

Smernice za projektovanje lokalnih puteva (SPLP)

4. ODVODNJAVANJE

S a d r ž a j

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | ZAKONODAVSTVO I TEHNIČKA DOKUMENTACIJA..... | 2 |
| | 2.1 Uloga državne i lokalne uprave u izdavanju dozvola za ruralne i lokalne puteve | 2 |
| | 2.2 Relevantna tehnička dokumentacija | 3 |
| 3 | PLANIRANJE | 5 |
| 4 | KONCEPT ODVODNJAVANJA PUTEVA | 8 |
| 5 | PRIKAZ ODVODNJAVANJA PUTA U PROJEKTIMA | 9 |
| 6 | PROJEKTOVANJE..... | 10 |
| | 6.1 Hidrologija | 10 |
| | 6.1.1 Količine padavina | 10 |
| | 6.1.2 Oticaj od kišnih voda | 16 |
| | 6.1.3 Brzine infiltracije | 20 |
| | 6.1.4 Retenzioni kapacitet..... | 21 |
| | 6.2 Dimenzionisanje sistema za odvodnjavanje..... | 22 |
| | 6.2.1 Kriterijumi za projektovanje | 23 |
| | 6.2.2 Površinsko odvodnjavanje..... | 23 |
| | 6.2.3 Sistemi zatvorenih kolektora..... | 28 |
| | 6.2.4 Propusti..... | 29 |
| | 6.2.5 Retenziranje/zadržavanje voda | 32 |
| | 6.2.6 Taloženje..... | 32 |
| 7 | OBJEKTI | 34 |
| | 7.1 Objekti sistema za odvodnjavanje na površini terena | 34 |
| | 7.2 Podzemni objekti u sistemu za odvodnjavanje | 37 |
| | 7.3 Potpovršinsko odvodnjavanje..... | 43 |
| | 7.4 Propusti..... | 43 |
| | 7.5 Odvodnjavanje objekata (mostovi, potporni zidovi, tuneli)..... | 46 |
| | 7.6 Objekti za zadržavanje vode | 47 |
| | 7.7 Prečišćavanje voda | 48 |
| | 7.7.1 Bazeni za zadržavanje vode - retenzije | 49 |
| | 7.7.2 Infiltracioni bazeni i drenažni rovovi..... | 50 |
| | 7.7.3 Objekti za taloženje..... | 51 |
| | Separatori ulja | 52 |
| 8 | OZELENJAVANJE SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE | 54 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 9 | ODVODNJAVANJE PUTEVA U TOKU IZGRADNJE..... | 54 |
| 10 | MERE PREDOSTROŽNOSTI | 54 |
| 11 | ODRŽAVANJE | 55 |
| 12 | REFERENCE | 57 |
| 13 | Prilozi | 58 |
| 13.1 | Sistem za odvodnjavanje – situacija i podužni profil..... | 59 |
| 13.2 | Poprečni presek puta sa sistemom za odvodnjavanje | 60 |
| 13.3 | Odvodnjavanje raskrsnice (kružnog toka)..... | 61 |
| 13.4 | Propust..... | 62 |
| 13.5 | Separator ulja | 63 |

Spisak tabela

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1 | Visina padavina (mm) za kišomernu stanicu Vračar (Beograd) [7] | 11 |
| Tabela 2 | Jednačine za vreme koncentracije [3] | 12 |
| Tabela 3 | Maningov koeficijent hrapavosti, izmenjeno od [3] | 15 |
| Tabela 4 | Koeficijent oticaja u racionalnoj metodi [3] | 17 |
| Tabela 5 | CN brojevi za urbane oblasti [3] | 18 |
| Tabela 6 | CN brojevi za ruralne oblasti [3] | 19 |
| Tabela 7 | Hidrološke grupe tla u SCS metodi [3] | 19 |
| Tabela 8 | Hidrološki uslovi za oticanje pri izboru broja CN [3]..... | 20 |
| Tabela 9 | Koeficijent vodopropustljivosti za različite porozne sredine | 21 |
| Tabela 10 | Tipični poprečni preseki otvorenih kanala i geometrijske karakteristike | 24 |
| Tabela 11 | Dozvoljeni tangencijalni naponi za neobložene i obložene kanale [3]..... | 25 |
| Tabela 12 | Tipični poprečni preseki rigola i geometrijske karakteristike | 25 |
| Tabela 13 | Protoci i brzine u punom profilu kružnog kolektora za različite nagibe [3]..... | 29 |
| Tabela 14 | Minimalni i maksimalni nagibi kružnih kolektora za različite usvojene minimalne i maksimalne brzine vode u kolektoru ispunjenom do vrha [3]..... | 38 |
| Tabela 15 | Tipovi propusta [1] | 45 |

Spisak slika

| | | |
|---------|--|---|
| Slika 1 | Odvodnjavanje puta i okolnog terena | 5 |
| Slika 2 | Dijagram redosleda odabira mera za odvodnjavanje | 7 |

| | |
|---|----|
| Slika 3 Koncept odvodnjavanja puteva..... | 8 |
| Slika 4 Sintentički jedinični hidrogram prema SCS metodi [3]..... | 20 |
| Slika 5 Početna procena zapremine retenzionog prostora, prema [3]..... | 21 |
| Slika 6 Tečenje po površini kolovoza | 22 |
| Slika 7 Smer oticanja po kolovozu..... | 23 |
| Slika 8 Prikupljanje oticaja u slivnicima | 26 |
| Slika 9 Propust sa slobodnom površinom vodenog ogledala i kritičnom dubinom na ulazu [3] | 30 |
| Slika 10 Propust sa slobodnom površinom vodenog ogledala i kritičnom dubinom na izlazu [3] | 30 |
| Slika 11 Propust sa slobodnom površinom vodenog ogledala i suženom dubinom na ulazu u propust [3] | 31 |
| Slika 12 Propust sa tečenjem pod pritiskom [3]..... | 31 |
| Slika 13 Idealna pravougaona taložnica sa horizontalnim tokom, [3]..... | 33 |
| Slika 14 Tipični poprečni preseki obloženih kanala..... | 35 |
| Slika 15 Tipična koruba/brzotok | 35 |
| Slika 16 Tipična kaskada..... | 35 |
| Slika 17 Tipični rigol | 36 |
| Slika 18 Dva slivnika tipa 1 postavljena u nizu | 36 |
| Slika 19 Primeri kanala za linijsko dovodnjavanje sa rešetkom (levo) i sa otvorom (desno) | 37 |
| Slika 20 Segmentni kanal..... | 37 |
| Slika 21 Tipičan rov | 40 |
| Slika 22 Prefabrikovan revizioni silaz sa slivnikom za cevi DN300-400-500-600 | 41 |
| Slika 23 Prefabrikovan revizioni silaz sa slivnikom za cevi DN800 | 41 |
| Slika 24 Detalj veze slivnika i revizionog silaza | 42 |
| Slika 25 Primeri standardne kaskade (levo) i kaskade sa odbojnim zidom (desno) [3] | 42 |
| Slika 26 Potpovršinsko odvodnjavanje | 43 |
| Slika 27 Standardni ulazi u propuste | 44 |
| Slika 28 Kolektor i slivnik postavljeni na mostu..... | 46 |
| Slika 29 Drenaža potpornih zidova..... | 47 |
| Slika 30 Bazen za privremeno zadržavanje vode [6] | 47 |
| Slika 31 Bazen za trajno zadržavanje vode [6]..... | 48 |
| Slika 32 Infiltracioni bazen | 50 |
| Slika 33 Infiltracija kroz drenažni rov | 51 |
| Slika 34 Drenažni rov u urbanoj sredini (levo) i duž autoputa (desno) | 51 |

Slika 35 Tipični separatori ulja: A) standardni separator sa tri komore, B) i C) separatori sa tri komore i koalescentnim filtrima, izmenjeno od [3]53

1 UVOD

Objekat puta je izložen atmosferskom uticaju koji može značajno uticati na odvijanje i bezbednost saobraćaja, kao i na samu konstrukciju puta. Usled atmosferskih uticaja, kiša i snežnih padavina, na površini kolovoza se formira sloj vode koji treba kontrolisano sakupiti i ukloniti sa kolovoza. Ukoliko se voda ne odvodi na adekvatan način izvan kolovozne konstrukcije, odvijanje saobraćaja može biti otežano i potencijalno nebezbedno (usporavanje saobraćaja, smanjenje otpora vozila na proklizavanje, potencijalni akvaplaning, smanjenje vidljivosti, i sl.), i stabilnost kolovozne konstrukcije može biti ugrožena.

Funkcionisanje puta i njegov uticaj na životnu sredinu u velikoj meri zavisi od pravilno projektovanog, dobro izgrađenog i dobro održavanog sistema za odvodnjavanje. U zavisnosti od kategorije puta, dozvoljenih brzina vozila, opterećenja puta i ekonomskih kriterijuma, odgovarajući kriterijumi se primenjuju za izbor poprečnog preseka puta, podužnog preseka puta, merodavnih padavina (povratni period padavina, intenzitet padavina), vrste sistema za odvodnjavanje i objekata sistema za odvodnjavanje, kako bi se postigao zadovoljavajući nivo zaštite puta.

Sistem za odvodnjavanje puta obuhvata objekte za prikupljanje površinskih voda, sa kolovozne konstrukcije i okolnog terena, prikupljanje procednih voda, iz konstrukcije puta, i prikupljanje podzemnih voda. Pored toga, sistemi za odvodnjavanje obuhvataju i objekte za regulaciju vodotoka i propuste, na deonicama ukrštanja trasa puta i vodotoka.

Pri planiranju sistema za odvodnjavanje moraju se razmatrati lokalni uslovi na lokaciji trase puta i na okolnom terenu koji će biti pod uticajem usled izgradnje puta. Konfiguracija terena, karakteristike tla, vizuelan pregled vrste biljaka, nagib drveća, klizišta, teren u kome se zadržava voda i smer tečenja vode, na primer, mogu ukazati na potencijalno dobra rešenja za odvodnjavanje objekta puta i okolnog terena, odnosno za projektovanje i izgradnju stabilnog i održivog objekta puta.

Projektovanje sistema za odvodnjavanje puta se zasniva na tačnoj proceni merodavnih padavina i odgovarajućih količina oticaja koje utiču na konstrukciju puta i okolni teren. Raspored i dimenzije objekata u sistemu za odvodnjavanje se određuju na osnovu merodavnih/procenjenih količina voda, projekta kolovozne konstrukcije i kota terena.

2 ZAKONODAVSTVO I TEHNIČKA DOKUMENTACIJA

2.1 Uloga državne i lokalne uprave u izdavanju dozvola za ruralne i lokalne puteve

Projektovanje puteva i pratećih sistema za odvodnjavanje zasniva se na zakonskim dokumentima koje izdaju nadležni organi. Ovi dokumenti obuhvataju *lokacijske uslove*, koji sadrže sve urbanističke, tehničke i druge uslove i podatke koji su neophodni za izradu generalnog projekta, idejnog projekta, projekta za građevinsku dozvolu i projekta za izvodjenje, u skladu sa *Zakonom o planiranju i izgradnji* ("Sl.glasnik RS ", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 – dr. zakon, 9/2020 i 52/2021).

Ministarstvo gradjevine, saobraćaja i infrastrukture je odgovorno za izdavanje *lokacijskih uslova*, za državne puteve I i II reda, putnih objekata i saobraćajnih priključaka na ove puteve i graničnih prelaza. Ukoliko se navedeni objekti u celini grade na teritoriji autonomne pokrajine, odgovarajući organ autonomne pokrajine je nadležni organ. Za ostale putne objekte lokacijske uslove izdaje nadležna jedinica lokalne samouprave.

Vodna akta se donose u cilju obezbeđenja jedinstvenog vodnog režima i ostvarivanja upravljanja vodama u skladu sa *Zakonom o vodama* ("Sl.glasnik RS ", br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 - dr. zakon). *Vodna akta* donosi Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede i javno vodoprivredno preduzeće, nadležni organ autonomne pokrajine za puteve na teritoriji autonomne pokrajine, nadležni organ Grada Beograda za puteve na teritoriji Grada Beograda, i nadležni organ jedinice lokalne samouprave i javno vodoprivredno preduzeće za puteve na teritoriji jedinice lokalne samouprave. *Vodna akta* koja se odnose na izgradnju/rekonstrukciju puteva obuhvataju vodne uslove i vodnu saglasnost.

Vodni uslovi su deo lokacijskih uslova i izdaju se za izgradnju i rekonstrukciju objekata koji mogu trajno, povremeno ili privremeno uticati na promene u vodnom režimu, odnosno ugroziti životnu sredinu. *Vodni uslovi* se izdaju za autoputeve i regionalne puteve i mostove na njima. *Vodni uslovi* prestaju da važe po isteku dve godine od dana njihovog izdavanja, ako u tom roku nije podnet zahtev za izdavanje vodne saglasnosti.

Vodnom saglasnošću se utvrđuje da je tehnička dokumentacija pripremljena u skladu sa izdatim vodnim uslovima i izdaje se pre početka radova na izgradnji/rekonstrukciji objekta. Izuzetno, vodna saglasnost se može izdati i bez vodnih uslova, ako organ nadležan za izdavanje vodne saglasnosti odluči da izgradnja objekata ili radova koji su predmet tehničke dokumentacije ne utiče na vodni režim. Vodnu saglasnost izdaje organ koji je izdao vodne uslove. Vodna saglasnost prestaje da važi ako se u roku od dve godine od dana prijema vodne saglasnosti ne otpočne sa izgradnjom, rekonstrukcijom ili dogradnjom objekta, izvođenjem radova, odnosno izradom planskih dokumenata.

Generalni i idejni projekat podležu stručnoj kontroli Republičke revizione komisije koju formira Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture. Republička reviziona komisija je telo koje vrši stručnu kontrolu projekta i priprema izveštaj o izvršenoj stručnoj kontroli. Izveštaj sadrži mere koje se obavezno primenjuju pri izradi projekta za građevinsku dozvolu. Projekat za građevinsku dozvolu podleže tehničkoj kontroli.

Građevinska dozvola se izdaje pre početka građenja/rekonstrukcije i izdaje se na osnovu projekta za građevinsku dozvolu. Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture je nadležno za izdavanje građevinske dozvole za državne puteve I i II reda i za objekte koji će biti izgrađeni na teritoriji dve ili više opština, dok je lokalna uprava (opština) nadležna za opštinske puteve (lokalne puteve).

Prema članu 23 *Zakona o zaštiti životne sredine* ("Službeni glasnik RS ", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 – dr.zakon, 72/2009 – dr.zakon, 43/2011 – odluka US, 14/2016, 76/2018 i 95/2018)

vode se mogu koristiti i opterećivati, a otpadne vode ispuštati u vode uz primenu odgovarajućeg tretmana na način i do nivoa koji ne predstavlja opasnost za prirodne procese ili za obnovu kvaliteta i količine vode i koji ne umanjuje mogućnost njihovog višenamenskog korišćenja.

Procena uticaja na životnu sredinu se vrši za projekte iz oblasti saobraćaja i za projekte koji su planirani na zaštićenom prirodnom dobru i u zaštićenoj okolini nepokretnog kulturnog dobra. Ukoliko je procena uticaja na životnu sredinu obaveza za konkretan projekat, realizacija projekta je moguća samo ukoliko je nadležna institucija izdala saglasnost na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu. Studija o proceni uticaja na životnu sredinu sadrži opis faktora izloženih uticaju, opis mogućih značajnih negativnih uticaja projekta i opis mera predviđenih u cilju sprečavanja, smanjenja i otklanjanja značajnih štetnih efekata. Nadležni organ za sprovođenje procedure procene uticaja na životnu sredinu i izdavanje saglasnosti na studije o proceni uticaja na životnu sredinu na projekte za koje građevinsku dozvolu izdaje Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture je Ministarstvo za zaštitu životne sredine, za projekte za koje odobrenje za gradnju projekta izdaje organ autonomne pokrajine (Pokrajinski sekretarijat za energetiku, građevinarstvo i saobraćaj) nadležan je organ autonomne pokrajine (Pokrajinski sekretarijat za urbanizam i zaštitu životne sredine), a za projekte za koje odobrenje za izvođenje izdaje organ lokalne samouprave nadležan je organ jedinice lokalne samouprave.

2.2 Relevantna tehnička dokumentacija

Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji (Projekat rehabilitacije transporta, JP Putevi Srbije, 2012) je dokument sa smernicama za projektovanje sistema za odvodnjavanje autoputeva. Dokument obuhvata sve aspekte projektovanja, od hidrologije i razmatranja intenziteta padavina i kišnog oticaja, do hidrauličkih aspekata koji se odnose na tečenje oticaja i projektovanje elemenata sistema za odvodnjavanje. Priručnik takođe daje uputstva za objekte koji sačinjavaju sistem za odvodnjavanje, sa pregledom projektnih principa, dimenzionisanja i materijala od kojih se prave.

Tehnički uslovi za građenje puteva u Republici Srbiji (Projekat rehabilitacije transporta, JP Putevi Srbije, 2018), deo 2. Posebni tehnički uslovi, poglavlje 2.3 Sistem za odvodnjavanje opisuje materijale koji se koriste u izgradnji objekata sistema za odvodnjavanje i zahteva koji se odnose na izgradnju objekata. Materijal koji se koristi u izgradnji sistema za odvodnjavanje uglavnom obuhvata mešavinu kamenih zrna za podložne slojeve, mešavinu cementnog betona za podložne slojeve i za prefabrikovane elemente, i cementne maltere, cevne materijale, montažne elemente i dr. Za materijale koji se koriste za drenažne radove propisan je kvalitet materijala (sastav, mehaničke / hemijske karakteristike). U dokumentu su definisani kriterijumi za način izgradnje, od izvorišta materijala, načina deponovanja materijala pre početka izgradnje, proizvodnje materijala / elemenata za izgradnju, kao i kriterijumi za kvalitet izgradnje, merenje izvedenih radova, prijem radova i pripremu predmera izvedenih radova.

Pravilnik o radovima na redovnom održavanju javnih puteva uređuje vrste radova, tehničke uslove i način izvođenja radova na redovnom održavanju javnih puteva. Stanje javnih puteva se određuje pregledom koji se obavlja redovno, sezonski, sistematski ili vanredno. Objekti sistema za odvodnjavanje se održavaju radi omogućavanja funkcionalnosti i obuhvataju održavanje površinskih objekata za odvodnjavanje (otvoreni jarkovi, rigoli, kanali, sa ili bez obloge, propusti), održavanje podzemnih sistema za odvodnjavanje (cevovodi, šahtovi, bazeni za infiltraciju, upojna bazeni, i dr.), održavanje mostova (čišćenje i / ili popravka slivnika i cevovoda) i održavanje tunjela i galerija (čišćenje drenažnih kanala u tunelu).

STANDARDI

1. ISC br. 93.030 Spoljašnji sistemi za odvod otpadne vode;
2. ICS br. 93.080.01 (SRPS U.C.4.016) Projektovanje i građenje puteva – Klimatski i hidrološki uslovi;

3. SRPS EN 598:2012: Cevi, cevni spojevi (fitinzi), pomoćni delovi od nodularnog liva i njihovi spojevi elementi za kanalizaciju – Zahtevi i metode ispirivanja;
4. SRPS EN 588-2:2008: Cevi od cementa ojačane vlaknima za kanalske cevi - Deo 2: Revizioni silazi i kontrolne komore;
5. SRPS EN 1916:2007, SRPS EN 1916:2007/AC:2011: Betonske cevi i fazonski komadi, nearmirani, sa čeličnim vlaknima i armirani;
6. SRPS EN 1917:2007, SRPS EN 1917:2007/AC:2011: Betonski revizioni silazi i kontrolne komore, nearmirani, sa čeličnim vlaknima i armirani;
7. SRPS EN 1825-1:2011: Separatori masti - Deo 1: Principi projektovanja, performanse i ispitivanje, označavanje i kontrola kvaliteta;
8. SRPS EN 858-1:2008: Sistemi separatora za lake tečnosti: Principi projektovanja proizvoda, performanse i ispitivanje, obeležavanje i kontrola kvaliteta;
9. SRPS EN 13476-1,2,3:2018: Sistemi cevovoda od plastičnih masa za podzemno odvodnjavanje i kanalizaciju bez pritiska - Sistemi cevovoda sa višeslojnim zidom od neomekšanog polivinilhlorida(U-PVC), polipropilena (PP) i polietilena (PE) - Deo 2: Specifikacije za cevi i fitinge sa glatkom unutrašnjom i spoljašnjom površinom i sistem, tip A.

UREDBE

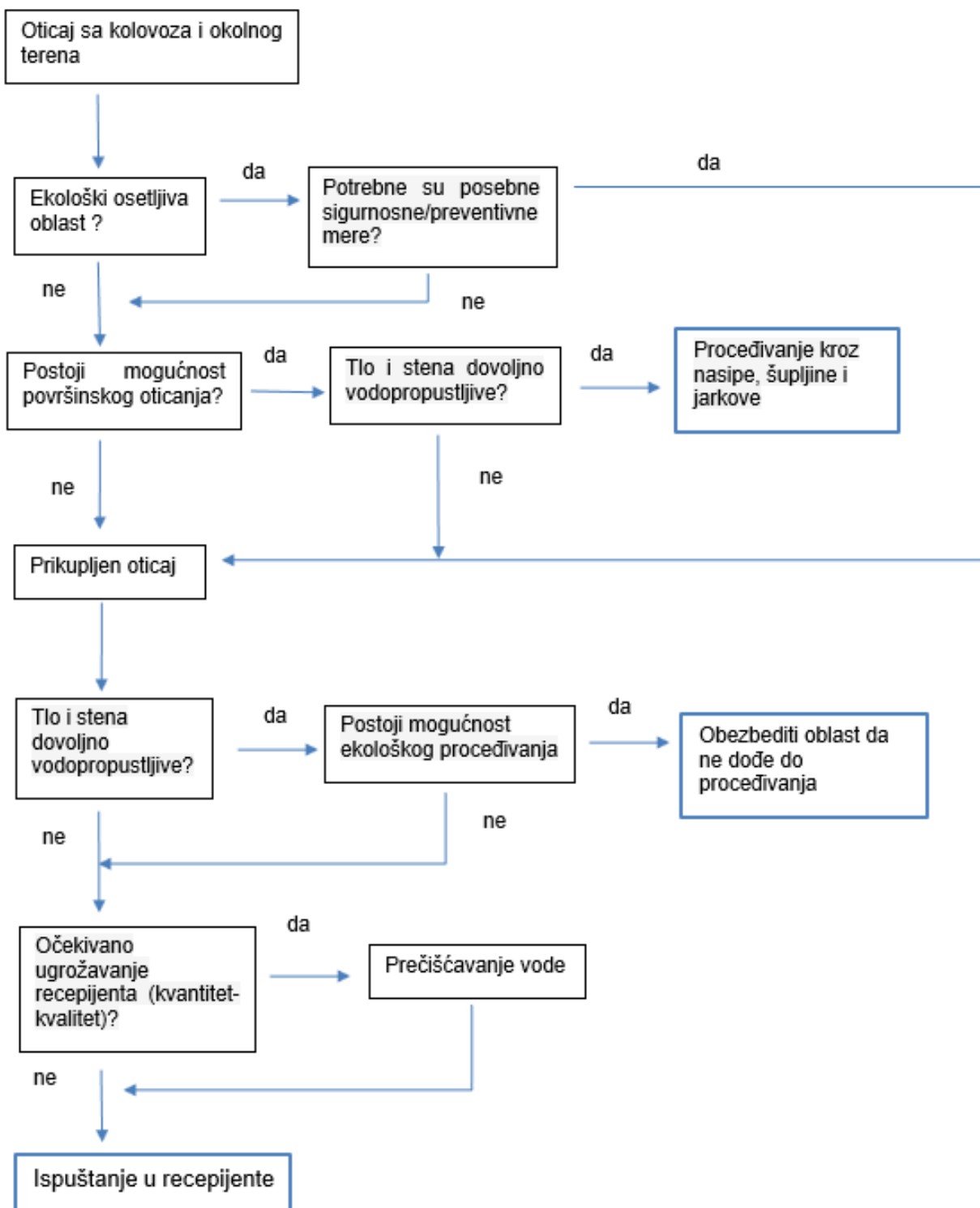
1. Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS ", br. 67/2011 i 48/2012);
2. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS ", br. 50/2012).

Dokumentacija o adaptaciji na klimatske promene koja se odnosi na odvodnjavanje puteva

Problem klimatskih promena i adaptacije infrastrukture na njene posledice su predmet aktuelnih studija i tehničkih uputstava čija primena zavisi od njihove implementacije u zakonskoj regulativi koja se odnosi na projektovanje sistema za odvodnjavanje puteva.

ekološkog značaja, područja sa važnim životinjskim i biljnim vrstama, područja koja se koriste za rekreaciju, i drugo.

Redosled odabira mere za odvodnjavanje je dat na narednom dijagramu [2].



Slika 2 Dijagram redosleda odabira mera za odvodnjavanje

Da bi se osigurao dobar status u prijemnim vodnim telima mora se poštovati relevantna zakonska regulativa (poglavlje 2). Ispuštanje oticaja u površinske vode, infiltracija i prihranjivanje podzemnih voda podležu procedurama koje su definisane u Zakonu o vodama.

Odvodnjavanje puteva može biti projektovano kao površinski ili podzemni sistem. Površinski sistem se sastoji od objekata koji se nalaze iznad površine terena i postavljeni su u podužnom pravcu, kao što su rigoli, slivnici, otvoreni kanali, itd, ili u poprečnom pravcu, npr. propusti. Površinski sistem takođe obuhvata i objekte za zadržavanje vode i kontrolu količine i kvaliteta oticaja. Podzemni sistemi se sastoje od objekata koji se postavljaju ispod nivoa terena, kao što su kanalizacioni kolektori, drenažne cevi, i dr.

Svi objekti sistema za odvodnjavanje trebaju da budu instalirani/izgrađeni tako da omogućavaju što jednostavnije funkcionisanje i da se održavanje i popravljanje relativno jednostavno obavljaju, bez značajnog uticaja na odvijanje saobraćaja. Pri projektovanju objekata koji su planirani van trupa puta, kao što su kanali, retenzioni baseni, infiltracioni bazeni, itd, mora se voditi računa o prirodnim uslovima i prirodne materijale treba koristiti kad god je to moguće, kako bi se objekat u što većoj meri uklopio u prirodno okruženje i obezbedilo stanište za floru i faunu.

Dimenzije objekata za odvodnjavanje zavise od procenjene količine oticaja, vrste kolovozne konstrukcije (pokrivene, nepokrivene), odabrane geometrije (poprečni i podužni padovi), putanje oticaja, vremena putovanja oticaja i rasporeda objekata za odvodnjavanje. U poglavlju 6 predstavljani su hidrološki i hidraulički aspekti projektovanja sistema za odvodnjavanje puteva.

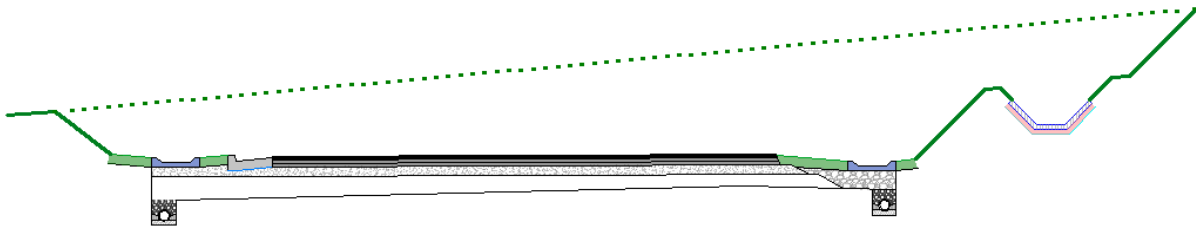
4 KONCEPT ODVODNJAVANJA PUTEVA

S obzirom da prikupljen oticaj može da sadrži zagađene materije koje su isprane sa površine kolovozne konstrukcije ili okolnog terena, ili su posledica akcidentne situacije, kao što je saobraćajna nezgoda ili kvar vozila, ispuštanje oticaja u životnu okolinu može izazvati zagađenje površinske i podzemne vode. Najzagađeniji oticaj obično nastaje od prvog spiranja („first flush“), na početku oticanja, kada se spiraju najzagađenije materije akumulirane na nepropusnoj površini kolovoza. Početni oticaj sadrži suspendovane materije i supstance koje su za njih vezane, kao što su masti i ulja, i druge zagađivače. Odluka o odabiru vrste sistema za odvodnjavanje zavisi od položaja puta u odnosu na vodoprijemnike i zahtevanog nivoa zaštite, i od relevantnog zakonodavstva koje se odnosi na zaštitu životne sredine. U srpskom zakonodavstvu još uvek nisu jasno definisani zahtevi koji se odnose na mere zaštite vode i tla od zagađenja.

U zavisnosti od kvaliteta prikupljenog oticaja koji se ispušta, koncept odvodnjavanja može biti otvoren ili zatvoren [3].

Otvoreni sistemi za odvodnjavanje prikupljaju oticaj sa površine kolovozne konstrukcije u otvorenim kanalima, u koje takođe dotiče i oticaj sa okolnog terena. Prikupljena voda se ispušta u životnu sredinu bez prečišćavanja.

Zatvoreni sistemi za odvodnjavanje podrazumevaju potpuno odvajanje zagađenog oticaja sa kolovozne konstrukcije i nezagađenog oticaja sa okolnog terena koje gravitira prema konstrukciji puta. Ovo je jedini razumni koncept kada se planira prečišćavanje kišnog oticaja. Zatvoreni sistemi za odvodnjavanje mogu sadržati različite kombinacije objekata, kao što su ivičnjak + rigol + slivnik + kolektor + ispust, ili ivičnjak + rigol + koruba/brzotok na kosini nasipa + otvoreni kanal + ispust, ili kombinacija prethodnog.



Slika 3 Koncept odvodnjavanja puteva

Tokom projektovanja i odabira trase puta, neophodno je prikupiti informacije o vodotocima koji se nalaze na trasi puta, odnosno o lokacijama ukrštanja puta i vodotoka, kao i o zahtevanim nivoima zaštite vodnih resursa i tla od zagađenja sa puta.

U nastavku će biti prikazane zahtevane mere za zaštitu vode i tla, u zavisnosti od lokalnih uslova.

5 PRIKAZ ODVODNJAVANJA PUTA U PROJEKTIMA

Projekat puta mora sadržati detaljne podatke o rešenju odvodnjavanju puta. Projekat odvodnjavanja obuhvata rezultate hidroloških i hidrauličkih proračuna, i grafički prikaz projektnog rešenja. Sadržaj projektne dokumentacije zavisi od nivoa projektovanja i zahteva koji su definisani zakonskom regulativom. Generalno gledano, projekat se sastoji od sledećih poglavlja:

- Podloge
- Hidrološki proračuni
- Hidrauličkih proračuni
- Predmer i predračun
- Grafička dokumentacija
- Polaganje cevi i cevni materijal
- Tehnički uslovi izvođenja radova

U poglavlju Podloge daju se informacije o predmetu projektovanja, prethodno urađenoj tehničkoj dokumentaciji, geodetskim i topografskim podacima, geotehničkim uslovima, i dr.

Hidrološki proračuni sadrže analizu podataka o padavinama za lokaciju projekta u smislu trajanja padavina, intenziteta padavina i učestalosti padavina. Rezultati proračuna su merodavne padavine i merodavni oticaji, na osnovu kojih će se projektovati objekti sistema za odvodnjavanje.

Na osnovu rezultata Hidrauličkih proračuna dimenzionišu se objekti sistema za odvodnjavanje. Tehnička dokumentacija treba da sadrži kriterijume za proračun, numeričke rezultate proračuna i podatke o dimenzijama objekata sistema za odvodnjavanje.

Predmer i predračun daju pregled jediničnih cena, količina i ukupne cene radova po kategorijama (pripremni radovi, zemljani radovi, tesarski radovi, monterski radovi, betonski i armirano betonski radovi, ostali radovi, i dr.).

Grafička dokumentacija sadrži mapu lokacije, situaciju (uobičajena razmera 1: 500 i 1:1000), podužni presek (uobičajena razmera 1: 100/1000), detalje (šahтови, slivnici i rešetke, armirani elementi, kanali, kaskade, izlivne građevine, objekti za prečišćavanje vode, retnzioni baseni, iskop rova, podgrađivanje iskopa, poklopci šahtova, penjalice, separatori ulja, planovi oplata i armiranja, i dr.).

U okviru poglavlja Polaganje cevi i cevni materijal daje se opis načina izgradnje rova u koji se polažu kolektori, zaštite rova i samog načina polaganja, montaže, ispitivanja i zatrpavanja cevi.

Tehnički uslovi izvođenja radova definišu opšte uslove koje je izvođač dužan da ispuni pri izvođenju radova, tehničke uslove koji se odnose na same radove (iskop, zemljani radovi, betonski radovi, armirački radovi, monterski radovi, i dr.), materijal za izvođenje, obezbeđenje izvedenih radova, i drugo.

6 PROJEKTOVANJE

6.1 Hidrologija

Dimenzionisanje objekata za odvodnjavanje se zasniva na proceni količine padavina koje sistem za odvodnjavanje treba da prihvati. Merodavne padavine se odabiraju za određenu lokaciju i željeni nivo zaštite. Potpuna zaštita objekata puta nije realna jer se sa sigurnošću ne mogu isključiti pojave ekstremnih padavina i padavina velikog intenziteta koje premašuje osmatrane vrednosti.

Ključnu ulogu u odabiru merodavnih padavina je vrsta objekta, s obzirom da objekti sistema za odvodnjavanje koji se nalaze na putu imaju relativno male slivne površine u poređenju sa značajno većim slivnim površinama vodotoka koji presecaju put kroz propuste.

Metodologija proračuna oticaja zavisi od raspoloživih osmotrenih proticaja na određenim profilima u blizini deonice puta koja se razmatra. Ukoliko postoje podaci o protocima, slivne površine se nazivaju „izučeni slivovi“, ukoliko ne postoje podaci o protocima, slivne površine su „neizučeni slivovi“, a ukoliko postoje kratkotrajna merenja protoka radi se o „delimično izučenim slivovima“.

Proračun merodavnih oticaja na „izučenim slivovima“ se zasniva na izmerenim protocima koji su uglavnom dostupni sa hidroloških stanica kojima upravlja Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Merodavni proticaji se određuju statističkom analizom izmerenih protoka. Ova metodologija može da se primeni na lokacijama ukrštanja puta i većih vodotoka za koje postoje podaci hidrološkog osmatranja.

U slučaju „delimično izučenih slivova“, za koje postoje kratkotrajni podaci o protocima, nekada je moguće uspostaviti regresionu zavisnost izmerenih protoka na okolnim stanicama i produžiti serije protoka koje će biti upotrebljene u statističkoj analizi.

Najčešći su „neizučeni slivovi“ za koje ne postoje podaci o izmerenim protocima. U tom slučaju merodavni oticaji se računaju na osnovu merodavnih padavina. Merodavne padavine se transformišu na merodavne oticaje različitim metodama, odnosno modelima padavine-otica. Primena merodavnih padavina na proračun merodavnih oticaja podrazumeva pripisivanje povratnog perioda padavina izračunatom merodavnom oticaju.

Detaljna razmatranja primene hidroloških analiza u projektovanju odvodnjavanja puteva se mogu naći u literaturi [3,9].

Merodavne količine padavina treba usaglašavati sa preporukama iz zakonske regulative i tehničkih standarda koji se odnose na adaptaciju na klimatske promene.

6.1.1 Količine padavina

Karakteristike padavina koje su bitne za proračun količine padavina su trajanje padavina, ukupna visina padavina, vremenska raspodela/neravnomernost intenziteta padavina i prostorna neravnomernost padavina.

Trajanje padavina je fiksni vremenski interval u kome padne određena (maksimalna) količina kiše. Prema tome, da bi se odredile merodavne padavine trajanja npr. 20 minuta, u stvarnoj kišnoj epizodi odabere se period u trajanju od 20 minuta u kome je zabeležena najveća visina padavina.

Vremenska neravnomernost padavina je promena intenziteta padavina u toku trajanja, odnosno promena visine kiše u jedinici vremena (najčešće se izražava u mm/min ili mm/h, i u $L/(s \cdot ha)$ ($1 \text{ mm/min}=167 \text{ L}/s \cdot ha$)).

S obzirom da padavine nisu ravnomerno raspoređene u prostoru, treba odabrati reprezentativne kišomerne stanice. Pri odabiru reprezentativne kišomerne stanice treba voditi računa da meteorološki uslovi budu slični uslovima na predmetnoj lokaciji. Za veće slivove treba koristiti podatke sa više kišomernih stanica na osnovu kojih se nekom od metoda za interpolaciju određuju prosečne padavine.

Podaci o visini i intenzitetu padavina se dobijaju iz statističke analize izmerenih padavina fiksiranog trajanja, odnosno zavisnosti visina padavina-vreme trajanja-povratni period (HTP) ili intenzitet-vreme trajanja-povratni period (ITP). Zavisnosti HTP i ITP za kišomerne stanice u Srbiji su dostupne u Republičkom hidrometeorološkom zavodu.

Primer HTP zavisnosti za kišomernu stanicu Vračar (Beograd), za period osmatranja 1925-1989, je dat u tabeli (Tabela 1) [7]. Podaci o visini padavina (u mm) za odabrano trajanje padavina (5 do 360 minuta) i povratni period (2 do 500 godina) su dati u narednoj tabeli.

Tabela 1 Visina padavina (mm) za kišomernu stanicu Vračar (Beograd) [7]

| Trajanje kiše (min) | Povratni period (godine) | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 |
| 5 | 8.5 | 11.2 | 12.9 | 14.5 | 16.4 | 17.9 | 19.3 | 21.2 |
| 10 | 12.1 | 17 | 20.3 | 23.5 | 27.6 | 30.8 | 33.9 | 38.1 |
| 15 | 14.7 | 20.8 | 25.2 | 29.5 | 35.3 | 39.6 | 44.1 | 50 |
| 20 | 16.6 | 23.6 | 28.3 | 32.9 | 38.9 | 43.4 | 47.9 | 53.9 |
| 30 | 18.8 | 26.7 | 32.1 | 37.4 | 44.3 | 49.5 | 54.8 | 61.7 |
| 45 | 20.4 | 29.7 | 36.4 | 43.1 | 52.1 | 59 | 66.1 | 75.6 |
| 60 | 21.8 | 31.4 | 38.4 | 45.4 | 54.9 | 62.2 | 69.7 | 79.7 |
| 90 | 23.9 | 35.3 | 43.3 | 51.3 | 61.9 | 70 | 78.2 | 89.2 |
| 120 | 25.5 | 37.2 | 45.3 | 53.4 | 64.1 | 72.3 | 80.6 | 91.6 |
| 180 | 28 | 39.9 | 48.4 | 57 | 68.4 | 77.2 | 86.1 | 98.1 |
| 360 | 31.3 | 45.5 | 56.6 | 68.1 | 84 | 96.4 | 109.3 | 127 |

Detaljni proračuni merodavnih padavina neravnomernog intenziteta se mogu naći u literaturi [3,9].

Preporučene vrednosti *učestalosti padavina* za objekte sistema za odvodnjavanje na lokalnim putevima su sledeći:

- Objekti sistema za odvodnjavanje, uključujući i mostove: 5 godina
- Propusti: 5-10 godina (slab intenzitet saobraćaja), 10-25 godina (srednji i visok intenzitet saobraćaja)
- Infiltracioni baseni: 2-10 godina

Vreme koncentracije je najduže vreme putovanja vode od neke tačke u slivu do tačke ispusta na slivu. Vreme koncentracije (t_c) se sastoji od vremena površinskog tečenja (kolovoz, površina terena) (t_0), i vremena putovanja vode u rigolima, kanalima i kolektorima (t_t):

$$t_c = t_0 + t_t$$

Vreme koncentracije se može računati različitim jednačinama koje su date u Tabela 2.

Tabela 2 Jednačine za vreme koncentracije [3]

| Metoda/autor | Formula za t_c (min) | Napomena |
|----------------------|--|--|
| Kinematički talas | $t_c = 1.36 \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{i^{0.4} S^{0.3}}$ <p> L = dužina površinskog tečenja (m) n = Maningov koeficijent hrapavosti i = intenzitet ef. kiše (mm/min) S = prosečan nagib površine (m/m) </p> | za površinsko tečenje na izgrađenim površinama; formula se rešava iterativno pošto sadrži intenzitet efektivne kiše koji zavisi od vremena koncentracije (uz korišćenje zavisnosti intenzitet kiše – trajanje – povratni period) |
| FAA | $t_c = 0.7(1.1 - c)L^{0.5}S^{-0.333}$ <p> c = koeficijent oticaja u racionalnoj metodi L = dužina površinskog tečenja (m) S = nagib površine (m/m) </p> | formula razvijena za odvodnjavanje aerodroma, a može se koristiti za urbane slivove |
| Yen i Chow | $t_c = 1.2 \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{S^{0.5}}$ <p> L = dužina površinskog tečenja (m) n = Maningov koeficijent hrapavosti S = prosečan nagib površine (m/m) </p> | za površinsko tečenje na izgrađenim površinama; nastala kao uprošćenje formule kinematskog talasa |
| SCS metoda brzina | $t_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L_i}{v_i}$ <p> L = dužina putanje tečenja (m) v_i = prosečna brzina tečenja (m/s) </p> | podrazumeva određivanje brzine površinskog tečenja |
| SCS metoda kašnjenja | $t_c = 0.0136 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} (1000 / CN - 9)^{0.7}$ <p> L = najduži put tečenja na slivu (m) CN = SCS broj krive S = prosečan nagib sliva (m/m) </p> | za male ruralne slivove; smatra se dobrom za potpuno nepropusne površine, dok za mešovite površine daje precegnjeno t_c ; nastala od pretpostavke da je $t_c = 1.67 t_p$ gde je t_p je vreme kašnjenja na slivu |
| Kirpich | $t_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385}$ <p> L = dužina toka od izvora do izlaza (m) S = prosečan nagib sliva (m/m) </p> | za ruralne slivove sa jasno izraženim rečnim tokovima i strmim nagibima; za asfaltirane površine i betonske kanale preporučuje se da se t_c pomnoži sa 0.4 za asfaltne i betonske površine, i sa 0.2 |

| | | |
|--|--|--------------------|
| | | za betonske kanale |
|--|--|--------------------|

Kinematički talas (Tabela 2) se koristi za površinsko tečenje na dužinama do 130 m. Za površinsko tečenje na većim dužinama oticaj se koncentriše u male tokove u kojima se vreme koncentracije računa na osnovu brzina:

$$v = k \cdot \sqrt{S}$$

gde je $v \left[\frac{l}{s} \right]$ brzina vode, k koeficijent (jednak 0.619 za nepropusne površine - asfalt, beton) i $S[\%]$ je nagib u pravcu tečenja, koji se računa iz podužnog (S_p) i poprečnog (S_x) nagiba:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_p^2}$$

U projektantskoj praksi obično se pretpostavlja da je vreme putovanja oticaja sa kolovoza do slivnika 5 min.

Vreme koncentracije za oticaj sa prirodnih slivova (okolni teren) do ukrštanja vodotoka sa konstrukcijom puta je jedanako zbiru vremena putovanja za određene deonice. Vreme putovanja se određuje kao odnos dužine i brzine. Maningova jednačina može da se koristi za prvu procenu brzine u vodotoku.

Maningova jednačina se koristi za proračun brzine vode, $v \left[\frac{l}{s} \right]$, pri tečenju sa slobodnom površinom u prirodnim vodotocima, kanalima i cevovodima:

$$v = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \sqrt{S}$$

gde je $n [m^{-1/3}s]$ Maningov koeficijent hrapavosti (**Error! Reference source not found.**), $A [m^2]$ je poprečni presek, $R = \frac{A}{O} [m]$ je hidraulički radijus, i S je nagib linije energije za koji se pretpostavlja da je jednak podužnom nagibu toka.

Preporučeno *trajanje padavina* za lokalne puteve zavisi od metode proračuna kišnog oticaja:

- Racionalna metoda – trajanje padavina je jednako vremenu koncentracije na slivu;
- Ostale metode za procenu oticaja – proračun za nekoliko trajanja padavina, od 0.5 do 3 vremena koncentracije, i odabir padavina sa najveći izračunatim oticajem;
- SCS broj krive (CN) – primena SCS metode za procenu oticaja sa malih ruralnih slivova može podceniti oticaj za kratkotrajne padavine čije je trajanje približno vremenu koncentracije. Zbog toga bi trebalo koristiti dnevne padavine sa vremenskom raspodelom određenom iz zavisnosti ITP (metoda naizmeničnih blokova prikazana u referenci [3,9]).

Za početne proračune, preporučeno trajanje padavina primenljivo na malim slivovima je [2]: za slivove bez nagiba 15 minuta, za strmije nagibe 10 minuta, i za nisko postavljene tačke na putu 5 minuta.

U lokalnoj projektantskoj praksi odvodnjavanja puteve preporučuje se trajanja padavina od 5 minuta, posebno za proračune tečenja u rigolima i rastojanja između slivnika.

Tabela 3 Maningov koeficijent hrapavosti, izmenjeno od [3]

| Vrsta površine | Preporučna vrednost | Raspon vrednosti |
|--|---------------------|------------------|
| Asfalt | 0.011 | 0.010-0.013 |
| Beton, gladak | 0.012 | 0.010-0.013 |
| Betonska posteljica | 0.013 | |
| Cigla sa cementnim malterom | 0.014 | |
| Zatvoreni provodnici: Liveno-gvozdene cevi, obložene | 0.013 | 0.010-0.014 |
| Betonske cevi | 0.013 | 0.011-0.015 |
| Betonske cevi sa uticajem šahtova i slivnika | 0.015 | 0.013-0.017 |
| Rebraste metalne cevi | 0.027 | 0.025-0.030 |
| Propusti: Betonski propust, prav i bez naslaga/prepreka | 0.011 | 0.010-0.013 |
| Betonski propust sa krivinama, priključcima i nekim naslagama/preprekama | 0.013 | 0.011-0.014 |
| Otvoreni kanali (veštački vodotoci): Obloženi kanali: Betonsko dno i kosine | | 0.011-0.014 |
| Betonsko dno, kosine od ređanog zalivenog kamena | | 0.015-0.020 |
| Betonsko dno, kosine od kamenog nabačaja | | 0.020-0.035 |
| Šljunčano dno, kosine od betona | | 0.017-0.025 |
| Šljunčano dno, kosine od zalivenog kamena | | 0.020-0.026 |
| Šljunčano dno, kosine od kamenog nabačaja | | 0.023-0.036 |
| Obloga zidana u malteru | | 0.012-0.018 |
| Asfaltna obloga | | 0.013-0.016 |
| Neobloženi kanali: Korito od zemlje, pravolinijsko, iskopano | | 0.016-0.020 |
| Korito od zemlje, pravolinijsko, staro, neobraslo | | 0.018-0.025 |
| Korito od zemlje, pravolinijsko, obraslo niskom travom | | 0.022-0.033 |
| Korito od zemlje, krivudavo, neobraslo | | 0.023-0.030 |
| Korito od zemlje, krivudavo, obraslo gustom travom | | 0.030-0.040 |
| Šljunkovito dno i kosine | | 0.030-0.050 |
| Kamenito dno, kosine obrasle korovom | | 0.025-0.040 |
| Korito formirano u steni | | 0.025-0.050 |
| Neodržavano korito, visina vegetacije manja od dubine | | 0.040-0.080 |
| Neodržavano korito, visina vegetacije jednaka dubini | | 0.050-0.120 |
| Prirodni vodotoci (mali vodotoci sa širinom major korita < 30 m) Planinski (bujični) tokovi: Šljunkovito dno, bez vegetacije, strmih obala | | 0.030-0.050 |
| Korito pokriveno šljunkom i velikim kamenjem | | 0.040-0.070 |
| Ravničarski (aluvijalni) tokovi: Čista pravolinijska deonica bez tišaka | | 0.025-0.033 |
| Čista pravolinijska deonica bez tišaka, sa više trave i kamena u koritu | | 0.030-0.040 |
| Čista krivudava deonica sa plićacima i tišacima | | 0.033-0.045 |
| Čista krivudava deonica sa plićacima i tišacima, sa više trave i kamena u koritu | | 0.035-0.050 |
| Deonica obrasla vegetacijom, sa dubokim tišacima | | 0.050-0.080 |
| Deonica veoma obrasla vegetacijom, sa ostacima korenja od drveća | | 0.075-0.150 |

6.1.2 Oticaaj od kišnih voda

Oticaaj od kišnih voda je količina vode koja stigne do izlaznog profila u slivu i , u slučaju lokalnih puteva, izlije se u prirodno okruženje, tj. vodotok ili okolni teren. Sastoji se od površinskog, potpovršinskog i podzemnog oticaja. Površinski oticaaj teče po površini puta i okolnog terena i dešava se relativno brzo nakon početka padavina, što dovodi do povećanja protoka u vodotoku u relativno kratkom periodu. Potpovršinski i podzemni oticaji zavise od zasićenosti tla vlagom i prethodnih kišnih epizoda, i generalno se dešavaju mnogo sporije nego površinski oticaaj.

Direktni oticaaj je deo hidrograma koji je direktna posledica oticaja usled padavina i predstavlja glavnu brigu pri projektovanju odvodnjavanja puteva. Potpovršinski i podzemni oticaji formiraju bazni oticaaj koji, ukoliko predstavljaju značajan deo ukupnog oticaja, mogu biti obuhvaćeni procenom količine ukupnog oticaja.

Za proračun kišnog oticaja koriste se različite metode, u zavisnosti od veličine sliva:

- Racionalna metoda – koristi se za manje slivove, površine do 80 ha, i za projektovanje kanalizacionih mreža za atmosfersku vodu, uključujući i sisteme za odvodnjavanje puteva (za slivove sa kratkim vremenom koncentracije)
- SCS metoda – koristi se za određivanje oticaja sa prirodnih slivova (okolni teren puta) i u praksi se koristi za projektovanje kanala za prikupljanje oticaja sa prirodnih slivova i propusta na ukrštanju vodotoka/kanala i puta.

Primena navedenih metoda u proračunu kišnog oticaja se može naći u literaturi [3,9]. Kratak pregled metoda je dat u nastavku.

Racionalna metoda

Najčešće korišćena metoda za određivanje oticaja sa puteva je racionalna metoda. Racionalna metoda se koristi za slivove površine do 80 ha, i stoga je podesna za proračun oticaja sa površine puta (kolovoz, nepropusne površine). Primena racionalne metode podrazumeva ispunjenje nekoliko pretpostavki: kiše imaju konstantan intenzitet, kiša je ravnomerno raspoređena po površini sliva, maksimalan oticaaj se javlje po isteku vremena koncentracije sliva i maksimalan oticaaj i merodavne padavine imaju isti povratni period. Maksimalni oticaaj se računa za kišu čije je trajanje jednako vremenu koncentracije sliva.

Maksimalan oticaaj, $Q_m \left[\frac{l}{s} \right]$, je jednak:

$$Q_m = C \cdot i \cdot A$$

gde je C koeficijent oticanja, $i \left[\frac{l}{s \cdot ha} \right]$ je intenzitet kiše, a $A [ha]$ je površina sliva.

Koeficijent oticaja C predstavlja deo kiše koji se transformisao u oticaaj, i vrednost koeficijenta varira između 0 i 1. Koeficijent oticaja uglavnom zavisi od vrste površine, odnosno vrste zemljišnog pokrivača, ali takođe i od retenzionog kapaciteta, intenziteta padavina, evapotranspiracije, i dr. Ukoliko su zastupljene različite vrste zemljišnog pokrivača, koeficijent oticaja se računa kao ponderisana srednja vrednost koeficijenata zastupljenih na pojedinačnim površinama:

$$C_{av} = \frac{\sum C_j \cdot A_j}{A}$$

gde su C_j i A_j koeficijent oticaja i slivna površina na delu j , a A je ukupna površina sliva.

Vrednosti koeficijenta oticaja za različite vrste površina su date u narednoj tabeli [3]:

Tabela 4 Koeficijent oticaja u racionalnoj metodi [3]

| Vrsta površine | Koeficijent oticaja* |
|---|----------------------|
| Komerrijalna namena: | |
| Centralni delovi naselja | 0.70 - 0.95 |
| Delovi grada sa uređenim površinama | 0.50 - 0.70 |
| Rezidencijalna namena: | |
| Individualno stanovanje | 0.30 - 0.50 |
| Stambene zgrade, odvojene | 0.40 - 0.60 |
| Stambene zgrade, u nizu | 0.60 - 0.75 |
| Prigradski stambeni objekti | 0.25 - 0.40 |
| Naselja apartmanskog tipa | 0.50 - 0.70 |
| Industrijska namena: | |
| Manji udeo nepropusnih površina | 0.50 - 0.80 |
| Veći udeo nepropusnih površina | 0.60 - 0.90 |
| Parkovi, groblja | 0.10 - 0.25 |
| Železničke stanice | 0.20 - 0.35 |
| Neuređene prirodne površine | 0.10 - 0.30 |
| Kolovoz: | |
| Asfalt ili beton | 0.70 - 0.95 |
| Kamen i cigla | 0.70 - 0.85 |
| Krovovi | 0.70 - 0.95 |
| Travnjaci i livade: | |
| Peskovito zemljište, mali nagib (2%) | 0.05 - 0.10 |
| Peskovito zemljište, srednji nagib (2-7%) | 0.10 - 0.15 |
| Peskovito zemljište, veliki nagib (7%) | 0.15 - 0.20 |
| Glinovito zemljište, mali nagib (2%) | 0.13 - 0.17 |
| Glinovito zemljište, srednji nagib (2-7%) | 0.18 - 0.22 |
| Glinovito zemljište, veliki nagib (7%) | 0.25 - 0.35 |

* Za povratne periode veće od 25 do 100 godina, mogu se usvojiti koeficijenti oticaja veći za 10-25% (ali ne može biti veći od 1).

Primena racionalne metode na više slivnih površina u nizu - odnosi se na deonice puta između tačaka u kojima se prikuplja voda (slivnici, korube ili kanali) i na merodavne protoke za dimenzionisanje objekata:

- Oticaj sa prve slivne površine (najuzvodnije) A_1 , koji stiže do slivnika ili druge vrste čvora (ulazak u cevovod ili kanal, i dr.), se računa pomoću metode kinematičkog talasa za proračun vremena koncentracije (minimalna vrednost je 5 minuta) i iz zavisnosti ITP ($t_k = t_c$) određuje se intenzitet padavina i računa se oticaj.
- Objekti koji se nalaze nizvodno od druge slivne površine A_2 se dimenzionišu na protok koji je jednak zbiru oticaja sa slivne površine A_2 i oticaja sa prve slivne površine (uzvodne) A_1 . Ukupni oticaj se računa za površinu $A_1 + A_2$ i vreme koncentracije koje je jednako zbiru vremena putovanja površinskog oticaja i vremena putovanja u uzvodnom (prvom) kolektoru. Ukoliko prethodni slivnik ili drugi čvor (ulazak u kolektor ili kanal, i dr.) ne prihvate kompletan oticaj sa odgovarajućeg sliva, nizvodni objekat mora prihvatiti celokupan preostali oticaj.
- Isti postupak se ponavlja za svaku nizvodnu slivnu površinu.

SCS metoda

SCS metoda, koju je razvila agencija Soil Conservation Service (SCS), Ministarstvo poljoprivrede SAD, se primenjuje za određivanje oticaja sa većih slivnih površina, odnosno za dimenzionisanje kanala i objekata koji se ukrštaju sa putevima.

Efektivna kiša, P_e [mm], se računa na sl.način:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot d)^2}{P + 0.8 \cdot d}$$

gde je P [mm] ukupna visina padavina, i d je maksimalni kapacitet zemljišta u pogledu upijanja.

Maksimalni kapacitet zemljišta d [mm] se računa sledećom jednačinom:

$$d = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

gde je CN broj krive koji je definisan za vrstu zemljišta i vrstu pokrivača i može da se kreće u rasponu od 0 do 100 (CN=100 za nepropusne površine). Vrednosti CN brojeva za odabrane grupe tla (Tabela 7) i specifične hidrauličke uslove pri oticanju (Tabela 8) za ruralne i urbane oblasti su dati u tabelama u nastavku (Tabela 5 i Tabela 6) [3].

Tabela 5 CN brojevi za urbane oblasti [3]

| Namena zemljišta | Hidrološka grupa tla | | | |
|--|----------------------|----|----|----|
| | A | B | C | D |
| Otvoren prostor, travnjaci, travnati sportski tereni, groblja i sl. | | | | |
| slabi uslovi: trava na manje od 75% površine | 68 | 79 | 86 | 89 |
| srednji uslovi: trava na 50% do 75% površine | 49 | 69 | 79 | 84 |
| dobri uslovi: trava na više od 75% površine | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Asfaltirani parkinzi, krovovi, prilazi | 98 | 98 | 98 | 98 |
| Putevi i ulice: | | | | |
| asfaltirani sa ivičnjacima i slivnicima | 98 | 98 | 98 | 98 |
| asfaltirani sa otvorenim putnim kanalima | 83 | 89 | 92 | 93 |
| nasuti tucanikom ili šljunkom | 76 | 85 | 89 | 91 |
| zemljani | 72 | 82 | 87 | 89 |
| Gradska jezgra, površine sa poslovnom i komercijalnom namenom (85% nepropusnih površina) | 89 | 92 | 94 | 95 |
| Industrijske zone (72% nepropusnih površina) | 81 | 88 | 91 | 93 |
| Stambene zone: | | | | |
| parcele od 5 ari sa 65% nepropusnih površina | 77 | 85 | 90 | 92 |
| parcele od 10 ari sa 38% nepropusnih površina | 61 | 75 | 83 | 87 |
| parcele od 13,5 ari sa 30% nepropusnih površina | 57 | 72 | 81 | 86 |
| parcele od 20 ari sa 25% nepropusnih površina | 54 | 70 | 80 | 85 |
| parcele od 40 ari sa 20% nepropusnih površina | 51 | 68 | 79 | 84 |
| parcele od 80 ari sa 12% nepropusnih površina | 46 | 65 | 77 | 82 |
| Građevinske parcele (samo propusno zemljište, bez vegetacije) | 77 | 86 | 91 | 94 |

Tabela 6 CN brojevi za ruralne oblasti [3]

| Namena zemljišta | Obrada tla | Hidrološki uslovi | Hidrološka grupa tla | | | |
|---|------------|-------------------|----------------------|----|----|----|
| | | | A | B | C | D |
| Neobrađeno | SR | | 77 | 86 | 91 | 94 |
| Kulture koje se sade u redovima | SR | slabi | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | SR | dobri | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | C | slabi | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | C | dobri | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | C/T | slabi | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | C/T | dobri | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Sitnozrnaste žitarice | SR | slabi | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | SR | dobri | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | C | slabi | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | C | dobri | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | C/T | slabi | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | C/T | dobri | 69 | 70 | 78 | 81 |
| Gusto sejane mahunarke ili livade u plodoredu | SR | slabi | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | SR | dobri | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | C | slabi | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | C | dobri | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | C/T | slabi | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | C/T | dobri | 51 | 67 | 76 | 80 |
| Pašnjak ili prirodna livada | | slabi | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | srednji | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | dobri | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | C | slabi | 47 | 67 | 81 | 80 |
| | C | srednji | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | C | dobri | 6 | 35 | 70 | 79 |
| Livada kultivisana | | dobri | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Šuma | | slabi | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | srednji | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | dobri | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Poljoprivredna imanja sa zgradama | | | 59 | 74 | 83 | 86 |
| Zemljani putevi tvrdi | | | 72 | 82 | 87 | 87 |
| | | | 74 | 84 | 90 | 92 |
| Legenda: SR pravolinijska obrada (u smeru pada terena) C po izohipsama T u terasama C/T po izohipsama i terasama | | | | | | |

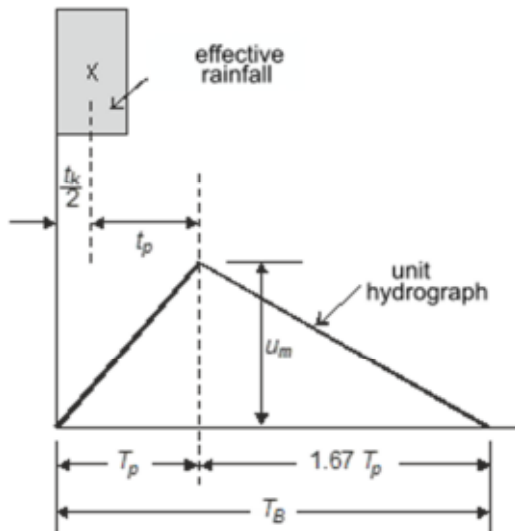
Tabela 7 Hidrološke grupe tla u SCS metodi [3]

| Grupa | Karakteristike i vrste zemljišta |
|-------|--|
| A | Velika propustljivost i mali potencijal oticanja: duboki pesak, duboki les, agregirane prašine |
| B | Srednja propustljivost u potpuno vlažnom stanju: plitak les, peskovita ilovača |
| C | Mala propustljivost u potpuno vlažnom stanju: glinovite ilovače, plitka peskovita ilovača, tla sa malo organskog sadržaja, tla sa visokim sadržajem gline |
| D | Veoma slaba propustljivost i veliki potencijal oticanja: tla koja značajno bubre pri vlaženju, tla sa stalno visokom podzemnom vodom, plitka tla na nepropusnoj podlozi, teške plastične gline, neka slana tla |

Tabela 8 Hidrološki uslovi za oticanje pri izboru broja CN [3]

| Uslovi za oticanje | Opis |
|-----------------------|---|
| Slabi (veliki oticaj) | Veoma ogoljeno ili redovno paljeno zemljište. Manje od 50% površine je zaštićeno biljnim pokrivačem, niskim rastinjem ili krošnjama drveća. |
| Srednji | Umeren pokrivač sa 50% do 75% površine zaštićene vegetacijom. |
| Dobri (mali oticaj) | Gust pokrivač sa više od 75% površine zaštićene vegetacijom. |

Količina oticaja se računa iz sintetičkog jediničnog hidrograma, koji predstavlja hidrogram direktnog oticaja nastao kao rezultat jedinične efektivne kiše (kiša visine 1 mm) ravnomerno raspoređene po površini sliva. Jedinični hidrogram po SCS metodi je prikazan u nastavku. Direktno oticaj $Q(t)$ [l/s] usled efektivne kiše, P_e [mm], se računa na sl. način:



$$Q(t) = u(t) \cdot P_e$$

$$u_m = \frac{208.33 \cdot A}{T_p}$$

$$T_p = t_p + \frac{t_k}{2}$$

gde je:

$u(t)$ [$m^3/(s \cdot mm)$] ordinata jediničnog hidrograma

T_p [hr] vreme porasta

t_k [hr] trajanje kiše

$t_p \approx 0.6 \cdot t_c$ [hr] vreme kašnjenja

t_c [hr] vreme koncentracije

Slika 4 Sintetički jedinični hidrogram prema SCS metodi [3]

6.1.3 Brzine infiltracije

Zelene površine koje se nalaze na/oko konstrukcije puta, koje su prekrivene biljkama (nasipi, razdelne trake, retenzioni baseni, infiltraciona bazeni, itd.) imaju značajan infiltracioni potencijal koji mora da se uzme u obzir pri proračunu oticaja.

Na infiltracioni kapacitet utiče vrsta tla, prethodna vlažnost zemljišta, vrsta i gustina vegetacije, način korišćenja zemljišta, nagib terena i intenzitet padavina. Preporučuje se da se procena brzine infiltracije odredi merenjima na terenu.

Merodavna kiša za dimenzionisanje infiltracionih bazena generalno nije poznata i proračun se radi za različita trajanja kiše. U uslovima u našoj zemlji, najčešća merodavna trajanja kiše su od 6 do 24 sata.

Količina vode koja može da se infiltrira u tlo zavisi od retenzionog kapaciteta tla (poroznost tla) i kapaciteta prenosa (koeficijent vodopropusnosti). Darsijev zakon se koristi za proračun ustaljenog laminarnog tečenja kroz zasićeno tlo:

$$q = K \cdot i \cdot A \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

gde je $K \left[\frac{m}{s} \right]$ koeficijent vodopropustljivosti (Tabela 9), i hidraulički gradijent i $A [m^2]$ slivna površina.

Hidraulički gradijent, i , predstavlja gubitak energije (Δh) po jedinici dužine (Δx) duž putanje oticaja i računa se na sledeći način:

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

Tabela 9 Koeficijent vodopropustljivosti za različite porozne sredine

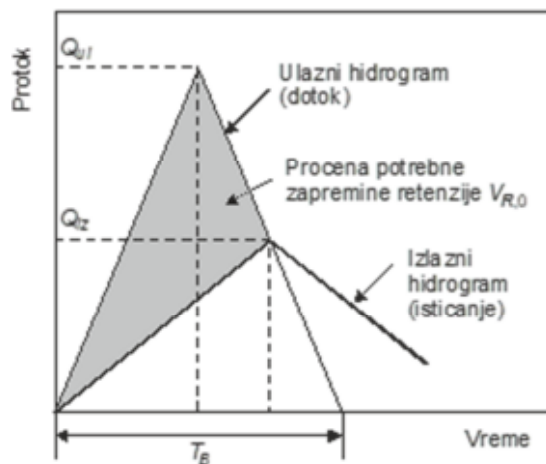
| Vrsta tla | Koeficijent vodopropustljivosti, $K \left[\frac{cm}{s} \right]$ |
|--------------|--|
| šljunak | 10^{-1} to 1 |
| pesak | 10^{-3} to 10^{-1} |
| mulj/ilovača | 10^{-5} to 10^{-3} |
| glina | 10^{-9} to 10^{-5} |

6.1.4 Retenzioni kapacitet

Višak kišnog oticaja može da se kontroliše u privremenim retenzionim prostorima čime se smanjuje pritisak na sistem za odvodnjavanje i sprečava njegovo preopterećenje. Usled upotrebe retenzionih prostora smanjuju se dimenzije nizvodnih kolektora i, posledično, cena objekta je manja.

Dimenzionisanje retenzionih basena se vrši na osnovu ulaznog hidrograma (tj. hidrograma oticaja iz sistema za odvodnjavanje puta), krive zapremine retenzionog prostora i krive protoka na izlazu iz retenzionog prostora. Proslednje dve komponente zavise od veličine objekta retenzije.

Početna procena zapremine retenzije, $V_{R,0} [m^3]$, se dobija iz razlike zapremine ulaznog doticaja i procenjene zapremine vode koja otiče iz retenzije.



$$V_{R,0} = \frac{Q_{ul} - Q_{izl}}{2} \cdot T_B [m^3]$$

gde je

$Q_{ul} \left[\frac{m^3}{s} \right]$ – početna procena potrebne zapremine retenzije

$Q_{izl} \left[\frac{m^3}{s} \right]$ – maksimalan protok izlaznog hidrograma

$T_B [s]$ – vremenska baza ulaznog hidrograma

Slika 5 Početna procena zapremine retenzionog prostora, prema [3]

Kriva zapremine predstavlja zavisnost između nivoa vode u retenziji i njene zapremine. Zapremina retenzije za kotu nivoa z_i , $V_{z_i} [m^3]$ se određuje na osnovu zapremine za kotu nivoa z_{i-1} , $V_{z_{i-1}} [m^3]$, i površina retenzionog prostora za kote nivoa z_i i z_{i-1} , $A_{z_i} [m^2]$ i $A_{z_{i-1}} [m^2]$:

$$V(z_i) = V(z_{i-1}) + \frac{A(z_i) + A(z_{i-1})}{2} \cdot (z_i - z_{i-1}) [m^3]$$

Početna zapremina, $V_{z_0} [m^3]$ za najnižu kotu nivoa u retenziji z_0 , je jednaka nuli.

Kriva protoka na izlazu iz retenzionog prostora je zavisnost između nivoa vode u retenziji i protoka na izlazu iz objekta retenzije.

Protok na izlazu zavisi od vrste izlazne građevine/ispusta. Kriva protoka (zavisnost između protoka i dubine vode) se određuje za određenu izlaznu građevinu. U literaturi [8] se mogu naći jednačine za različite tipove izlaznih građevina. Retenzije obično imaju glavni i sigurnosni preliv.

Za projektovanje retenzija potrebno je izračunati vodni bilans za period od jedne godine. Vodni bilans obuhvata: padavine, dotok, infiltraciju, evaporaciju i isticanje.

Promena zapremine u retenziji se određuje jednačinom kontinuiteta uz primenu kvazi-stacionarne metode, prema kojoj se razlika između dotoka, $Q_{inf} \left[\frac{m^3}{s} \right]$, i isticanja, $Q_{out} \left[\frac{m^3}{s} \right]$, u jednom vremenskom intervalu izjednačava sa promenom zapremine vode u retenziji.

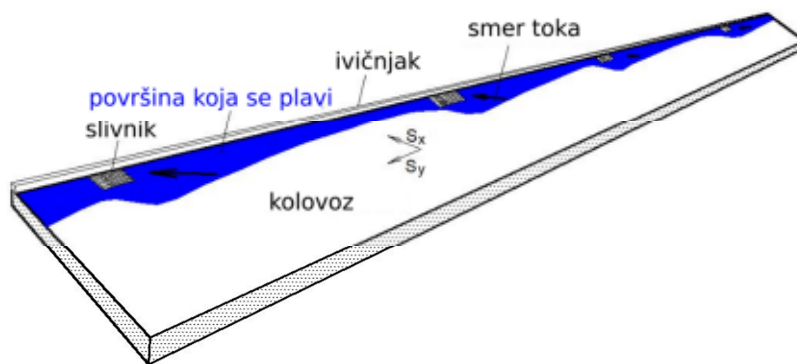
$$Q_{inf} - Q_{out} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Dimenzionisanje retenzionog basena je iterativan proces u kome se koriguju ulazni podaci na osnovu rezultata transformacije ulaznog hidrograma u retenzionom prostoru.

Detaljne informacije o projektovanju retenzija su obrađene u literaturi [1,3].

6.2 Dimenzionisanje sistema za odvodnjavanje

Odabir geometrijskih karakteristika puta i vrste kolovoza imaju presudan uticaj na odvodnjavanje, pa je neophodno da se u toku projektovanja puta razmatraju i problemi odvodnjavanja. Podužni (S_y) i poprečni (S_x) nagibi površine kolovoza utiču na tečenje u smislu smera tečenja i širine plavljenja.



Slika 6 Tečenje po površini kolovoza

Objekti sistema za odvodnjavanje treba da budu izgrađeni tako da je moguća lako korišćenje i jednostavno nadgledanje i održavanje. Pristup objektima treba da bude jednostavan i radovi na održavanju i popravkama ne smeju značajno da utiču na odvijanje saobraćaja niti na ostale objekte puta.

Površinski objekti, kao što su otvoreni kanali, rezenzije, infiltraciona bazeni, i dr. treba da budu projektovani tako da se uklope u prirodno okruženje. Pri projektovanju objekata na ukrštanju sa putem (propusti) treba uzeti u obzir potrebe flore i faune i zahteve za očuvanje staništa.

6.2.1 Kriterijumi za projektovanje

Povratni period kiša za sisteme za odvodnjavanje na lokalnim putevima i mostovima je 5 godina, za objekte na ukrštanju sa putevima (propuste) je 5-10 godina (mali intenzitet saobraćaja) i 10-25 godina (srednji do veliki intenzitet saobraćaja), i za infiltracione bazene 2-10 godina.

Preporuke za procenu vremena koncentracije su date u poglavlju 6.1.1.

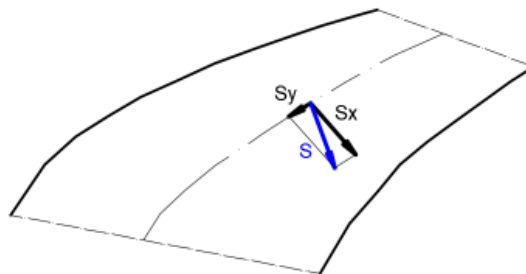
Merodavni protok, $Q[l/s]$, se računa da bi se odredilo hidrauličko opterećenje sistema, na osnovu koga se projektuju osnovni geometrijski elementi objekata (podužni i poprečni padovi, geometrija poprečnog preseka, vrsta kolovoza, dimenzije kanala, dimenzije kolektora, i dr.). Metode za proračun merodavnog oticaja za puteve i objekte na ukrštanju sa putevima su dati u poglavlju 6.1. Za određivanje merodavnog oticaja sa površine puta, u praksi se najčešće koristi Racionalna metoda.

Projekat sistema za odvodnjavanje puta mora biti u skladu sa kriterijumima o dozvoljenoj širini plavljenja pri merodavnoj kiši. Za lokalne puteve, dozvoljena širina plavljenja je polovina vozne trake, a maksimalna dozvoljena dubina vode je 10 cm.

6.2.2 Površinsko odvodnjavanje

Oticanje po površini puta

Kolovoz se drenira u poprečnom i podužnom smeru i oticaj se prenosi prema ivicama puta gde se odvodi preko nasipa i infiltrira se, ukoliko lokalni uslovi to omogućavaju, ili se prikuplja u otvorenom ili zatvorenom kanizacionom sistemu i prenosi se do recepijenata. Oticaj sa kolovoza treba najkraćim putem sprovesti do ivice kolovoza.



Slika 7 Smer oticanja po kolovozu

Podužni (S_y) i poprečni (S_x) nagibi kolovoza omogućavaju prikupljanje oticaja i odvodnjavanje kolovoza. Smer oticanja (S) se računa na sl.način:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

Prema preporukama iz literature [3] za tečenje po površini kolovoza u dužini do 130 m koristi se obrazac kinematičkog talasa (Tabela 2). Pri većim dužinama tečenja oticaj formira male tokove, pa se brzine tečenja, računa prema jednačini:

$$v = k\sqrt{S} [m/s]$$

gde je k koeficijent koji za pokrivene površine (asfalt, beton) iznosi $k = 0.619$.

Otvoreni kanali

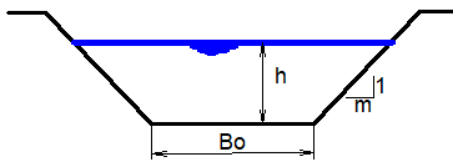
Deo oticaja sa kolovoza i oticaj sa okolnog terena dospeva do bočnih kanala. Za dimenzionisanje otvorenih kanala pri merodavnom oticaju koristi se Chezy-Manning-ova jednačina:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S_y}$$

gde je $n [m^{-1/3}s]$ Manning-ov koeficijent (Tabela 3), $A [m^2]$ površina poprečnog preseka, $R = \frac{A}{O} [m]$ hidraulički radijus, $O [m]$ okvašeni obim, i S_y je pad linije energije za koji se usvaja da je jednaka podužnom padu kanala.

U narednoj tabeli su prikazani tipični porečni preseci otvorenih kanala i geometrijski parametri koji se koriste u Chezy-Manning-ovoj jednačini.

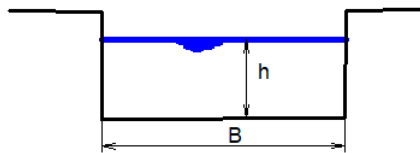
Tabela 10 Tipični poprečni preseci otvorenih kanala i geometrijske karakteristike



$$A = (B_0 + m \cdot h) \cdot h$$

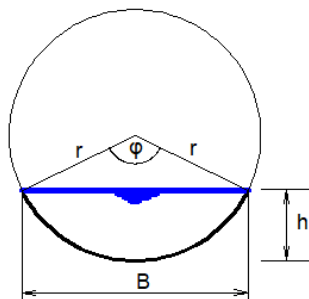
$$O = B_0 + 2y\sqrt{1 + m^2}$$

$$B = B_0 + 2 \cdot m \cdot y$$



$$A = B \cdot h$$

$$O = B + 2 \cdot h$$



$$\varphi = 2 \cdot \arccos\left(1 - 2\frac{h}{2r}\right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \varphi}{180} - \sin \varphi\right)$$

$$O = \frac{r \cdot \pi \cdot \varphi}{180}$$

$$B = 2\sqrt{h \cdot (D - h)}$$

$$h = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{4}\right)$$

gde je $B_0 [m]$ širina kanala u dnu, $B [m]$ širina vodenog ogledala, m nagib kosine, $h [m]$ dubina vode i $r [m]$ poluprečnik preseka.

Nakon proračuna dubine vode u kanalu neophodno je proveriti stabilnost kanala po pitanju erozije. Provera se radi proračunom maksimalno dozvoljene brzine za određenu vrstu tla:

$$v_{max} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \cdot \frac{\sqrt{\tau_d}}{\sqrt{\rho \cdot g}}$$

gde je $\tau_d [N/m^2]$ tangencijalni napon za određenu vrstu tla.

Tabela 11 Dozvoljeni tangencijalni naponi za neobložene i obložene kanale [3]

| Kategorija | Opis | N/m ² |
|--|-------------------------------|------------------|
| Koheziono zemljište (indeks plastičnosti PI=10) (Preuzeto od USDA) | Peskovita glina | 1,8-4,5 |
| | Neorganska prašina | 1,1-4,0 |
| | Prašinast pesak | 1,1-3,4 |
| Koheziono zemljište (indeks plastičnosti PI≥20) (Preuzeto od USDA) | Peskovita glina | 4,5 |
| | Neorganska prašina | 4,0 |
| | Prašinast pesak | 3,5 |
| | Neorganska glina | 6,6 |
| Nevezana zemljišta ² (indeks plastičnosti PI<10) (Preuzeto od USDA) | Sitnozrni pesak D75<1,3 mm | 1,0 |
| | Sitan šljunak D75=7,5 mm | 5,6 |
| | Šljunak D75=15 mm | 11 |
| Šljunak | Krupan šljunak D50=25 mm | 19 |
| | Veoma krupan šljunak D50=50mm | 38 |
| Kameni nabačaj | D50=0,15 m | 113 |
| | D50=0,30 m | 227 |

Ivičnjaci i rigoli

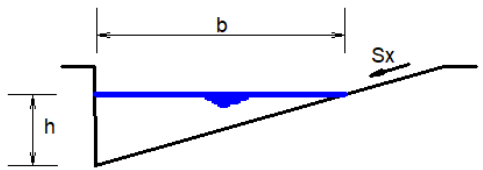
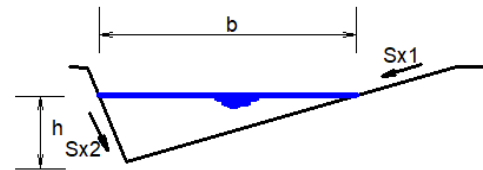
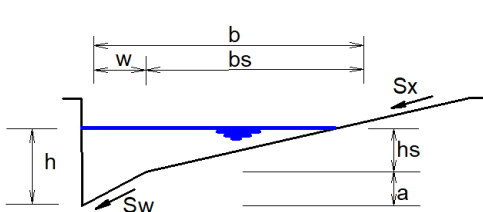
Ukoliko deonica puta sadrži ivičnjak, oticaj sa kolovoza teče u rigoli duž ivičnjaka. Rigoli su obično trougaonog ili složenog poprečnog preseka. Kapacitet rigola po pitanju protoka se račun pomoću standardne Chezy-Manning-ove jednačine.

Širina plavljenja, b [m], se računa na osnovu dubine vode, h [m], i poprečnog pada S_x :

$$b = \frac{h}{S_x}$$

Tipični preseki rigola i odgovarajuće geometrijske karakteristike i jednačine za protok su date u narednoj tabeli.

Tabela 12 Tipični poprečni preseki rigola i geometrijske karakteristike

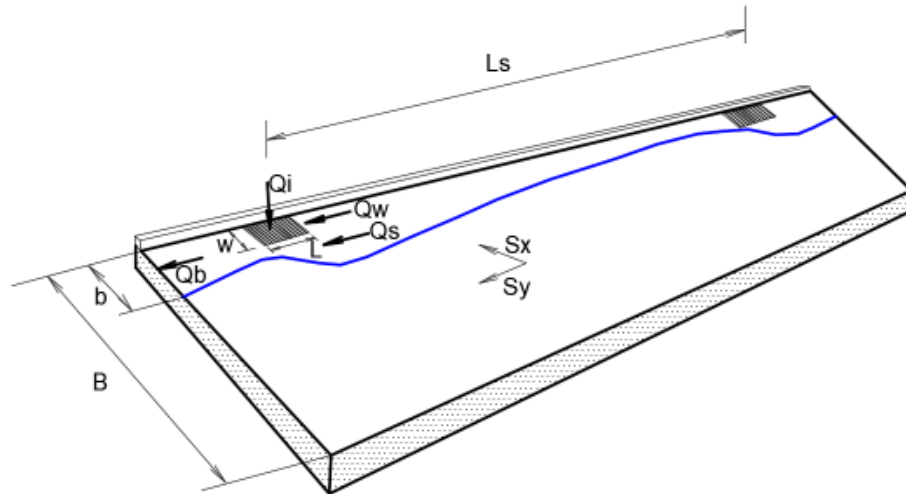
| | | |
|---|--|---|
|  | $b = \frac{h}{S_x}$ $A = \frac{b \cdot h}{2} = \left(\frac{h}{S_x}\right) \cdot \frac{h}{2}$ $R = \frac{A}{O} \approx \frac{A}{b} = \frac{h}{2}$ | $Q = \frac{(1/2)^{5/3}}{n \cdot S_x} h^{8/3} \sqrt{S_p} = \frac{0.315}{n \cdot S_x} h^{8/3} \sqrt{S_p}$ |
|  | $S_x = \frac{S_{x1} \cdot S_{x2}}{S_{x1} + S_{x2}}$ $A = \frac{b \cdot h}{2} = \left(\frac{h}{S_x}\right) \cdot \frac{h}{2}$ $R = \frac{A}{O} \approx \frac{A}{b} = \frac{h}{2}$ | $Q = \frac{(1/2)^{5/3}}{n \cdot S_x} h^{8/3} \sqrt{S_p} = \frac{0.315}{n \cdot S_x} h^{8/3} \sqrt{S_p}$ |
|  | $S_w = S_x + a/w$ $E_0 = \left[1 + \frac{S_w/S_x}{\left(1 + \frac{S_w/S_x}{b/w} - 1\right)^{8/3}} - 1 \right]^{-1}$ | $Q = Q_w + Q_s$ $Q_s = \frac{0.315}{n \cdot S_x} h^{8/3} \sqrt{S_p}$ $Q_w = Q_s \frac{E_0}{1 - E_0}$ |

Preporučene vrednosti Manningovog koeficijenta za kolovoz variraju od $0.012 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, za gladak asfalt, do $0.016 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, za hrapav asfalt. Preporučena vrednost Manningovog koeficijenta za rigole sa malim podužnim padom, u kojima se očekuje taloženje materijala, je $0.020 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. Standardne vrednosti Manningovog koeficijenta su date u Tabela 3.

Oticaj iz rigola se ispušta u korube ili slivnike.

Slivnici

Oticaj koji se javlja na kolovozu i širi se duž puta predstavlja glavni rizik po pitanju otežanih uslova za odvijanje saobraćaja i pojave udesa. Slivnici treba tako da se projektuju i rasporede tako da omoguće smanjenje širenja oticaja do prihvatljivih granica.



Slika 8 Prikupljanje oticaja u slivnicima

Prijemna moć slivnika (Q_i) je protok koji slivnik može da prihvati. Preostali deo protoka, koji slivnik nije prihvatio, se prenosi na nizvodni slivnik. Kapacitet slivnika zavisi od tipa slivnika, kao što je prikazano u nastavku.

Efikasnost slivnika (E) predstavlja zavisnost između protoka koji slivnik može da prihvati (Q_i) i ukupnog dotoka koji stiže do slivnika (Q): $E = Q_i/Q$

Kapacitet slivnika

Kapacitet slivnika (Q_i) zavisi od tipa slivnika i brzine vode koja dotiče prema slivniku.

U praksi se primenjuju različite vrste slivnika [1]. U nastavku je dato objašnjenje za slivnik tipa 1 (Slika 18), koji se najčešće koristi u našoj zemlji.

Ukupan protok koji teče prema slivniku se sastoji od frontalnog protoka, koji dotiče direktno na slivnik širine ω , Q_w , i bočnog dotoka Q_s :

$$Q = Q_w + Q_s, \quad Q_w = Q \cdot E_0 \quad \text{i} \quad Q_s = (1 - E_0) \cdot Q$$

Efikasnost slivnika se dobija iz sledeće jednačine: $E_0 = 1 - \left(1 - \frac{\omega}{b}\right)^{8/3}$, gde je ω [m] širina slivnika, i b [m] je širina plavljenja.

Kapacitet slivnika, Q_i , je jednak zbiru efektivnog frontalnog i bočnog dotoka:

$$Q_i = R_w \cdot Q_w + R_s \cdot Q_s$$

gde je, R_w efikasnost prijema frontalnog dotoka i jednak je:

$$R_w = \begin{cases} 1 - 0.295 \cdot (v - v_0), & v \geq v_0 \\ 1, & v < v_0 \end{cases}$$

gde je v brzina toka Q koji teče prema slivniku, v_0 je maksimalna brzina koja zavisi od tipa slivnika ($v_0 = 0.676 + 4.03 \cdot L - 2.13 \cdot L^2 + 0.598 \cdot L^3$ za slivnik tipa 1 sa centralnim rastojanjem između otvora $d_0 = 50 \text{ mm}$) i L je dužina slivnika.

Efikasnost slivnika po pitanju bočnog dotoka, R_s , se računa sledećom jednačinom:

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{0.0828 \cdot v^{1.8}}{S_x \cdot L^{2.3}}}$$

Rastojanje između slivnika

Kapacitet slivnika u velikoj meri zavisi od podužnog pada rigola, kao i od dozvoljene dubine vode. Osnovni kriterijum za određivanje rastojanja između slivnika je dozvoljena širina plavljenja koja ne sme biti prekoračena za merodavan povratni period.

Dotok (Q) koji stigne do slivnika bi trebao da bude prihvaćen u potpunosti (Q_i), ali u slučajevima jakih padavina postoji mogućnost da deo dotoka ne bude prihvaćen pripadajućim slivnikom i biva prenesen do nizvodnog slivnika (Q_b):

$$Q_b = Q - Q_i$$

Deo dotoka koji se prenosi do nizvodnog slivnika ne sme biti veći od jedne trećine ukupnog dotoka uzvodno od slivnika.

Rastojanje između slivnika L [m] se računa pomoću sledeće jednačine:

$$L = \frac{Q_i}{B \cdot i_k \cdot C}$$

gde je B [m] širina kolovoza, i_k [m/s], je merodavan intenzitet kiše, i C [-] koeficijent oticaja.

Rastojanje između slivnika se dobija iterativnim putem jer intenzitet kiše zavisi od trajanja kiše, koje se menja u zavisnosti od izračunatog vremena putovanja kišnog oticaja do slivnika, t_{01} . Vreme putovanja kišnog oticaja, t_0 [min], se računa na osnovu modela kinematskog talasa:

$$t_{01} = 1.36 \cdot \frac{B_s^{0.6} \cdot n^{0.6}}{i_e^{0.4} \cdot S^{0.3}}$$

gde je S nagib u pravcu tečenja, $S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$, B_s [m] dužina puta kišnog oticaja do ivičnjaka,

$B_s = B \cdot \sqrt{1 + (S_y/S_x)^2}$, B [m] širina kolovoza koji se odvodnjava, n [$m^{-1/3}s$] Manning-ov koeficijent (Tabela 3), i_e [mm/min] intenzitet efektivne kiše ($i_e = i_k \cdot C$). Preporučena vrednost koeficijenta oticaja za asfaltne površine je 0.9, a vrednosti za druge vrste površina su date u poglavlju Hidrologija, Tabela 4.

Vreme putovanja oticaja t_{02} duž ivičnjaka dužine L_{12} , se računa kao

$$t_{02} = L_{12}/v_a$$

gde je v_a [m/s] prosečna brzina toka između dva porečna preseka, $v_a = \frac{0.63}{n} \cdot (b_a \cdot S_x)^{2/3} \cdot \sqrt{S_p}$, b_a [m] prosečna širina kišnog oticaja između uzvodnog (označen sa b_1 [m]), i nizvodnog poprečnog preseka (označen sa b_2 [m]):

$$b_a = 0.65 \cdot b_2 \cdot \left(\frac{1 - (b_1/b_2)^{8/3}}{1 - (b_1/b_2)^2} \right)^{3/2}$$

Proračun vremena putovanja oticaja je iterativan – intenzitete kiše, $i_k [m/s]$, se dobija u zavisnosti od dužine trajanja kiše, $t_k [min]$. U prvoj iteraciji se usvaja da je trajanje kiše t_k jednako 2 min. Vreme putovanja t_0 se računa gore navedenom jednačinom i u daljem proračunu se koristi za novo trajanja kiše t_k .

Uobičajena praksa je da se usvoji vreme putovanja oticaja sa kolovoza do slivnika od 5 minuta.

Primeri proračuna rastojanja između slivnika se mogu naći u literaturi [3].

6.2.3 Sistemi zatvorenih kolektora

Oticaj koji se prihvata slivnicima se dalje prenosi kolektorima, koji su postavljeni ispod nivoa zemlje, do izlazne građevine. Ovi sistemi se obično koriste u urbanim sredinama ali se takođe mogu koristiti u situaciji gde nije moguće izgraditi površinski sistem za odvodnjavanje (deonice u usecima, tuneli, mostovi, i dr.). U cevima (kolektori, propusti, i dr.) se uglavnom ostvaruje tečenje sa slobodnom površinom vode, ali može da bude i tečenje pod pritiskom.

Dimenzije cevi kružnog poprečnog profila koji je potpuno ispunjen se računa pomoću Chézy-Manning-ove jednačine:

$$Q_{pp} = \frac{0,312}{n} \cdot D^{8/3} \cdot \sqrt{S}$$

gde je $Q_{pp} \left[\frac{m^3}{s} \right]$ protok u punom profilu, $n [m^{-1/3}s]$ Manning-ov koeficijent hrapavosti, $D [m]$ unutrašnji prečnik cevi, i S podužni nagib cevi. Vrednosti Manning-ovog koeficijenta su date u tabeli (Tabela 3), i za cevi se kreću između 0.011 i 0.013 $m^{-1/3}s$, a vrednost 0.013 $m^{-1/3}s$ se najčešće koristi u projektima.

U narednoj tabeli (Tabela 13) su dati protoci, $Q_{pp} \left[\frac{l}{s} \right]$, i brzine, $v_{pp} \left[\frac{m}{s} \right]$, za kružne kolektore u punom profilu, za različite podužne nagibe.

Propusna moć delimično ispunjenog kolektora se računa na osnovu propusne moći potpuno ispunjenog profila:

$$\frac{Q}{Q_{pp}} = \frac{3 \cdot 4^{2/3}}{\pi} \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{7}{12} \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^2 \right)$$

gde je $h [m]$ dubina vode. Ova jednačina može da se primenjuje za relativnu ispunjenost, $\frac{h}{D}$, manju od 0.82, što odgovara relativnom protoku, $\frac{Q}{Q_{pp}}$, koji je približno jednak 1.

Više informacija o proračunu tečenja u delimično ispunjenim kolektorima i dimenzionisanju kolektora se može naći u literaturi [1,3].

Tabela 13 Protoci i brzine u punom profilu kružnog kolektora za različite nagibe [3]
(za Manning-ov koeficijent $0.013 \text{ m}^{-1/3}$, što odgovara apsolutnoj hrapavosti zidova od 1.5 mm)

| S | Prečnik kolektora u cm | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 30 | | 40 | | 50 | | 60 | | 70 | | 80 | | 100 | |
| | Q_{pp} | V_{pp} | Q_{pp} | V_{pp} | Q_{pp} | V_{pp} | Q_{pp} | V_{pp} | Q_{pp} | V_{pp} | Q_{pp} | V_{pp} | Q_{pp} | V_{pp} |
| (‰) | (l/s) | (m/s) | (l/s) | (m/s) | (l/s) | (l/s) | (m/s) | (m/s) | (l/s) | (m/s) | (l/s) | (m/s) | (l/s) | (m/s) |
| 0.5 | | | | | | | | | 204 | 0.53 | 290 | 0.58 | 523 | 0.67 |
| 1 | | | | | 119 | 0.61 | 193 | 0.68 | 289 | 0.75 | 412 | 0.82 | 741 | 0.94 |
| 1.5 | | | 80.8 | 0.64 | 146 | 0.74 | 236 | 0.84 | 355 | 0.92 | 505 | 1.0 | 909 | 1.16 |
| 2 | 43.5 | 0.62 | 93.5 | 0.74 | 169 | 0.86 | 273 | 0.97 | 410 | 1.07 | 584 | 1.16 | 1050 | 1.34 |
| 5 | 69.1 | 0.98 | 148 | 1.18 | 268 | 1.36 | 433 | 1.53 | 650 | 1.69 | 925 | 1.84 | 1664 | 2.12 |
| 10 | 98 | 1.39 | 210 | 1.67 | 378 | 1.93 | 613 | 2.17 | 921 | 2.39 | 1309 | 2.6 | 2355 | 3.0 |
| 12 | 107 | 1.52 | 230 | 1.83 | 415 | 2.11 | 672 | 2.38 | 1009 | 2.62 | 1435 | 2.85 | 2581 | 3.29 |
| 14 | 116 | 1.64 | 249 | 1.98 | 449 | 2.28 | 728 | 2.57 | 1090 | 2.83 | 1550 | 3.08 | 2788 | 3.55 |
| 16 | 124 | 1.75 | 266 | 2.12 | 480 | 2.44 | 776 | 2.75 | 1166 | 3.03 | 1657 | 3.3 | 2981 | 3.8 |
| 18 | 132 | 1.86 | 282 | 2.24 | 509 | 2.59 | 824 | 2.91 | 1237 | 3.21 | 1758 | 3.5 | 3162 | 4.03 |
| 20 | 139 | 1.96 | 297 | 2.37 | 537 | 2.73 | 868 | 3.07 | 1304 | 3.39 | 1853 | 3.69 | 3333 | 4.24 |
| 25 | 155 | 2.2 | 333 | 2.65 | 600 | 3.06 | 971 | 3.43 | 1458 | 3.79 | 2072 | 4.12 | 3727 | 4.75 |
| 30 | 170 | 2.41 | 364 | 2.9 | 657 | 3.35 | 1064 | 3.76 | 1597 | 4.15 | 2270 | 4.52 | 4084 | 5.2 |
| 40 | 196 | 2.78 | 421 | 3.35 | 759 | 3.87 | 1229 | 4.35 | 1845 | 4.79 | 2622 | 5.22 | | |
| 50 | 220 | 3.11 | 471 | 3.75 | 849 | 4.32 | 1374 | 4.86 | | | | | | |
| 60 | 237 | 3.35 | 510 | 4.06 | 924 | 4.71 | 1504 | 5.32 | | | | | | |
| 70 | 256 | 3.62 | 551 | 4.38 | 999 | 5.09 | | | | | | | | |
| 80 | 274 | 3.87 | 589 | 4.69 | | | | | | | | | | |
| 100 | 306 | 4.33 | 658 | 5.24 | | | | | | | | | | |

6.2.4 Propusti

Propusti se postavljaju na mestima ukrštanja puta sa prirodnim vodotocima i kanalima, i koriste se za prenos kišnog oticaja sa jedne na drugu stranu puta. Dimenzionisanje propusta i njihovo pozicioniranje u horizontalnoj i vertikalnoj ravni zavisi od veličine sliva, merodavne kiše, karakteristika terena (kote terena, nagibi) i mogućnosti da se prikupljeni oticaj ispusti u recepijente.

Količina oticaja se određuje prema prikazanom u poglavlju 6.1.2.

Propusti koji su deo zatvorenog sistema za odvodnjavanje dimenzionišu se prema proceduri/jednačinama datim u prethodnom poglavlju 6.2.3.

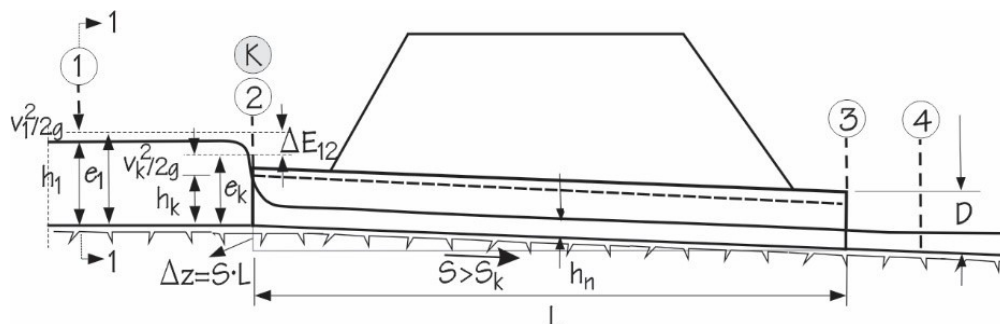
Propusti koji su povezani sa prirodnim vodotocima ili otvorenim kanalima dimenzionišu se uzimajući u obzir razlike u vremenu trajanja i količini oticaja u prirodnim vodotocima i oticaju sa puta.

Nagib propusta koji se usvaja obično odgovara nagibu terena.

Tečenje u propustu može biti sa slobodnom površinom ili pod pritiskom. Hidraulički uslovi u propustu zavise od nagiba propusta i uzvodnih i nizvodnih uslova. Generalno, dimenzionisanje propusta je iterativan postupak jer se dimenzije poprečnog preseka propusta usvajaju na osnovu pretpostavljenih uslova na ulazi i izlazu iz propusta (potopljeno, nepotopljeno) i nagiba

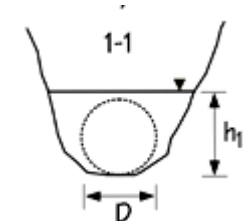
propusta (strmiji ili blaži od kritičnog pada). Ove pretpostavke moraju da se provere za merodavni protok i ukoliko se pretpostavljeni uslovi ne postignu, ulazni podaci se koriguju i proračun se ponavlja. Pregled dimenzionisanja propusta za najčešće slučajeve je dat u nastavku, dok se više detalja o dimenzionisanju može naći u literaturi [3].

Tečenje sa slobodnom površinom i kritičnom dubinom na ulazu u propust javlja se kada je burno tečenje u propustu, usled strmog nagiba propusta (nagib je veći od kritičnog), izlaz iz propusta je nepotopljen (ukoliko je odnos između energije u preseku 1 i visine propusta manji od 1.2, $e_1/D < 1.2$) i ulaz u propust je nepotopljen ($h_4 < h_k$).

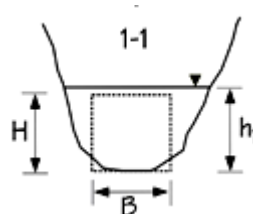


Slika 9 Propust sa slobodnom površinom vodenog ogledala i kritičnom dubinom na ulazu [3]

Dimenzionisanje propusta sa kružnim i pravougaonim poprečnim presecima se radi prema sledećim jednačinama:



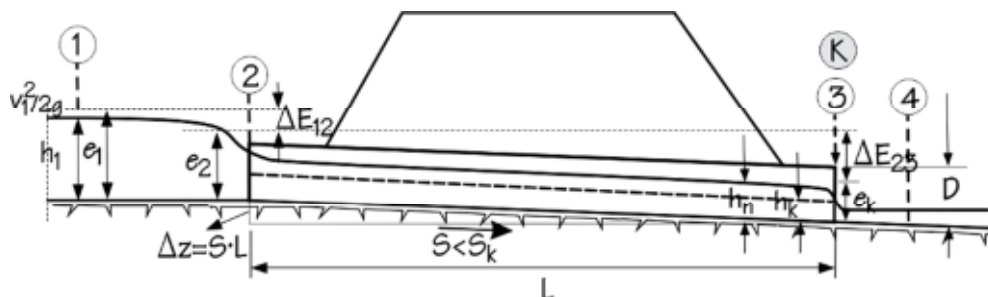
$$Q = \frac{16}{9\pi} \cdot \frac{D^2\pi}{4} \cdot \sqrt{gD}$$



$$Q = C_B \cdot B \cdot \sqrt{g} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot e_k\right)^{3/2}$$

gde je $D[m]$ prečnik propusta, $B[m]$ širina propusta, C_B koeficijent kontrakcije mlaza ($C_B = 1$ za hidraulički oblikovane ulaze, $C_B = 0.9$ za neoblikovane ulaze), $e_K = 3/2h_k$ specifična energija toka za pravougaoni poprečni presek.

Tečenje sa slobodnom površinom i kritičnom dubinom na izlazu iz propusta javlja se kada je nagib propusta manji od kritičnog pada, što uzrokuje miran režim toka u propustu, na ulazu je suženi presek (ukoliko je odnos između energije u preseku 1 i visine propusta manji od 1.2, tj. $e_1/D < 1.2$) i na izlazu je slobodno isticanje.



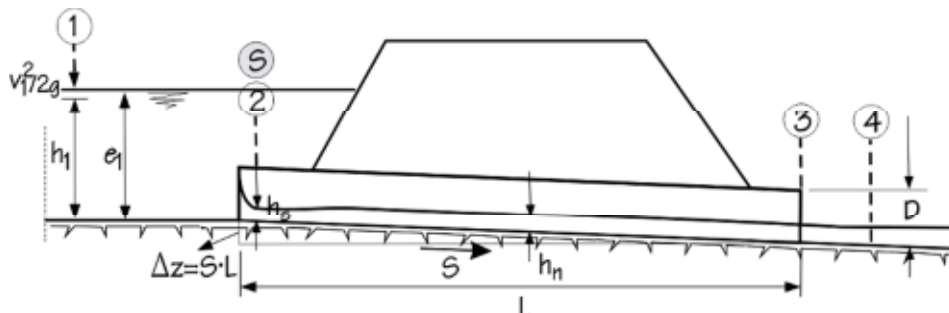
Slika 10 Propust sa slobodnom površinom vodenog ogledala i kritičnom dubinom na izlazu [3]

Proračun je isti kao u prethodnom slučaju, ali specifična energija, e_k , se računa prema Bernulijevoj jednačini za preseke 1 i 3:

$$e_k = h_1 + \Delta z + \frac{v_1^2}{2g} - \Delta E_{12} - \Delta E_{23}$$

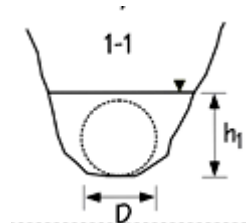
gde je ΔE_{12} gubitak energije na ulazu, a ΔE_{23} gubitak energije na trenje.

Suženi propust na ulazu u propust je kontrolni presek ukoliko je izlaz iz propusta nepotopljen a na ulazu se ostvaruje slobodno isticanje sa slobodnom površinom (ukoliko je odnos između energije u preseku 1 i visine propusta između 1.2 i 2, tj. $1.2 < e_1/D < 2$). Suženi presek je kontrolni presek za proračun kapaciteta propusta.



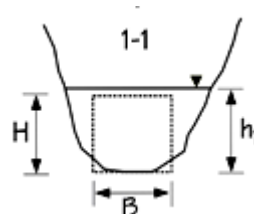
Slika 11 Propust sa slobodnom površinom vodenog ogledala i suženom dubinom na ulazu u propust [3]

Dimenzionisanje propusta sa kružnim i pravougaonim poprečnim presecima se radi prema sledećim jednačinama:



$$Q = C_d \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot \sqrt{2g(e_1 - C_d D)}$$

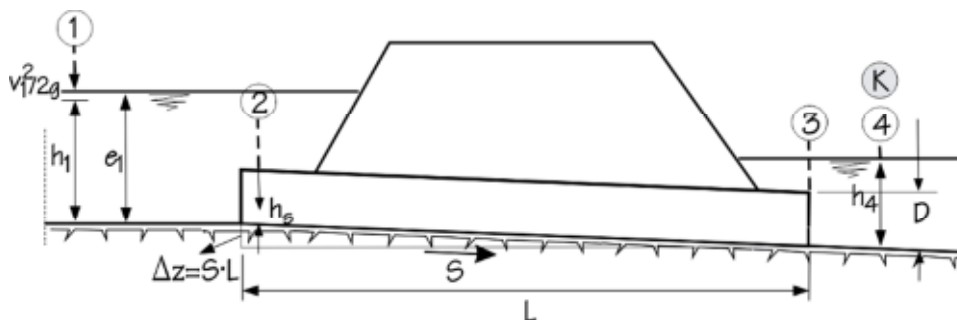
$$C_d = 0.96 / (1 + 0.5 \exp(-15 \frac{r_d}{D}))$$



$$Q = C_H \cdot B \cdot H \cdot \sqrt{2g(e_1 - C_H H)}$$

gde su C_d i C_H koeficijenti koji zavise od zaobljenosti ulaza u propust (r_d) [3].

Tečenje pod pritiskom u propustu se javlja kada je stepen potopljenosti na ulazu veći od 2 ($e_1/D > 2$).



Slika 12 Propust sa tečenjem pod pritiskom [3]

Kapacitet propusta se računa sledećom jednačinom:

$$Q = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi}} \sqrt{2g(e_1 + \Delta z - h_k)}$$

gde je $\sum \xi$ suma koeficijenata gubitaka, uključujući lokalne gubitke na ulazu u propust i gubitke usled trenja, i h_k je relativna dubina u preseku 4.

Ukoliko je izlaz iz propusta potopljen, nivo vode h_k je jednak nivou h_4 , ($h_k = h_4$), a ukoliko se na izlazu iz propusta pojavi slobodno isticanje, dubina vode u preseku 4 mora da se izračuna. U prvoj iteraciji proračuna može se pretpostaviti da je dubina vode jednaka prečniku propusta ($h_k = D$).

6.2.5 Retenziranje/zadržavanje voda

Postoji nekoliko načina za retenziranje vode pomoću kojih se kontroliše kvantitet i kvalitet oticaja: bazeni za privremeno zadržavanje vode (detention basin), bazeni za trajno zadržavanje vode (retention basin), infiltraciona bazeni i dr.

Bazeni za privremeno zadržavanje vode su male akumulacije koje zauzimaju površinu do 16 ha. Izlaz iz bazena je uglavnom nekontrolisan. Ovi objekti se koriste za privremeno zadržavanje oticaja i prazne se nakon kišne epizode. Smatra se da je racionalna upotreba bazena za privremeno zadržavanje vode ukoliko je zadržavanje oticaja duže od 24 sata. Deo retenzionog prostora se koristi za istaložavanje zagađenja. Ukoliko je objekat propisno projektovan, njegovo održavanje je jednostavno i troškovi održavanja su mali.

Bazeni za trajno zadržavanje vode obično imaju veliku zapreminu i objekat za kontrolisano ispuštanje vode. Ovi objekti se koriste za produženo (suve retenzije) ili stalno (mokre retenzije) skladištenje oticaja, što rezultira uklanjanjem zagađujućih materija biohemijskim taloženjem. Održavanje ovih objekata je relativno jeftino nakon prve godine upotrebe, izuzev čišćenja retenzije koje se planira jednom u deset godina.

Infiltracioni bazeni mogu biti projektovana kao bazeni za privremeno zadržavanje vode, za smanjenje oticaja, ili kao objekti za kontrolu kvaliteta, odnosno za poboljšanje kvaliteta vode. Infiltracioni bazeni se najčešće koriste u situaciji kada ne postoje prirodni recepijenti u koje bi oticaj mogao da se ispusti.

Oticaj sa sliva zavisi od prethodne vlažnosti tla – ukoliko je pre razmatrane kiše bilo padavina, infiltracija će biti manja zbog povećane vlažnosti zemljišta.

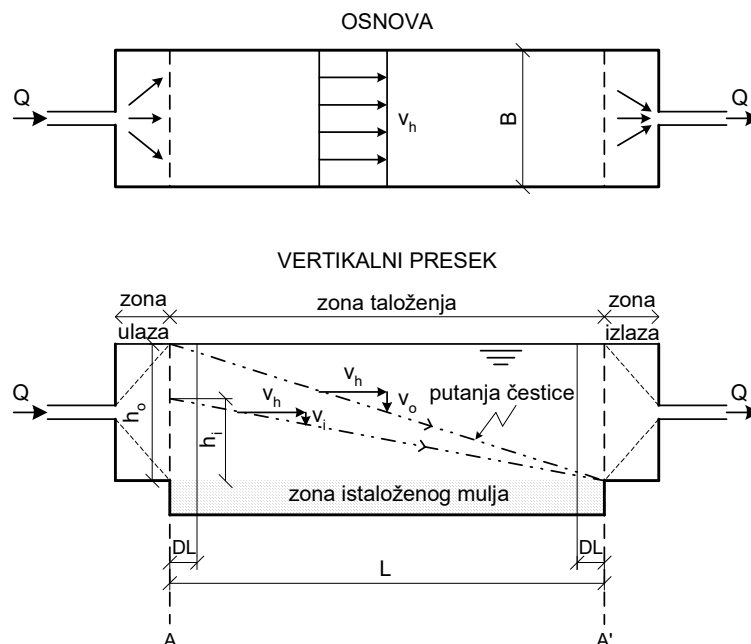
Upotreba infiltracionih sistema može dovesti do efekta kolmiranja, tj. do taloženja suspendovanih materija na dnu infiltracionog bazena. Usled ove pojave dolazi do smanjenja koeficijenta filtracije i, posledično, do smanjenja funkcionalnosti sistema.

Pojednostavljeni proračun dinamike punjenja i pražnjenja infiltracionog bazeni je dat u literaturi [3].

6.2.6 Taloženje

Taloženje je proces tonjenja suspendovanih čestica koje imaju gustinu veću od 1000 kg/m^3 . Čestice će tonuti u mirnoj vodi sve dok se otpor tonjenja ne izjednači sa efektivnom težinom čestice.

Skica procesa tonjenja čestice je dat na narednoj slici, preuzetoj iz literature [3].



Slika 13 Idealna pravougaona taložnica sa horizontalnim tokom, [3]

Brzina tonjenja, $v_o \left[\frac{m}{s} \right]$, zavisi of brzine toka, $v_h \left[\frac{m}{s} \right]$, i dužine taložnice, $L[m]$, i može da se izračuna sledećom jednačinom:

$$v_o = \frac{h_0}{t_0} = \frac{Q}{A}$$

gde je $h_0[m]$ dubina taložnice, $A = B \cdot L[m^2]$ površina dna taložnice, $t_0[s]$ vreme zadržavanja vode u taložnici, koje se računa kao odnos zapremine taložnice, $A \cdot h_0 [m^3]$, i merodavnog protoka, $Q \left[\frac{m^3}{s} \right]$, $t_0 = \frac{A \cdot h_0}{Q}$, i $B[m]$ i $L[m]$ su širina i dužina taložnice.

Sve čestice čija je brzina tonjenja veća od $v_o \left[\frac{m}{s} \right]$ će biti istaložene u taložnici.

Više informacija o projektovanju taložnica se može naći u literaturi [3].

7 OBJEKTI

7.1 Objekti sistema za odvodnjavanje na površini terena

Saobraćajne površine

Minimalne podužne i poprečne nagibe kolovoza i objekata na putu treba usvojiti zajedno sa projektantom puta. U nastavku su date preporuke po pitanju odvodnjavanja puta.

Preporuka je da minimalni podužni nagib (S_y) bude 0.5 %, a u izuzetnim okolnostima i na kraćim deonicama prihvatljiv je nagib od 0.3 %.

Poprečni nagib (S_x) treba da bude u rasponu od 1.5 % do 2.5 %. Ukoliko se put sastoji od više vozničkih traka u istom smeru, poprečni pad se povećava za 0.5 % to 1 %, u svakoj sledećoj traci (prema ivici puta), do maksimalnog nagiba od 4 %.

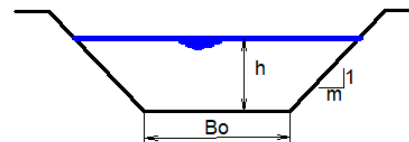
Ukoliko na putu postoji razdelna traka, oticaj treba usmeriti prema razdelnoj traci. Ukoliko ovo nije moguće, sistem za odvodnjavanje treba da prihvati celokupan oticaj tako da maksimalna širina plavljenja ne prelazi razdelnu traku.

U raskrsnicama su uslovi vožnje prilagođeni manjim brzinama saobraćaja. Oticaj sa kolovoza na saobraćajnicama koje se ukrštaju raskrsnicama mora biti odveden pre područja raskrsnice. Projektni principi koji se primenjuju na putevima takođe se primenjuju i na kružnim tokovima. Primer odvodnjavanja kružnog toka je dat u Prilogu.

Pokrivene sekundarne saobraćajne površine (popločane/asfaltirane bankine, parkinzi, staze za bicikle, staze za pešake) su uglavnom odvojene od puta, u smislu položaja i nivoa, ali je uobičajeno da se projektuje zajedničko uzdužno odvodnjavanje. Poprečni nagibi sekundarnih saobraćajnih površina treba da su jednaki nagibu saobraćajnih traka. Parkinzi obično imaju poprečni pad od 2.5 %.

Na nepokrivenim bankinama mora da se obezbedi slobodno odvodnjavanje površine saobraćajnice. Uobičajen poprečni nagib prema spoljašnjoj ivici je 12%, a nivo bankine na spoju sa kolovozom treba da je 3cm niži od nivoa kolovoza. Ukoliko se bankina ne koristi za odvodnjavanje saobraćajnice, poprečni nagib može biti 6 %.

Otvoreni kanali se grade duž puta i u predelu razdelne trake. Najčešće se koriste kanali trapeznog poprečnog preseka, širine u dnu B_0 [m] i nagiba kosina m . Širina u dnu u najuzvodnijem preseku se kreće od 30 do 50 cm, a nagib kosine zavisi od vrste tla i kreće se u rasponu od 1 do 3. Ukupna dubina kanala, od dna do vrha, je jednaka dubini vode plus 15 cm.

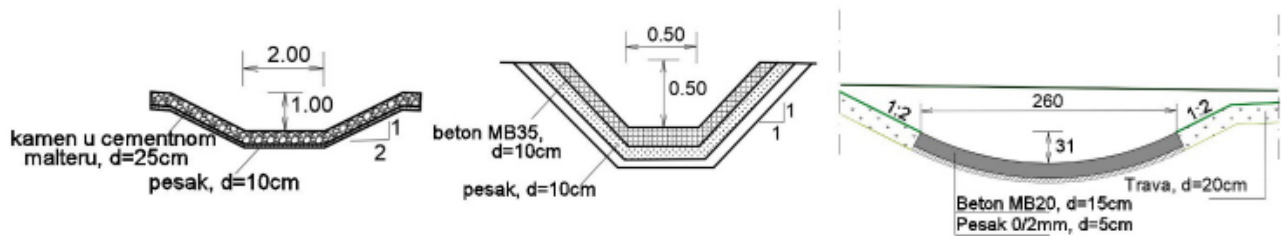


Maksimalna dozvoljena brzina vode se definiše dopuštenim tangencijalnim nagibom za određeni podužni pad i odabrani materijal za oblaganje kanala (poglavlje 6.2.2).

Za nagibe kosina veće od 3 ($m > 3$), obično nije potrebno da se proverava stabilnost kosine.

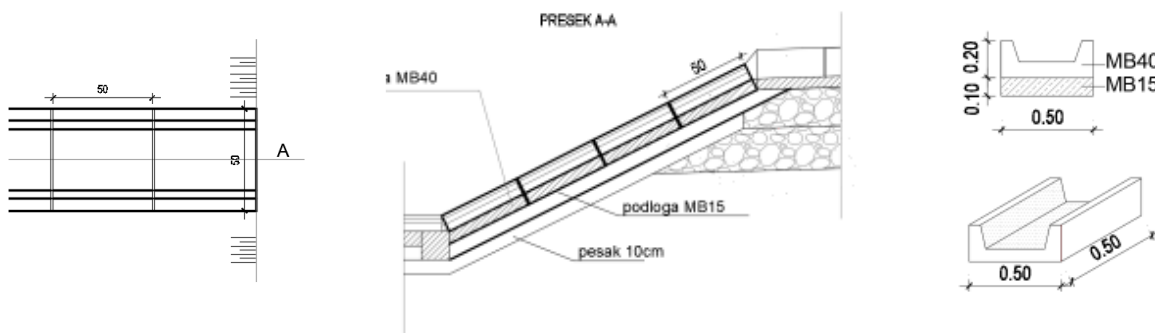
Otvoreni kanali moraju biti postavljeni dovoljno nisko da se omogući slobodno oticanje vode koja se prikuplja sistemom za odvodnjavanje.

Gde god je moguće, ukoliko merodavne brzine toka dozvoljavaju, dno i kosine kanala treba da budu neobložene ili zatravljene. Ukoliko su brzine veće, kanal mora biti obložen kamenom oblogom, ili, pri većim brzinama, betonom. Tipični poprečni preseki kanala obloženih sa kamenom u cementnom malteru ili betonom su dati na sledećoj slici.



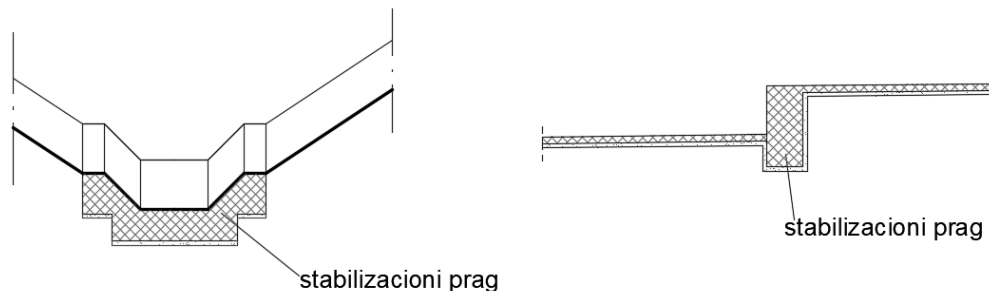
Slika 14 Tipični poprečni preseki obloženih kanala

Korube/brzotoci su otvoreni kanali koji se postavljaju na kosini nasipa upravno na izohipse. Koriste se za prenos prikupljenog oticaja sa kolovoza do otvorenih kanala postavljenih duž nožice nasipa. S obzirom da korube imaju veoma strme podužne nagibe, oblažu se kamenom ili betonom i prave se sa kaskadama. Ponekad je potrebno da se korube ankerišu u kosinu nasipa, u zavisnosti od uslova u tlu.



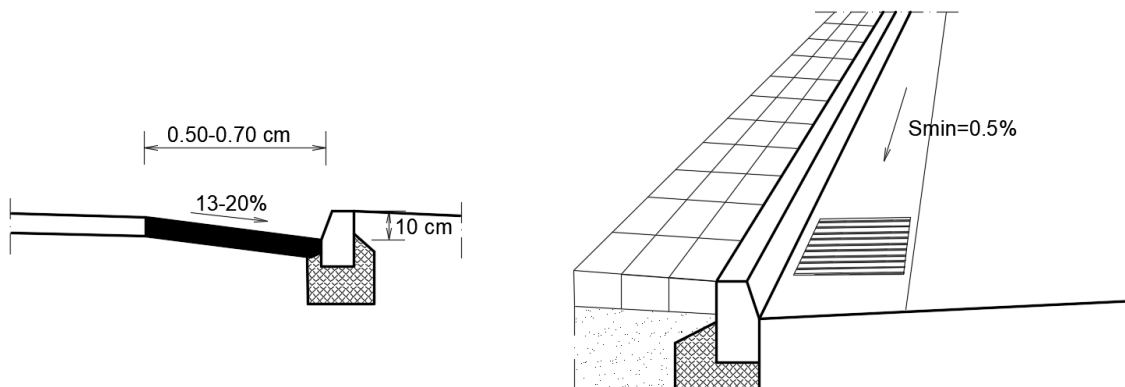
Slika 15 Tipična koruba/brzotok

Kaskade se koriste na deonicama gde se otvorenim kanalima savlađuju velike visinske razlike što uzrokuje značajne podužne nagibe otvorenog kanala i, posledično, velike brzine vode koje mogu uzrokovati eroziju obloge kanala. Svrha kaskade je da pretvori kinetičku energiju na kaskadi u drugi vid energije (potencijalna, zvučna, toplotna), što dovodi do smanjenja brzine. Kaskade su obično obložene kamenom u cementnom malteru, ili sa betonom, i takođe mogu biti napravljene od prefabrikovanih betonskih elemenata. Posebna pažnja treba da se obrati na stabilnost kaskade i obezbeđenju da ne dođe ispiranja tla ispod konstrukcije. Ulaz u kaskadu je izložen riziku od erozije usled turbulencije, i mora se zaštititi kamenom, pločama ili sličnom oblogom.



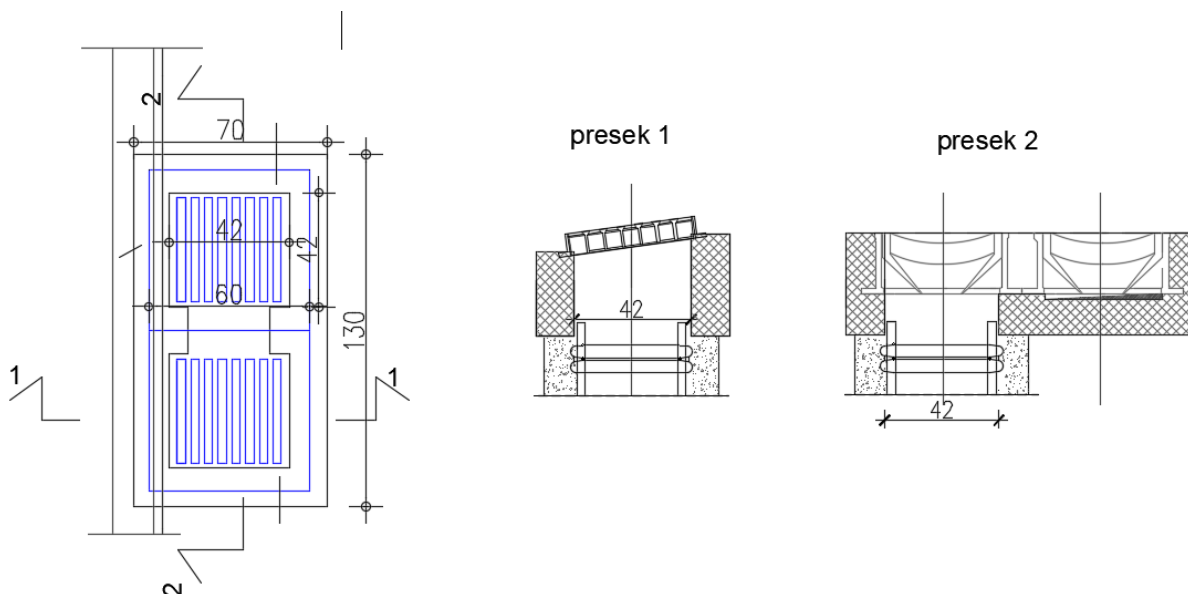
Slika 16 Tipična kaskada

Rigoli se postavljaju uz ivicu kolovoza ili ivicu zaustavne trake. Rigoli se prave od asfalta ili betona i ovičeni su ivičnjakom, koji je obično izgrađen od prefabrikovanih elemenata. Širina rigola zavisi od širine saobraćajnice i kreće se od 0.5 m, za puteve sa dve saobraćajne trake, do 0.75 m, za puteve sa više od dve saobraćajne trake. Dubina rigola je obično 0.10 m. Poprečni presek rigola zavisi od tipa ivičnjaka (poglavlje 6.2.2). Na narednoj slici su prikazana moguća rešenja projekta rigola i preporučene geometrijske karakteristike [1]. Podužni nagib rigola treba da je jednak ili veći od 0.5 %. Ukoliko je podužni nagib manji od dozvoljenog minimuma, rastojanje između slivnika mora da se smanji. Na spoljnoj strani rigola neophodno je da se projektuje bankina širine 0.5 m.



Slika 17 Tipični rigol

Slivnici prihvataju oticaj koji se prikuplja u rigolima i prenose ga u podzemni sistem za odvodnjavanje, odnosno u kolektore. Postoji nekoliko tipova slivnika, kao što je dato u literaturi [3]. U našoj zemlji se najčešće koriste slivnici tipa 1, sa otvorima paralelnim sa ivičnjakom. Na narednoj slici je prikazana dispozicija dva slivnika tipa 1 postavljenih u nizu.



Slika 18 Dva slivnika tipa 1 postavljena u nizu

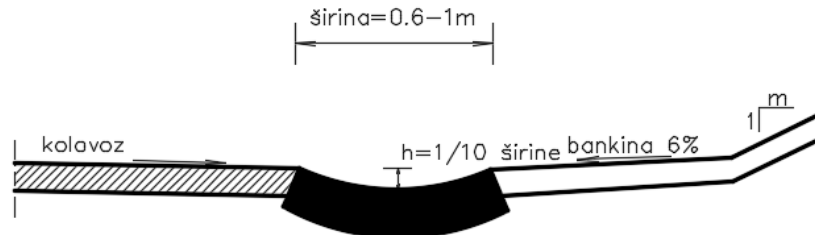
Kanali za linijsko odvodnjavanje su ulični rigoli napravljeni od prefabrikovanih elemenata u koji voda dospeva kroz prorez/uzani otvor. Kanali za linijsko odvodnjavanje se koriste u specijalnim slučajevima kada nije moguće koristiti druge objekte za odvodnjavanje. Ovi objekti su obično kružnog ili ovalnog poprečnog preseka, minimalnog prečnika 20 cm. Minimalna širina otvora je 13 mm, a maksimalna 30 mm. Tačne dimenzije kanala se mogu dobiti od proizvođača.



Slika 19 Primeri kanala za linijsko dovodnjavanje sa rešetkom (levo) i sa otvorom (desno)

Kanali za linijsko odvodnjavanje su pogodni za odvodnjavanje tunela.

Segmentni kanali mogu da se koriste umesto rigola i njihovom primenom povećava se bezbednost na putu. Postavljaju se neposredno duž kolovoza ili mogu biti odvojeni od puta bankinom. Površina segmentnog kanala se oblaže asfaltom, elementima od betona ili travom. Na spoljašnjoj strani segmentnog kanala obavezno treba predvideti bankinu širine minimum 0.5 m [1].



Slika 20 Segmentni kanal

7.2 Podzemni objekti u sistemu za odvodnjavanje

Podzemni sistemi za odvodnjavanje se sastoje od kolektora i revizionih šahtova.

Kolektori

Kolektori se koriste za prenos prikupljenog oticaja koji kroz slivnike ulazi u sistem za odvodnjavanje.

Dimenzije i ostale karakteristike proizvedenih cevi su definisane u brojnim standardima (ISO, EN, DIN, BS, SRPS, i dr.) i preporukama. Pored toga, svaki proizvođač kanalizacionih cevi poseduje brošure sa potrebnim informacijama o svim proizvodima.

Minimalni prečnik kolektora se usvaja tako da je moguć pregled, čišćenje i održavanje. Najčešće se koriste cevi prečnika 300 mm, dok priključne cevi na slivnike imaju manje dimenzije.

Minimalni i maksimalni nagibi se propisuju da bi se obezbedile minimalne transportne brzine vode, koje omogućuju samočišćenje kolektora, i sprečilo habanje i oštećenje cevi usled prevelikih brzina.

Minimalna brzina vode treba da bude 0.4 m/s pri dubini vode u kolektoru od 2 do 3 cm, ili 0.7 do 0.8 m/s za kolektor ispunjen do vrha. Maksimalna dozvoljena brzina je 3 m/s u kolektoru ispunjenom do vrha i/ili pri velikim dubinama vode, ili 5 do 6 m/s za situaciju kada se kolektor povremeno puni do vrha.

Minimalni i maksimalni nagibi se računaju na osnovu minimalnih/maksimalnih brzina (koristeći npr. Darcy Weisbach-ovu formulu) ili na osnovu formula koje se koriste u inženjerskoj praksi, $S_{min} = 1/D$ and $S_{max} = 15/D$, gde je D [mm] prečnik kolektora. Minimalni i maksimalni nagibi za kružne cevi, pri različitim minimalnim i maksimalnim brzinama u kolektoru ispunjenom do vrha, su dati u narednoj tabeli.

Tabela 14 Minimalni i maksimalni nagibi kružnih kolektora za različite usvojene minimalne i maksimalne brzine vode u kolektoru ispunjenom do vrha [3]

| D (mm) | S_{min} | | S_{max} | |
|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0,6 m/s S_{min} (‰) | 0,8 m/s S_{min} (‰) | 3 m/s S_{max} (‰) | 5 m/s S_{max} (‰) |
| 300 | 1,86 | 3,30 | 46,43 | 128,98 |
| 400 | 1,28 | 2,27 | 31,98 | 88,83 |
| 500 | 0,96 | 1,71 | 24,00 | 66,68 |
| 600 | 0,76 | 1,35 | 19,02 | 52,83 |
| 700 | 0,63 | 1,11 | 15,63 | 43,43 |
| 800 | 0,53 | 0,94 | 13,20 | 36,67 |
| 1000 | 0,40 | 0,71 | 9,97 | 27,68 |

Vrste cevnih materijala

Cevi mogu biti izrađene od različitih materijala, kao što su plastika, beton, armirani beton, čelik, i dr.

Plastične cevi se najčešće upotrebljavaju u praksi zbog jednostavnog rukovanja i relativno niske cene. Najčešće korišćen cevni materijal je PVC (za prečnike do 500 mm, dužina cevi 1 do 6 m), HDPE (glatke cevi do prečnika 600 mm, i korugovane za veće prečnike, dužina cevi 6 do 12 m), PP (za visoku izdržljivost i otpornost na mehaničke uticaje) i poliester (za veće prečnike).

Betonske cevi se upotrebljavaju kada tečenje u cevima nije pod pritiskom, kada su zahtevani veliki prečnici cevi i velika nosivost. Betonske cevi mogu biti prefabrikovane ili izvedene na terenu. Prefabrikovane betonske cevi su obično kružnog ili jajastog/elipsoidnog poprečnog preseka, do prečnika od 1200 mm. Ukoliko se koristi armirani beton, prečnik cevi može biti maksimalno 2000 mm. Dužina prefabrikovanih cevi je najčešće 1 m (ređe 2 m).

Čelične cevi se koriste u specifičnim situacijama kada upotreba cevi od drugih materijala nije prihvatljiva (kod značajnih dinamičkih opterećenja, kolektora koji se postavljaju ispod nivoa vode, sifona, i dr.) ili bi zahtevala kompleksnu konstrukciju (npr. veliki broj kaskada).

Dubine ukopavanja kolektora

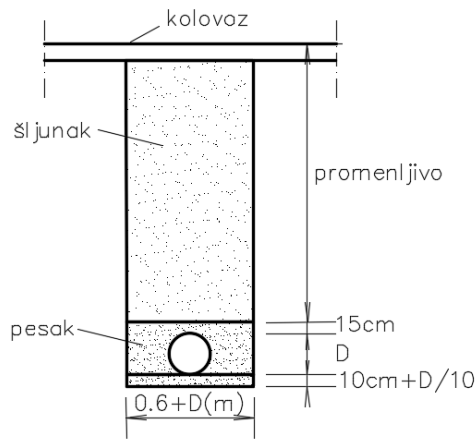
Minimalna dubina ukopavanja se usvaja tako da budu ispunjeni svi uslovi navedeni u nastavku:

- 0.8 m do temena cevi – za zaštitu od smrzavanja (u našoj zemlji);
- 1.0 do 1.5 m – za zaštitu od saobraćajnog opterećenja;
- dubina koja omogućava gravitaciono povezivanje slivnika, uzvodnih kolektora i propusta.

Maksimalna dubina ukopavanja je ograničena uslovima za iskop i zavisi od karakteristika tla, nivoa podzemne vode i tehnologije izgradnje. Uobičajeno je da je maksimalna dubina ukopavanja 7m, a ukoliko postoji podzemna voda 4 do 5 m.

Minimalna širina rova B_r [m] zavisi od spoljne dimenzije cevi D_s [m], kao što sledi u nastavku:

| D_s [mm] | B_r [m] |
|-------------|-----------------------|
| 300 – 800 | $B_r = D_s [m] + 0.6$ |
| 800 – 1200 | $B_r = D_s [m] + 0.8$ |
| ≥ 1200 | $B_r = D_s [m] + 1.0$ |



Slika 21 Tipičan rov

Tipičan rov za kolektore prečnika do 800 mm je prikazan na slici (Slika 21). Debljina sloja od peska na dnu je 10 cm ili $10 + D/10$.

Revizionni silazi

Osnovna uloga revizionih silaza je da obezbede pristup sistemu za odvodnjavanje (tj. kolektorima), što omogućava održavanje i čišćenje, kao i ventilaciju sistema za odvodnjavanje. Revizionni silazi se postavljaju na spoju pravolinijskih deonica cevi, posebno u sledećim slučajevima:

- na početku deonice;
- na mestima promene prečnika kolektora i nagiba kolektora;
- na pravolinijskim deonicama na rastojanju do $160 \cdot D$, gde je D prečnik kolektora;
- na spojevima sa slivnicima.

Maksimalno rastojanje revizionih silaza može biti propisano i na osnovu zahteva po pitanju čišćenja sistema i opreme za održavanje.

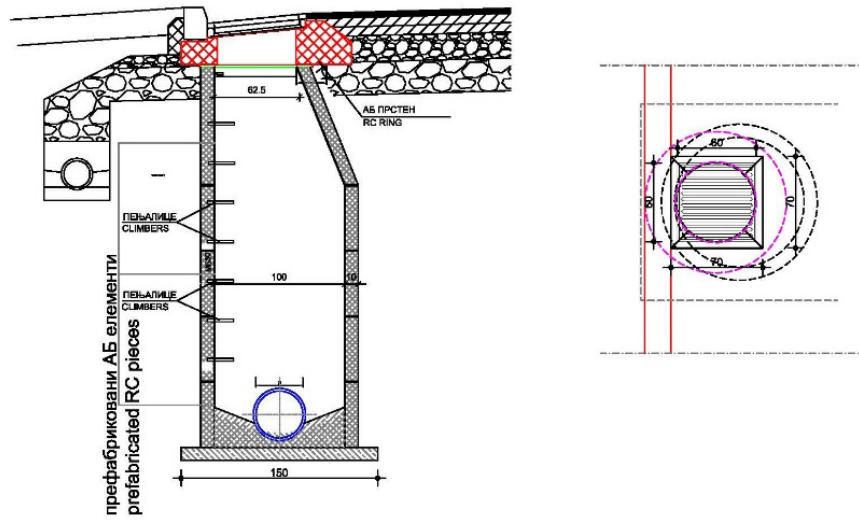
Revizionni silazi se obično prave od armiranog betona, polipropilena ili HDPE.

Revizionni silazi od armiranog betona za veličinu kolektora do DN600 mm se prave od prefabrikovanih elemenata kružnog poprečnog preseka, prečnika 1 m, visine elementa 0.5-1 m. Prefabrikovani element koji se nalazi na vrhu revizionog silaza imaju promenljiv prečnik, od 1 m do 0.6 m na vrhu revizionog silaza (Slika 22).

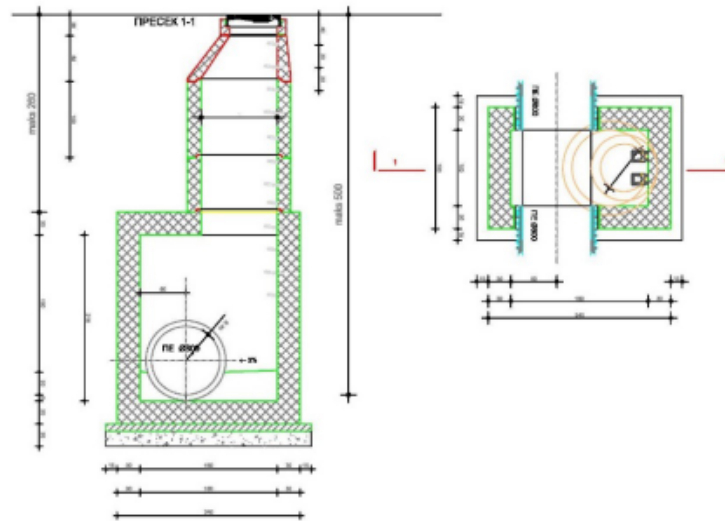
Za kolektore veće od DN600 mm, dno revizionog silaza je pravougaonog preseka i pravi se na terenu. Gornji delovi revizionog silaza se prave od prefabrikovanih elemenata (Slika 23).

Revizionni silazi od polipropilena i HDPE su pogodni za upotrebu zbog jednostavne i brze ugradnje (Slika 24).

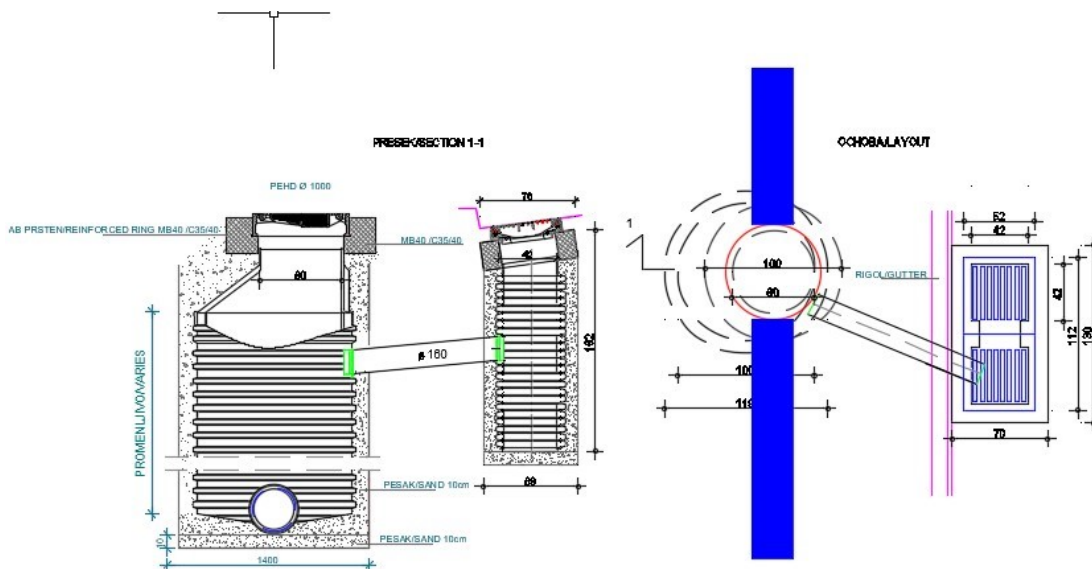
Opšta dispozicija revizionih silaza se odnosi na relativan položaj slivnika – revizionni silaz i slivnik čine jedan objekat, ili su revizionni silaz i slivnik zasebni objekti povezani sa cevi. Na narednim slikama su prikazani standardni revizionni silazi za kružne kolektore.



Slika 22 Prefabrikovan revizioni silaz sa slivnikom za cevi DN300-400-500-600



Slika 23 Prefabrikovan revizioni silaz sa slivnikom za cevi DN800

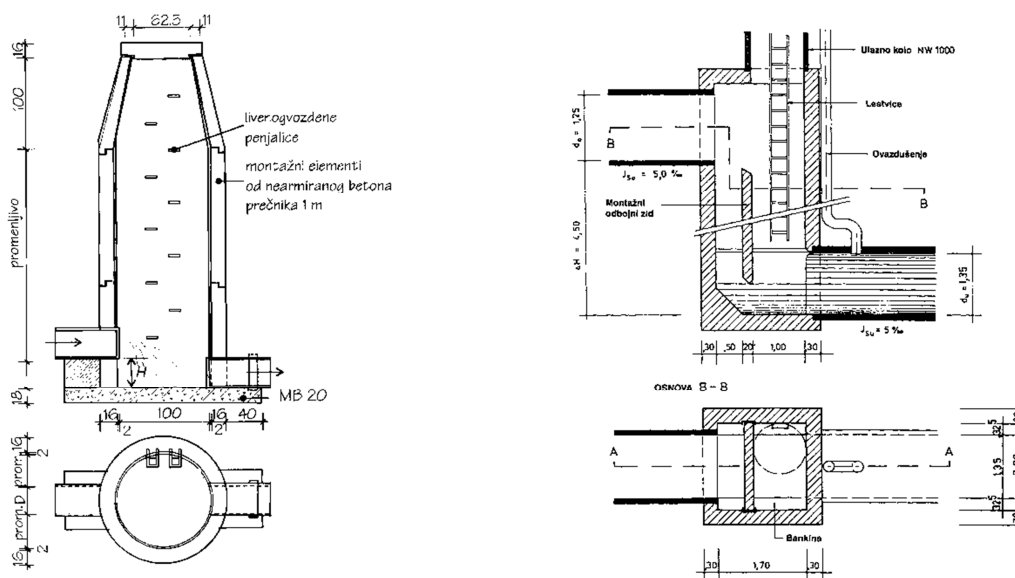


Slika 24 Detalj veze slivnika i revizionog silaza

Kaskadni revizionni silazi se koriste za smanjenje brzine toka u čvorovima ili na deonicama gde velika denivelacija treba da se savlada na kratkoj deonici, odnosno na deonicama sa velikim podužnim nagibima.

Standardne kaskade se prave u revizionim silazima i vrsta objekta zavisi od visine kaskade. Standardne kaskade se koriste za denivelacije do 0.4 m i prečnike kolektora do 400mm, dok se za prečnike veće od 400 mm koriste kaskade sa odbojnim zidom (Slika 25).

У литератури [1,3] се могу наћи примери осталих врста каскада.



Slika 25 Primeri standardne kaskade (levo) i kaskade sa odbojnim zidom (desno) [3]

7.3 Potpovršinsko odvodnjavanje

Potpovršinsko odvodnjavanje služi da spreči ulazak vode u trup puta i da obezbedi odvodnjavanje i snižavanje nivoa podzemnih voda. Takođe, potpovršinska drenaža omogućava bržu konsolidaciju, stabilizaciju i poboljšanje nosivosti visoko stišljivog, slabo propusnog i slabo nosivog tla. Izvodi se ugradnjom podužnih ili poprečnih drenažnih cevi i vertikalne drenaže/drenažnih bunara.

Drenažne cevi za plitku i duboku podužnu i porečnu drenažu se prave od polimera (savitljivog ili tvrdog) ili cementnog betona. Cevi moraju biti perforirane i obično su kružnog poprečnog preseka ili u obliku tunela. Zahtevani tip perforacije je TP (360°), LP (220°), MP (120°) i UP (bez perforacije). U zavisnosti od zahtevane obodne krutosti, cevi treba da budu kategorije ND ili SD.

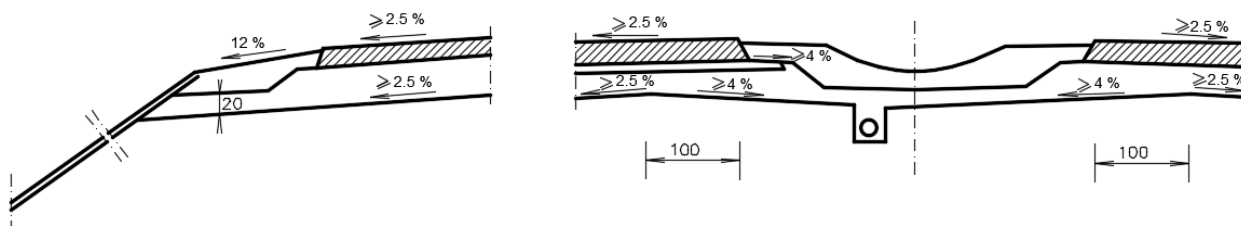
Perforirane cevi se pokrivaju geotekstilom ili slojem nasutog materijala (mešavina kamenih frakcija) definisane granulacije.

Dodatne informacije o dimenzionisanju potpovršinskog odvodnjavanja/drenaže se mogu naći u literaturi [1,3].

Drenaža kolovozne konstrukcije

Mere za sprečavanje oštećenja na konstrukciji puta usled mržnjenja podrazumeva uklanjanje vode iz podloge. Da bi se osiguralo odvođenje vode koja je prodrla, mora se obezbediti poprečni pad podloge prema ivici puta ili drenažnoj cevi – minimalni poprečni pad podloge se kreće u rasponu od 2.5 do 4 %. Drenažne cevi se obično postavljaju za dalji prenos sakupljenog oticaja u podužnom smeru.

Primeri rešenja dreniranja podloge puta su prikazani na narednoj slici [2].



Slika 26 Potpovršinsko odvodnjavanje

7.4 Propusti

Propusti mogu biti oblikovani kao cevasti, sandučasti ili zasvođeni. Odabir oblika propusta zavisi od merodavnog protoka i visine nasipa iznad propusta.

Sandučasti propusti se koriste za veće merodavne protoke i male visine nasipa iznad propusta (0.4 do 5.0 m). Zasvođeni propusti se koriste pri većim merodavnim protocima i za veće visine nasipa iznad propusta (veće od 3.0 m).

Preporučene dimenzije propusta:

| <u>Cevasti propusti:</u> | |
|--------------------------|----------------|
| D (cm) | max dužina (m) |
| 100 | do 15.0 |
| ≥ 150 | 15.0 to 30.0 |
| ≥ 200 | > 30.0 |

| <u>Sandučasti propusti:</u> | |
|-----------------------------|----------------|
| visina i širina (cm) | max dužina (m) |
| ≥ 150 | 15.0 |

| | |
|----------------------------|------------------------|
| <u>Zasvođeni propusti:</u> | min dimenzija = 200 cm |
|----------------------------|------------------------|

Pregled vrsta propusta je dat u tabeli u nastavku (Tabela 15) [1].

Ulaz u propust bi mogao predstavljati ozbiljno ograničenje tečenju vode, tako da oblik ulaza može imati značajan uticaj na kapacitet propusta. Na narednoj slici (Slika 27) su prikazani standardni tipovi ulaza u propust.



Slika 27 Standardni ulazi u propuste

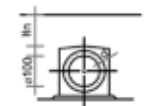
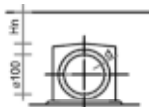
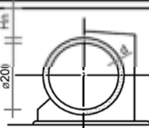
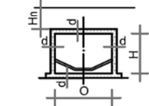
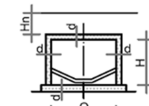
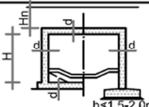
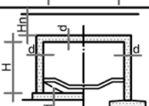
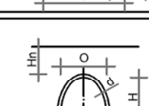
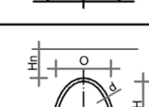
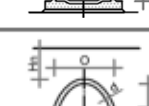
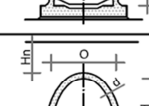
Ukoliko su na izlazu iz propusta velike brzine vode, konstrukcija na izlazu iz propusta može biti time ugrožena i može doći do intenzivne erozije kanala nizvodno od izlaza. Različite zaštitne mere se mogu primeniti, u zavisnosti od vrste tla na izlazu:

- zaštitni pragovi – za brzine do 1.3 puta veće od srednje brzine vode u prirodnom vodotoku;
- oblaganje dna na izlazu (kameni nabačaj zaliven betonom, kameni nabačaj, vegetacija, i dr.) - za brzine između 1.3 do 2.5 puta veće od srednje brzine vode u prirodnom vodotoku;
- objekat za kontrolu brzine - za brzine veće od 2.5 puta od srednje brzine vode u prirodnom vodotoku.

Propusti mogu biti izrađeni od različitih materijala: prefabrikovane cevi, korugovane cevi, beton izliven na terenu, i dr.

Više informacija o propustima je dostupno u literaturi [1].

Tabela 15 Tipovi propusta [1]

| TABELARNI PRIKAZ TIPOVA PROPUSTA | | | | TABELA 1 | |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|
| TIP | DIMENZIJE visina nasipa H_n otvor O visina H debljina d | MATERIJAL | POPREČNI PRESEK | NAMENA | <ul style="list-style-type: none"> • Način izrade • Zaštita dna |
| CEVASTI PROPUSTI | $H_n > 1.00\text{m}$ $\varnothing 100$ (110) $d \geq 10\text{cm}$ | cev MB 30 u betonskom omotaču MB 20 armatura RA 400/500-2 |  | - za vodu | - montažni - bez obloga |
| | $H_n > 1.00\text{m}$ $\varnothing 150$ (140,180) $d \geq 13\text{cm}$ | cev MB 30 u betonskom omotaču MB 20 armatura RA 400/500-2 |  | - za vodu | - montažni - obloga pri $V_{\text{teor.}} > 10\text{m/s}$ |
| | $H_n > 1.00\text{m}$ $\varnothing 200$ (210,240) $d \geq 10\text{cm}$ | cev MB 30 u betonskom omotaču MB 20 armatura RA 400/500-2 |  | - za vodu | - montažni - obloga pri $V_{\text{teor.}} > 10\text{m/s}$ |
| SANDUČASTI PROPUSTI | $H_n = 0.40-5.00\text{m}$ $O = 2.00\text{m}$ $H = 1.50-3.50\text{m}$ $d \geq 25\text{cm}$ (30) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za manje životinje | - monolitni - obloga |
| | $H_n = 0.40-5.00\text{m}$ $O = 3.00\text{m}$ $H = 2.00-5.00\text{m}$ $d \geq 30\text{cm}$ (35) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za pešake - za životinje | - monolitni - obloga |
| | $H_n = 0.40-4.00\text{m}$ $O = 4.00\text{m}$ $H = 2.50-6.00\text{m}$ $d \geq 35\text{cm}$ (40) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za pešake - za životinje - za manja vozila | - monolitni - obloga |
| | $H_n = 0.40-3.00\text{m}$ $O = 5.00\text{m}$ $H = 3.00-7.00\text{m}$ $d \geq 40\text{cm}$ (45) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za pešake - za životinje - za manja vozila | - monolitni - obloga |
| ZASVOĐENI PROPUSTI | $H_n > 1.00\text{m}$ $O = 2.00\text{m}$ (220) $H = 2.00\text{m}$ $d \geq 20\text{cm}$ (25) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za manje životinje | - monolitni ili montažni - obloga |
| | $H_n > 1.00\text{m}$ $O = 3.00\text{m}$ $H = 3.00\text{m}$ $d \geq 20\text{cm}$ (25) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za pešake - za životinje | - monolitni ili montažni - obloga |
| | $H_n > 1.00\text{m}$ $O = 4.00\text{m}$ $H = 4.00\text{m}$ $d \geq 25\text{cm}$ (30) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za pešake - za životinje - za manja vozila | - monolitni - obloga |
| | $H_n > 1.00\text{m}$ $O = 5.00\text{m}$ $H = 5.00\text{m}$ $d \geq 30\text{cm}$ (35) | beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560 |  | - za vodu - za pešake - za životinje - za manja vozila | - monolitni - obloga |

7.5 Odvodnjavanje objekata (mostovi, potporni zidovi, tuneli)

Principi koji važe za odvodnjavanje puteva se primenjuju i na odvodnjavanje mostova, potpornih zidova, tunela i drugih objekata. Funkcionisanje sistema za odvodnjavanje utiče na životni vek objekta i troškove održavanja.

Sistemi za odvodnjavanje kod objekata služe za prikupljanje neizbežne vode i njeno odvođenje van gabarita objekta, u cilju sprečavanja prodora vode u objekte, obezbeđenja objekta od dodatnih opterećenja od vode, sprečavanja erozije, i dr.

Projektovanje objekata za odvodnjavanje se vrši u skladu sa poglavljem 6.2.

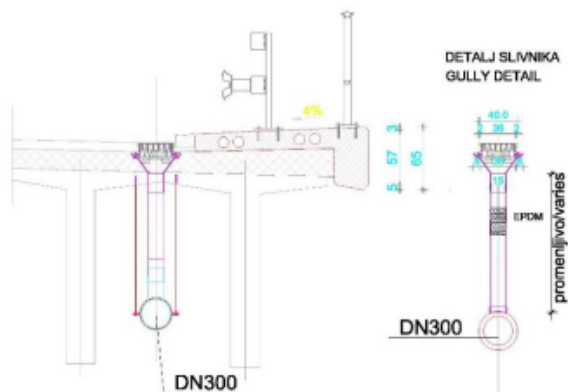
Mostovi

Oticaj sa površine mostovske konstrukcije se prikuplja u zatvorenim sistemima za odvodnjavanje koji se sastoje od rigola, slivnika, revizionih silaza, kolektora, objekata za prečišćavanje vode, ukoliko je potrebno, i izlazne građevine. Sistem za odvodnjavanje treba da pokrije sve niske tačke mostovske konstrukcije. Neposredan prilaz sistemu za odvodnjavanje sa kolovoza, pešačkih staza i ostalih pokrivenih površina se mora obezbediti.

Sistem za odvodnjavanje treba da bude projektovan tako da se oticaj odvodi gravitacijom, ukoliko je moguće, da bi se izbeglo crpljenje vode koje bi zahtevalo dodatno održavanje. Voda prikupljena u slivnicima se prenosi kolektorima koji se kače za konstrukciju mosta, stubove i potporne zidove, ukoliko se voda prenosi na nivo terena. Oticaj sa mosta se spušta na nivo terena ispod mosta ili se prenosi u sistem kolektora na susednoj deonici puta.

Kolektori koji se koriste za odvodnjavanje mostova moraju biti napravljeni od visoko izdržljivog materijala koji može da podnese statička i dinamička opterećenja i vremenske uslove. Cevi od poliestera i čelika se obično koriste na mostovima.

Detaljno objašnjenje o projektovanju sistema za odvodnjavanje na mostovima se može naći u literaturi [1].



Slika 28 Kolektor i slivnik postavljeni na mostu

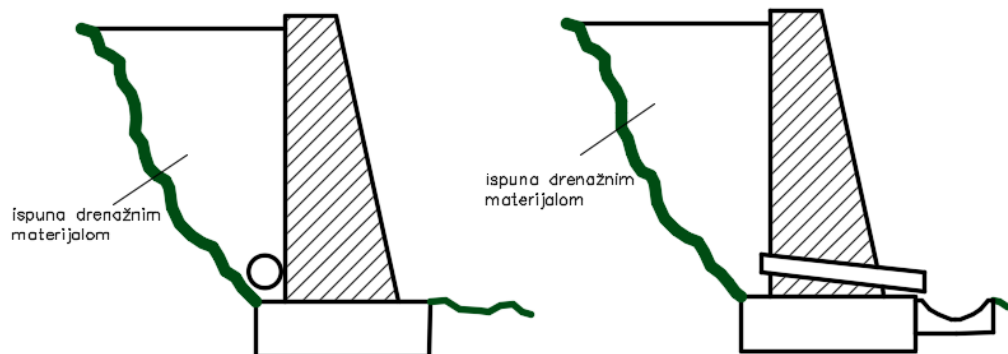
Tuneli

Voda sa površine puta u tunelu, galeriji ili pokrivenom iskopu, i voda koja se ocedi iz stenske mase moraju biti prikupljenje i odvedene izvan tunela. Oticaj se obično prikuplja u kanalima za linisko odvodnjavanje koji se postavljaju u podužnom pravcu tunela (Slika 19).

Potporni zidovi

Ispravno projektovan sistem za odvodnjavanje koji se postavlja iza zida omogućava prikupljanje procedne vode iz tla i prenos vode do mesta gde ispuštanje vode neće ugroziti objekat. Time će se izbeći pojava hidrostatičkog pritiska vode na potporni zid.

Ukoliko se potporni zid nalazi na nepropusnom tlu, sistem za odvodnjavanje može da se sastoji od drenažnog materijala ili drenažne cevi postavljene duž zida (Slika 29, levo), na najnižoj koti potpornog zida, u nasutom materijalu u kome je dreniranje slobodno (šljunak, lomljeni kamen). Minimalni prečnik cevi je 200 mm, a minimalni podužni nagib treba da bude 1 %. Na pogodnom mestu postavlja se poprečna cev kroz potporni zid, kroz koju se prikupljena voda prenosi izvan potpornog zida (Slika 29, desno).



Slika 29 Drenaža potpornih zidova

Projektovanje različitih sistema za odvodnjavanje potpornih zidova je dato u literaturi [1].

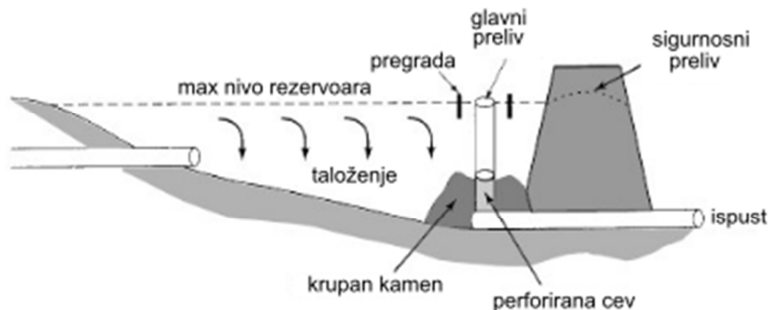
7.6 Objekti za zadržavanje vode

Principi projektovanja za objekte za zadržavanje vode su dati u poglavljima 6.1.4 i 6.2.5.

Bazeni za privremeno zadržavanje vode

Dimenzionisanje bazena za privremeno zadržavanje vode se vrši na osnovu kriterijuma prema kome izlazna građevina treba da ograniči maksimalan oticaj iz bazena na prihvatljiv protok, i kriterijuma da bazen treba da ima dovoljnu zapreminu za privremeno zadržavanje vode. Nagib kosine bazena treba da bude 3H:1V ili blaži. Dno bazena treba da ima minimalni nagib prema izlaznoj građevini od 2%. Odnos dužine i širine bazena treba da je minimalno 3. Sigurnosni preliv treba da se dimenzioniše na merodavan protok (100-godišnju veliku vodu).

Na narednoj slici je prikazan primer bazena za privremeno zadržavanje vode [6].



Slika 30 Bazen za privremeno zadržavanje vode [6]

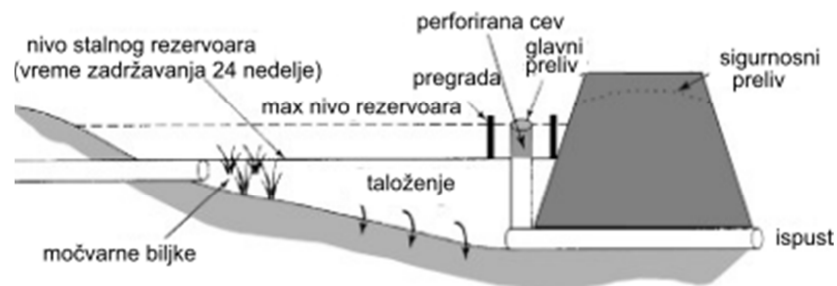
Bazeni za trajno zadržavanje vode

Bazeni za trajno zadržavanje vode (Slika 31) se projektuju sa ulaznom građevinom, izlaznom građevinom, za kontrolisano ispuštanje vode, i sigurnosnim prelivom, za ispuštanje ekstremno velikih voda.

Za razliku od suvih bazena za zadržavanje vode, koji privremeno zadržavaju vodu nakon čega se prazne, vlažni bazeni imaju konstantan nivo vode koji se određuje tako da se kroz proces sedimentacije zagađivača i njihove transformacije, uključujući vezivanje nutrijenata i drugih supstanci u akvatičnoj vegetaciji, u bazenu vrši poboljšanje kvaliteta vode. U periodu kada nema padavina voda koja se nalazi u vlažnom bazenu može da napusti basen jedino putem infiltracije ili evapotranspiracije, a u toku kišnog perioda, kroz izlaznu građevinu.

Zapremina bazena za trajno zadržavanje vode mora biti dovoljna da zadovolji uslove smanjenja maksimalnog oticaja. Zahtevana zapremina bazena se određuje proračunom transformacije ulaznog hidrograma.

Projektovanje basena za trajno zadržavanje vode i dimenzionisanje basena je dato u poglavlju 6 i literaturi [3].



Slika 31 Bazen za trajno zadržavanje vode [6]

7.7 Prečišćavanje voda

Zagađenje koje potiče sa kolovoza predstavlja potencijalnu opasnost za vodne resurse i životnu sredinu. Saobraćaj koji se odvija po putu može stalno ili povremeno da zagađi vodne resurse i životnu sredinu. Stalno zagađenje obuhvata čestice koje nastaju habanjem delova vozila, guma ili kočnica, produkte nastale usled održavanja (npr. posipanje soli po kolovozu, i dr.) i drugo. Povremeno zagađenje je uzrokovano vanrednim situacijama, kao što su curenje zagađenja usled udesa, kvara vozila i dr. Širenje zagađenja zavisi od intenziteta saobraćaja i karakteristika kolovoza.

Smatra se da je sva voda koja otiče sa konstrukcije puta zagađena. Voda koja otiče sa okolnog terena se karakteriše kao nezagađena. Oticaj sa drugih lokacija (benzinske pumpe, moteli, i dr.) ne sme biti prihvaćen sistemom za odvodnjavanje puta. Izuzetak je oticaj sa površine parkirališta koja se nalaze pored puta. Zagađen i nezagađen oticaj treba prikupljati u zasebnim sistemima.

Pri projektovanju puta mora se uraditi procena osetljivosti područja na zagađenje koja se odnosi na hidrogeološke karakteristike tla i stena u kojima se formira podzemna voda, i na karakteristiku akvifera.

U oblastima koje imaju osetljive ili delimično osetljive vodne resurse, oticaj zagađenih voda iz kanala i kolektora mora biti usmeren ka sabirnim rezervoarima ili objektima za zadržavanje

vode/retenzijama. U područjima sa veoma osetljivim vodnim resursima nije dozvoljena izgradnja rezervoara i oticaj sa kolovoza mora biti odveden izvan područja vodoizvorišta. Sabirni rezervoari i objekti za zadržavanje vode mogu se koristiti i za mehanički tretman oticaja sa kolovoza, kao što je prikazano u nastavku. Pre ulaza u objekat za zadržavanje vode poželjno je da se omogući prečišćavanje u taložniku i separatoru ulja, kako bi se objekat delimično sačuvao od taloženja grubog nanosa i od zagađenja od ulja.

Institucije koje su zadužene za upravljanje na putevima van naselja odgovorne su i za sisteme za odvodnjavanje na tim putevima, dok su u naseljima nadležne lokalne institucije odgovorne za upravljanje putevima i njihovim sistemima za odvodnjavanje.

Zaštita površinskih voda (reke, kanali, jezera) može obuhvatiti primenu različitih mera i procedura, i mora biti u skladu sa uslovima za određenu deonicu puta, dobijenim od institucija nadležnih za upravljanje vodama i zaštitu životne sredine.

Koncepcija zaštite površinskih voda se zasniva na prikupljanju i delimičnom tretmanu prvog spiranja (first flush), odnosno početnog oticaja sa nepropusne površine, s obzirom da početni oticaj sadrži najveću količinu zagađenja i da se kvalitet oticaja poboljšava nakon početnog oticaja. Početni oticaj može da se računa kao rezultat početne kiše visine 10-25 mm (10-25 litara po metru kvadratnom), uz koeficijent oticaja od 0.90 za nepropusnu površinu. Smatra se da je preostali oticaj relativno čist i da može direktno da se ispušta u recepijente preko posebnih prelivnih građevina.

Početni oticaj treba da se prečišćava u separatorima ulja u kojima se uklanjaju slobodna ulja, masti i suspendovane čestice. Ukoliko se oticaj ispušta u osetljive recepijente potrebno je dodatno prečišćavanje (lagune, filtracija), u skladu sa zahtevima koje postavlja zakonodavstvo i nadležne institucije.

Zaštita tla od zagađenja uključuje zaštitu podzemnih voda kroz zabranu ispuštanja zagađenja u podzemne vode. Ovakav pristup je potpuno opravdan s obzirom da su podzemne vode vredan resurs koji se često koristi za vodosnabdevanje, a njegovo zagađenje uvek ima dugoročne posledice.

Ukoliko se ovo primeni na sisteme za odvodnjavanje puteva, uslovi za propisani nivo vodonepropusnosti objekata za prikupljanje i prenos oticaja moraju biti zadati, u zavisnosti od karakteristika zemljišta i akvifera preko kojih prolazi trasa puta.

Kontrola kvantiteta i kvaliteta oticaja sa lokalnih puteva izvan naselja vrši se primenom više mera, uključujući:

- Obezbediti zahtevani nivo vodootpornosti površina preko kojih otiče kiša;
- Zadržavanje oticaja utiče na kvantitet oticaja, kao i na kvalitet oticaja, jer dolazi do zadržavanja vode usled čega dolazi do istaložavanja suspendovanih čestica i filtracije pre ispuštanja, ukoliko je moguće;
- Usled istaložavanja suspendovanih čestica koje su nosioci zagađenja dolazi do smanjenja zagađenja. Do istaložavanja dolazi usled smanjenja brzine vode u retenzionom prostoru;
- Filtracija i biofiltracija oticaja dovode do smanjenja zagađenja. Tlo, sloj sa agregatom, biljke ili sloj geotekstila mogu da se koriste kao filtracioni materijal.

Više informacija o projektnim principima za prečišćavanje oticaja se može naći u literaturi [3].

7.7.1 Bazeni za zadržavanje vode - retenzije

Bazeni za trajno zadržavanje vode koriste se za smanjenje vršnog protoka kišne vode pre ispuštanja u recepijente, ali mogu da se koriste i za poboljšanje kvaliteta vode. Proces istaložavanja čvrstih čestica zahteva određeno vreme zadržavanja koje određuje rad bazena.

Preporučljivo je postavljanje hvatača peska i/ili separatora ulja pre ulaza u bazen, kako bi oticaj bio delimično prečišćen pre ulaska u retenziju.

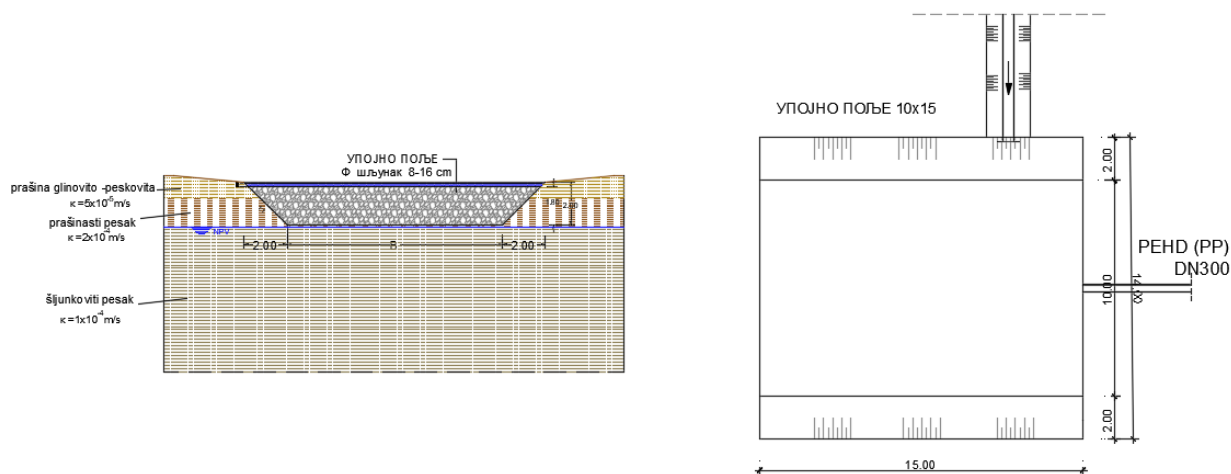
Projektni principi za dimenzionisanje retenzija su dati u poglavljima 6 i 7.6.

7.7.2 Infiltracioni bazeni i drenažni rovovi

U situacijama kada ne postoji recepijent neophodno je projektovanje infiltracionog bazena ili drenažnog rova koji će privremeno zadržati oticaj na površini i postepeno ga infiltrirati u podzemlje. Infiltracioni bazeni i drenažni rovovi su obično depresije obložene vegetacijom koje su najčešće suve, osim u kišnim periodima kada se ispune oticajem. Infiltracioni bazeni moraju imati sposobnost da se isprazne/izdreniraju u periodu između dva kišna događaja.

Prednosti upotrebe infiltracionih bazena i drenažnih rovova je višestruka: smanjenje zapremine oticaja, uklanjanje zagađivača filtracijom kroz tlo, doprinos obnavljanju podzemnih voda, jednostavan i isplativ objekat za izgradnju. Preduslov za dugoročno korišćenje sistema za infiltraciju je postojanje i nega vegetacije i slojeva tla kroz koje voda infiltrira, štiteći podzemne vode od zagađenja.

Odabir medija za infiltraciju zavisi od vrste zagađivača. Na primer, uklanjanje ulja i masti iz atmosfere vode će biti efikasnije kroz peščani filter nego kroz vegetaciju.



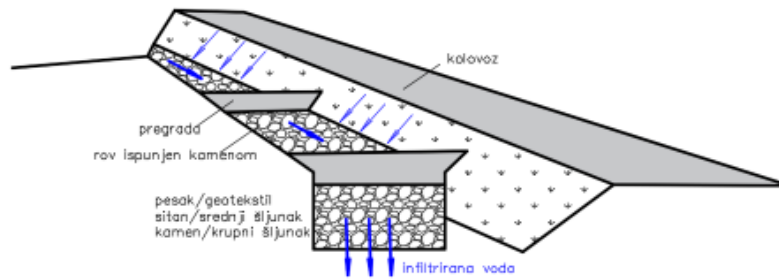
Slika 32 Infiltracioni bazen

Infiltracione bazene bi trebalo graditi na relativno ravnom terenu sa padom ne većim od 5.0 %. Infiltracione bazene ne treba graditi na nasutim terenima jer stabilnost objekta može biti ugrožena.

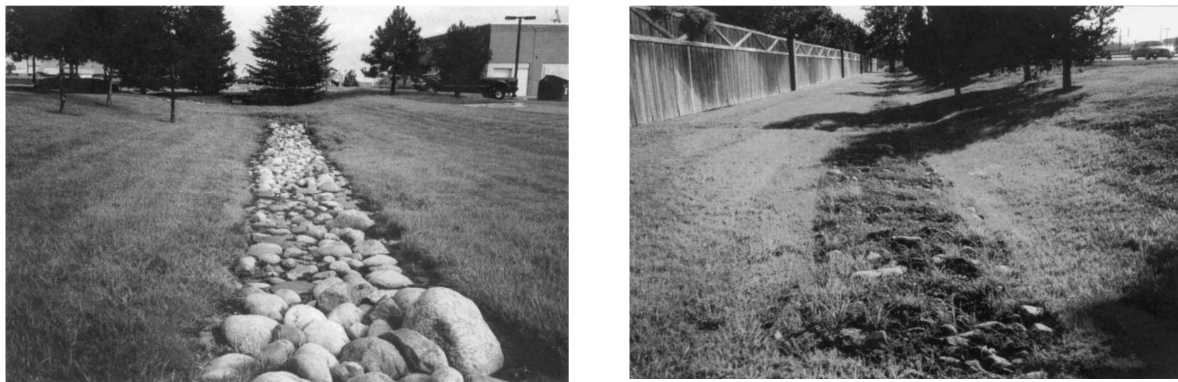
Minimalno rastojanje između dna infiltracionog bazena i površine podzemne vode je 0.2 m. Dno infiltracionog bazena treba da je što ravnije. Da bi se povećala količina infiltracije, preporučuju se plitki infiltracioni bazeni velike površine osnove, nasuprot dubokih bazena male površine osnove. Dubina infiltracionog bazena/rova treba da je minimalno 20 cm, a nagib kosina treba da se kreće od 1:1 do 1:5. Na najnižoj koti u infiltracionom bazenu treba postaviti dodatnu drenažu (drenažni bunar, materijal visoke vodopropustljivost, npr. pesak, drenažne cevi).

Infiltracioni bazeni su veoma osetljivi na kolmiranje, odnosno zapušavanje šupljina u tlu usled istaložavanja suspendovanih čestica, pa je neophodno primeniti mere za sprečavanje istaložavanja sedimenta (filterske trake od trave, taložnik na ulazu, i dr.) .

Debljina gornjeg sloja tla treba da je najmanje 20 cm. Koeficijent infiltracije zavisi od vrste tla i sadržaja gline. Grubo gledano, ukoliko tlo sadrži 25% gline, ono nije pogodno za infiltraciju.



Slika 33 Infiltracija kroz drenažni rov



Slika 34 Drenažni rov u urbanoj sredini (levo) i duž autoputa (desno)

Uklanjanje zagađujućih materija u infiltracionim poljima je moguće za slivne površine do 4 ha.

Izgradnja infiltracionih bazena nije dozvoljena u oblastima u kojima kvalitet podzemnih voda i vodnih resursa može biti ugrožen. Monitoring nivoa i kvaliteta podzemne vode bi trebalo vršiti na piježometrima postavljenim u blizini bazena, tako da se negativne promene u podzemnim vodama, ukoliko postoje, mogu blagovremeno uočiti.

7.7.3 Objekti za taloženje

Usled kvarova vozila ili nezgoda na kolovozu može doći do curenja goriva ili motornih ulja koje može, samo ili zajedno za atmosferskom vodom, dospeti do sistema za odvodnjavanje puta. Gorivo i ulja su zagađivači i njihovo ispuštanje u životnu sredinu treba minimizirati ili eliminisati.

U cilju sprečavanja zagađenja životne sredine, različiti objekti mogu da se koriste, kao zasebni objekti ili u kombinaciji, ponekad zajedno sa bazenima za zadržavanje vode/retenzijama:

- taložnice za uklanjanje suspendovanih materija (zajedno sa njima i većina teških metala i drugih zagađivača);
- separatori ulja za uklanjanje nerastvorljivih materija lakših od vode (različiti laki ugljovodonici, masti i ulja).

Projektne principi dimenzionisanja objekata za taloženje su dati u poglavlju 6.2.6.

Pri projektovanju taložnice treba voditi računa o mogućnosti pristupa taložnici i uklanjanja mulja i otpada koji se zadržava u taložnici.

Separatori ulja

Dodatno taloženje se postiže postavljanjem hvatača peska pre ulaza u separator. Hvatač peska se pravi u vidu šahta u kome se zadržava grubi materijal, pesak, mulj i ostale zagađujuće materije koje mogu prouzrokovati habanje ili zapušavanje separatora i ostalih nizvodnih objekata za prečišćavanje atmosferskih voda. Odvojeni materijal treba periodično uklanjati i odlagati, u skladu sa lokalnom regulativom.

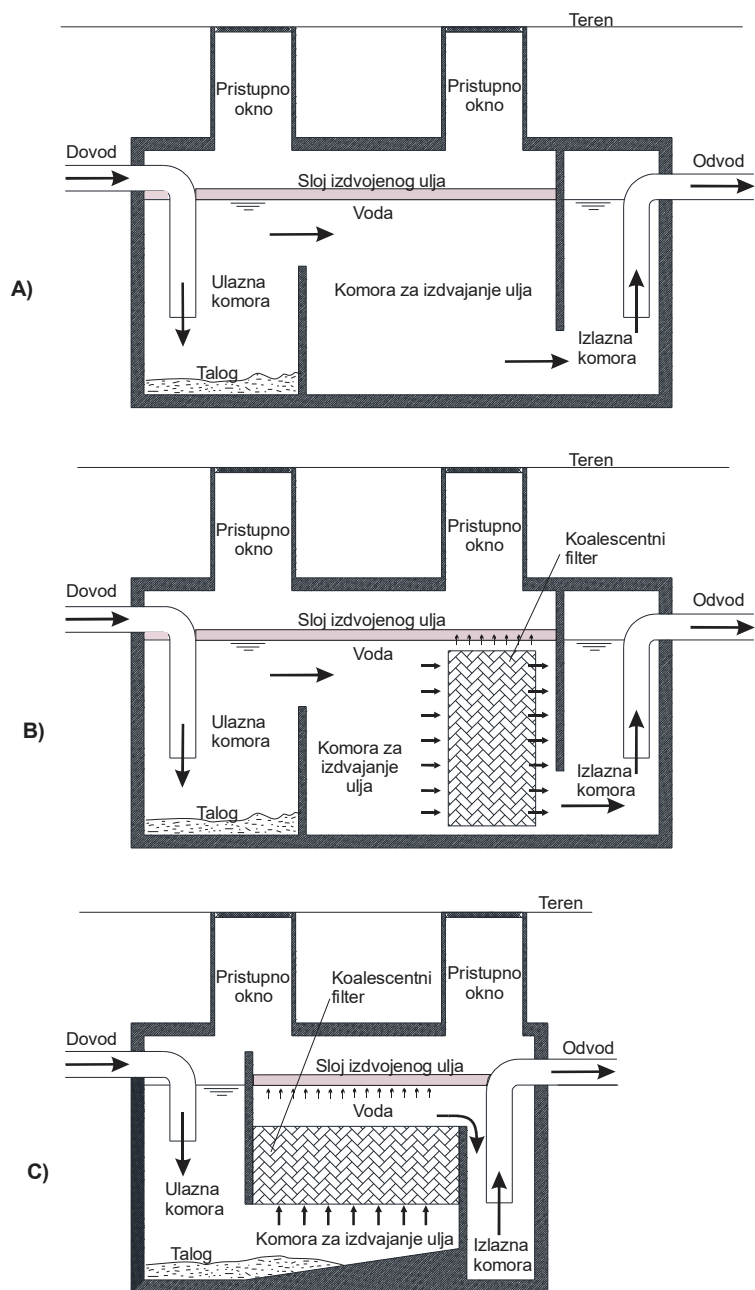
Pri odabiru separatora, pored zahteva koji se odnose na kapacitet i efikasnost uklanjanja ulja, treba obratiti pažnju na uslove za postavljanje separatora i obezbeđivanje jednostavnog pristupa pri održavanju i čišćenju. Na izlazu iz separatora, ili neposredno nizvodno od izlaza, treba obezbediti mesto za uzorkovanje vode koja izlazi iz separatora.

Separatori se postavljaju ispod nivoa tla na koti koja neće uzrokovati pojavu uspora u uzvodnim deonicama, niti potapanje usled visokog nivoa vode u recepijentu.

Primeri različitih rešenja za separatore su dati na sledećoj slici. Na slici A je prilazan standardni separator, dok su na slikama B i C prikazani separatori sa koalescentnim filterima (preuzeto iz reference [3]).

Separatori ulja moraju da zadovolje zahteve standarda EN858. Prema EU standardu EN858, postoje dve klase separatora – klasa I, koja prečišćava oticaj do koncentracija goriva/ulja 5 mg/L, i klasa II, koja u prečišćenoj vodi treba da dostigne koncentraciju goriva/ulja od 100 mg/L. Odabir klase separatora zavisi od lokalnih uslova i zahteva nadležnih institucija.

Više informacija o projektovanju separatora ulja se može naći u literaturi [3].



Slika 35 Tipični separatori ulja: A) standardni separator sa tri komore, B) i C) separatori sa tri komore i koalescentnim filtrima, izmenjeno od [3]

Primeri projektovanih separatora ulja su dati u Prilozima.

8 OZELENJAVANJE SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE

Sistemi za odvodnjavanje treba da se uklope u prirodno okruženje sa vegetacijom koja je karakteristična za oblast u kojoj se nalazi put. Biljke, zajedno sa slojem zemlje, doprinose stabilizaciji tla, smanjuju rizik od erozije i utiču na poboljšanje kvaliteta oticaja. Odabir biljaka zavisi od potencijalne interakcije sa vodom, odnosno da li će biljke biti konstantno ili samo povremeno pod vodom, ili će biti iznad promenljivog nivoa vode.

Područja koja su namenjena za infiltraciju (infiltraciona bazeni, rovovi) treba odmah ozeleneti sa vrstama karakterističnim za dato područje. Ukoliko postoji potencijal za eroziju, treba koristiti posebne mešavine semenskih biljaka, kao i busene, prostirke za semena ili gotove travnjake.

Pejzaž sistema za odvodnjavanje treba projektovati tako da zahteva minimalno održavanje.

9 ODVODNJAVANJE PUTEVA U TOKU IZGRADNJE

Za svaku fazu projektovanja primenjuju se principi koji važe za odvodnjavanje puteva. U toku izgradnje neophodno je primeniti drenažne mere kako bi se izbegla oštećenja u toku građenja. Optimalno ekonomsko rešenje je da se u toku izgradnje, ako je to moguće, primene projektovana rešenja za odvodnjavanje gotovog puta (za završeni/izgrađeni objekat).

Oticaj sa okolnog terena, koji teče prema gradilištu puta treba da se prikupi u otvorenim kanalima pre gradilišta i da se odvede izvan područja gradilišta. Da bi se ovo postiglo neophodno je da se sistem za odvodnjavanje izgradi pre početka radova. U tlu koje je osetljivo po pitanju erozije, obavezno treba obezbediti podužnu drenažu obloženim kanalima ili cevovodima. Projektovanje objekata sistema za odvodnjavanje treba da je u skladu sa poglavljem 6.

Posebnu pažnju treba obratiti ukoliko se očekuje da oticaj bude zagađen i u skladu sa tim moraju se primeniti adekvatne mere, uključujući taložnike, kao što je objašnjeno u poglavlju 7.

10 MERE PREDOSTROŽNOSTI

Ukoliko se objekti za zadržavanje vode nalaze u blizini puta, neophodno je primeniti mere kojima se sprečava pad motornih vozila i pešaka.

Ukoliko je dubina vode u objektu za zadržavanje vode manja od 1.3 m, i nagibi kosine 1:2 ili blaži, nije potrebno obezbediti pomagala za izlaz iz objekta (rukohvati, stepenice). Kod objekata sa strmijim kosinama moraju se postaviti pomagala za izlaz iz objekta. Ukoliko su kosine obložene, za manje nagibe od 1:5 nije potrebno postavljati pomagala za izlaz iz objekta.

Ukoliko je dubina vode u objektu veća od 1.3 m, pomagala za izlazak iz objekta se moraju postavljati na maksimalnom rastojanju od 15 m.

11 ODRŽAVANJE

Održavanje puteva mora biti u skladu sa Pravilnikom o radovima na redovnom održavanju javnih puteva.

Ovim pravilnikom se uređuju vrste radova, tehnički uslovi i način izvođenja radova na redovnom održavanju javnih puteva. Što se tiče sistema za odvodnjavanje puteva, redovno održavanje obuhvata čišćenje i održavanje jarkova, rigola, propusta i ostalih delova sistema za odvodnjavanje, i zamenu deformisanih, dotrajalih ili privremenih propusta.

Pregledi

Stanje javnih puteva se utvrđuje pregledima koji se realizuju redovno, sezonski, sistematski i vanredno. Redovni pregledi se obavljaju najmanje dva puta nedeljno (na državnim putevima IB), minimum jednom nedeljno (na državnim putevima IIA), minimum dva puta mesečno (na državnim putevima IIB) i jednom mesečno na ostalim putevima. Sezonski pregledi se obavljaju minimum dva puta godišnje, u proleće i jesen, u cilju procene stanja i funkcionalnosti elemenata puta, uključujući i sistem za odvodnjavanje. Sistematski pregledi se obavljaju ukoliko je na redovnim pregledima uočeno oštećenje koje može da ugrozi nosivost i funkcionalnost određenog elementa puta. Vanredni pregledi se obavljaju nakon vanrednih događaja, kao što su prirodne katastrofe (zemljotresi, poplave, klizišta, pojava velikog leda na rekama, lavine, osuline, i dr.).

Regularan pregled tunela obuhvata funkcionalnost površinskog i podzemnog sistema za odvodnjavanje, sezonski pregled se obavlja nakon letnjeg i zimskog perioda i obuhvata zapisivanje pojave vode u tunelu ili galeriji i pregled revizionih silaza. Sistemi za odvodnjavanje u tunelima se sistematski pregledaju minimalno jednom u pet godina. Poseban pregled tunela se obavlja specijalnim instrumentima svakih deset godina i tada se kontroliše stanje konstrukcije tunela. Vanredni pregledi tunela i galerija se obavljaju u slučaju prirodnih katastrofa (zemljotresi, poplave, požari, i dr.), nedopustivo visoke koncentracije izduvnih gasova i ozbiljnih oštećenja na tunelskom preduseku ili objekata u preduseku.

Sistemi za odvodnjavanje na mostovima se pregledaju redovno, sezonski (minimalno dva puta godišnje i nakon zimske sezone), sistematski (minimalno jednom u pet godina) i glavni pregled se obavlja minimalno jednom u pet godina. Vanredni pregledi se obavljaju nakon vanrednih događaja koji mogu narušiti nosivost i funkcionalnost mosta, kao što su prirodne katastrofe (zemljotresi, klizišta, poplave, obilne padavine, oluje i drugo), ozbiljna oštećenja od udara vozila ili plovila, požara, eksplozije, i dr. , posle prelaska izuzetnih tereta preko mosta (prekoračenje dozvoljenih opterećenja ili gabarita vozila) i iznenadnog oštećenja mosta ili pojedinačnih elemenata.

Održavanje objekata za odvodnjavanje, koruba/brzotok, bankina, mostova, tunela i galerija

Objekti za odvodnjavanje se održavaju da bi se očuvala njihova funkcionalnost. Radovi na održavanju objekata za odvodnjavanje mogu da obuhvate sledeće:

a) Održavanje objekata za odvodnjavanje površinskih voda: otvoreni kanali, rigoli, korube i kanali, sa betonskom ili kamenom oblogom, i propusti:

- Održavanje otvorenih kanala se obavlja tako da niveleta kanala uvek bude niža od najniže kote posteljice puta za 20 cm i da podužni nagib omogućuje odvođenje vode gravitacijom;
- Poprečni presek otvorenog kanal mora imati površinu predviđenu projektom ili površinu koja omogućava normalan prijem i gravitacioni odvod površinskih voda;
- Popravku oštećenih delova kanala i brzotoka/koruba sa betonskom oblogom;

- Održavanje betonskih ili kamenih propusta uklanjanjem nanosa koji ometa normalan tok površinskih voda kroz propust i popravljanjem oštećenih delova. Održavanje obuhvata čišćenje ulaza i izlaza iz propusta, i popravku oštećenih delova, ukoliko postoje.

- Održavanje rigola obuhvata rigole od lomljenog kamena, betona i asfalta, i obavlja se kako bi se obezbedila nosivost na pritisak od točkova kamiona i omogućilo odvodnjavanje površinske vode sa puta i kosine useka.

- Održavanje bankina obuhvata održavanje zatravljenih bankina, bankina od stabilizovanog tla (mehanički stabilizovane, stabilizovane bitumenom i stabilizovane cementom), betonskih bankina i bankina od lomljenog kamena. Bankine moraju uvek biti sposobne da podnesu pritisak od točkova kamiona, ne smeju da budu više od površine kolovoza i moraju da imaju poprečni nagib dovoljan za gravitaciono odovođenje vode sa kolovoza. Vegetacija na bankinama se održava tako da ima odgovarajuću visinu kojom se ne ugrožava vidljivost signalizacije i opreme.

b) Održavanje podzemnih sistema za odvodnjavanje: sve vrste cevi, revizionih silaza, komora za prihvatanje oticaja, i dr.

Ispiranje drenažnih i ostalih zatvorenih sistema za odvodnjavanje se obavlja dva puta godišnje (u proleće i jesen).

c) Redovno održavanje mostova obuhvata čišćenje i/ili opravku slivnika i drenažnih cevi.

d) Redovno održavanje tunela i galerija obuhvata čišćenje drenažnih kanala u tunelu.

Održavanje separatora

Separatori se moraju redovno pregledati i održavati. Redovno uklanjanje izdvojenih lakih tečnosti i nanosa i njihovo konačno prečišćavanje i odlaganje moraju biti obavljeni pažljivo i na propisan način, kako životna sredina ne bi bil ugrožena.

Održavanje uređenih drenažnih sistema: objekti za zadržavanje vode, infiltraciona bazeni, drenažni rovovi, i dr.

Treba redovno održavati zelene površine, kao što je plevljenje korova, košenje i rezanje vegetacije.

Redovan pregled površina koje su pokrivene biljkama se radi nekoliko puta godišnje, uključujući i pregled objekata koji su integralni deo sistema za odvodnjavanje.

U slučaju potrebe treba ukloniti nečistoće sa površine, ukloniti nanos, zameniti začepljen filterski materija., i dr.

Briga o biljkama mora biti redovna. Prilikom održavanja površina pod vegetacijom ne sme se oštetiti biljna populacija. Na površinama obuhvaćenim sistemima za odvodnjavanje nije dozvoljena upotreba herbicida.

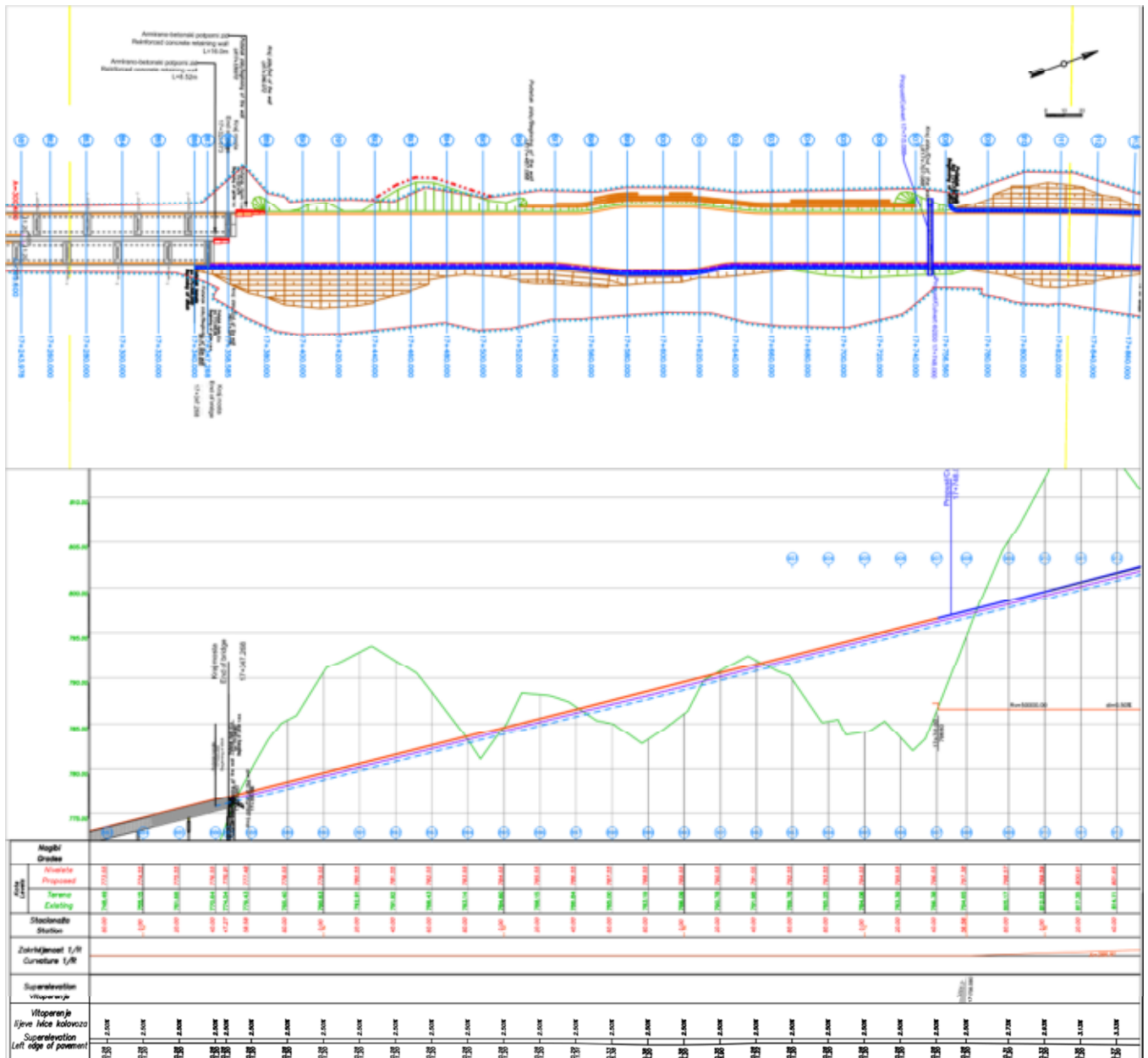
Dodatni pregledi i održavanje sistema za odvodnjavanje puteva mogu biti propisani u skladu sa važećom zakonskom regulativom i tehničkim standardima koje obuhvataju adaptaciju na klimatske promene.

12 REFERENCE

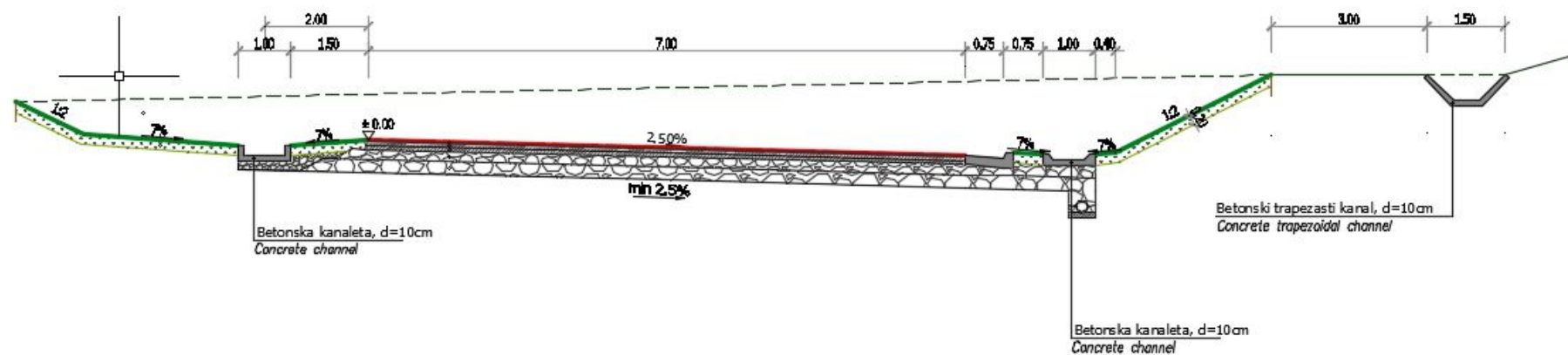
- [1] PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI (2012) Republika Srbija, Projekat rehabilitacije transporta
- [2] RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON STRAßEN, RAS, TEIL: ENTWÄSSERUNG RAS-EW, MIT „RAS-EW-BEMESSUNGSHILFEN“ (2005) Forschungsgesellschaft für strassen - und verkehrswesen, Arbeitsgruppe erd - und grundbau
- [3] Djukić, A., Stanić, M., Plavšić, J., Despotović, J. (2022) ODVODNJAVANJE PUTEVA, Univerzitet u Beogradu-Građevinski fakultet i Međunarodni centar za istraživanje i obuku u oblasti urbanog odvodnjavanja IRTCUD
- [4] GRAĐEVINE U KANALIZACIJI – uslovi za projektovanje, hidraulički proračuni uputstva za konstruisanje Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo (2001)
- [5] PRAVILNIK O RADOVIMA NA REDOVNOM ODRŽAVANJU JAVNIH PUTEVA, Službeni glasnik RS, br.15 od 24.februara 2020.
- [6] Mays, W. L. (2004) STORMWATER COLLECTION SYSTEMS DESIGN HANDBOOK, McGraw-Hill
- [7] Despotović, J. (2009) KANALISANJE KIŠNIH VODA, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
- [8] Kapor, R. (2008) HIDRAULIKA, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
- [9] Plavšić, J. (2019) INŽENJERSKA HIDROLOGIJA, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

13 Prilozi

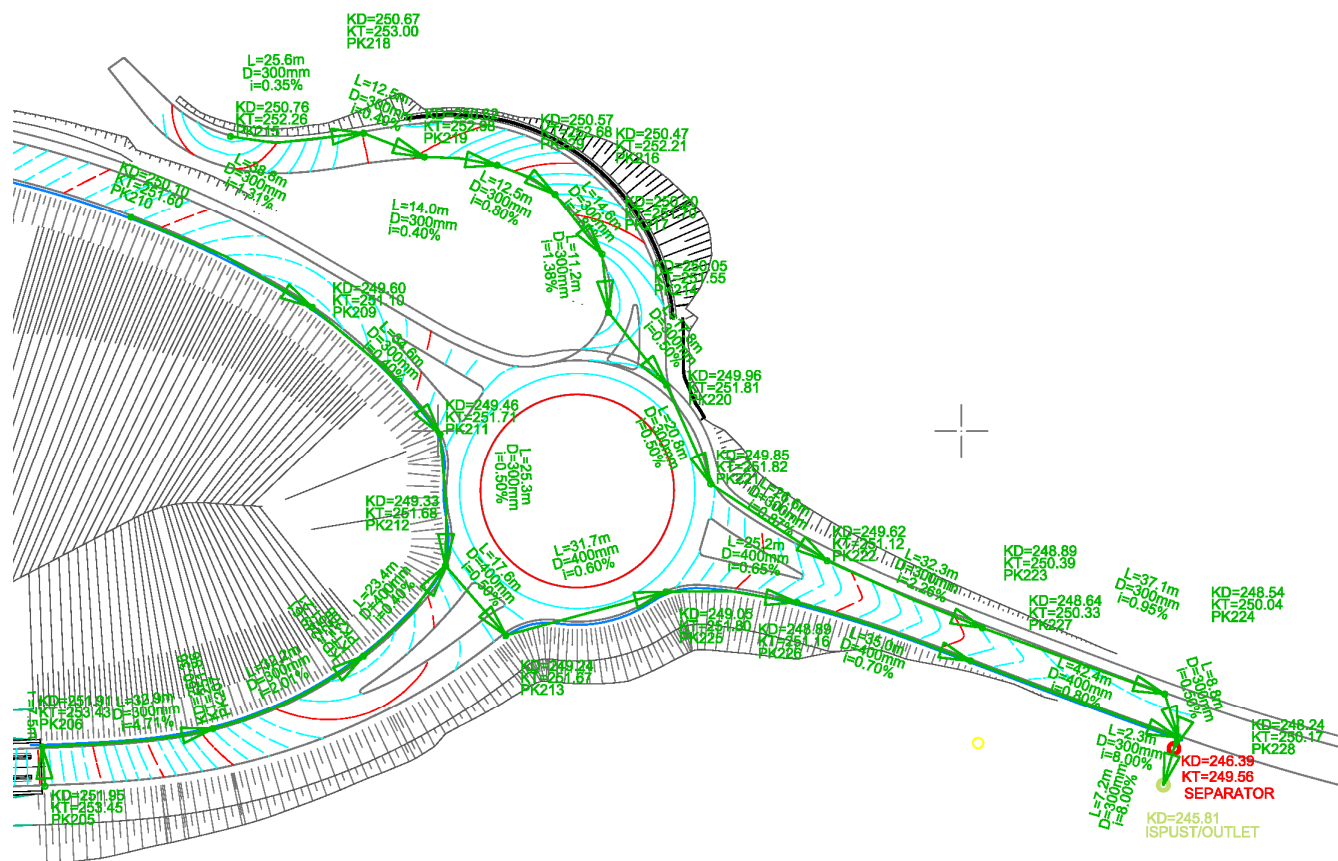
13.1 Sistem za odvodnjavanje – situacija i podužni profil



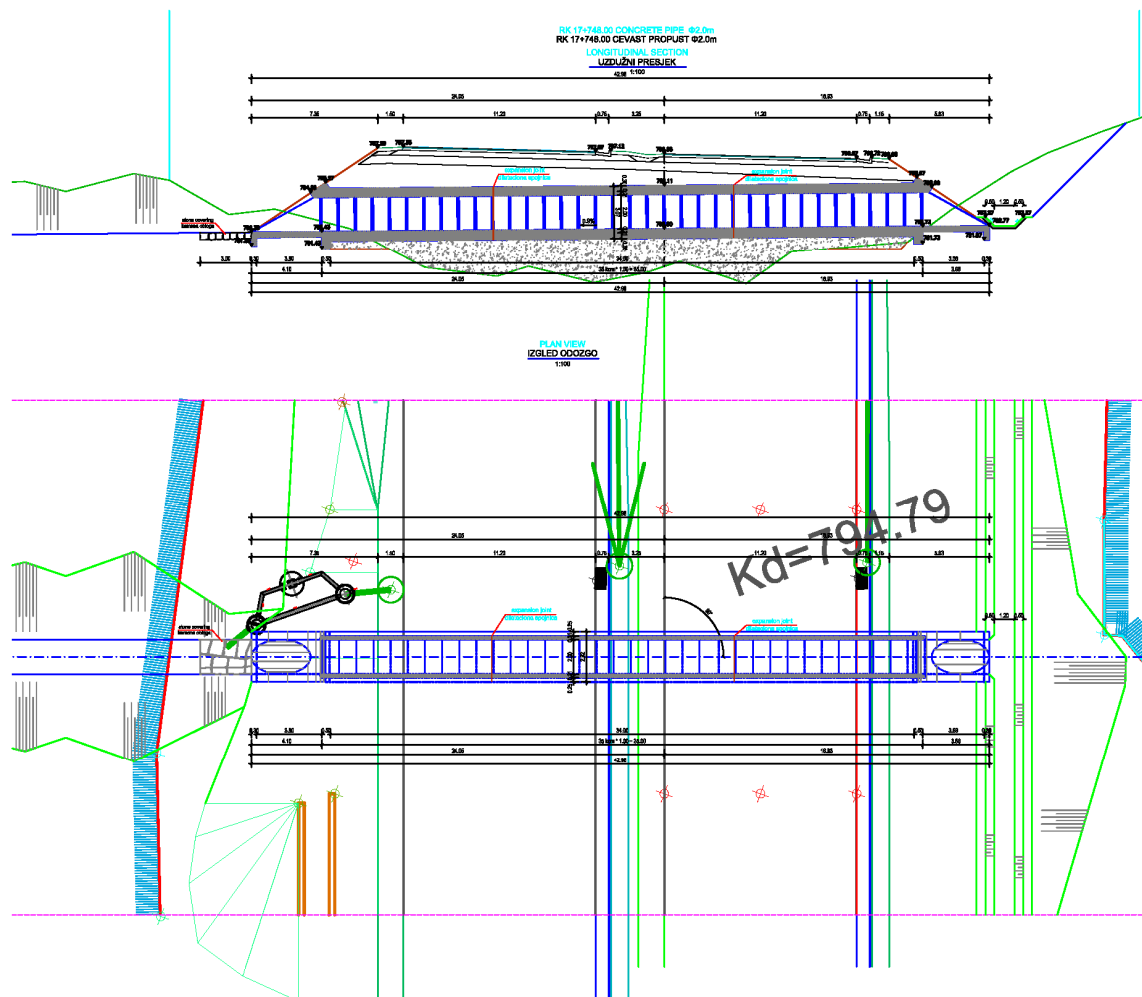
13.2 Poprečni presek puta sa sistemom za odvodnjavanje



13.3 Odvodnjavanje raskrsnice (kružnog toka)



13.4 Propust



13.5 Separator ulja

