Proticaj se menja slično kao kod vodovoda, međutim vrhovi proticaja kod kanalizacione mreže su manji nego kod vodovoda usled dejstva akumuliranja vode u kanalima u kojima treba da se poveća visina punjenja da bi proticajni kapacitet porastao, kao i usled zakašnjenja. U našim uslovima može se koristiti isti koeficijent dnevne neravnomernosti kao za vodovod, $K_{\max}^{dn} = 1.5$, ali se mora voditi računa da ovaj koeficijent zavisi od veličine i karaktera naselja i ne sme se nekritično

primenjivati. Kada se ne raspolaže podacima o K_{\max}^{dn} i K_{\max}^{cas} , za prosečne slučajeve se mogu koristiti podaci iz naredne tabele u kome su dati opšti koeficijenti neravnomernosti proticaja upotrebljenih voda u naselju gde je

$$K_{opsti} = K_{\max}^{dx} \times K_{\max}^{cas}$$

u zavisnosti od ostvarenih proticaja:

Proticaj (l/s)	K_{opsti}
5	2.2
10	2.1
15	2.0
30	1.9
50	1.8
90	1.7
180	1.6
350	1.5
500	1.4
800	1.35
1250	1.3
1900	1.25
>1900	1.2

Industrijske upotrebljene vode

Količine vode koje ispušta industrija približno odgovaraju količinama čiste vode koje se tamo troše. Pri tome treba imati u vidu da industrija koristi ponekad i vodu iz posebnih izvorišta ili tehnološku vodu a sva ta količina se može naći u kanalizacionom sistem.

Proticaje je najsigurnije meriti na licu mesta jer su orijentacioni podaci iz literature nesigurni⁵.

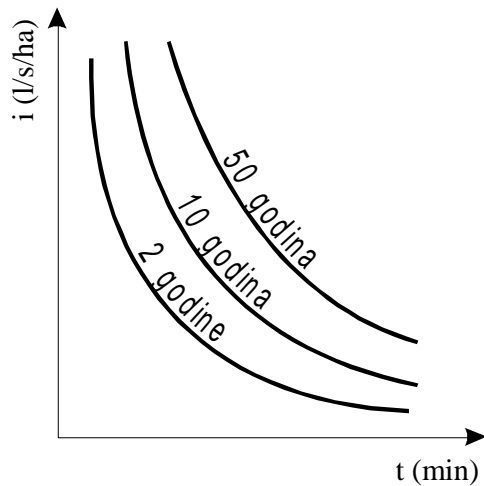
Atmosferske vode

Proticaji u kanalima koji potiču od atmosferske vode veoma su promenljivi u toku godine. U toku suše proticaj atmosferske vode je jednak nuli, dok za vreme kiše on može naglo da naraste toliko da premaši zapreminu ostalih otpadnih voda i do sto puta.

Kiše se karakterišu trajanjem, intenzitetom, učestanošću, a pored toga još i rasporedom intenziteta u toku trajanja i po površini koju zahvataju, pravcem kretanja i dobom godine u kome se javljaju. Prve tri karakteristike su od najvećeg značaja i o njima se najčešće vodi računa.

Po trajanju kiše mogu biti različite, od nekoliko minuta do nekoliko časova. Između trajanja i intenziteta, jačine (l/s/ha) kiše, ne postoji funkcionalna zavisnost. Kiše istog trajanja mogu imati veoma različite jačine. Zapaža se međutim da se kiše podjednakog trajanja a različitih intenziteta javljaju sa više-manje pravilnom učestanošću. Kiše većeg intenziteta javljaju se pri tom ređe nego kiše slabijeg intenziteta. Obradom velikog broja podataka o padavinama dolazi se do statističke zavisnosti između trajanja, jačine i učestanosti kiše, koje se mogu prikazati bilo u vidu dijagrama bilo u vidu jednačina.

⁵ Podaci koji se u literaturi mogu naći relativno su stari i ne uvažavaju različite tehnologije sa različitom potrošnjom čiste vode u tehnološkom procesu po jedinici proizvoda.



Ako se prikažu kao krive sa učestanošću kao parametrom, onda se ove krive nazivaju redovi podjednako ekonomičnih računskih kiša. Iz celog niza kiša koje su se javile u posmatranom vremenskom periodu, za projektovanje mreže se odabira samo jedna merodavna kiša za određivanje kapaciteta kanala. Kao merodavna kiša bira se neka slabija kiša koja se češće javlja s tim što se dozvoljava da se kišnica pri jačim kišama zadržava na terenu izvesno vreme. Da bi se našao ekonomski optimum potrebno je da se odredi zbir godišnjih troškova kanalske mreže dimenzionisanih prema određenoj kiši i matematički očekivanog gubitka usled šteta koje mogu izazvati kiše jače od merodavne.

Za Beograd je merodavna desetominutna kiša, sa povratnim periodom od 2 godine, čiji je intenzitet $i=145 l/s/ha$.

Savremene metode proračuna oticanja kišne vode, metode hidrograma, zahtevaju poznavanje celog toka kiše, odnosno rasporeda jačine kiše u toku vremena.

Sva količina vode koja padne na površinu naselja ne otiče u kanalizaciju već jedan deo isparava i ponire. Koeficijent oticaja Ψ predstavlja razmeru između količine vode koja dopire u kanale i one koja pada na površinu terena. Njegova se vrednost menja u toku kiše, ona zavisi i od toga da li je zemljište već zasićeno vodom ili ne, međutim o ovome se u proračunima obično ne vodi računa.

Za naselja sa različitim namenama površina ili tipova gradnje mora se sračunati srednji koeficijent oticaja polazeći od površina različitih namena ili tipova gradnje F_i sa poznatim koeficijentima oticaja Ψ_i . Tada se srednji koeficijent oticaja dobija kao

$$\Psi_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \Psi_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

gde su:

- F_i površine sa različitim koeficijentima oticaja
- Ψ_i koeficijent oticaja površine F_i

U narednoj tabeli date su srednje vrednosti koeficijenata oticaja za različite površine odnosno različite tipove naselja:

Vrsta površine - tip gradnje	Koeficijent oticaja Ψ
Krovovi pokriveni limom i škrljcem	0.95
Krovovi sa crepom ili lepenkom	0.90
Krovovi pokriveni cementom	0.50-0.70
Asfaltirane površine	0.85-0.90
Zalivena kaldrma	0.80-0.85
Pravilna prizma, nezalivena	0.50-0.70
Turska kaldrma	0.40-0.50
Makadam bez penetracije	0.25-0.45
Pošljunčene staze	0.15-0.30
Bašte, livade, njive	0.05-0.25
Šume	0.01-0.02
Vrlo gusta gradnja	0.70-0.90
Zatvoreni tip gradnje	0.50-0.70
Otvoreni tip gradnje	0.30-0.50
Individualna gradnja sa baštama	0.20-0.30
Neizgrađeno zemljište, sportski tereni	0.10-0.20
Parkovi	0.10

Prema tome količina kišne vode koja u jedinici vremena dospe u kanal računa se kao

$$Q_k = \Psi i F \quad [l/s]$$

gde su:

- Ψ koeficijent oticaja odgovarajuće slivne površine
- i (l/s/ha) intenzitet merodavne kiše
- F (ha) slivna površina koja gravitira kanalu

Savremene metode proračuna kišne vode, kakva je na primer takozvana racionalna metoda, u obzir uzimaju i vreme prolaska kišne vode kroz kanale do odvodnika, odnosno činjenicu da se ukupan proticaj iz gornje formule ne nađe u kanalu istog trenutka kada je kiša počela. Time se, zavisno od trajanja merodavne kiše i dužine sliva, eventualno mogu dobiti i manji prečnici kanala nego ako se količina kišne vode računa standardnom metodom.

Još preciznije od gornjeg izraza, količina kišne vode u kanalu određuje se kao

$$Q_k = \Psi i F \varphi \eta$$

gde se pojavljuju još dva nova koeficijenta:

- φ koeficijent kašnjenja
- η koeficijent neravnomernosti padavina.

Koeficijent kašnjenja φ značajan je kod projektovanja složenih kanalizacionih sistema sa dugim glavnim kolektorima. Kao što je ranije pomenuto, za projektovanje kanalizacije se usvajaju kao merodavne kiše neke kiše koje se često javljaju, imaju veliki intenzitet i relativno kratko trajanje. Tako se može dogoditi da vreme putovanja vode kroz kanalizacionu mrežu duže od trajanja same kiše, odnosno da dođe do kašnjenja dotoka, posebno sa udaljenih uzvodnih deonica.

Koeficijent kašnjenja se određuje na različite načine. Ovde će biti prezentirana jednostavna empirijska formula Imfofa za određivanje koeficijenta kašnjenja:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$$

gde je

- F površina sliva
- n bezdimenzioni koeficijent koji zavisi od karakteristika sliva i postojeće kanalizacione mreže

U narednoj tabeli date su karakteristike slivova i odgovarajućikoefficienti n :

Karakteristike sliva	Koeficijent n
Kanali sa velikim uzdužnim padovima i koncentrisano slivno područje sa kojeg voda brzo otiče.	8
Srednji uzdužni padovi od 5-10% i slivovi koji nisu izražajnije razvijeni.	6
Kanali sa malim uzdužnim padom i izražajnije razvijena slivna područja.	5
Kanali sa malim uzdužnim padom i slivovi kod kojih je izraženija dužina od širine.	4

Koeficijent kašnjenja ima smisla uzimati u obzir za slivove sa površinom većom od dva hektara. Za manje slivove uzima se $\varphi = 1$.

Količine vode koje se mogu naći u kanalizaciji usled naglog topljenja snega mogu se uporediti po veličini sa jakim kišama, te se i one, zavisno od podneblja, moraju uzeti u obzir.

3.2.4 OSOBINE STRUJANJA KROZ KANALIZACIJU

Voda kroz kanalizacione cevi protiče sa slobodnom površinom, odnosno kanali su samo delimično ispunjeni vodom. Na ovaj način najjednostavnije je rešeno priključivanje kućne kanalizacije na spoljnu mrežu. Promene brzine strujanja u kanalima, izazvane promenama proticaja, znatno su manje nego kada bi strujanje bilo pod pritiskom. Zatim, bolje su obezbeđeni uslovi pronosjenja suspendovanih čestica koje se nalaze u otpadnoj vodi. Strujanjem vazduha iznad otpadne vode obezbeđeno je izbacivanje iz kanalizacione mreže raznih gasova koji se izdvajaju iz otpadne vode a voda se osvežava dovođenjem novih količina svežeg vazduha, naročito kiseonika, u dodiru sa njom.

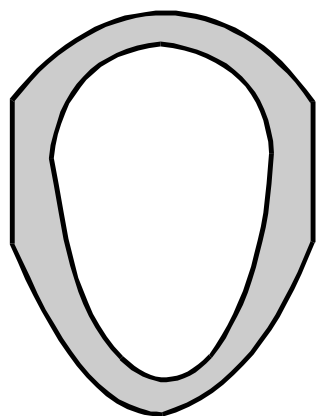
Najčeće primenjeni oblici profila kanala su kružni, kružni sa kinetom, jajasti i spljošteni.

Kružni kanali se najčešće grade do prečnika ϕ 500 mm. Veći kružni kanali, preko 1.5 m u prečniku, u kanalizaciji po opštem sistemu, mogu se graditi kao kružni, sa kinetom i bankinama. Za vreme suše voda teče kinetom dok bankine služe za prolaz radnika koji održavaju mrežu. Za vreme kiše voda ispunjava ceo kanal.

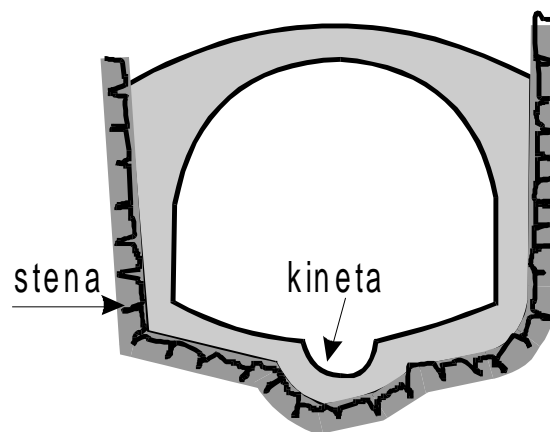
Za pečnike preko ϕ 500 mm koriste se jajasti profili.



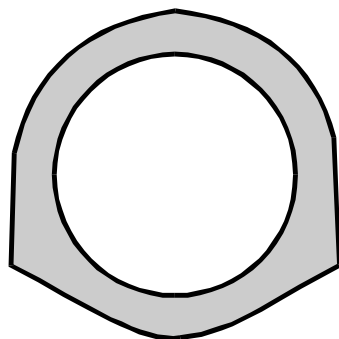
Prednost jajstih profila je velika visina koja omogućava prolaz radnika. Za vreme malih proticaja visina vode u kanalu je veća nego kod odgovarajućih kružnih kanala što obezbeđuje bolji pronos suspendovanog materijala. Širina rova za polaganje je manja nego kod odgovarajućih kružnih kanala što smanjuje troškove kopanja a opterećenje cevi zemljom kojom je zatrpna je manje.



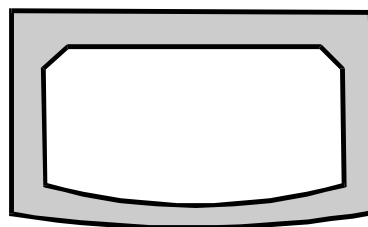
jajasti profil



potkovi-asti profil



kru`ni profil



pravougaoni profil

Spljošteni kanali se koriste za vrlo velike kanale, koji bi zahtevali veliko ukopavanje kad bi bili kružni što je posebno značajno u ravničarskim predelima. Spljošteni kanal može imati i kinetu, čime se isključuje njegova nepovoljnost pri tečenju malih količina vode sa malim nagibima.



Otvorenim kanalima može se odvoditi kišnica u separacionom sistemu u malim naseljima ili sporednim ulicama, kao i prečišćena upotrebljena voda od postrojenja za prečišćavanje do odvodnika.

3.2.5 NAJMANJE DIMENZIJE KANALA I NAJMANJI I NAJVEĆI DOPUŠTENI NAGIBI DNA KANALA, DUBINA UKOPAVANJA, STEPEN PUNJENJA KANALA

U početnim granama mreže računski proticaj je veoma mali pa bi se prema hidrauličkom proračunu dobili mali prečnici kanala. Međutim, kako upotrebene vode često nose i krupnije predmete, koji bi se u uskim cevima mogli zaglaviti, kako se ponekad na dnu kanala zadržava talog koji smanjuje poprečni profil, kako u početnim deonicama može doći do preopterećenja koje nije moglo biti obuhvaćeno proračunom i najzad da bi se čišćenje kanala moglo lakše izvesti - propisuju se minimalni dozvoljeni prečnici kanala.

Za glavni odvodni horizontalni kanal u kućnoj kanalizaciji propisan je $D_{\min} = 150\text{mm}$. Najmanji nagib za ove kanale propisan je $I_{\min}=1.5\%$ a najveći $I_{\max}=6\%$

Za uličnu kanalizaciju izuzetno se može usvojiti $D_{\min}=150\text{ mm}$ dok je normalno najmanji dopušteni prečnik uličnog kanala $\phi 200$ ili $\phi 250\text{ mm}$. U velikim gradovima može biti i veći, zavisno od gustine naseljenosti i sistema kanalisanja. Minimalne dozvoljene prečnike u gradu obično propisuje zadužena komunalna radna organizacija i oni su sastavni deo uslova za projektovanje.

U Beogradu su propisani minimalni prečnici:

- $\phi 250\text{ mm}$ za fekalne kanale
- $\phi 300$ ili $\phi 350\text{ mm}$ za kišne kanale i kanale opšteg sistema, u zavisnosti od dela grada

Najmanji i najveći dopušteni nagib dna propisuje se obzirom na brzinu koja od njega zavisi. Najmanja brzina strujanja vode treba da bude 0.4 m/s pri punjenju kanala od 2 do 3 cm , ili 0.8 m/s kad je kanal pun do vrha. Smatra se da su ove brzine dovoljne da se čvrste čestice održe u suspenziji.

U ravničarskim naseljima ponekad je teško obezbediti minimalne brzine bez suviše velikog ukopavanja kanala ili većeg broja crpnih stanica.

Najveća brzina se ograničava na 3 m/s u punom profilu ako je kanal skoro uvek pun do vrha ili je dubina punjenja uvek velika⁶. Ako se velika brzina javlja samo povremeno, odnosno kad se kanal puni do vrha samo povremeno (opšti sistem i kišna kanalizacija), najveća brzina može biti do 5 m/s. Smatra se da ako voda teče stalno kroz kanal brzinom od 3 m/s neće doći do štetnog abanja kanala.

Najmanjoj dopuštenoj radnoj brzini v_{\min} odgovara neki dopušteni nagib dna I_{\min} . Isto važi i za maksimalni dopušteni nagib. Minimalni i maksimalni padovi se računaju po obrascu:

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

gde je:

- R hidraulički radijus kanala. Podsećamo, za kružne kanale $R = \frac{D}{4}$
- B koeficijent koji zavisi od apsolutne rapavosti kanala k i brzine

Za usvojene vrednosti minimalnih i maksimalnih brzina, ako je hidraulički radijus zadat u metrima, daju se vrednosti koeficijenta B za obračun graničnih nagiba. Kao rezultat gornje relacije dobija se minimalni/maksimalni pad dna kanala u promilima.

⁶ Prema uslovu da fekalni kanali mogu imati punjenje najviše 50-70% a kišni i kanali opšteg sistema i 100%, ali samo povremeno, kada pada kiša, očigledno je da projektant novog kanala neće projektovati kanal "skoro uvek pun". Tako je i gore navedena maksimalna brzina od 3 m/s merodavna samo za hidrauličku proveru starih fekalnih kanala na koji je vremenom priključen mnogo veći broj potrošača od projektovanog, te su oni sada "skoro uvek puni".

Očigledno, najmanji i najveći dozvoljeni nagib kanala je manji ukoliko je profil kanala veći.

Apsolutna rapavost	Koeficijent B		
	$v_{\min} = 0.8 \text{ m/s}$	$v_{\max} = 3 \text{ m/s}$	$v_{\max} = 5 \text{ m/s}$
k=0.4 mm	0.098	1.34	3.69
k=1.5 mm	0.132	1.84	5.12

Za izvođenje ulične mreže i za izradu kućnih priključaka najpogodnije je da nagib dna kanala odgovara nagibu terena što je moguće kada je

$$I_{\min} < I_{\text{terena}} < I_{\text{mix}}$$

Tada je dubina ukopavanja svuda ista i može da odgovara najmanjoj dubini koja je neophodna za pravilan rad kanalizacije.

U slučaju kada je nagib terena (ulice) manji od najmanjeg dopuštenog nagiba dna

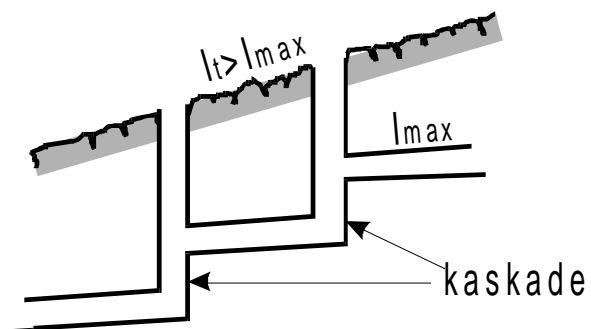
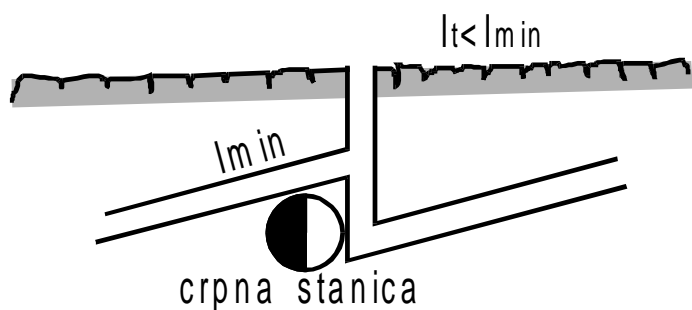
$$I_{\text{terena}} < I_{\min}$$

kanal se postepeno sve dublje ukopava. U zavisnosti od geoloških i hidrogeoloških uslova i od troškova građenja postavlja se najveće dozvoljeno ukopavanje kanalizacije. Ako bi dubina ukopavanja prešla ovu vrednost potrebno je postaviti crpne stanice.

U slučajevima kada je nagib terena veći od najvećeg dozvoljenog nagiba kanala

$$I_{\text{terena}} > I_{\text{mix}}$$

višak pada savlađuje se kaskadama.



Najmanja dubina ukopavanja propisuje se iz razloga:

- ⇒ zaštite cevi od mraza, najmanje 0.8 m do 1.1 m
- ⇒ zaštite od saobraćajnog opterećenja, 1.0 do 1.5 m
- ⇒ mogućnosti priključenja kućne kanalizacije što iznosi oko 1.0 do 1.5 od najnižeg izlivnog mesta u podrumu zgrade koja se priključuje.

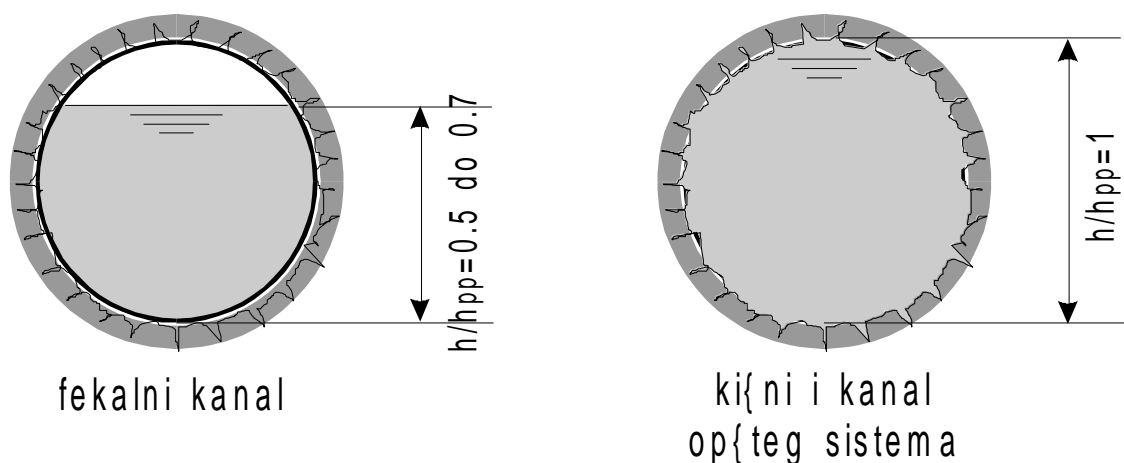
Ovaj poslednji uslov za minimalnu dubinu se u pojedinim slučajevima dobija računski, birajući karakterističnu zgradu za posmatrano naselje. Najmanju dubinu ukopavanja ne treba računati prema nekoj kući koja se nalazi u izuzetno povoljnom ili izuzetno nepovoljnom slučaju.

Najveća dubina ukopavanja zavisi od geoloških, hidrogeoloških i geomehaničkih uslova kao i od nosivosti cevi koje se ugrađuju. Dubina kanala koja se izvodi u otvorenom iskopu obično nije veća od 6 do 7 m. Preko te dubine prelazi se na tunnelsku gradnju. U slabom zemljištu, posebno kad je visok nivo podzemne vode i 4 m može biti gornja granica.

Stepen punjenja kanala u kanalskoj mreži po separacionom sistemu, u kanalima za upotrebljenu vodu, treba da bude najviše 50 do 70%. Ostatak visine kanala ostaje prazan za strujanje vazduha, za rezervu za slučaj naglog, nepredviđenog, nadolaska vode i slično. Kanali za atmosfersku vodu mogu biti puni do vrha.

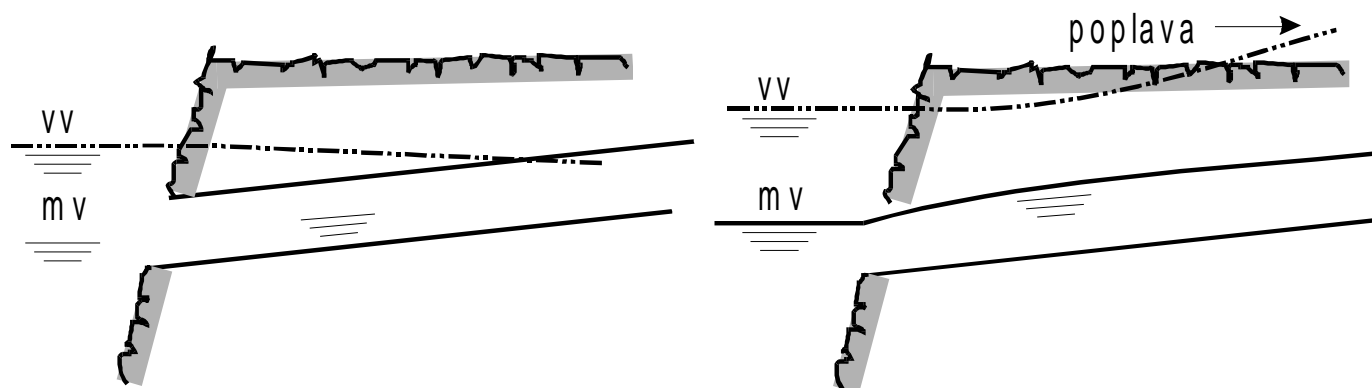
U kanalskoj mreži građenoj po opštem sistemu kanali se mogu ispunjavati do vrha za vreme kiše koja ima odabrani računski intenzitet. U svim drugim slučajevima kanali neće biti puni a za vreme suše punjenje će biti uslovljeno proticajem upotrebljene vode i biće malo.

U slučajevima kad je nivo velike vode u odvodniku visok u odnosu na površinu terena i kad izaziva uspor u kanalima, ni kišni kanali se ne smeju projektovati tako da budu ispunjeni do vrha.



Isto to važi i za kanalizaciju opšteg sistema. Slika pokazuje kako kanal projektovan da teče punim profilom može izazvati poplavu a drugi ne. Drugo rešenje za ovaj slučaj je da kanal bude projektovan tako da bude ispunjen do vrha pri merodavnoj kiši a da se kod ispusta postavi crpna stanica. U konkretnom slučaju treba ispitati ekonomsku

opravdanost jednog i drugog rešenja i na osnovu toga doneti odluku. U ovakvim slučajevima korisno je ispitati verovatnoću istovremene pojave visokih vodostaja i jakih kiša.

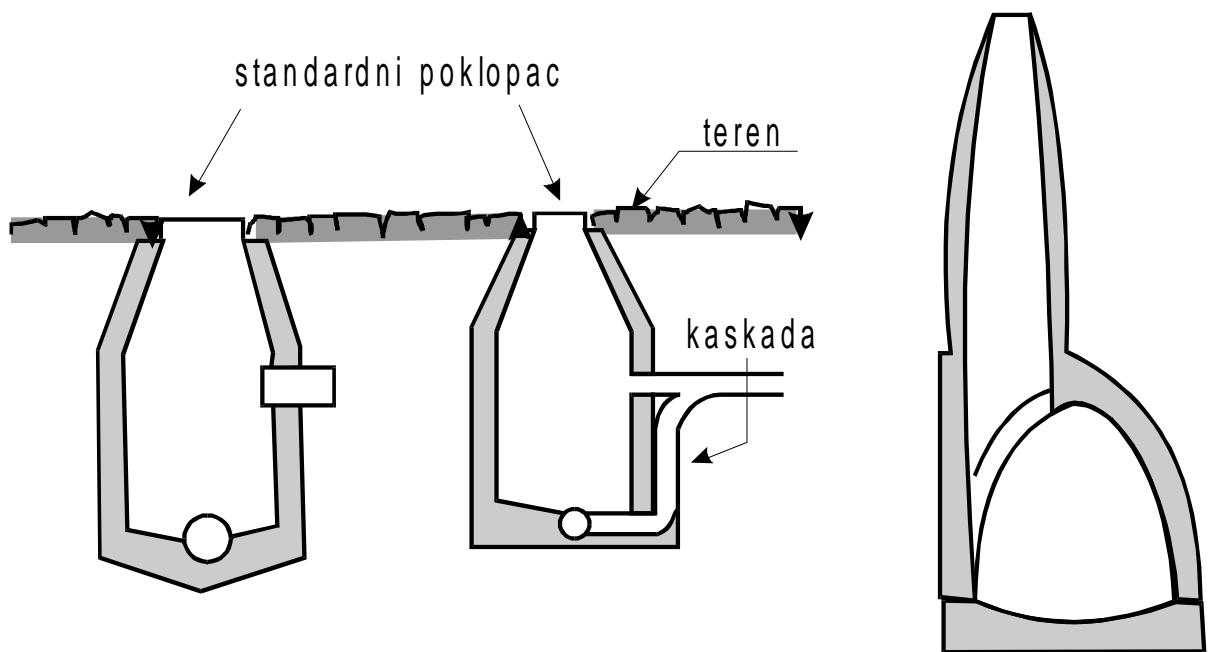


3.2.6 OBJEKTI NA KANALIZACIONOJ MREŽI

Osim kanalizacionih cevi, kanalizaciona mreža sadrži i razne druge objekte. Ovi objekti izvode se jednovremeno sa samim kanalima. Pomenućemo samo neke od njih: revizione silaze, kaskade, prelive, crpne stanice i ispuste u odvodnik.

Revizionni silazi (šahтови) služe za prilaz kanalizacionim cevima sa površine terena. Iz revizionnih silaza se vrši inspekcija, popravka i čišćenje cevi. Izrađuju se od nearmiranog i armiranog betona, bilo livenjem na licu mesta bilo od montažnih elemenata. Pokrivaju se standardnim liveno-gvozdanim poklopcima.

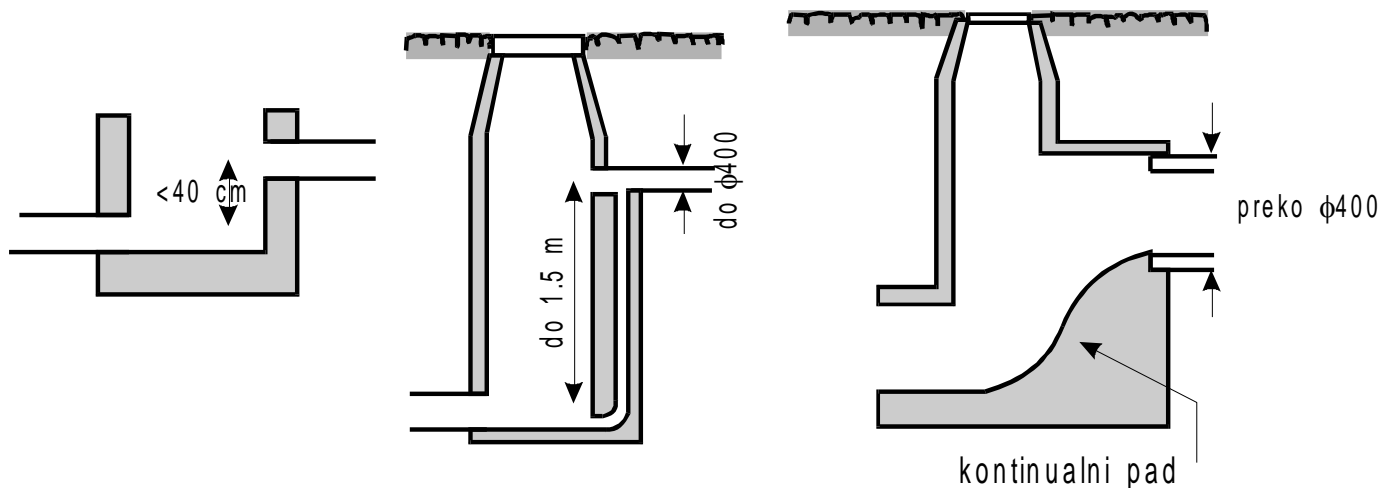
Revizioni silazi postavljaju se na pravim deonicama, na propisanim rastojanjima od približno 160 D. Ovim se omogućava inspekcija kanala između silaza i njihovo čišćenje. Takođe se obavezno postavljaju na spojevima kanala, prelomima trase i nivelete kanala i na promeni poprečnog preseka kanala. Revizioni silazi na cevnim kanalima



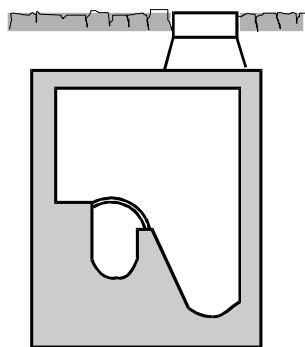
duboki šaht

postavljaju se u osovini cevi, dok kod prohodnih kanala većeg prečnika mogu biti postavljeni i pored kanala. Cevi su u silazima otvorene, da bi se omogućio ulazak vazduha u kanalizaciju.

Kaskade se ugrađuju na deonicama na kojima je pad kanala manji od najvećeg dopuštenog pada, da bi se smanjilo ukopavanje cevi. Takođe se ugrađuju na spojevima plitko ukopanih kanala sa kanalima ukopanim na veću dubinu.



U zavisnosti od poprečnog preseka kanala koji se spajaju kaskadom kao i od denivelacije kojom se kaskada savlađuje, kaskade imaju različite oblike. Kod malih poprečnih profila i denivelacije do 40 cm zapravo se i ne može govoriti o kaskadi kao o nekakvom posebnom objektu - voda iz uzvodne cevi slobodno pada na dno šahta i uliva se u nizvodnu cev. Za profile do $\phi 400$ mm i denivelacije do 1.5 m ulivanje uzvodne deonice se može izvesti preko vertikalne cevi u zidu šahta. Za denivelacije više od 40 cm kaskade se izvode sa kontinualnim padom vode. Kod jako velikih profila ($D > 1$ m) osim obezbeđivanja kontinualnog pada dno šahta je dublje od nizvodne cevi, tako da voda iz nizvodne deonice pada na "vodeni jastuk" i umiruje se pre ulivanja u nizvodnu cev.



Prelivi za kišnu vodu postavljaju se u kanalizaciji građenoj po opštem sistemu. Ako uslovi zaštite prirodnog recipijenta to dopuštaju, ne vodi se sva kišna voda do glavnog ispusta već se kišna voda najkraćim trasama odvodi do recipijenta. Ovime se postižu uštede na dimenzijama glavnog kolektora i pumpanja vode (ako ga ima). Naime, u kanalu opšteg sistema, kada kiša tek počne da pada, prve količine kišnice mešaju se sa fekalnom vodom koja kanalom teče neprestano. Ova voda je još uvek suviše zaprljana da bi se mogla direktno ispuštati u vodotok.

Međutim, kako se kanal puni sve više razblaženje prljave fekalne vode kišnom je sve veće⁷ da bi u jednom trenutku stepen razblaženosti bio takav da je ovakvu vodu moguće ispustiti u recipijent bez prečišćavanja. Ako se na visini punjenja kanala koja odgovara potrebnom stepenu razblaženja postavi prelivna građevina sve količine vode razblažene preko zadatog stepena mogu se preko preлива sprovести kišnim kanalom najbližim putem do recipijenta, mnogo pre glavnog ispusta. Potreban stepen razblaživanja kreće se od 2 do 20 puta i najčešće je veći od 10 puta. Sa svaki pojedinačni slučaj stepen razblaženja se određuje prema lokalnim uslovima i položaju projektovanog preлива.

Odluka o izgradnji prelivnih građevina donosi se na osnovu tehno-ekonomske analize, koja mora da pokaže uštede bilo u investicionoj vrednosti kolektorske mreže bilo u troškovima održavanja.

Crpne stanice se u kanalizaciji primenjuju za izdizanje vode iz dublje ukopanih kanala u pliće ukopane kanale⁸, za izdizanje vode na postrojenje za prečišćavanje ili upuštanje u recipijent, kao i na samom postrojenju za prečišćavanje za prepumpavanje vode ili mulja. Crpne stanice koje se koriste u kanalizaciji moraju imati rešetku na dovodu vode, na kojoj će se zadržavati krupniji čvrsti predmeti koji se mogu naći u kanalskom sadržaju. Takođe moraju imati otvore za čišćenje.

Ispusti u odvodnik grade se tako da se ispuštena voda brzo i dobro meša sa vodom u odvodniku. Sama građevina mora da bude obezbeđena od potkopavanja talasima, što se postiže izradom obaloutvrde uzvodno i nizvodno od ispusta. Ispustni kanal postavlja se na kotama koje obezbeđuju da za vreme velikih voda u vodotoku ne dolazi do uspora u kanalu. Ovo je ponekad teško postići pa se moraju tolerisati "kontrolisani uspori" pri kojima ipak ne dolazi do uspora u uzvodnim sekundarnim kanalima a još manje na kućnim spojevima.

⁷ Podseća se da u kanalu opšteg sistema količina kišne vode može biti i do 100 puta veća od odgovarajuće količine fekalne vode.

⁸ Podseća se da se, kada je pad dna kanala veći od pada terena, kanal sve više ukopava u nizvodnom pravcu. Kada dubina ukopavanja pređe dozvoljenu granicu, voda se mora prepumpati u plići kanal.



