Väylävirasto juhendid
93/2023

Väylävirasto
Trafikledsverket

TEEDE JA RAUDTEEDE KUIVENDUSE PROJEKTEERIMINE



Algdokument on allkirjastatud Väylävirasto elektroonilise allkirjastamise teenuses. Allkirjastatud juhendi saab vajaduse korral aadressilt kirjaamo(at)vayla.fi.

Väylävirasto
Trafikledsverket

Juhend

21.11.2023 VÄYLÄ/6583/06.04.01/2023

Saaja	Asendab
ELY-keskused, Väylävirasto	Teede ja raudteede kuivenduse projekteerimine (Liikennevirasto juhendid 5/2013)
Õiguslik alus	Kehtivus
Väylävirasto seaduse § 2 lõige 1	Alates 1.12.2023 tähtajatult
Taristu liik	Kohaldamisala
raudteed, teed	projekteerimine
Märksõnad	Kasutajarühmad
kuivendus, truubid, sademevesi	projekteerijad

TEEDE JA RAUDTEEDE KUIVENDUSE PROJEKTEERIMINE

Juhendit kasutatakse teede ja raudteede kuivenduse projekteerimisel ning liiklusteede vahetusse lähedusse rajatavate uute alade mõju hindamisel maanteede ja raudteede kuivendussüsteemile. Juhendit võib kasutada kvaliteedinõudena ka projekteerimist hõlmavas töövõtus. Kuivendustarvikute kvaliteedinõudeid juhend ei sisalda; need on esitatud InfraRYLi jaotises 14300 „Kuivendusrajatised“.

Tehnika- ja keskkonnaosakonna juhataja	Minna Torkkeli
Maanteeliikluse direktor	Jarmo Joutsensaari
Raudteeliikluse direktor	Jukka Ronni
Üksuse juhataja	Sami Petäjä

Juhend on osa Väylävirasto teehoiu ja raudteetegevuse ohutusjuhtimissüsteemist.

Juhendi kohta saab anda tagasisidet kontaktisikule (etunimi.sukunimi@vayla.fi) või Väylävirasto tehniliste ja ohutusjuhendite tagasisidekanali kaudu (teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi).

Dokumendi sisu ei ole kõigis osades ligipääsetav.

Kaanefoto: Terhi Renko

LISATEAVE
Petäjä Sami
Väylävirasto
Postkast 33, 00521 Helsingi
Opastinsilta 12 A, 00520 Helsingi
Telefon 0295 34 3000
Faks 0295 34 3700
www.vayla.fi
etunimi.sukunimi@vayla.fi
kirjaamo@vayla.fi

Eessõna

Väljaanne esitab Väylävirasto juhised ja tavad teede ning raudteede kuivenduse projekteerimiseks. Juhend on mõeldud projekteerimiseks ja projektide kontrollimiseks.

Juhend asendab Liikennevirasto väljaande 5/2013 „Teede ja raudteede kuivenduse projekteerimine“. Juhendisse on lisatud täiesti uus 8. peatükk „Raudteemaa“, mis käsitleb valdavat osa raudtee kuivenduse projekteerimise eripäradest. Mõlemale taristuliigile kohaldatavad juhised on säilitatud peatükkides 1, 2, 3 ja 5 ning osaliselt peatükis 4.

Helsingis novembris 2023

Väylävirasto
Tehnika ja keskkond

Versiooniajalugu

Kuupäev	Versioon	Muudatused
1.12.2023	VO 93/2023	
18.1.2024	VO 93/2023 v2	Punktide 5.8 ja 5.8.2 pealkirjadesse lisatud sõna „looduslike“.

Sisukord

MÕISTED ... 8

1 ÜLDIST ... 10
1.1 TEE JA RAUDTEE KUIVENDUSE EESMÄRGID JA MEETODID ... 10
1.2 TEE JA RAUDTEE KUIVENDUSE PROJEKTEERIMISE JA KORRASHOIU JUHENDID ... 10
1.3 KUIVENDUSE PROJEKTEERIMINE ERI PROJEKTEERIMISETAPPIDES ... 11
1.3.1 ÜLDIST ... 11
1.3.2 PROJEKTEERIMISE LÄHTEALUSED ... 11
1.3.3 EELUURING ... 11
1.3.4 ÜLDPROJEKT ... 11
1.3.5 TEE- VÕI RAUDTEEPROJEKT ... 11
1.3.6 EHITUSPROJEKT ... 12
1.3.7 PIIRKONDLIK KAVANDAMINE ... 12
1.3.8 OLUDE JA RISKIDE TUVASTAMINE ... 12
1.4 ÕIGUSAKTIDE MÕJU KUIVENDUSE PROJEKTEERIMISELE JA KORRASHOIULE ... 13
1.4.1 PEAMISED ÕIGUSAKTID ... 13
1.4.2 HOONESTATUD JA RAJATISTEGA ALA SADEMEVESI ... 13
1.4.3 MUUD VEED ... 14
1.4.4 ÄRAVOOLUKRAAVIDE EHITAMINE JA KORRASHOID ... 14
1.4.5 KOPRAPAISU LAMMUTAMINE TEE- JA RAUDTEEHOIUL ... 15
1.4.6 KUIVENDUSEKS VAJALIKUD LOAD ... 15
1.5 KOOSTÖÖ TEISTE MAAKASUTUSE OSALISTEGA ... 16

2 SADEMEVEE KÄITLEMINE ... 18
2.1 PÕHIALUSED ... 18
2.2 SADEMEVEE KÄITLEMISE VAJADUSE HINDAMINE ... 18
2.2.1 ÜLEUJUTUSTIPPUDE KVALITEEDI JA KOGUSE JUHTIMINE ... 18
2.2.2 KAHEKIHILINE KRAAV ... 19
2.2.3 BIOFILTRATSIOONIALA ... 20
2.2.4 VIIVITUS- JA SETTEBASSEINID ... 21
2.2.5 MEETMED PÕHJAVEEALADEL ... 22
2.2.6 IMMUTUSMEETODI KASUTAMINE ... 23
2.3 ÜLEUJUTUSRISKI JUHTIMINE ... 23

3 KUIVENDUSRAJATISTE DIMENSIONEERIMISE ALUSED ... 25
3.1 ARVUTUSLIK VOOLUHULK ... 25
3.2 VALGALA SUURUSE MÄÄRAMINE ... 25
3.3 ARVUTUSLIKU VOOLUHULGA ARVUTUSVIIS 1: PADUVIHM ... 26
3.3.1 ARVUTUSVALEM ... 26
3.3.2 ÄRAVOOLUTEGURI Ψ MÄÄRAMINE ... 26
3.3.3 ARVUTUSSAJU INTENSIIVSUSE MÄÄRAMINE ... 27
3.3.4 ARVUTUSSAJU KESTUS ... 28
3.3.5 ARVUTUSLIKU VOOLUHULGA KORDUVUS ... 29
3.4 ARVUTUSVIIS 2: LUMESULAMISE VOOLUHULK ... 31
3.4.1 ARVUTUSVALEM ... 31
3.4.2 KEVADISE MAKSIMAALSE ÄRAVOOLUMOODULI HQ MÄÄRAMINE ... 32
3.4.3 JÄRVEDE, METSAKUIVENDUSE JA PÕLLUMAA OSAKAALU TEGURID ... 33
3.5 KOGEMUSPÕHINE DIMENSIONEERIMINE ... 34

4 PINDKUIVENDUSE PROJEKTEERIMINE ... 36
4.1 ÜLDIST TEEMAAL ... 36
4.2 AVATUD VOOLUSÄNGI DIMENSIONEERIMINE ... 36
4.2.1 AVATUD VOOLUSÄNGI HÜDRAULILINE DIMENSIONEERIMINE ... 36
4.3 TEE PINNAKALLETE KUJUNDAMINE ... 38

4.3.1 SÕIDUTEE JA TEEPEENRA KALDED ... 38
4.3.2 RISTMIKE KALLETE KUJUNDAMINE ... 39
4.3.3 JALG- JA JALGRATTATEED ... 40
4.3.4 ERALDUSRIBAD JA TEEDEVAHELISED ALAD ... 42
4.3.5 LIIKLUSTEE KASUTAJAID TEENINDAVAD ALAD ... 46
4.4 SILDADEGA SEOTUD KUIVENDUS ... 47
4.4.1 ÜLDIST ... 47
4.4.2 SILLAKOHTADE UURINGUD ... 47
4.4.3 PEALESÕIDUMULDKEHA JA SILLA ÜHINE KUIVENDUS ... 48
4.4.4 SILLAALUNE TEE ... 48
4.5 TEE KÜLG-, SÜVENDI- JA ÄRAVOOLUKRAAVID ... 50
4.5.1 ÜLDIST ... 50
4.5.2 KÜLGKRAAVI VAJADUS ... 51
4.5.3 KÜLG- JA ÄÄREKRAAVI ASUKOHT ... 51
4.5.4 KÜLGKRAAVI SÜGAVUS ... 52
4.5.5 KÜLGKRAAVI KUJU ... 52
4.5.6 KÜLGKRAAVI PIKIKALLE ... 52
4.5.7 ÄRAVOOLUKRAAVID ... 52
4.5.8 NÕLVAPEALSED KRAAVID ... 53
4.6 EROSIOONIKAITSE ... 54
4.6.1 EROSIOONIKAITSE VAJADUSE MÄÄRAMINE ... 54
4.6.2 EROSIOONIKAITSE PROJEKTEERIMINE ... 55
4.6.3 MULLETE PINDKUIVENDUS ... 56
4.6.4 RENNID ... 56
4.7 SADEMEVEEKANALISATSIOON ... 56
4.7.1 ÜLDIST ... 56
4.7.2 KASUTUSKOHAD ... 56
4.7.3 KAEVUDE JA KANALISATSIOONITORUDE ASUKOHT ... 57
4.7.4 SADEMEVEEKAEVUD ... 58
4.7.5 SADEMEVEEKANALISATSIOONI DIMENSIONEERIMINE ... 59
4.7.6 SADEMEVEEKANALISATSIOONI PAIGALDUSSÜGAVUS ... 61
4.7.7 SADEMEVEEKANALISATSIOONI MATERJALI VALIK ... 62
4.8 PUMPLAD ... 62
4.8.1 ÜLDIST ... 62
4.8.2 DIMENSIONEERIMINE ... 62
4.8.3 PAIGUTAMINE ... 63
4.8.4 PUMPLA VARUSTUSE MIINIMUMNÕUDED ... 63

5 TRUUBID ... 65
5.1 ÜLDIST ... 65
5.2 TRUUPIDE VAJADUS JA ASUKOHT ... 65
5.3 TRUUPIDE PIKKUS JA KONSTRUKTSIOON ... 68
5.3.1 PIKKUS JA OTSAKALDED ... 68
5.3.2 KORROSIOONIOLUD ... 69
5.4 TRUUBI DIMENSIONEERIMINE JA KÕRGUS ... 70
5.4.1 DIMENSIONEERIMISE EESMÄRGID ... 70
5.4.2 TRUUBI PÕHJA KÕRGUSE MÄÄRAMINE ... 70
5.4.3 TRUUBI PIKIKALDE MÄÄRAMINE ... 71
5.4.4 TRUUPIDE VÄHIM SUURUS ... 72
5.4.5 TRUUBIAVA SUURUSE MÄÄRAMINE ... 73
5.4.6 ARVUTUSLIK PAISUTUS JA TRUUBI PÕHJUSTATUD PAISUTUSE MÄÄRAMINE ... 74
5.5 TRUUBILOENDID JA TORUMATERJALID ... 76
5.5.1 HANKEMENETLUS ... 76
5.5.2 TRUUBILOEND ... 76
5.6 OLEMASOLEVA TRUUBI UUENDAMINE ... 81
5.7 VÄIKESTE VEEKOGUSILDADE DIMENSIONEERIMINE ... 81
5.8 LOODUSLIKE LOOMADE ARVESTAMINE TRUUPIDE ASUKOHA JA AVA SUURUSE MÄÄRAMISEL ... 88

5.8.1 ÜLDIST ... 88
5.8.2 LOODUSLIKE LOOMADE LÄBIPÄÄSUD ÜLE LIIKLUSTEE MAA-ALA ... 89

6 TEE SÜGAVKUIVENDUSE PROJEKTEERIMINE ... 90
6.1 ÜLDIST ... 90
6.2 NÕRGVESI ... 90
6.2.1 ÜLDIST ... 90
6.2.2 KÜLGKRAAVI JA DREENI SÜGAVUS ... 91
6.3 PÕHJAVESI ... 93
6.4 KRAAVITÜÜBI VALIK ... 95
6.5 TORU- JA FILTERDREENID ... 96
6.5.1 TORU- JA FILTERDREENI KONSTRUKTSIOON ... 96
6.5.2 DREENI ASUKOHT ... 96
6.5.3 VÄLJAVOOLUTORUD JA KAEVUD ... 98
6.5.4 JÄÄUMMISTUSTE VÄLTIMINE ... 98
6.5.5 RAUASADEME UMMISTUSTE VÄLTIMINE ... 99
6.5.6 PÕLLUMAJANDUSDRENAAŽI ÜMBERKORRALDAMINE ... 99
6.5.7 DRENAAŽIKAEVUDE JA DREENIDE MATERJALI VALIK ... 100

7 LUME JA KÜLMUNUD PINNASE MÕJU TEE KUIVENDUSE TOIMIMISELE ... 101
7.1 ÜLDIST ... 101
7.1.1 PINNASE KÜLMUMISE MÕJU KUIVENDUSTORUDE SÜGAVUSELE ... 102
7.2 TRUUPIDE LAHTIHOIDMINE SULAMISAJAL ... 102

8 RAUDTEEALAD ... 103
8.1 RAUDTEEKONSTRUKTSIOONI KUIVENDUS ... 103
8.1.1 KUIVENDUSSÜGAVUS ... 103
8.1.2 RAUDTEE SADEMEVEE KÄITLUS ... 104
8.1.3 KUIVENDUSRAJATISED ... 104
8.1.4 KAABLITRASSID JA -KAEVUD ... 107
8.1.5 VASTUMULDKEHA ALAD ... 107
8.2 ALADE KUIVENDUS ... 108
8.2.1 JAAMATEEDE KUIVENDUS ... 108
8.2.2 PERROONID ... 108
8.2.3 PUIDU LAADIMISALADE KUIVENDUS ... 109
8.3 RAUDTEE KUIVENDUSE PARANDAMINE ... 110
8.4 REKONSTRUEERITAVA RAUDTEE KUIVENDUS ... 110

9 KÕRVALALADE MAAKASUTUSE SEIRE JA ARVAMUSED PLANEERINGUTE KOHTA ... 111

10 UURINGUD, EHITAMISE AEG, HANKED JA DOKUMENTEERIMINE ... 112
10.1 KUIVENDUSE PROJEKTEERIMISE VÄLIUURINGUD JA LÄHTEANDMED ... 112
10.2 EHITAMISE MÕJU PROJEKTEERIMISELE ... 113
10.3 KUIVENDUSSÜSTEEMI TEOSTUSDOKUMENTATSIOON ... 113
10.4 KUIVENDUSE PROJEKTEERIMINE PROTSESSI ERI ETAPPIDES ... 114
10.4.1 MAAKASUTUSE SEIRE ... 114

KASUTATUD KIRJANDUS ... 115

Mõisted

Kuivenduse projekteerimise olulisemad hüdroloogilised mõisted on järgmised.

Sademevesi on hoonestatud või rajatistega aladel tekkiv vihma- ja sulamisvesi, mis juhitakse ära maapinnalt, liiklusteedelt, hoonete katustelt või muudelt samalaadsetelt pindadelt.

Sademete hulk on ajaühikus kindlal alal sadanud vee või lume kogus, ühik mm/h (või mm/ööpäev, mm/a). Lumena langenud sademed ja kindla ajahetke lumikate teisendatakse lume veevaru abil millimeetrites väljendatud sademete hulgaks.

Saju intensiivsus on lühikese aja jooksul kindlale suhteliselt väikesele alale sadanud vee kogus, ühik mm/min, mm/h või l/(s·ha). Intensiivsusele 1 mm/h vastab 2,78 l/(s·ha).

Lume veevaru näitab, mitmele millimeetrile veele vastab teatav lumekiht.

Äravool on see osa sademetest, mis jõuab voolusängidesse; ühik on mm/h (või mm/ööpäev, mm/a). Ülejäänud osa sademetest aurub taimedelt ja maapinnalt või imbub pinnasesse ning suurendab pinnase niiskust. Äravoolu kujunemist mõjutavad lisaks maapinna kaldele ja pinnase omadustele muu hulgas saju intensiivsus ja kestus, sajule eelnenud kuiva perioodi pikkus ning vett mitteläbilaskva pinna osakaal kogu valgalast.

Äravoolumoodul (q) on kindlalt alalt sekundis äravoolava vee kogus pindalaühiku kohta; ühik l/(s·ha) või l/(s·km^2).

Maksimaalne äravoolumoodul (Hq) on teatava ajavahemiku suurim äravoolumoodul. Tähis Hq 1/10 tähendab kindlal alal keskmiselt kord 10 aasta jooksul esinevat maksimaalset äravoolumoodulit.

Valgala on maa-ala, millelt vesi koguneb voolusängi kindlasse punkti; ühik ha või km^2. Valgala piirideks on veelahkmed.

Veelahe on valgalade vaheline piiriala, kust vesi voolab eri suundadesse.

Vooluhulk (Q) on voolusängi ristlõiget läbiva vee maht ajaühikus (m^3/s). Keskmine vooluhulk (MQ) on kindla vaatlusperioodi keskmine vooluhulk ja maksimaalne vooluhulk (HQ) selle perioodi suurim vooluhulk. Näiteks HQ 1/5 tähistab kindlas voolusängi punktis keskmiselt kord viie (5) aasta jooksul esinevat maksimaalset vooluhulka. Vooluhulk arvutatakse äravoolumooduli ja valgala pindala korrutisena.

Madalaim veetase (LW) on teatava ajavahemiku madalaim veetase.

Keskmine veetase (MW) on teatava ajavahemiku jooksul võrdsete ajavahemike järel, tavaliselt kord ööpäevas, mõõdetud veetasemete keskmine.

Kõrgeim veetase (HW) on teatava ajavahemiku kõrgeim veetase.

Märgperimeeter (P) on vee ja ristlõike seina kokkupuutepinna pikkus ehk vee ristlõike ümbermõõt, millest on lahutatud veepinna laius.

Tähised

A on vee ristlõikepindala (m^2) voolusängis või torus

R on hüdrauliline raadius (m), R=A/p

J on voolusängi pikikalle

n on voolusängi või toruseina karedustegur

k on arvutusliku vooluhulga määramisel kasutatav parandustegur, mis koosneb järvede osakaalu (kJ), metsakuivenduse osakaalu (kM) ja põllumaa osakaalu (kP) tegurist

Muud määratlused

Maanteetruup (varem põhiteetruup) on InfraRYLi jaotises 14350 ja selles juhendis kasutatav mõiste, mis tähistab maanteealust truupi, mille puhas ava on < 2,0 m.

Põiktruup on teeregistris ja Velho registris maanteetruubi kohta kasutatav mõiste.

Raudteetruup on raudteealune silla- või torukujuline rajatis, mille puhas ava on < 2,0 m.

Külgkraavitruup on maantee või raudtee külgkraavi ületuskohta rajatud truup. See võib paikneda ka silla koonuse all.

Torust sild on liiklustee alla torust rajatud sild, mille puhas ava on ≥ 2,0 m.

Külgkraav on tee või raudtee sise- ja välisnõlvaga moodustatud teega paralleelne kraav.

Äärekraav on tee või raudteega paralleelne kraav, mille osaks ei ole tee sisenõlv.

Nõlvapealne kraav on tee või raudteega paralleelne kraav, mis paikneb tee projektjoonest kõrgemal.

Kuivendussügavus on sügavus, milleni konstruktsioon kuivendatakse.

1 Üldist

1.1 Tee ja raudtee kuivenduse eesmärgid ja meetodid

Kuivenduse projekteerimine on osa maantee- ja raudteekonstruktsiooni projekteerimisest. Kuivenduse ülesanne on eemaldada vesi liiklusteede pinnalt ning allpool määratletud ulatuses konstruktsioonikihtidest. Ühtlasi paraneb konstruktsioonide kandevõime ja väheneb nende külmakerkelisus.

Kuivendus jaguneb pind- ja sügavkuivenduseks. Pindkuivendusega juhitakse liiklustee pinnale kogunev ning vajaduse korral ümbritsevalt alalt lisanduv sademevesi külgkraavidesse, sademeveekaevudesse või rennidesse. Pindkuivendus väldib vee kahjulikku liikumist läbi konstruktsiooni ja muldkeha ning kõrvalkinnistutele. Sügavkuivendus takistab vee jäämist liiklustee konstruktsiooni, kus see vähendaks koormustaluvust ja võimaldaks külmakergete teket.

Pindkuivenduseks kasutatakse külg-, nõlvapealseid ja äravoolukraave, drenaaži, sademeveekanalisatsiooni ning renne. Pinnasesüvendis lahendatakse sügavkuivendus tavaliselt drenaažiga. Tee pinnasesüvendi sügavad lahtised kraavid on piisav sügavkuivendusmeetod üksnes jämedateralise liiv- või kruusmoreeni korral. Raudtee sügavkuivendus tuleb alati määrata juhtumipõhiselt.

Pinnakalletel ning lahtiste kraavide nõlvadel ja nende kujul on maanteede ning jalg- ja jalgrattateede kuivenduse toimivuse kõrval oluline mõju liiklusomadustele, liiklusohutusele ja väljanägemisele. Kuivendussüsteemi alternatiivsete lahenduste hindamisel, näiteks valides lahtise kraavi või sademeveekanalisatsiooni vahel, tuleb nii kasu kui ka puuduste hindamisel arvestada kõiki kulusid, hooldamise keerukust ning asjaolusid, mida ei saa otseselt rahas mõõta: liiklusohutust ja väljanägemist.

Kuivenduse projekteerimisel tuleb tagada, et geotehnika, sildade ning seadmete ja tehnovõrkude paigutamise ja ümbertõstmise küsimused lahendatakse piisavalt vara.

1.2 Tee ja raudtee kuivenduse projekteerimise ja korrashoiu juhendid

Maanteekonstruktsiooni dimensioneerimise juhendis „Teekonstruktsiooni projekteerimine“ ja selle juhendi punktis 6.2 käsitletakse üksikasjalikumalt kuivenduse mõju konstruktsiooni koormustaluvusele ning seda, kuidas külmakergete piiramine mõjutab vajalikku kuivendussügavust.

Juhendis „Konstruktsiooni parendamise projekteerimine“ kirjeldatakse, millal tuleb parendatava tee kuivendust muuta ning kuidas tagada vana ja uue kuivendussüsteemi koostoime lisaradade ehitamisel, tee laiendamisel või trassilahenduse parandamisel.

Juhendis „Põhjavee kaitse maanteedel“ on esitatud põhjavee kaitsega seotud kuivendusrajatiste projekteerimispõhimõtted.

Sademevee käitlemise terviklikku kavandamist käsitletakse täpsemalt Kuntaliitto „Sademeveejuhendis“.

Väljaandes InfraRYL esitatakse külgkraavide ja muude kuivendussüsteemi osade ehitamise töömeetodid, paigaldustäpsus ning torude paigaldamisel kasutatavate materjalide kvaliteedinõuded ja kvaliteedi tõendamine. Eelkõige konstruktsiooni parendamise projekteerimisel tuleb üldjuhenditele lisaks koostada objektipõhine töökirjeldus, sest olemasolev tee või raudtee koos rajatistega piirab eri meetodite kasutamist.

Üldised taristumudelite nõuded YIV on taristu infomodelleerimist ja mudelipõhise projekti infohaldust suunav juhendikogum, mida järgitakse ka kuivenduse projekteerimisel.

Teede kuivendussüsteemide hoolduse ja korrashoiu nõutav tase on määratud hoolduse ja korrashoiu tootekirjeldustes.

Tee külgkraavide, äravoolukraavide ja truupide otsanõlvade kuju mõju teelt väljasõidu ohutusele käsitletakse juhendis „Tee ristlõike projekteerimine“.

Raudtee külgkraavide, äravoolukraavide ja truupide projekteerimisjuhendid on muu hulgas:

- *RATO 20 „Keskkond ja raudteemaa“ ning „Raudteehoiu keskkonnajuhend“*
- *„Truupide remondijuhend RUMKO“*

Kuivenduse projekteerimiseks vajalike uuringute tellimisel järgitakse juhendit „Maastikuandmete hankimine. Tegevusjuhised“. Lahtiste kraavide erosioonikaitse vajaduse määramist kirjeldab juhend „Teemullete ja -süvendite projekteerimine“.

1.3 Kuivenduse projekteerimine eri projekteerimisetappides

1.3.1 Üldist

Kuivenduse projekteerimine on osa tee ja raudtee projekteerimisest ning täpsustub projekteerimise edenedes. Kuivendusviisi valik ja dimensioneerimine mõjutavad oluliselt liiklustee ristlõike laiust ning vajalikku tee- või raudteemaa ulatust. Maavajadust mõjutavad peamiselt järgmised asjaolud:

- pind- ja sügavkuivenduse meetodi valik (külgkraav, kanalisatsioon või drenaaž)
- tee või raudtee sise- ja välisnõlva kalle ning külgkraavi sügavus
- äravoolukraavid, mis nõuavad ulatuslikke kaeve- või ümberehitustöid, või väljavoolutorud, kui lahtisele kraavile piisava languse andmine eeldaks liiga suurt kaevemahtu
- pinnavee käitlemine tundlike veekogude juures (kraavivõrk, viivitusrajatised ning võimalikud kogumisbasseinid ja/või puhastusseadmed koos hooldusjuurdepääsudega)
- üleliigse pinnase paigutusalade pinnavee käitlemine (kraavivõrk ja viivitusrajatised ning võimalikud veetöötlusrajatised koos hooldusjuurdepääsudega)

1.3.2 Projekteerimise lähtealused

Raudteeprojektide ja suuremate teeprojektide jaoks koostatakse alati projektipõhised projekteerimise lähtealused. Neis esitatakse kõrvalekalded kehtivatest juhenditest või eeskirjadest ning määratakse projektis kasutatavad alternatiivsed lahendused. Kinnitatud lähtealused annavad loa üldjuhenditest erinevate projekteerimislahenduste kasutamiseks. Neis esitatakse muu hulgas raudtee alusehitise klass või teekonstruktsioonide dimensioneerimise alused ning külmaarvutuse piirtingimused, mis määravad ka kuivendussügavuse. Projekteerimisetappide edenedes täpsustatakse lähtealuseid.

1.3.3 Eeluuring

Eeluuringuetapi projekteerimine on väga üldine ja selle eesmärk on sobitada trassialternatiivid maakonna- ja üldplaneeringusse. Kuivendust selles etapis üldjuhul veel ei projekteerita.

1.3.4 Üldprojekt

Üldprojekti etapis määratakse liiklusteede ligikaudne asukoht ja kõrgus ning hinnatakse keskkonnamõju. Esialgselt määratakse kuivenduslahendused ja konstruktsioonide paksused. Muu hulgas selgitatakse esialgselt võimalike läbipääsude ning tee- või raudteesüvendite mõju põhjaveele ja kuivenduslahendustele. Järgnevateks etappideks hinnatakse eri lubade vajadust, näiteks vajalike veelubade arvu.

1.3.5 Tee- või raudteeprojekt

Tee- ja raudteeprojektis tuleb näidata tee või raudtee asukoht, kasutamine eri otstarvetel, kõrgus, ristlõige ja kuivendus selliselt, et mõju oleks võimalik piisavalt hinnata ning liiklustee maastikul maha märkida. Selles etapis koostatakse kuivendusprojekt, mis mõjutab oluliselt projektis määratletud tee- või raudteemaa ulatust ja pinnasemasside bilanssi. Tee- ja raudteeprojektiga

seatakse projektis näidatud äravoolukraavidele servituudid. Servituudi alusel on liiklustee hooldajal õigus hooldada teise isiku maal paiknevat äravoolukraavi.

Sademevee käitlemist tuleb arvestada külgkraavide ja võimalike settebasseinide ruumivajaduse määramisel hiljemalt tee- ja raudteeprojekti etapis. Ala planeering võib võimaldada või takistada tervikuna majanduslikult otstarbeka ja toimiva kuivenduslahenduse rajamist. Sademeveega seotud õigusakte käsitletakse punktis 1.4.

Tee- või raudteeprojekti etapis selgitatakse keskkonnaasutusega välja ja kinnitatakse ehitamiseks vajalike lubade vajadus, näiteks keskkonnaluba, keskkonnaalane erandluba ja veeluba. Loadokumendid valmistatakse ette, kuid menetlusse võib need esitada ka ehitusajale lähemal, ehitusprojekti koostamise käigus.

Täpsemad nõuded on juhendites „Teeprojekt. Tegevusjuhised“, „Teeprojekti etapi dokumendid. Sisu ja esitusviis“, „Raudteeprojekti tegevusjuhend“ ning „Raudteeprojekt. Sisu ja esitusviis“.

1.3.6 Ehitusprojekt

Ehitusprojekti etapis täpsustatakse raudteeprojektis esitatud kuivenduslahendusi, määrates muu hulgas materjalid, mõõtmed ja kõrgusmärgid. Kuivendus tuleb projekteerida üksikasjalikult nii, et tervik toimiks ja vastaks raudteeprojektile.

Ehitusprojekti koostamisel enne ehitamist kontrollitakse ning vajaduse korral uuendatakse tee- või raudteeprojekti käigus ette valmistatud loadokumente ja esitatakse need kooskõlastusmenetlusse.

Juhendis „Veeseadus liiklusteeprojektides“ esitatakse Soome veeseaduse (587/20119) nõuded liiklusteeprojektide lubadele. Veeseaduse kohased load taotletakse üldjuhul raudteeprojekti etapis, kuid neid võib taotleda ka alles ehitusetapis, arvestades loa menetlemiseks kuluvat aega. Kui loa vajalikkus on ebaselge, peab projekti algataja küsima selle kohta ELY-keskuse arvamust.

Truupide ja võimalike torust sildade avad dimensioneerib liiklustee projekteerija hangitud lähteandmete põhjal, järgides seda juhendit.

1.3.7 Piirkondlik kavandamine

Piirkondlik kuivenduskäsitlus tähendab, et maantee- või raudteetruubi suurust mõjutavaid asjaolusid ning valminud või koostatavaid projekte uuritakse laiemalt alalt, kui on näiteks tee- või raudteeprojekti kaardil näidatud. Truubi dimensioneerimist võivad mõjutada kaugemal paikneva planeeringuala muutused või uus planeering, põldude drenaaž ning metsade ja soode kraavitamine. Samuti tuleb piisavas ulatuses uurida nende olemasolevate äravoolukraavide seisundit, millega projekteeritud kraavid ühendatakse. Tee või raudtee kuivendusest lisanduva vee tõttu võib olla vaja allavoolu praegu toimivat truupi suurendada või olemasolevat äravoolukraavi pikalt puhastada ning selle truupe puhastada, et tagada kuivenduse toimimine.

1.3.8 Olude ja riskide tuvastamine

Kraavi kuju ja pikikalde projekteerimisel tuleb tunda olusid: pikikalle ja pinnaseliik mõjutavad lahtiste kraavide settimise kiirust ning erosioonitundlikkust. Seda käsitletakse täpsemalt punktis 4.6.

Samuti tuleb kontrollida üleujutusriskiga kohti. Uute liiklusteede kraavisügavuse projekteerimisel saab sama piirkonna olemasolevate liiklusteede nõlvade seisundi järgi hinnata muu hulgas erosiooniriski.

Tee- ja raudteesüvendite ning läbipääsude ehitamine võib põhjaveeolusid oluliselt mõjutada, kui pinnasesüvend ulatub hästi vett läbilaskvatesse kihtidesse ja kuivendustase põhjaveepinnast allapoole. Põhjaveega arvestamist süvendites käsitleb täpsemalt „Tee- ja raudteesüvendite projekteerimisjuhend“. Põhjavee alanemise võimalikku kahju ja keskkonnariske hinnatakse ulatuslike geotehniliste uuringute ning piisavalt pikaajaliste mõõtmiste alusel. Ulatuslike süvendite puhul tuleb koostada põhjaveetaseme seirekava.

Arvestada tuleb ka sellega, et põhjavee reostamine on keskkonnakaitseseadusega keelatud ning põhjaveeolude muutmine nõuab veeseaduse kohast luba. Põhjavee alanemisel võivad muu hulgas olla järgmised kahjulikud mõjud:

- eravalduses olevad tarbeveekaevud kuivavad
- tee- ja raudteemullete stabiilsus halveneb ning tekivad vajumid
- pinnasele toetuvad hooned vajuvad
- tehnovõrkude torud vajuvad
- puitvaiad mädanevad ja neile toetuvad konstruktsioonid vajuvad
- veehaarete tootlikkus väheneb
- veeolude muutustele tundlikud taimekooslused ja nende elujõulisus satuvad ohtu

Projekteerimise käigus täpsustatavas riskianalüüsis tuleb esitada tegevuskava eri riskide realiseerumise puhuks.

Juba projekteerimise alguses tuleb välja selgitada liiklustee ääres paiknevate sademevee suublate seisund: muu hulgas võivad veekogu tundlikkus ja muu kasutus mõjutada kavandatavaid sademevee puhastamise meetmeid.

1.4 Õigusaktide mõju kuivenduse projekteerimisele ja korrashoiule

1.4.1 Peamised õigusaktid

Kuivenduse projekteerimist, ehitamist ja korrashoidu käsitlevad eelkõige üleujutusriski juhtimise seadus, veeseadus, keskkonnakaitseseadus, maakasutus- ja ehitusseadus (MRL), liiklussüsteemi ja maanteede seadus ning raudteeseadus. Juhendis on loeteluna esitatud nende seaduste olulisemad kuivenduse projekteerimist, ehitamist ja korrashoidu puudutavad sätted.

1.4.2 Hoonestatud ja rajatistega ala sademevesi

Euroopa Liit võttis vastu üleujutusriski hindamise ja maandamise direktiivi. Selle alusel jõustus Soomes 24.6.2010 üleujutusriski juhtimise seadus (620/2010) ja 7.7.2010 valitsuse määrus (659/2010). Direktiivi ja hilisema seaduse eesmärk on vähendada ja ohjata üleujutustest inimeste tervisele, keskkonnale, taristule ja varale tulenevaid riske ning kahjulikke tagajärgi ja parandada valmisolekut üleujutusteks. Seaduse eesmärk on ka ühildada üleujutusriski juhtimine valgalade muu majandamisega, arvestades veevarude kestlikku kasutamist ja kaitsevajadust.

Sademevee käitlemist reguleerib suuresti maakasutus- ja ehitusseadus (MRL). Seadust uuendati 2014. aastal ning lisati sademevee käitlemist käsitlev peatükk 13 a. See sätestab muu hulgas käitlemise eesmärgid, vastutuse, järelevalve, kohaliku omavalitsuse sademeveesüsteemi, ametiasutuste ülesanded ning käitlemise suunamise ja kavandamise. Sademevee käitlemine hõlmab immutamist, viivitamist, ärajuhtimist, kanaliseerimist ja töötlemist (MRL § 103 b lõike 1 punkt 1). Sademeveeküsimused kerkivad esile nii projektides ja planeeringutes kui ka naabrite ärakuulamisel.

Kinnistul tekkiva sademevee käitlemise eest vastutab kinnistu omanik või valdaja (MRL § 103 e) ning detailplaneeringualal korraldab käitlemist kohalik omavalitsus (MRL § 103 i). Vajaduse korral võib omavalitsus kinnitada sademeveekava, milles esitatakse muu hulgas äravooluteed ja muud lahendused. Kava koostamisel tuleb järgida MRL § 62 kaasamisnõudeid (MRL § 103 l). Üldjuhul peab omanik või valdaja juhtima kinnistu sademevee omavalitsuse sademeveesüsteemi, kui seda ei saa kinnistul immutada või ei juhita veevarustuse ja kanalisatsiooni seaduse §-s 17 a nimetatud vee-ettevõtja sademeveekanalisatsiooni. Omavalitsuse määratud asutus võib taotluse alusel sellest kohustusest vabastada, kui omanik või valdaja korraldab sademevee nõuetekohase käitlemise muul viisil (MRL § 103 f).

Õigusaktid jagavad vee ärajuhtimise maa kuivendamiseks ja reovee ärajuhtimiseks. Veeseaduse (VL) kraavitamissätteid kohaldatakse igasuguse maa kuivendusvee, nii sademevee kui ka

vundamentide kuivendusvee ärajuhtimisele. Reovee ärajuhtimisele kohaldatakse lisaks veeseaduse kraavitamissätetele keskkonnakaitseseadust (YSL).

1.4.3 Muud veed

Veeseaduses on sätted, mis käsitlevad järgmist:

• Veevõtt: kui võetav kogus ületab 100 m^3/d, tuleb sellest eelnevalt teatada riiklikule järelevalveasutusele (kehtib näiteks proovipumpamise korral).

- Näiteks veetaset, sügavust või voolamist ei tohi muuta keskkonnalube andva asutuse veeseaduse kohase loata, muu hulgas ajutiste üleujutusbasseinidega, kui eramaa omanik ei ole paisutamiseks luba andnud. Avalikul alal tuleb veeseaduse kohane luba taotleda alati, kui paisutamine kahjustab avalikku huvi, näiteks põhjustab kahjulikke muutusi väärtuslikes loodusobjektides või kalastikus.

- Loavajadus tuleb eraldi välja selgitada **oja või nire**t puudutavate meetmete korral. Ojasängi looduslikku seisundit ohustavad veemajandustööd vajavad alati luba. Nire, kraavi või basseini omanik ei tohi allpool paikneva omaniku nõusolekuta takistada ega muuta vee vaba voolamist sängis tema kahjuks.
- Silla ehitamiseks üle jõe, mere või järve avaliku liiklus- või parvetustee on alati vaja piirkondliku keskkonnaasutuse (AVI) luba.
- Kraavi või samalaadse voolusängi ületamiseks silla või truubi rajamine ei vaja eriluba, kuid ei tohi kahjustada ülesvoolu maa kuivendust ega voolusängi korrashoidu.

Keskkonnakaitseseaduse kohane põhjavee reostamise keeld on tingimusteta. Seaduse järelevalveasutused on piirkondlik keskkonnaasutus ja omavalitsuse keskkonnakaitseasutus. Kui põhjavesi on reostunud, võib keskkonnaasutus kohustada puhastamise eest vastutajat määrama reostunud ala ulatuse ja puhastusvajaduse. Kaevuvee kvaliteedi halvenemine on näide keskkonnakaitseseaduse alusel käsitletavast juhtumist.

Lisaks tuleb arvestada õigusaktide nõudeid kuivenduslahenduse ulatamisel teise isiku maale ning maaomanikule tekitatud kahju hüvitamisel.

1.4.4 Äravoolukraavide ehitamine ja korrashoid

Äravoolukraavide ehitamist suunavad liiklussüsteemi ja maanteede seadus, raudteeseadus ning veeseadus järgmiselt:

- Tee- ja raudteeprojektis tuleb näidata äravoolukraaviks vajalik ala ning haldusmenetluses seatakse kraavi hoidmiseks teise isiku maal servituut. Servituut kehtib, kuni selle lõpetamine eraldi otsustatakse.

Kraavitus tuleb rajada ja korras hoida nii, et meetmed ei põhjustaks teise isiku maal kahjulikku liigniiskust ega muud õiguste või huvide kahjustamist.

Liiklustee omaniku hooldusõigus ja -kohustus veeseaduse alusel:

- Tee- või raudteeomanik ei pea kraavitamisest veeseaduse (VL 5:6 §) kohaselt teatama, kui kraavitus on ette nähtud tee- või raudteeprojektis. Veeseadus ei kohusta projekti eest vastutajat taotlema uut luba ega loatingimuste muutmist projektile, millele anti luba varasema veeseaduse (264/1961) alusel. Uuendus ei mõjuta ka varasema õiguse alusel antud lube ja õigusi: need jäävad senisel kujul kehtima.

- Kraavitus tuleb rajada ja korras hoida nii, et see ei põhjustaks teise isiku maal kahjulikku liigniiskust ega muud õiguste või huvide kahjustamist.
- Üle 500 m^3 süvendamine nõuab alati piirkondliku haldusameti luba. Alla 500 m^3 süvendamisest tuleb teatada majandus-, transpordi- ja keskkonnakeskusele (ELY).
- Väikesemahulisest kraavitamisest ei pea teatama.
- Kraavitamise loakohustuse kohta on sätestatud järgmist: kraavitamiseks ning kraavi kasutamiseks ja korrashoiuks peab olema veeseaduse kohane luba, kui see võib põhjustada keskkonnakaitseseaduses nimetatud veekogu reostamist või veeseaduse 3. peatüki §-s 2 nimetatud tagajärgi, välja arvatud juhul, kui tegemist on üksnes

ojast ülesvoolu alal tehtava kraavitamise põhjustatud oja vooluhulga muutumisega.

- Kui teise isiku maal kraavi puhastamises ei õnnestu kokku leppida, võib omavalitsuse keskkonnakaitseasutus veeseaduse alusel (VL 14:4 §) kohustada veeseadusega vastuolus olevat kraavi korrastama (VL 5:8 §).

1.4.5 Koprapaisu lammutamine tee- ja raudteehoiul

Kobraste maantee- või raudteetruupidesse või liiklustee vahetusse lähedusse ehitatud paisud tõstavad kohalikku veetaset ning võivad kahjustada või takistada liiklustee kasutamist ja ohustada liiklusohutust. Soomes elava euroopa kopra ja kanada kopra pesad on kaitstud. Soome euroopa kopra populatsioon kuulub ka ELi loodusdirektiiviga hõlmatud liikide hulka.

Jahimääruse järgi ei tohi asustatud pesa lõhkuda. Kahju vältimiseks võib siiski lammutada asustatud pesaga seotud paisu või muu rajatise. Paisu lammutamise tingimused sõltuvad aastaajast. Koprapaisu võib lammutada 15.6.–15.9. Lapi maakonnas, 15.6.–30.9. Põhja-Pohjanmaa ja Kainuu maakonnas, 15.6.–15.10. Pohjanmaa, Kesk-Pohjanmaa, Lõuna-Pohjanmaa, Kesk-Soome, Põhja-Savo, Lõuna-Savo ja Põhja-Karjala maakonnas ning 15.6.–31.10. muudel aladel. Lisaks on vaja maa- ja veeala omaniku luba.

Väljaspool nimetatud ajavahemikke saab paisu või pesa lammutamiseks taotleda erandluba Soome ulukikeskuselt. Liiklussüsteemi ja maanteede seaduse alusel võib paisu kohe lammutada, kui selle põhjustatud üleujutusvesi kujutab endast „liiklust vahetult ähvardavat ohtu“.

1.4.6 Kuivenduseks vajalikud load

ELY-keskused ei anna truupide ja sildade avade kohta eksperdiarvamusi. Liiklustee projekteerija hindab üldprojekti etapis loavajadust koos keskkonnaasutustega. Tee- ja raudteeprojekti etapis tehakse truupide ja sildade arvutused ning valmistatakse ette veeseaduse või keskkonnakaitseseaduse alusel vajalikud loadokumendid. Kui objekti ehitus algab lähiajal, taotletakse vajaduse korral ka load. Muul juhul taotletakse need ehitusprojekti etapis, teostamisele lähemal, ELY-keskuse keskkonnavaldkonnast või AVI-lt.

Luba võib olla vajalik näiteks järgmiste tegevuste puhul:

1. Silla ehitamine üle liikluseks kasutatava veetee.
2. Väina kitsendamine muldkehaga.
3. Tee sademevee juhtimine tundlikku veekogusse.
4. Põhjaveetaseme alandamine läbipääsus või süvendis.
5. Tee rajamine põhjaveealale.
6. Äravoolukraavi puhastamine, kui seal võib esineda kaitstavaid looma- või taimeliike.

Taotluses esitatakse kavandatava liiklustee asukoht, liiklussagedust ja liiklust kirjeldavad andmed, punktide 1 ja 2 korral alternatiivsete sillalahenduste mõõtmed ning punkti 3 korral võimalikud veetöötluslahendused. Punktis 4 esitatakse pumbatava veekoguse või veetaseme alanemise hinnang. Punktis 5 esitatakse juhendi „Põhjavee kaitse maanteedel“ riskihinnangud. Punktis 6 põhjendatakse kraavi puhastamise ulatust ning esitatakse olemasolevad andmed kaitstavate looma- ja taimeliikide kohta. Punkt 6 kehtib ka korrashoiule.

Silla või truubi ehitamisel lisatakse ELY-keskusele esitatavale arvamustaotlusele ja vajaduse korral AVI-lt taotletavale veeloale vajalikus ulatuses järgmised dokumendid:

- üldkaart mõõtkavas 1:10 000…1:20 000, millel on truubid ja äravoolukraavid; sobib näiteks raudtee või teelahenduste üldkaart
- truubi- või sillakoha kaart mõõtkavas 1:2000…1:10 000, piisavalt laialt, et voolusängi HW20 ala mahuks kaardile; vajaduse korral märgitakse üleujutusala määramiseks maapinna kõrgused
- liiklustee pikiprofiil mõõtkavas 1:2000 umbes 400 m ulatuses mõlemas suunas voolusängi ületuskohast; sellele märgitakse võimalike dreeniväljalaskude asukohad ja kõrgused ning teised sellel lõigul olevad sillad ja truubid koos avadega
- kraavi ristlõiked mõõtkavas 1:100…1:200, sealhulgas uue truubi või silla kohas

- võimaliku vana truubi või silla piki- ja ristlõige mõõtkavas 1:100…1:200
- tee või raudtee ristlõige mõõtkavas 1:200 truubi või silla kohal; joonisel näidatakse tee projektjoone soovitud kõrgus ja selle kahjulike mõjudeta muutmise võimalus
- valgala suurus, veetase ja muud dimensioneerimise lähteandmed
- võimaliku üleujutuskahju korral paisutusarvutus ning kahju, häiringute ja nende hüvitamise selgitus

1.5 Koostöö teiste maakasutuse osalistega

Olulised koostööpartnerid on omavalitsuste planeerimise eest vastutajad, drenaažiprojektide koostajad ja Metsäkeskus. Nendega tuleb piisavalt vara ühendust võtta ka olemasoleva liiklustee parendamise või näiteks kuivenduse korrastamise kavandamisel.

Maapiirkonnas tuleb välja selgitada põllumajandusdrenaaži väljalaskude asukohad ja kõrgused ning arvestada neid külgkraavide projekteerimisel. Põllumajandusdrenaaži andmeid haldab Salaojayhdistys.

Liiklustee omanik peab väliste osalistega suhtlema alati, kui tee või raudtee ristub teiste kuivendussüsteemidega või puudutab neid või kavandatavaid projekte. Peamised olukorrad ja koostööpartnerid on järgmised:

1. Dreneeritud või dreneerimiseks kavandatud põld: liiklustee projekteerija (omanik või projekteerimiskonsultant) hangib drenaaži remondiprojekti. Kavandatavatest muudatustest teavitatakse avalikul koosolekul aegsasti.
2. Kavandatavad projektid selguvad maaomanikuga ühendust võttes. Drenaaži muutmise projekt tellitakse algse projekti koostajalt. Lisakulud kannab liiklustee omanik, ka olemasoleva tee parendamisel.
3. Kraavitatud või kraavitamiseks kavandatud mets (mõjutab truupide vajadust, sügavust ja mõõtmeid): olukorra kohta annab teavet maaomanik. Kui kuivendusprojekt on kavandamisel ja vaja on täpseid projektiandmeid, saab neid järgmistelt osalistelt:
   - erametsad: Metsäkeskus
   - äriühingute metsad: vastava ettevõtte metsaosakond
   - riigimetsad: Metsähalituse Metsätalous Oy vastav halduspiirkond
4. Põhitee- või raudteealused truubid: lisaks maaomanikule ja liiklustee omanikule võib olla vaja küsida ELY-keskuse keskkonnavaldkonna arvamust. Kui trass on piisavalt täpselt määratud, näidatakse tõenäolised truubikohad ning küsitakse, kas mõni truup vajab eritähelepanu. Projekteerija dimensioneerib truubid ja määrab nende kõrguse. Lõpliku lahenduse leidmisel kasutatakse võimalikku ELY-keskuse arvamust. Vastutus veeseaduse järgimise, truubi kulude ning kõigi muude dimensioneerimist mõjutavate tegurite arvestamise eest lasub siiski alati tee- või raudteeomanikul.

5. Äravoolukraavid: maaomanikuga arutatakse kraavi asukohta ning haritaval maal esialgselt kaevamise aega. Lõpliku kaeveaja lepib kokku ehitaja või hooldaja.
6. Külgkraavitruubid: maaomaniku või eratee omanikuga tuleb läbi rääkida üksnes võimalike erilahenduste korral.
7. Kaitstavad alad: andmeid saab omavalitsuselt, muinsus- ja keskkonnaasutuselt. E-teenuseid pakuvad muu hulgas Soome keskkonnakeskus ja muinsuskaitseamet: Karpalo kaarditeenus https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Karttapalvelut ja kultuurikeskkonna teenuseaken https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/portti/read/asp/default.aspx. Ala kaitstavate liikide teave: laji.fi või ELY-keskuse keskkonnavaldkond.
8. Asulad: asulates nõuab kuivenduse projekteerimine sageli põhjalikku koostööd ülejäänud teevõrgu ja kruntide kuivenduse ning muude tehnovõrkude ja kaablite tõttu. Tuleb välja selgitada piirkondliku kuivendusprojekti vajadus. Detailplaneeringu olemasolul tuleb avaliku tee kuivendus kohandada planeeringu nõuetele, sealhulgas kanalisatsiooni ja drenaaži väljalasud. Tee ehitamine ei tohi raskendada kruntide ega tänavate kuivendust.
9. Asulad: võimaluse korral kuivendatakse maantee olemasoleva sademeveekanalisatsiooni abil. Kui asulaala ei vaja kanalisatsiooni, tuleb lahtised kraavid projekteerida eriti hoolikalt, pöörates tähelepanu senise miljöö säilitamisele, kraavide madalusele ja korrasolekule ning nõlvade ja truupide kujule ja viimistlusele. Teisalt saab kraavide kujundamisega luua asulatesse ka maastikulisi,

head veekäitlust toetavaid terviklahendusi. Nende hulka kuuluvad näiteks märgalad, settebasseinid, immutusnõvad ja biofiltratsioonialad.

10. Asulad: asula kuivendamisel tuleb selgitada nii olemasolev olukord ja planeeringu nõuded kui ka ühise ehitamise ja kasutamise võimalused. Läbirääkimisi peetakse eelkõige omavalitsuse ehitusasutuste, võimalike vee-ettevõtjate ning kaablite ja muude kaitstavate rajatiste omanikega.
11. Kui uude avaliku tee sademeveekanalisatsiooni on tõenäoliselt otstarbekas koguda vett ka erateedelt, kruntidelt või mujalt väljaspool teemaad, tuleb omavalitsuse või krundiomanikuga läbi rääkida koostöö nii projekteerimise kui ka ehitus- ja korrashoiukulude osas.

12. Põhjavee alandamine: läbipääsude ning teiste tee- ja raudteesüvendite kuivenduse projekteerimisel selgitatakse põhjavee alanemise ulatus ning mõju keskkonnale ja hoonetele. ELY-keskusega tuleb läbi rääkida ja AVI-lt vajalikud veeload taotleda. Põhjaveepinna alanemise ulatuse ja nõrgvee koguse saab arvutada arvutiprogrammidega, kui geotehnilised uuringud on andnud pinnaseandmed. Põhjavee võtmise ja muutmise piirväärtused m^3/ööpäev ning nõutavad meetmed on esitatud veeseaduses; vt eespool punkt 1.4.
13. Muud seadmed ja rajatised: selgitatakse olemasolevad ja kavandatavad vee-, kanalisatsiooni-, kaugkütte-, gaasi-, elektri- ja muud liinid, valgustuspostid ning muud rajatised. Kui näiteks olemasoleva maantee või raudtee kõrvale kavandatava uue maakasutuse kuivenduspõhimõtted (võimalikud settimis-, viivitus- ja immutuslahendused) määratakse juba varases planeerimisetapis piisavalt laial alal ja eri lahendusi kaaludes, saab vältida olemasoleva truubi asendamist ning sellega kaasnevaid liiklushäireid. Keskne on koostöö planeerijate ja liiklustee haldamise eest vastutava organisatsiooni vahel.

2 Sademevee käitlemine

2.1 Põhialused

Selles juhendis täpsustatakse Kuntaliitto „Sademeveejuhendi“ rakendamist maanteedel ja raudteedel.

ELi sademeveedirektiivi ning üleujutusriski juhtimise seaduse (620/2010) eesmärkidele vastaks, et:

- vett mitteläbilaskvate rajatiste lisamisega ei suurendata vooluhulga tippe, kui samal ajal ei rajata immutus- või viivitusrajatisi
- suurimad vooluhulga tipud saadakse kontrolli alla, et need ei põhjustaks üleujutusi ega erosiooni ega suurendaks vajadust allavoolu kuivendussüsteemide läbilaskevõime kasvatamiseks
- vett mitteläbilaskvad rajatised ei piira põhjavee moodustumist
- soode ja metsade kraavitamisega ei suurendata vooluhulga tippe selliselt, et nende vesi suurendaks suubla üleujutusriski
- põhjavett ja pinnaveekogusid ei reostata saastunud vee juhtimisega neisse, vaid vee kvaliteedi säilitamiseks rajatakse sette- ja filtratsioonirajatised

Väljaspool asulaid paiknevate maanteede ja raudteede osa sademevee käitlemises on väike. Kui liiklustee või ümbritseva ala vee ärajuhtimine on puudulikult projekteeritud, võib sademevesi põhjustada olemasolevatel liiklusteedel üleujutusi, liikluskatkestusi, varinguid ja erosiooni. Juhendis esitatakse seaduse rakendamise juhised väljaspool planeeringualasid paiknevate liiklusteede kuivenduse projekteerimiseks.

2.2 Sademevee käitlemise vajaduse hindamine

2.2.1 Üleujutustippude kvaliteedi ja koguse juhtimine

Liiklustee projekteerija ning tee- ja raudteeomaniku tehtav sademevee käitlemise vajaduse hinnang jaguneb järgmiste meetmete vajalikkuse hindamiseks:

1. Kas üleujutustippe tuleb vähendada vee voolamist viivitades või osa veest pinnasesse ja põhjavette immutades?
2. Kas veekogu koormust tuleb piirata vett filtreerides või juhtides väljavooluvee uut teed, näiteks märgala kaudu teise veekogusse?
3. Kas põhjavee taastootmise vähenemist ja põhjaveetaseme langust tuleb vältida, immutades liiklusalalt tuleva vee selle ärajuhtimise asemel?

Asulates kuulub riskihindamine planeerimisetappi. Liiklustee omanik peaks suhtlema planeerijaga, et kavandatavate meetmete mõju olemasolevale teevõrgule võimalikult vara ette näha ja kavandada vajalikud ohjamismeetmed.

Üleujutustippude piiramise vajadus tuleb välja selgitada vähemalt järgmistel juhtudel:

1. Vett mitteläbilaskvate pindade pindala suureneb või äravoolukraavi või tiigi väljavoolusängi vooluhulk kasvab oluliselt.
2. Vesi kavatsetakse juhtida olemasolevasse sademeveekanalisatsiooni. Siis võib ka suhteliselt väike vett mitteläbilaskvate pindade lisandumine ületada kanalisatsiooni läbilaskevõime.
3. Suubla on juba üleujutus- ja erosioonitundlik.
4. Viivituslahendusi võib vaja minna juba ilmnenud üleujutusprobleemide lahendamiseks, isegi kui vett mitteläbilaskvate pindade lisandumine on väike.

Sademevett tuleb filtreerida, kui tingimused 1 ja 2 on täidetud samaaegselt:

1. Tee liiklussagedus on üle 15 000 sõiduki ööpäevas ning vees on tavaliselt palju raskmetalle ja muid saasteaineid. Filtreerimist võib vaja minna ka väiksema liiklussageduse korral, kui liiklusala vesi on eriti hägune ja äravoolukraav suublani lühike.
2. Vesi juhitakse keskkonnatingimuste muutustele tundlikku veekogusse. Tundlikud veekogud on selgeveelised tiigid ja ojad liiva- ning kruusaaladel, kalamajanduslikult oluliseks tunnistatud ojad, veevaesed nired, tiigid ja kitsad järvelahed ning erilised väikesepindalalised kaitseobjektid.

Ehitusaegse sademevee filtreerimise vajadus tuleb välja selgitada, kui vesi suubub tundlikku veekogusse, sest paduvihmade põhjustatud pinnasekanne ja üleujutustest tingitud erakorralised olukorrad võivad kaasa tuua heljumi- ja toitaineheite. Filtratsioonirajatiste ruumivajadusega tuleb arvestada juba tee- ja raudteeprojektis.

Filtreerimine võib olla vajalik ka enne sademevee immutamist, et vältida immutuskoha ummistumist ja puhastada vett.

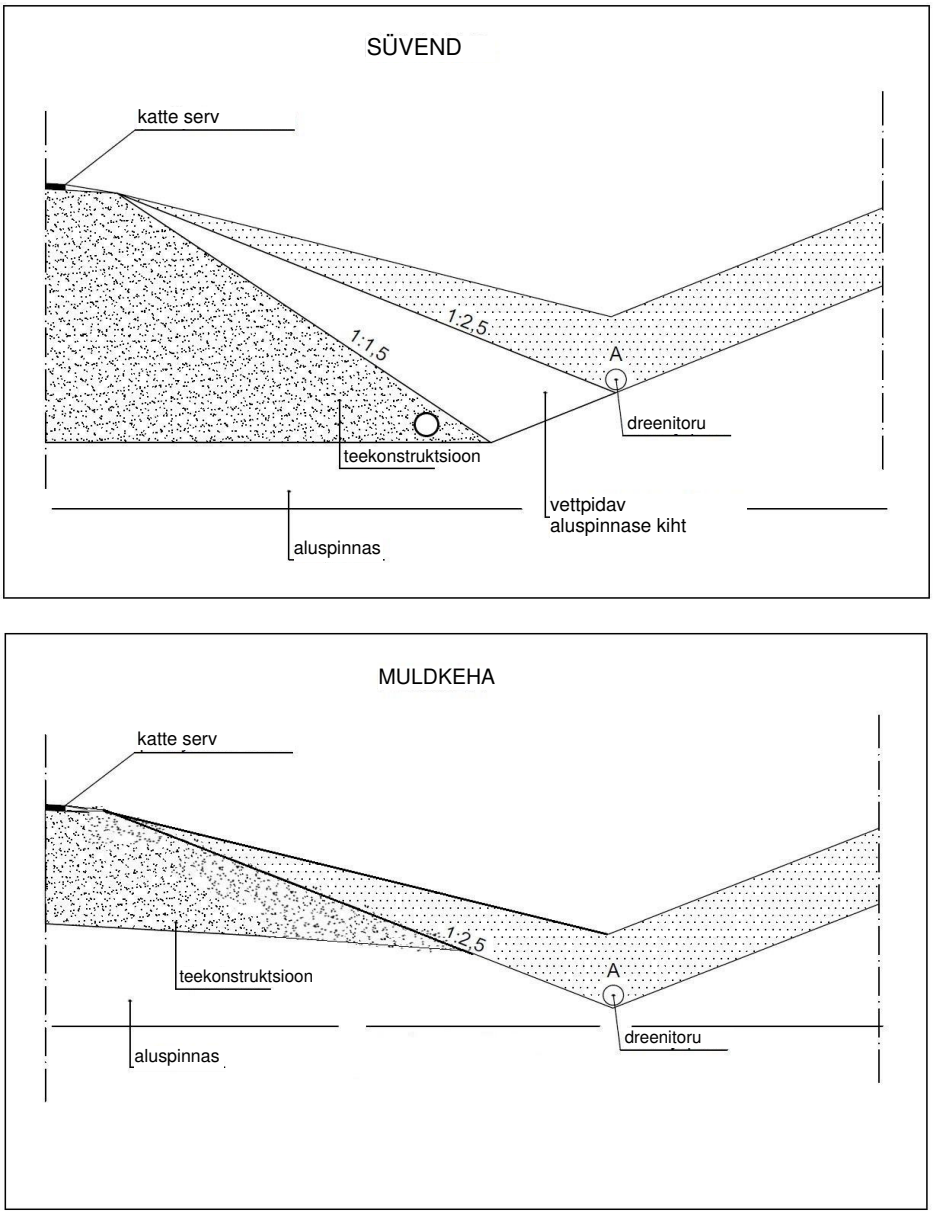
Liiklusalade sademevee tavalisemad saasteained on heljum, metallid, kloriidid, õlid, rasvad ning muud orgaanilised ühendid, näiteks PAH-ühendid. Esineb ka lenduvaid orgaanilisi ühendeid (VOC), halogeenitud süsivesinikke ja teekattemärgistusest eralduvat mikroplasti. Talvel suurendavad puisteliiv, lumelükkamine ja naastrehvid teepinna kulumist ning seega heljumi ja muude saasteainete sisaldust. Ka liiklussagedus ja sõidukiirus mõjutavad saasteainete ärakannet ning nende kandumise kaugust sõiduteest. Põhjavee kvaliteeti ohustavad muu hulgas libedusetõrjeained ja bensiini lisand metüül-tert-butüüleeter (MTBE). Teesoola (NaCl) kasutamine libedusetõrjeks on põhjaveealadel tuntud oht: vees lahustuv sool kandub väga kergesti põhjavette ja pinnas ei jõua seda kinni pidada. Teesool ja teised saasteained võivad soodustada ka pinnases looduslikult või inimtegevuse tõttu leiduvate saasteainete liikuma pääsemist, suurendades muu hulgas metallide kandumist veekogusse.

Setitamine on tavaliselt lahendatud settebasseiniga, kus vee voolukiirus vähendatakse piisavalt pika voolutee abil vajalikule tasemele. Joonisel 3 on üks viivitusbasseini näide. Setitamise ja viivitamise samaaegne toimimine eeldab hoolikat projekteerimist ning sette perioodilist eemaldamist. Talvel ei pruugi bassein õigesti toimida, kui vesi hakkab voolama jääkaane peal. Basseinide juhised on punktis 2.2.4.

Filtreerimist ja viivitamist saab sageli lihtsamalt korraldada kahekihilise külgkraavi või biofiltratsiooniväljakuga. Neidki pole alati vaja, kui piisavalt vähese soolasisaldusega vesi immutatakse sobivas kohas läbi piisavalt paksu pinnasekihi põhjavette. Seda käsitletakse täpsemalt punktis 2.2.5.

2.2.2 Kahekihiline kraav

Kahekihiline kraav võimaldab tihedas nidusas pinnases või vett mitteläbilaskvas moreenis vett korraga viivitada ja filtreerida. Maantee või raudtee kahekihilises kraavis paikneb aluspinnasel ligikaudu 0,3…0,8 m paksune vett läbilaskev filtratsioonikiht ja kraavi põhjas drenaažitoru. Vajaduse korral asendatakse filtratsioonikihi pind 0,1 m paksuse kasvukihiga, kuhu külvatakse kohale sobiv muru. Sademevesi filtreerub muru juurestikus ja filtratsioonikihis, enne kui jõuab drenaaži; sealt voolab see viivitatult ja filtreeritult suublasse. See kehtib eriti saju alguse kõige saastunuma vee kohta. Tugeva saju hilisem, tavaliselt puhtam vesi voolab kraavi pinnal. Vett läbilaskva aluspinnase korral imbub osa filtratsioonikihti jõudnud veest puhastatuna põhjavette.



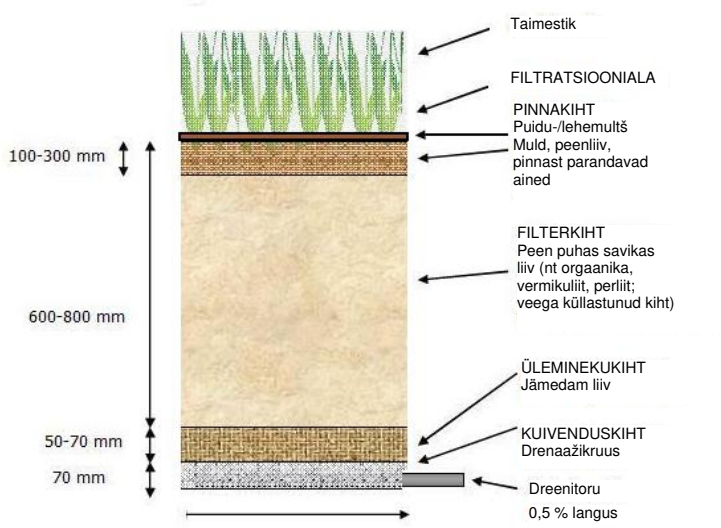
Joonis 1. Kahekihilise külgkraavi konstruktsioon

Lahendus ei pruugi nõuda tavalisest laiemat külgkraavi. Filtratsioonikihi vett läbilaskev materjal on tavaliselt liiv või moreen, mille peenosiste sisaldus on 6…20%. Kihi vähim paksus on 0,5 m, kui kraavi poole kalduva katte laius on kuni 5 m, ning 0,7 m, kui see katteosa on laiem. Süvendi põhja kujundamisel, nõlvatäite materjalinõuete ja konstruktsiooni kuivendusvajaduse määramisel järgitakse juhendit „Teekonstruktsiooni projekteerimine“.

Meetodi kasutamisel tuleb paigaldatud drenaažitoru asukoht mõõdistada, et teeomanik saaks elektri- ja sidekaablite nõlva sisse kündmise luba andes teatada toru asukoha ning sellega seotud piirangud.

2.2.3 Biofiltratsiooniala

Biofiltratsiooniala toimib samal põhimõttel kui kahekihiline kraav. Ala on siiski laiem ega asu tingimata tee või raudtee kõrval. Laiemal alal saab konstruktsiooni rajada mitme kihina. Biofiltratsiooniala võib kasutada kahekihilise kraavi või basseini asemel, kui tee või raudtee vett on vaja filtreerida või viivitada ning kõrval on näiteks omavalitsuse antud sobiv maa-ala.



Joonis 2. Biofiltratsiooniala konstruktsiooni näide (joonis: SYKE)

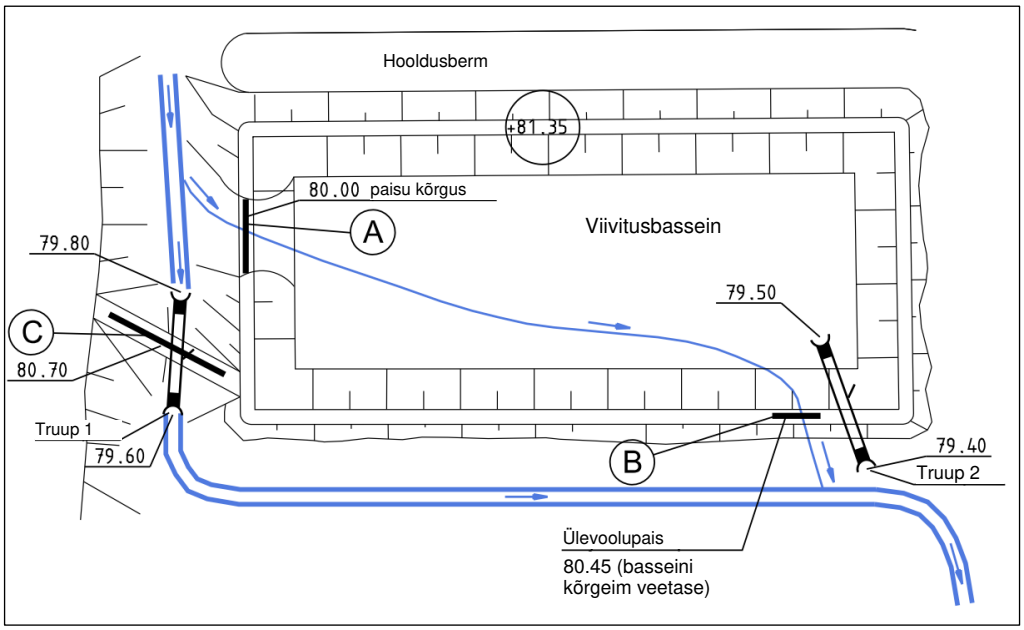
Joonisel 2 on biofiltratsiooniala konstruktsiooni näide. Pinnakiht on peenliiv või liivarikas muld; selle peale soovitatakse õhukest hakkpuidukihti, mis aeglustab savisettekelme teket. Filtratsioonikiht on liivast või liivmoreenist, mille peenosiste sisaldus on 10…20%. Ülemineku- ja drenaažikihi võib ühendada, kui kasutatakse InfraRYLi kohast drenaažikruusa või -liiva. Drenaažikillustiku korral takistatakse kihtide segunemist filterkangaga.

Biofiltratsioonialaks sobivad tee- või raudteeäärsed nõod ja sõiduteede vahelised haljasalad, kui puudub oht vee sattumiseks liiklustee konstruktsiooni. Põõsaid, puid ja muud taimestikku ning nende toetatud pinnase mikroobitegevust saab biofiltratsioonis kasutada paremini kui kahekihilises kraavis. Taimestik tõhustab imbumist ja aurustab sademevett. Alternatiivina võib nõo pinnale lisada puitmultšikihi, mis tõhustab puhastumist. Taimestik peab olema niiskuslembene, liigirikas, rindeline ja erineva kõrgusega. Sügavale juurduvaid taimi ei tohi istutada dreenide kohale, sest juured võivad need ummistada. Drenaaž väldib pikaajalist vee seismist ja soodustab puhastumist talvel. Dreenide puhastamiseks on vaja hooldustoru.

2.2.4 Viivitus- ja settebasseinid

Viivitusbasseini projekteerimise alus on, et tugevate paduvihmade ja sulamisaja vesi koguneb basseini ning väljub sealt kitsama toru või voolusängi kaudu. Nõrgema saju vesi saab basseinist vahetult läbi või mööda voolata. Mahutavus dimensioneeritakse nii, et allavoolu sademeveevõrgu, truubi, torust silla või muu rajatise läbilaskevõimet ületav osa paduvihma vooluhulgast jääks basseini piisavaks ajaks. Tavaliselt kasutatakse 5- või 10-aastase korduvusega arvutussadu. Suuremad basseinid dimensioneeritakse nii, et sellise saju vesi mahub basseini, samal ajal kui väike osa voolab pidevalt väljalasketorust välja. Kui ühe suure basseini jaoks pole maa-ala, soovitatakse rajada mitu väiksemat basseini, mis dimensioneeritakse kolme- või viieaastase korduvusega saju järgi.

Settebassein projekteeritakse nii lai ja sügav, et voolukiirus väheneb tasemeni, mille juures pinnase- ja mustuseosakesed settivad põhja ning saab vajaduse korral eemaldada. Bassein peab olema piisavalt pikk. Dimensioneerimist käsitleb juhend „Põhjavee kaitse maanteedel“.



Joonis 3. Vooluhulka ühtlustava viivitusbasseini näide

Joonisel 3 on viivitusbassein, kus tavaliselt mahub vesi läbi truubi 1. Paduvihmaga voolab truubi läbilaskevõimet ületav vesi üle paisu A basseini. Veetaseme tõustes väljub osa veest ülevoolupaisu B kaudu äravoolukraavi. Paduvihma lõppedes tühjeneb bassein aeglaselt väikese truubi 2 kaudu. Viivitusmaht arvutatakse nii: (ülevoolupaisu B kõrgus + üle paisu voolava veekihi paksus – truubi 2 voolupõhja kõrgus) × basseini pindala. Näites on see (80,45 + 0,10 – 79,50) × basseini pindala. Kasulikku mahtu saab suurendada äravoolukraavi süvendamise ja truubi 2 alandamisega või basseini pindala suurendamisega. Truubi 2 võib paigutada ka basseini vasakusse serva. Kui truup 1 asendada täielikult paisuga, läbib kogu vesi basseini; kui truup 2 paikneb joonisel näidatud kohas, toimib bassein ka settebasseinina.

Viivitusbasseinidele ja biofiltratsioonialadele tuleb tagada hooldus- ja korrashoiujuurdepääs, koostada korrashoiujuhised ning määrata vastutajad, et süsteemid toimiksid pikaajaliselt.

2.2.5 Meetmed põhjaveealadel

Maanteevõrgu põhjaveekaitse vajadus määratakse juhendi „Põhjavee kaitse maanteedel“ alusel.

Põhjaveealal sõltuvad meetmed ala tähtsusest ja teelt tuleva vee kvaliteedist. Kõigil lahendustel on puudusi:

- nõlva veetõkkekihi rajamisel väheneb põhjavee moodustumine
- veetõkkekihi puudumisel võivad vees sisalduvad soolad ja õnnetusreostus jõuda põhjavette

Raudteevõrgus hinnatakse põhjaveekaitse vajadust põhjaveealade üleriigilise riskikaardistuse väärtusklasside ning koos piirkondliku keskkonnaasutusega (ELY) koostatava juhtumipõhise riskianalüüsi alusel. Raudtee põhjaveekaitse põhimõtted on esitatud juhendis RATO 20 „Keskkond ja raudteemaa“, mis käsitleb rongide heidet ja jaamaplatvormidelt tulevat sademevett.

2.2.6 Immutusmeetodi kasutamine

Kui maantee sademevees pole põhjaveekogumi taluvusega võrreldes liiga palju kloriide, võib vett vajaduse korral pärast filtreerimist immutada. Juhend „Põhjavee kaitse maanteedel“ selgitab täpsemalt, milline soolakoormus on liiga suur. Liigse soolasisaldusega vett ei immutata, vaid nõlvadele rajatakse selle juhendi kohased veetõkked. Põhjavette immutamisel hoitakse tee projektjoon võimalikult kõrgel, et filtreeriv pinnasekiht oleks piisavalt paks.

Kui paakautoõnnetuse risk on väike ja sool asendatakse vähem kahjuliku ainega, näiteks kaaliumformiaadiga, võib vett immutada. Kaaliumformiaati kasutatakse Väylävirasto juhendites ettenähtud juhtudel. Selle mõjude kohta on teavet ka keskkonnahalduse veebilehel.

Enne põhjavette immutamist või tundlikku veekogusse juhtimist filtreeritakse vett punkti 2.2.2, 2.2.3 või 2.2.4 kohaselt. Vajalik võib olla ka viivitamine. Kahekihilist kraavi on põhjaveealal lihtne kasutada, kui põhjaveekaitse kaitsekatte materjal vastab filtratsioonikihi nõuetele.

Vett võib olla vaja immutada aluspinnasesse ka väljaspool määratud põhjaveealasid, kui põhjaveetaseme langus põhjustab punktis 1.3.2 nimetatud riske. Vajadust kontrollitakse ka siis, kui vett läbilaskvale maale ehitatakse uus tee või olemasolevale liiklusteele lisarajad ning veetihedad katted vähendavad sademevee imbumist põhjavette (punkt 1.3.2). Enne projekteerimist tuleb selgitada immutusmeetodite sobivus.

Immutamine eeldab sademevee piisavat puhastamist filtratsioonilahendustega. Enamik veega kantavaid saasteaineid on seotud heljumiga, mistõttu on neid suhteliselt lihtne eemaldada näiteks setitamise ja filtreerimisega. Suure osa tahkest mustusest saab kinni pidada kraavinõlvade pinnakattes. Soola aga ei saa sademeveest välja filtreerida: korrapärase soolakasutuse korral ei tule immutamine kõne alla.

Reostusriski vähendamiseks võib vett teenõlvade asemel immutada teest või raudteest kaugemal, näiteks põhjaveeala servas. Selleks saab kavandada kruustäitega immutuskaevikuid, kivipesi ja immutusnõgusid, näiteks biofiltratsioonialasid. Alati tuleb veenduda, et vett ei juhita liiklustee konstruktsiooni. Immutusrajatistele, eriti kaevikutele, tuleb lisada heljumi kinnipidamise eeltöötlus, et rajatis ei ummistuks. Taimkattega biofiltratsioonialad, näiteks murunõlv või põõsaistutus, ei vaja eeltöötlust.

Liiklustee paigutamist pinnasesüvendisse ei tule riskist hoolimata tarbetult vältida: süvend vähendab tõhusalt liiklusmüra ning süvendisse ehitatud tee või raudtee on teelt väljasõidu või rööbastelt mahasõidu korral muudest kõrguslahendustest oluliselt ohutum.

2.3 Üleujutusriski juhtimine

Suurimate veekoguste kontrollituks juhtimiseks väljalaskekohta kavandatakse üleujutusvee vooluteed. Analüüsis selgitatakse vee liikumisteed olukorras, kus sademeveesüsteemi läbilaskevõime on ületatud. Nende kavandamine on osa piirkondlikust kuivendusprojektist ning toimub koostöös planeerijate ja ELY-keskusega.

Üleujutusvee vooluteed dimensioneeritakse märksa harvema korduvusega paduvihmadele kui sademeveekanalisatsioon või sademevee käitlussüsteemid. Lubatav üleujutuse korduvus valitakse objekti riskitaseme järgi, näiteks kord 100 või 200 aasta jooksul. Voolutee määramisel kaardistatakse selle mõjuala liiklusvõrk: teede ja raudteede tähtsus, varisemisrisk ja ümbersõidu võimalus üleujutuse ajal.

Suurel parkimisalal võib üleujutusarvutus tähendada, et kanalisatsiooni läbilaskevõimet ületav vesi suunatakse kavandatud kalletega üle ala serva vähese kahjuga suunda. Maantee poole langevat tänavat ei tohi ühendada maanteega nii, et kanalisatsiooni ülekoormumisel voolaks suur veekogus otse maanteele. Vahele tuleb kujundada tänava projektjoone sobiv nõgus koht.

Kliimamuutusega seotud ilmastikuteguritest mõjutavad tee- ja raudteevõrku kõige enam siseveekogude ja mere üleujutused ning nende põhjustatud muldkehade ja sildade varingud. Liiklusvõrgu toimimist ohustavateks üleujutus- ja varinguolukordadeks tuleb valmistuda, liigitades ja kaardistades eri üleujutustüüpide riskid. Andmete kasutatavuse ja ajakohastamise tagamiseks tuleb need kanda ka registrisse.

ÜLEUJUTUSE PÕHJUSED*)	
1	Siseveekogu üleujutus: jõest, järvest või muust siseveekogust põhjustatud üleujutus
2	Mereüleujutus: tuule põhjustatud mereveetaseme tõus
3	Truubi- või sillaava paisutus: aladimensioneeritud või settinud ava ummistus
4	Kanalisatsiooni, kraavi või pumpla toimimise puudused
5	Jääummistusest põhjustatud üleujutus: truubi või sillaava jäätumine
6	Sademeveeüleujutus: vihma- või sulamisvee üleujutus asulas
7	Vihma- või sulamisvee üleujutus väljaspool asulat
9	Põhjus selgitamata

*) Üleujutusriski alus (ja ühtlasi tõenäosus; klass 3 on kõige tõenäolisem)	Üleujutuskohast ümbersõit
3 = ajaloolised andmed ja prognoos	9 = selgitamata
2 = ajaloolised andmed (teated või kogemus)	4 = varumarsruut on olemas
1 = prognoos (üleujutusohukaart või muu analüüs)	3 = varumarsruut on olemas, kuid jääb vee alla
	2 = varumarsruuti ei ole määratud
	1 = varumarsruut ei ole võimalik

Üleujutusriski hindamisel saab kasutada järgmisi lähteandmeid: üleujutusriski maandamiskavad, üleujutusohukaardid, üleujutuste infosüsteem, teeregister, rajatiste register, LK-andmebaas, maastikuandmebaas, pinnaseliigi andmed, SLICES-maakasutus ja Väylävirasto geoinfosüsteem. Maa- ja veekasutus selgub tavaliselt põhikaartidelt. Täpset teavet saab üld-, detail- ja muudest planeeringutest ning maakasutuskavadest. Parima ülevaate annab silla- või truubikoha ümbruse kohapealne vaatlus.

3 Kuivendusrajatiste dimensioneerimise alused

3.1 Arvutuslik vooluhulk

Kuivendusrajatised dimensioneeritakse arvutuste alusel (punktid 3.1–3.3, 4 ja 5). Arvutuslikku dimensioneerimist tuleb kasutada uutel liiklusteedel seni muutmata maastikus. Arvutused tehakse eelkõige selleks loodud tabelarvutustööriistaga **VIRTA**, mis määrab arvutusliku vooluhulga ja eri voolusängide piisavuse. Tööriistas on arvestatud varasemate nomogrammide valemeid ning osa astmefunktsioone on asendatud valemiga, kõrvaldades dimensioneerimise ebaloogilised katkevuskohad. Tööriist võimaldab arvutusi ka hõlpsasti dokumenteerida.

Kuivendusrajatise, näiteks lahtise kraavi, truubi, sillaava, toru või pumpla arvutusliku vooluhulgana kasutatakse maksimaalset vooluhulka (HQ). Selle esinemistõenäosus valitakse rajatisest ülesvoolu maakasutuse ning üleujutusohus objekti või liiklustee klassi järgi. Mida tähtsam on maakasutus või liiklusühendus ja mida suurem võiks olla üleujutuskahju, seda harvema esinemisega maksimaalne vooluhulk tuleb valida.

Truubi, sillaava, toru või pumpla arvutusliku vooluhulga määramine algab valgala pindala leidmisest, vt punkt 3.2. Arvutusliku vooluhulga saab leida kahel viisil:

- arvutusviis 1: suveperioodi paduvihma järgi, punkt 3.3
- arvutusviis 2: kevadise lumesulamise järgi, punkt 3.4

Kuivendusrajatised dimensioneeritakse suurema arvutusliku vooluhulga järgi (paduvihm või lumesulamine). Piiripealsetel juhtudel tehakse arvutused mõlema meetodiga. Arvutusviis sõltub juhtumipõhiselt valgala pindalast ja maakasutusest, vt tabel 1. Valikut võib mõjutada ka valgala asukoht, sest Põhja-Soomes on paduvihmad harvemad kui mujal Soomes.

Tabel 1. Arvutusliku vooluhulga arvutusviisi valik valgala suuruse järgi

Valgala pindala (ha)	Arvutusliku vooluhulga arvutusviisi valik
< 10	paduvihm
10…100	paduvihm või lumesulamine
	hoonestatud ja kanaliseeritud aladel sageli paduvihm
> 100	lumesulamine
	hoonestatud ja kanaliseeritud aladel siiski sageli paduvihm (vajab võrgu hüdraulilist modelleerimist)

3.2 Valgala suuruse määramine

Nii arvutusviis 1 (paduvihm) kui ka arvutusviis 2 (lumesulamine) algab valgala pindala määramisest. Selleks peab teadma liiklustee trassi, truupide asukohta ja projektjoone mõju külgkraavidele. Olemasoleva kanalisatsioonivõrgu kohta peab teadma torustiku üldist asukohta ja läbilaskevõimet.

Valgala määratakse ühega järgmistest meetoditest:

• **Väga suurte valgalade** (pindala F üle 100 km²) andmed saab enamasti piirkondlikult keskkonnaasutuselt (ELY). **Suurte valgalade** (F = 1…100 km²) pindala määratakse näiteks põhikaardi või Maanmittauslaitose geoinfoportaali abil, kui keskkonnaasutuselt andmeid ei saada.

- **Väikeste valgalade** (F = 1…100 ha) pindala määratakse põhikaardist suurema mõõtkavaga kaartidelt või olemasolu korral laserskaneeritud mudelist. Eriti tasastel aladel tuleks olukorda kontrollida maastikuülevaatusega.
- **Väga väikeste valgalade** (F < 1 ha) pindala hinnatakse maastikul visuaalselt või projektikaardi abil.

Valgala suuruse määramiseks piisab lihtsast pindalaarvutusest. Valgala määratakse kaardilt järgmises järjekorras:

1. Määratakse uuritava voolusängi punkti või väljavoolupunkti kõrgus. Valgala hõlmab sellest kõrgemal paiknevat maastikuosa.
2. Valgala piirid moodustavad väljavoolupunktile lähimad veelahkmed. Selged veelahkme kohad on künkad ja väiksemadki kõrgendikud. Nendevahelist veevoolu hinnatakse samakõrgusjoonte järgi. Igas maastikupunktis voolab vesi suurima kalde suunas ehk tavaliselt risti samakõrgusjoontega. Lisateavet annavad kaardi vooluveed, teed ja muud maastikumärgid.

3.3 Arvutusliku vooluhulga arvutusviis 1: paduvihm

3.3.1 Arvutusvalem

Lühiajalise saju põhjustatud arvutuslik vooluhulk leitakse valemiga:

$$\boldsymbol{Q = \Psi \cdot F \cdot i} \qquad \{1\}$$

kus

Q	vooluhulk (l/s),
Ψ	äravoolutegur (–), punkt 3.4.2
F	valgala pindala (ha), punkt 3.3
i	arvutussaju intensiivsus (l/(s·ha)), joonis 4.

Lisaks sellele valemile on vooluhulga täpsemaks määramiseks programme, mis arvestavad valgala kujust sõltuvat viibeaega ja vee kogunemist. Veekoguseid püütakse vähendada 2. peatükis kirjeldatud sademevee käitlemisega.

3.3.2 Äravooluteguri Ψ määramine

Äravoolutegur Ψ (vahemik 0…1) kirjeldab pindmiseks äravooluks muutuvat sademete osa ning näitab, millist osa sademetest tuleb avasängide, torude või pumplate dimensioneerimisel arvestada. Tegur sõltub eelkõige valgala pinna veeläbilaskvusest ja siledusest, aga ka ala niiskusdefitsiidist saju alguses ning saju kestusest ja intensiivsusest. Seetõttu pole tegur püsiv, vaid varieerub nii ala eri osades kui ka sama saju jooksul. Kuivendussüsteemi projekteerimisel arvestatakse siiski ebasoodsa olukorraga, kus pinnas on võimalikult märg või kevadel veel osaliselt külmunud. Tabelis A1 on eri pindade soovituslikud äravoolutegurid olukorraks, kus sademeid on juba mõnevõrra langenud (mõni mm).

Meetod ei arvesta maastiku kalde ega kraavides ja nõgudes vee kogunemisest tekkiva viivituse mõju. Neid mõjusid tuleks hinnata äravooluteguri määramisel. Äravoolutegurit kasutatakse üksnes vihmast põhjustatud äravoolu arvutamiseks.

Tabel A1. Äravooluteguri määramine

Pinna tüüp	Äravoolutegur Ψ
katus	0,80…1,00
asfaltkate	0,70…0,90
tee murunõlv	0,40…0,60
avatud kaljumaastik	0,30…0,50
kruusatee, kruusanõlv	0,20…0,50
murukattega õu, park	0,10…0,40
niit, põld, aed	0,10…0,30
soo	0,05…0,15
künklik segamets	0,05…0,20
tasane metsamaa	0,10…0,10
tasane kruusaväljak	0,00…0,05

Tabeli A1 väärtusvahemikku kasutatakse näidete 1 ja 2 järgi: väikseimad väärtused vastavad lühiajalisele sajule sulanud pinnasel ning väikese kaldega aladele, mille pinnal on nõgusid ja muid ebatasasusi. Suurem kalle ja siledam pind suurendavad äravoolutegurit, sest pinnasesse imbub vähem vett. Eriti suured on erinevused metsamaal. Täielikult vett mitteläbilaskva pinna korral Ψ = 1,0.

Näide 1

Valgala on künklik segamets, mille pinnase moodustavad halvasti vett läbilaskev kalju ja savi. Maapinna kalle on järsk, umbes kuus kraadi. Tabeli A1 järgi on künkliku segametsa äravoolutegur 0,05…0,2. Halva veeläbilaskvuse ja järsu kalde tõttu valitakse vahemiku suurim väärtus 0,2.

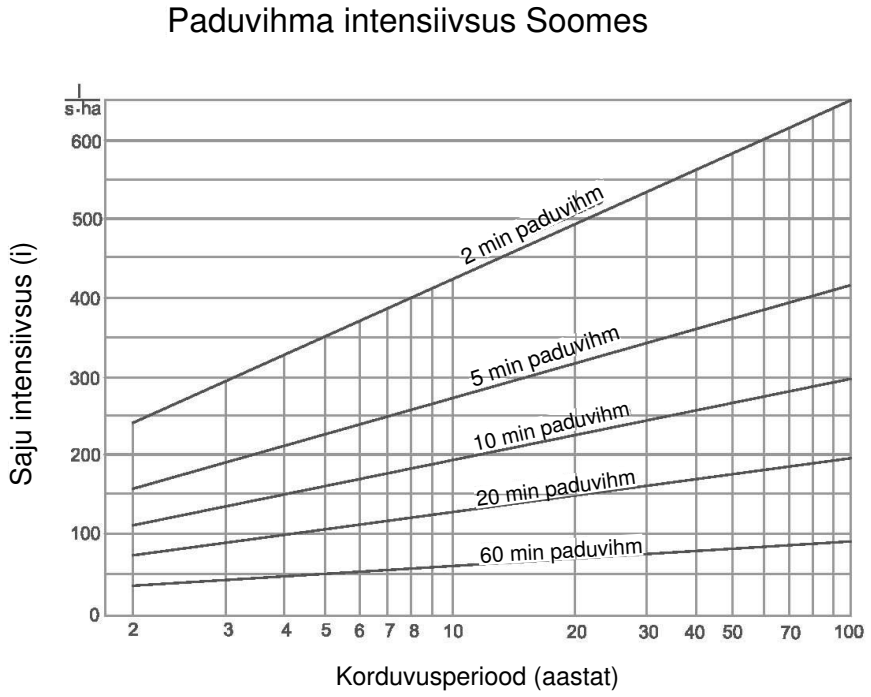
Näide 2

Valgala on murukattega park, mille pinnas on hästi vett läbilaskev liiv. Ala on üsna tasane, kaldega umbes kaks kraadi. Tabeli A1 järgi on murukattega pargi äravoolutegur 0,1…0,4. Valitakse 0,2, mis jääb vahemiku keskmisest allapoole. Väikseimat väärtust ei valita, sest valgalal on mõningane kalle.

Kui valgala koosneb oluliselt erinevatest osadest, leitakse keskmine äravoolutegur pindaladega kaalutud keskmisena punkti 3.3.5 näite 1 järgi. Valgala suuruse määramist käsitleb punkt 3.2.

3.3.3 Arvutussaju intensiivsuse määramine

Arvutussaju intensiivsus määratakse joonise 4 nomogrammil põhineva **VIRTA**-tööriistaga (Excel). See sisaldab nomogrammist märksa täpsemaid Soome meteoroloogiainstituudi sajuintensiivsuse andmeid.



Joonis 4. Soomes varem arvutussaju intensiivsuse määramiseks kasutatud nomogramm. Arvutussaju intensiivsuse määramisel tuleb kliimamuutuse prognoositavat intensiivsust suurendavat mõju arvestada teguriga 1,2.

Arvutussaju intensiivsus määratakse **VIRTA**-tööriistaga (Excel). Lisaks tuleb arvestada kliimamuutuse prognoositavat mõju ning soovi korral objekti asukohta Soomes.

Arvutussaju intensiivsuse määramiseks tuleb valida:

- saju kestus, punkt 3.3.4
- arvutusliku vooluhulga korduvus (korduvusperiood), tabel C1

Kliimamuutuse prognoositavat saju intensiivsust suurendavat mõju tuleb arvestada teguriga 1,2. Kui arvestatakse ka valgala asukoha mõju, võib Lapimaal arvutussaju intensiivsuse lisaks korrutada teguriga 0,95.

3.3.4 Arvutussaju kestus

Mida pikem on saju kestus, seda väiksem on selle keskmine intensiivsus, vt joonis 5. Kestus valitakse nii, et ka valgala servale sadanud vesi jõuaks väljavoolupunkti: kestus suureneb koos valgala suurusega. Lühim dimensioneerimisel kasutatav saju kestus on 10 minutit.

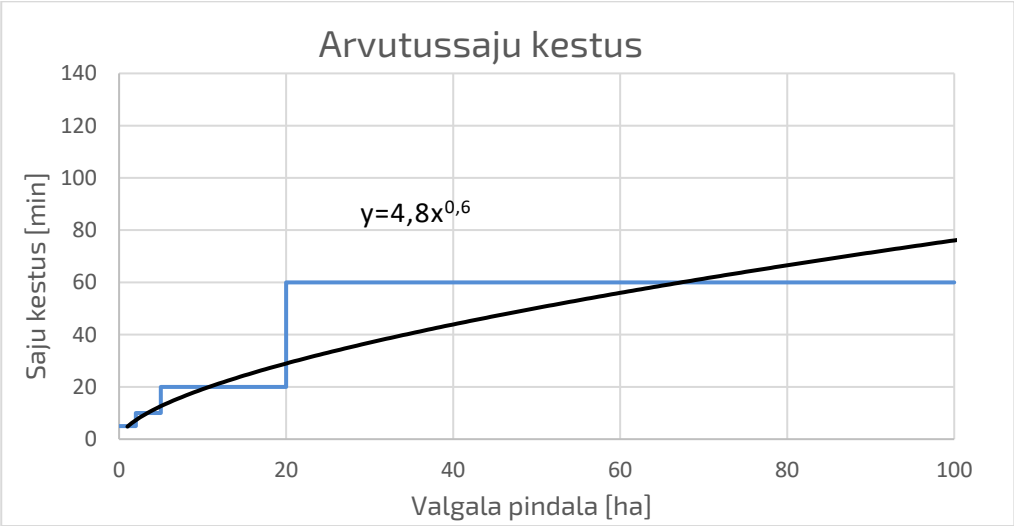
0–100 ha valgalal määratakse arvutussaju kestus joonise 5 funktsiooniga

$$y = 4{,}8x^{0{,}6}$$

y	saju kestus (min)
x	valgala pindala (ha), vähemalt 3,4 ha

Funktsioon on sobitatud võimalikult hästi järgima üldkasutatavat valgala pindala ja saju kestuse astmefunktsiooni (vt joonis 5).

Üle 100 ha valgaladel määrab arvutusliku vooluhulga sageli lumesulamine. Kui nii suurel valgalal soovitakse hinnata paduvihma põhjustatud arvutuslikku vooluhulka, peaks sademeveeasjatundja selle määramiseks tegema võrgu hüdraulilise mudeli.



Joonis 5. Arvutussaju kestuse määramise funktsioon (must) ja lähteandmetena kasutatud astmefunktsioon (hall)

Omavalitsuse nõudel võib arvutussaju kestuse määrata ka voolutee järgi (Kuntaliitto 2012). Sel juhul valitakse kestuseks aeg, mille jooksul vesi jõuab valgala kaugeimast punktist väljavoolupunkti. Kestus määratakse pikima voolutee pikkuse ja voolukiiruse põhjal järgmiselt:

$$\textit{Arvutussaju kestus}\ [min] = \frac{\textit{Valgala pikim voolutee}\ [m] \times 60\,\frac{min}{s}}{\textit{Soovituslik voolukiirus}\ [\frac{m}{s}]}$$

Eri vooluteede soovituslikud voolukiirused on tabelis B1. Väärtused on siiski ligikaudsed ega arvesta näiteks voolutee kallet, voolutakistust või veesügavust.

Tabel B1. Eri vooluteede soovituslikud voolukiirused (Kuntaliitto 2012)

Voolutee	Soovituslik voolukiirus (m/s)
Väike toru	1,5
Suur toru	1
Kraav	0,5
Maastik	0,1

3.3.5 Arvutusliku vooluhulga korduvus

Arvutusliku vooluhulga korduvus näitab selle esinemise sagedust. Näiteks 1/10 tähendab, et vastav vooluhulk esineb keskmiselt kord 10 aasta jooksul.

Tabelites C1 ja D1 esitatakse arvutusliku vooluhulga korduvuse valiku väärtused. Eristatakse miinimum- ja sihtväärtust.

Tabel C1. Arvutusliku vooluhulga korduvuse valik, arvutusviis 1 (paduvihm)

Ületav liiklustee	HQ korduvus	
	Sihtväärtus	Miinimumväärtus
Raudtee, kiirtee	1/100	1/100
Põhi- või tugimaantee, varumarsruudita	1/100	1/10
Põhi- või tugimaantee üleujutusohuta varumarsruudiga	1/20	1/5
Piirkondlik tee	1/10	1/5
Ühendustee	1/5	1/2
Erateed	1/2	1/1

Tabeli C1 rakendamisjuhised:

1. Uute liiklusteede truupide dimensioneerimisel ning olude võimaldamisel või nende muutumise tõttu ka olemasolevate truupide asendamisel kasutatakse sihtväärtust.
2. Sihtväärtusest väiksem dimensioneerimine võib kõne alla tulla, kui projektjoon või muu põhjus suurendaks kulusid oluliselt või muudaks lahenduse ümbritsevate rajatiste tõttu võimatuks ning veetaseme tõusuga kaasnevad riskid ei oleks eriti suured.
3. Truubi asendamisel või teise liiklustee ehitamisel olemasoleva kõrvale võib säilitada senise dimensioneerimise, kui see on osutunud piisavaks ja hinnanguliselt mahuks truubist läbi ka 20% suurem veekogus. Ka sel juhul ei tohi jääda alla arvutusliku dimensioneerimise miinimumväärtuse.
4. Kui truubi asendamisel on sihtväärtust lihtne saavutada, soovitatakse valida *sihtväärtus. See tugineb ELY juhendis „Silla- ja truubikonstruktsioonide avade dimensioneerimine“ esitatud alustele.*
5. Omavalitsuste planeeringute sademeveearvutustes tuleks kasutada sihtväärtust.

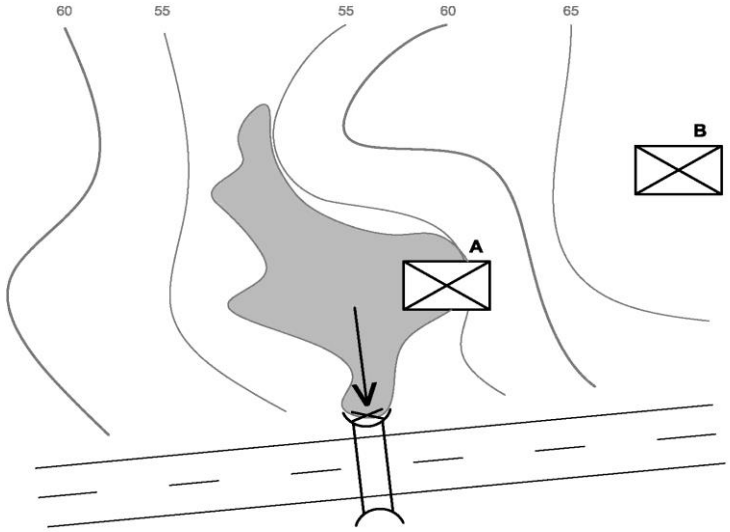
Sademeveekanalisatsiooni dimensioneerimisel on sihtväärtus 1/10 ja miinimum 1/5; asulate põhiteede sõiduradade puhul on sihtväärtus 1/20 ja miinimum 1/5. Arvestada tuleb ka kanalisatsioonivõrgu hilisemaid laiendusi.

Raudteede ja kiirteede sillaavad ning truubid dimensioneeritakse vooluhulgale HQ1/100, et suurte üleujutuste ajal ei katkeks liiklusühendus tee- või raudteekonstruktsiooni varingu tõttu. Suurte sadamate ja transporditerminalide ühendused võrdsustatakse põhi- ja tugimaanteedega. Olemasoleva raudteetruubi asendamisel võib selle suurus jääda samaks, kui seal pole täheldatud üleujutusprobleeme.

Tabelit D1 järgitakse, kui esineb vee tõusu oht väärtuslikele aladele. Hoonete kõrguse mõju riskihindamisele näitlikustab joonis 6. Tabel põhineb otse juhendil „Silla- ja truubikonstruktsioonide avade dimensioneerimine“.

Tabel D1. Arvutusliku vooluhulga korduvuse valik truubi dimensioneerimisel, kui on tuvastatud oht, et üleujutusvesi ulatub hooneni.

Sillast või truubist ülesvoolu asuv üleujutusohus objekt	HQ korduvus
Asula, olulised hooned või rajatised Eriti väärtuslikud elu- või hooldushooned (haiglad, hooldusasutused) või raskesti evakueeritavad objektid. *) Arvutussadu ei ole joonisel 6 esitatud; see tuleb määrata kohalike täpsemate andmete alusel. Andmeid saab küsida kohalikult ELY-keskuselt.	1/100 1/250*)



Joonis 6. Tabeli D1 rakendamisel arvestatakse üksnes võimaliku üleujutuse mõjualas olevaid hooneid (A). Voolusängist selgelt kõrgemal paiknevad hooned (B) dimensioneerimist ei mõjuta.

Pumpla dimensioneerimiseks veekoguseid hinnates selgitatakse, kui laiale alale vesi levib pumpla seiskumisel ja millist kahju üleujutus tekitab.

Näide 1

Tugimaantee äravoolukraavi valgala (F = 18 ha) hõlmab 13 ha tasast segametsa ja 5 ha põldu. Harva esinev üleujutus tõenäoliselt tee lähedal olulist kahju ei tekita. Kui suur on paduvihmast põhjustatud arvutuslik vooluhulk?

Lahendus: segametsa äravooluteguriks hinnatakse Ψ1 = 0,07 (tabel 1; tasane maastik vähendab tegurit) ja põllul Ψ2 = 0,15. Keskmine äravoolutegur on sel juhul:

$$\Psi = \frac{0{,}07 \cdot 13 + 0{,}15 \cdot 5}{18} = 0{,}09$$

Joonise 5 valemi järgi on arvutussaju kestus 27 min. Tee klassi ja väikeseks hinnatud üleujutuskahju alusel valitakse korduvusperioodiks 20 aastat. VIRTA-tööriist annab arvutussaju intensiivsuseks i = 160 l/(s·ha). Vooluhulgaks kujuneb:

Q = 0,09 · 18 · 160 · l/s = 259 l/s

Kui arvutus sisaldab ebakindlust (eelkõige äravooluteguri osas), võib kasutada alternatiivseid arvväärtusi. Väikesed erinevused enamasti konstruktsiooni ennast ei muuda.

3.4 Arvutusviis 2: lumesulamise vooluhulk

3.4.1 Arvutusvalem

Lume ja lörtsi sulamisest tekkiv maksimaalne äravoolumoodul määratakse otse valgala suuruse põhjal. Sulamisest tekkivat maksimaalset vooluhulka tuleb üldjuhul arvutada alati, kui valgala ületab 100 ha (1 km²), välja arvatud hoonestatud alade kanalisatsioon. Väikese äravooluteguriga alal, näiteks metsamaal, võib lumesulamine anda määrava vooluhulga juba märksa väiksemal kui 100 ha pindalal.

Lumesulamise vooluhulk arvutatakse järgmise valemiga:

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot Hq \qquad \{2\}$$

kus

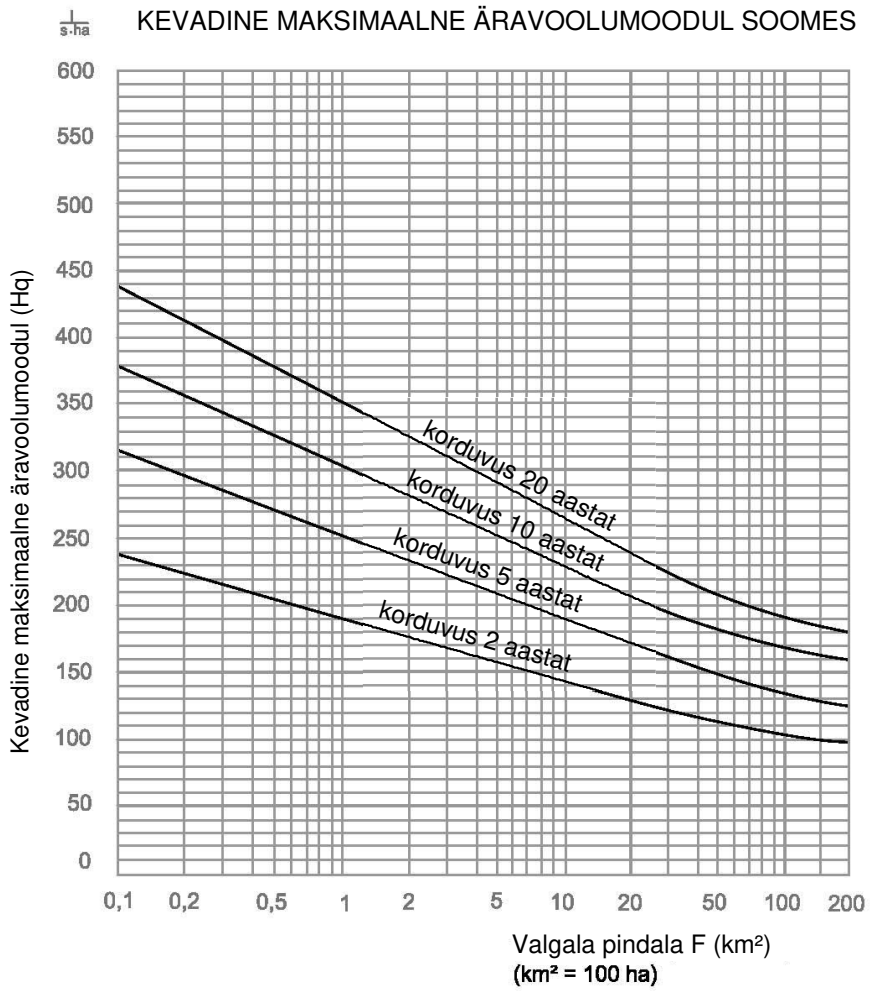
Q	vooluhulk (l/s),
kJ	järvede osakaalu tegur (–),
kM	metsakuivenduse tegur (–),
kP	põllumaa osakaalu tegur (–),
F	valgala pindala (km²),
Hq	kevadine maksimaalne äravoolumoodul (l/(s·km²))

Valgala suurus F määratakse punkti 3.2 järgi; pindala on kõige otstarbekam väljendada km²-des.

3.4.2 Kevadise maksimaalse äravoolumooduli Hq määramine

Kevadine maksimaalne äravoolumoodul Hq määratakse jooniselt 7, arvestades:

- valgala suurust
- maksimaalse äravoolumooduli tõenäolist esinemissagedust



Joonis 7. Lumesulamisest põhjustatud kevadine maksimaalne äravoolumoodul. Põhja-Pohjanmaal ja Lapimaal korrutatakse Hq teguriga 1,3.

Tabel A2. Arvutusliku vooluhulga korduvuse valik arvutusviisis 2 (lumesulamine)

Projekteeritav objekt	HQ korduvus	
	Sihtväärtus	Miinimumväärtus
Raudtee	1/100 (1/250)[1]	1/100
Põhi- või tugimaantee, varumarsruudita	1/100 (1/250)[1]	1/20
Põhi- või tugimaantee üleujutusohuta varumarsruudiga	1/20	1/10
Piirkondlik tee	1/15	1/5
Ühendustee	1/10	1/5
Erateed	1/2	1/1

1) Kui teeomanik või Väylävirasto soovib konstruktsioonile suurvee ajal suuremat kindlust, valitakse HQ korduvuseks 1/250. Arvutuslik vooluhulk tuleb määrata juhtumipõhiselt.

Kord 50 aasta jooksul esinev kevadine maksimaalne äravoolumoodul on 10% suurem kui kord 20 aasta jooksul esinev. Kord 100 aasta jooksul esinev on vastavalt 15% suurem kui kord 20 aasta jooksul esinev.

Kui kevadine üleujutus põhjustab pikemaajalist ja sageli suuremat kahju kui suvine paduvihm, valitakse kevadisele maksimumile pikem korduvusperiood. Tee või raudtee ja ümbruse tähtsusest sõltuvalt võib see tabeli A2 järgi olla 2…20 aastat. Sihtväärtus määratakse samamoodi nagu tabelis C1 ehk ELY juhendi „Silla- ja truubikonstruktsioonide avade dimensioneerimine“ alusel. Torust sildade ja tähtsate maanteetruupide dimensioneerimisel kasutatakse tavaliselt joonise 6 kohast 20-aastast korduvusperioodi.

3.4.3 Järvede, metsakuivenduse ja põllumaa osakaalu tegurid

Lumesulamise arvutusliku vooluhulga leidmisel parandatakse kevadist maksimaalset äravoolumoodulit järvede, metsakuivenduse ja põllumaa osakaalu teguritega.

Kui järvede osakaal valgalast on üle 1%, väheneb kevadine maksimaalne äravoolumoodul tabeli B2 järvede osakaalu teguri kJ võrra.

Tabel B2. Järvede osakaalu tegur

Järvede osakaal (%)	Tegur kJ
1	1,0
5	0,7
10	0,4
15	0,3
20	0,2

Kui olemasoleva või kavandatud metsakuivenduse kasulik pindala hõlmab vähemalt 10% kogu valgalast, suureneb kevadine maksimaalne äravoolumoodul tabeli C2 metsakuivenduse teguri kM järgi.

Tabel C2. Metsakuivenduse tegur

Kuivendatud metsa osakaal kogu valgalast (%)	Tegur kM
< 10	1,00
10	1,05
20	1,10
30	1,15
40	1,20
50	1,25

Kui vähemalt 50% valgalast on põllumaa, suureneb kevadine maksimaalne äravoolumoodul tabeli D2 põllumaa osakaalu teguri kP järgi.

Tabel D2. Põllumaa osakaalu tegur

Põllumaa osakaal kogu valgalast (%)	Tegur kP
< 50	1,0
50	1,1
60	1,2
70	1,3
80	1,4
90	1,5
100	1,6

Neis tingimustes tekib arvutuslik vooluhulk lumesulamisest. Lähteeeldused mõjutavad mõlema vooluhulgaliigi arvväärtusi märgatavalt. Näites 2 näidatakse vooluhulga valimist truubiava, kanalisatsiooni või pumpla dimensioneerimiseks. Olemasolevatel teedel soovitatakse kasutada kogemusandmeid praeguste truupide põhjustatud üleujutuste, üleujutuskahjude ja senise korrashoiuvajaduse kohta.

Näide 2

Põhja-Soomes asuva järvedeta põllumajandusala peakraavi valgala on teetrassi kohal 0,55 km². Kumb annab määrava arvutusliku vooluhulga: lumesulamine või suvine paduvihm?

Lumesulamise maksimaalne äravoolumoodul saadakse jooniselt 7, valides põllu tasasuse tõttu korduvusperioodiks 10 aastat: Hq = 1,3 × 320 = 420 l/(s·km²). Maksimaalne vooluhulk arvutatakse valemiga:

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot Hq$$

$$= 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}55 \cdot 420 l/s = 370\ l/s$$

Kontrollarvutus paduvihma järgi:

Väiksema kahju tõttu võib paduvihma korduvusperioodiks lubada 2 aastat. Joonise 5 valemi järgi on kestus 53 min ja joonise 4 järgi saju intensiivsus i = 34 l/(s·ha).

VIRTA-tööriist annab i = 48 l/(s·ha). Äravooluteguriks hinnatakse tabeli A1 järgi Ψ = 0,15. Sajust tekkiv maksimaalne vooluhulk on:

$$Q = \Psi \cdot F \cdot i = 0{,}15 \cdot 55 \cdot 48\ l/s = 392\ l/s$$

Suurema vooluhulga annab paduvihm (arvutusviis 1).

3.5 Kogemuspõhine dimensioneerimine

Väikestel valgaladel saab kuivendusrajatisi dimensioneerida vooluhulga arvutuseta muu hulgas järgmistel juhtudel:

- Külg- ja äravoolukraavid ning truubid, kui valgala on alla 5 ha. Truubi suurus määratakse tavaliselt otse punkti 5.4 tabelitest 6, 7 ja 8.
- Väga väikese valgala (< 1 ha) puhul ei põhine kraavi dimensioneerimine vooluhulgal, vaid ümbruse võimalikul kuivendusvajadusel, töötehnoloogial ja hõlpsal hooldatavusel. Lisaks arvestatakse voolusängi mõju liiklusohutusele ja selle väljanägemist.
- Kahe sõiduteega tee eraldusriba, tee ja jalg- ning jalgrattatee vahelise ala või muude paralleelsete liiklusteede vaheliste kraavide dimensioneerimine.

Kui olemasoleva maantee kõrvale ehitatakse jalg- ja jalgrattatee, teine sõidutee või muu tee, võib äravoolukraavi truubi projekteerimisel arvestada olemasoleva truubi suurust ja kogemusi selle piisavusega.

Sel juhul hinnatakse esmalt olemasolevate truupide suuruse piisavust ning võimalike tulevaste suuremate vooluhulkade mõju suurendamisvajadusele. Kogemuspõhisel dimensioneerimisel tuleb seetõttu uurida, kuidas mõjutaks 20% suurem vooluhulk truubiava piisavust. Truubi suuruse valimisel vaadatakse ka liikluskeskuste aruannetest teateid „vesi teel“ ja „liiklus katkestatud“. Keskkonnaasutustel on samuti andmeid elamuteni ulatunud vee ning üldiste üleujutusriskide kohta. Täheldatud üleujutusi arvestatakse nii uute truubi- ja sillaavade dimensioneerimisel kui ka olemasolevate piisavuse hindamisel. Kogemuspõhist dimensioneerimist kasutatakse olemasoleva truubi sisse uue toru paigaldamise võimaluse või senisele liiklusteele uude kohta rajatava truubi suuruse otsustamisel. Täpsemad juhised on peatükkides 4 ja 5.

4 Pindkuivenduse projekteerimine

4.1 Üldist teemaal

Pindkuivendus väldib vee kogunemist tee pinnale ja kõrvalaladele ning eemaldab sinna juba kogunenud vee. Selleks tagatakse maantee ning jalg- ja jalgrattatee piisav põikkalle, külgkraavide langus ja truupide korrasolek.

Ümbruse kuivendus ei tohi seejuures halveneda ega raskeneda. Pinnavee eemaldamine eeldab piisavaid põikkaldeid, sest katte kulumine, uued kattekihid, tee vajumine ning tee serva ja kraavidesse kogunev liiv, taimestik ja muud takistused vähendavad aastatega kuivenduse tõhusust. Kõik kuivenduslahendused peaksid olema töökindlad, vähese hooldusvajadusega ja masinatega hooldatavad.

Pindkuivenduse toimivus on külmavaba perioodi pikenemisel muutunud üha tähtsamaks. Kattega tee ebapiisav põikkalle soodustab löökaukude teket. Kruusateel soodustab väike põikkalle pinnakihi kandevõime kadu märjal ajal. Kui tee äärest servavalle ei eemaldata, koguneb sinna lumi ja sulailmaga tekivad veelombid.

4.2 Avatud voolusängi dimensioneerimine

4.2.1 Avatud voolusängi hüdrauliline dimensioneerimine

Hüdraulilise dimensioneerimisega kontrollitakse, kas kavandatud voolusängi suurus on veekoguse jaoks sobiv. Lisatulemusena saadakse voolukiirus sängis.

Arvutuste vajadus sõltub eelkõige valgalast punkti 3.1 kohaselt.

Hüdrauliline dimensioneerimine tehakse valemiga 3.

$$Q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}}{n} \qquad \{3\}$$

kus

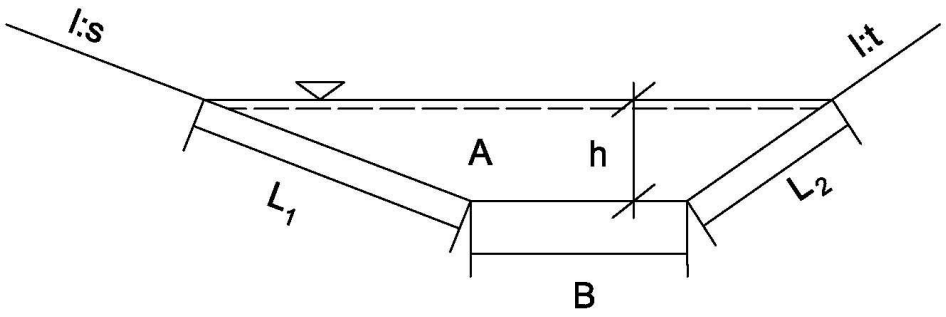
Q	vooluhulk (m^3/s)
A	vee ristlõikepindala (m^2)
R	hüdrauliline raadius (m)
J	voolusängi pikikalle (–)
n	voolusängi seina karedustegur (–).

Karedustegur n sõltub voolusängi seinte siledusest ja ühtlusest ning veesügavusest. Arvutuses võib kasutada tabeli 2 ligikaudseid väärtusi. Mida karedam on sängi pind ja mida väiksem veesügavus, seda suurem on karedustegur.

Tabel 2. Vooluarvutustes kasutatavad karedustegurid

VOOLUSÄNGI PINNATÜÜP	KAREDUSTEGUR
kruus ja liiv	0,020…0,030
savi ja möll	0,025…0,040
tasane murunõlv	0,040…0,070
ebatasane murunõlv	0,070…0,120
looduslik säng, rohke taimestik	0,080…0,150
asfaltpind	0,013…0,016
betoonrenn	0,013…0,018

Hüdrauliline raadius R on vee ristlõikepindala jagatud märgperimeetriga: A/P. Väga madalas voolusängis, näiteks tee pinnal, on see ligikaudu võrdne veesügavusega.



Joonis 8. Hüdraulilise raadiuse (R) ja märgperimeetri (P) arvutamine avatud voolusängis

Hüdrauliline raadius

$$R = \frac{A}{P} \qquad \{4\}$$

$$R = \frac{A}{B + L_1 + L_2} = \frac{h \cdot \left(B + s \cdot \frac{h}{2} + t \cdot \frac{h}{2}\right)}{B + h \cdot \left(\sqrt{1 + s^2} + \sqrt{1 + t^2}\right)}$$

Kui B = 0 ja t = s, saame

$$R = \frac{s \cdot h}{2\sqrt{1 + s^2}}$$

Märgperimeetri P võib mõõta ka voolusängi ristlõikelt.

Kuna hüdraulilise dimensioneerimise valemis mõjutab veesügavus h nii ristlõikepindala A kui ka hüdraulilist raadiust R, on võrrandit kõige otstarbekam lahendada eri veesügavusi proovides. Vajaduse korral leitakse voolukiirus valemiga v = Q/A. Voolukiirust on vaja erosiooniriski määramiseks.

Näide 3

V-kujulise kraavi sisenõlva kalle on 1:6 ja välisnõlva kalle 1:2. Pikikalle J = 1,5% (= 0,015) ning murustatava kraavipõhja karedusteguriks hinnatakse n = 0,050. Arvutuslik vooluhulk Q = 90 l/s. Milline on suurim veesügavus ja voolukiirus?

Lahendus:

Vee ristlõikepindala $A = 4 \cdot h^2$

Märgperimeeter $P = h \cdot \left(\sqrt{1+6^2} + \sqrt{1+2^2}\right) = 8{,}32 \cdot h$

Hüdrauliline raadius $R = \frac{A}{P} = 0{,}48 \cdot h$

1. katse:

Eeldame h = 0,30 m. Siis A = 0,36 m² ja R = 0,14 m.

Arvutusvõrrand annab: $Q = \frac{0{,}36 \cdot 0{,}14^{\frac{2}{3}} \cdot 0{,}015^{\frac{1}{2}}}{0{,}050} = 0{,}24 \frac{m^3}{s}$

Arvutatud vooluhulk on liiga suur, seega tuleb h vähendada.

2. katse:

Eeldame h = 0,20 m. Siis A = 0,16 m² ja R = 0,096 m.

$Q = \frac{0{,}16 \cdot 0{,}096^{\frac{2}{3}} \cdot 0{,}015^{\frac{1}{2}}}{0{,}050} = 0{,}082 \frac{m^3}{s}$

Arvutatud vooluhulk on veidi liiga väike.

3. katse ja lõpptulemus:

Interpoleerides saame h = 0,21 m, mille korral Q = 0,090 m³/s = 90 l/s ehk lähteolukorra kohane. Voolukiirus v = Q/A = 0,090/0,17 = 0,53 m/s.

Suurim veesügavus jääb üsna väikeseks (0,21 m), kuigi arvutuslik vooluhulk 90 l/s eeldab mitme hektari suurust valgala.

4.3 Tee pinnakallete kujundamine

4.3.1 Sõidutee ja teepeenra kalded

Tee pinnakalletega püütakse vihma- ja sulamisvesi kohe pinnalt eemaldada, et tekkiv veekile ei muutuks kahjulikult paksuks. Kuivendus peaks jääma rahuldavaks ka aastate jooksul katte roobastumisel ja teepinna vajumisel. Sirgel teel kasutatakse eri katteliikidel tabeli 3 põikkaldeid.

Tabel 3. Sõidutee põikkalle sirgel teel

Katte liik	Põikkalle %
AB, SMA, PAB-B	3,0
Valuasfalt	3,0
Pindamised	3,0
PAB-V	4,0
Kruus	5,0

Nõrga pinnasega lõikudel ja mujal, kus tee märgatav vajumine on tõenäoline, kasutatakse tabelist 3 0,5…1,0 protsendipunkti suuremaid põikkaldeid. See suurendus ei kehti siiski PAB-V katte ega kruusateede puhul.

Teele uue katte paigaldamisel võib kasutada tabelist 3 0,5…1,0 protsendipunkti väiksemat põikkallet, kui see vähendab asfaldisegu kulu või annab muud olulist kasu. Kalde vähendamine ei ole lubatud, kui see tekitab veelompe ja nendest tuleneva liiklusohutusriski.

Põikkalde määramine kõverikel ja teepeenra põikkalde juhised on esitatud juhendis „Tee plaani ja pikiprofiili projekteerimine“.

Kohtades, kus sõidutee kuivendus sõltub peamiselt pikikaldest, näiteks kõveruse pöördepunktis või äärekivi kõrval, on pikikalde soovitav miinimum 1,0%, erandina 0,5%.

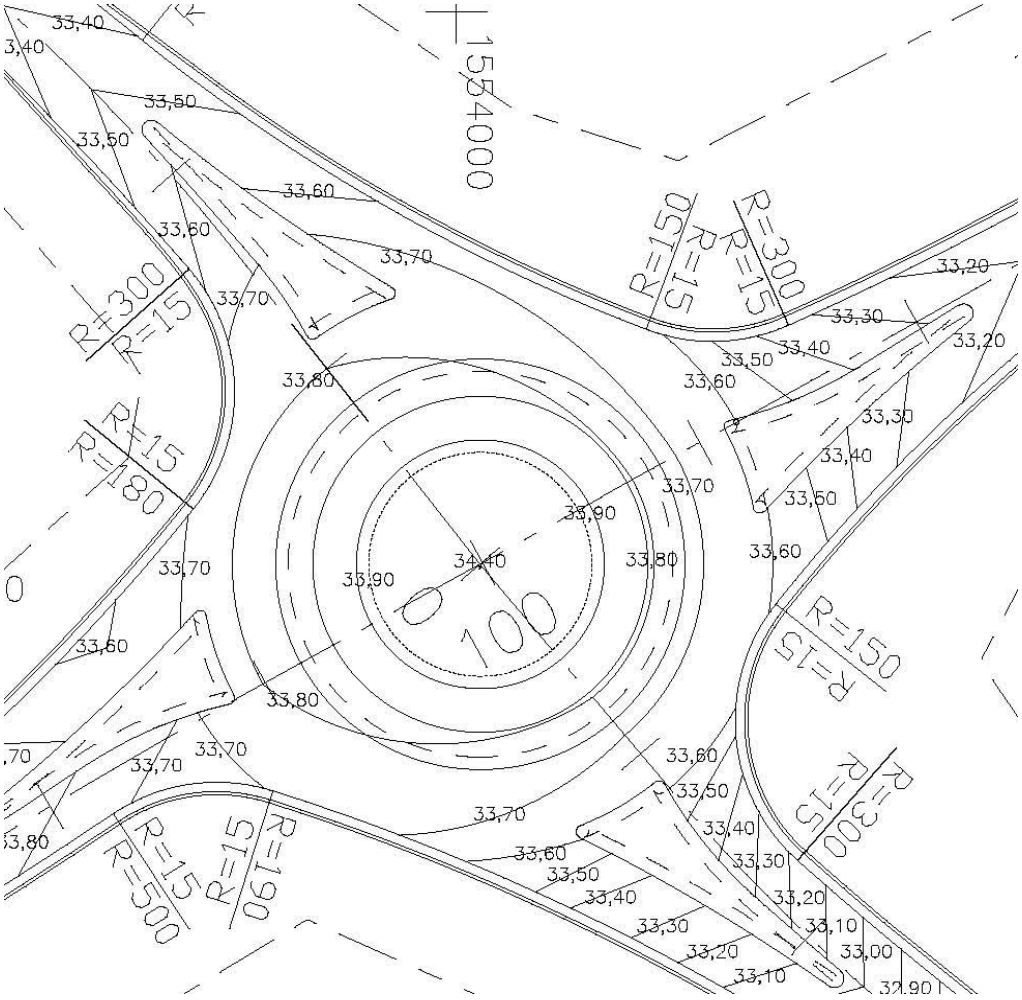
4.3.2 Ristmike kallete kujundamine

Ristmikualal on suurima languse suuna kalde sihtväärtus 2% ja maksimum 5%. Miinimum saavutatakse üksnes põikkalletega, kui kõveruse pöördepunkt ei jää ristmikualale ning sõidutee või -raja servas pole äärekivi. Kui vee lahtisse kraavi juhtimiseks piisavat kallet ei saa kujundada, võib kasutada immutuskaevu või kaevu koos lühikese kanalisatsioonitoruga.

Suure ristmikuala pindkuivendust kontrollitakse vajaduse korral samakõrgusjoontega (joonis 9). Sõidutee pinna samakõrgusjooned kantakse ristmikuplaanile 0,1 m kõrgusvahega. Väga väikeste kallete korral kasutatakse 0,05 m vahet. Vesi voolab samakõrgusjoontega risti. Joonte vahekaugus plaanil näitab kalde suhtelist suurust ja võimalikke kuivendusprobleeme.

Kanaliseeritud ristmikul tuleb pöörata erilist tähelepanu tõstetud liiklussaarte ümbruse kuivendusele. Vesi ei tohi jääda loikudesse: kalle peab olema 2% ning vesi peab saama väljuda üle teeserva või saare kõrvale rajatud sademeveekaevu.

Kuivendusele on soodne, kui liituv tee asub põhiteest madalamal. Põhitee poole langevalt kõrvalteelt kipub lumesulamisvesi voolama põhiteele, sest lumevallid takistavad külgsuunas äravoolu. Voolu katkestamiseks võib paigutada lauge renni või joonkuivendusrenni põhiteega paralleelselt külgkraavitruubi kohale või truubi puudumisel põhitee servast 5…10 m kaugusele.



Joonis 9. Ristmiku vertikaalplaneerimise näide. Väga väikeste kallete korral joonestatakse samakõrgusjooned 0,05 m vahega.

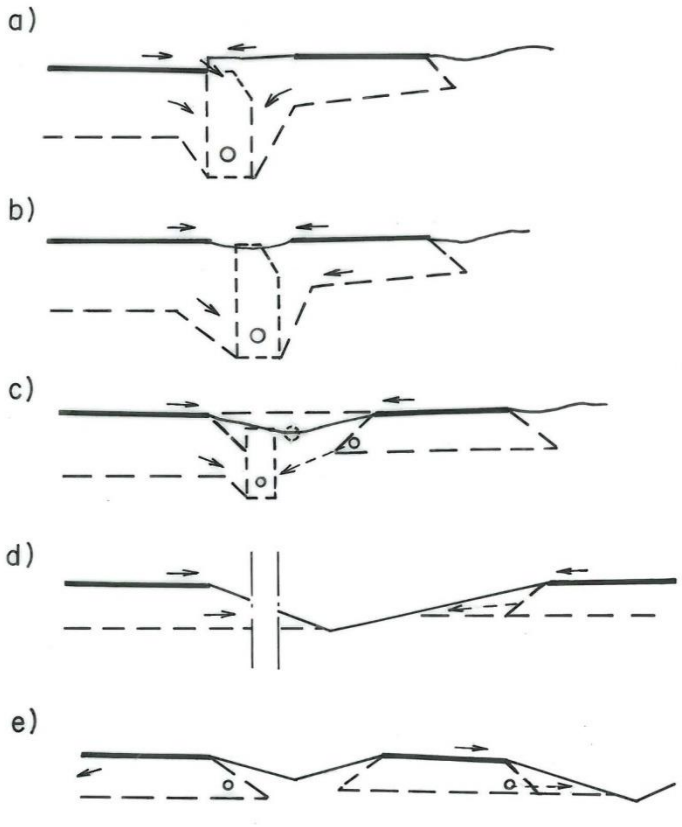
4.3.3 Jalg- ja jalgrattateed

Tabeli 3 väärtused sobivad ka jalg- ja jalgrattateedele. Külmakerkeohuta aluspinnasel võib kasutada 0,5…1% väiksemat, nõrgal pinnasel paikneval kattega teel 0,5…1% suuremat kallet.

Jalg- ja jalgrattatee kaevatud künasse rajatud konstruktsioon soovitatakse kuivendada drenaažiga, sest külmakerkelisel pinnasel tekivad tee keskele kergesti pikilõhed. Sügavad külgkraavid suurendavad nende tekke tõenäosust ja kasvukiirust. Riski saab vähendada sügavate kraavide vältimise või terasvõrguga. Külgkraavi sügavuse määrab sageli ümbritsev maakasutus. Läbipääsudeni viivatel teedel on eriti tähtis määrata täpselt pinnaseliikide piirid ja põhjaveetase, et ebaühtlaste külmakergete risk oleks võimalikult väike. Juhend „Teekonstruktsiooni projekteerimine“ käsitleb täpsemalt külmakergete arvestamist jalg- ja jalgrattatee konstruktsiooni ning kuivendustaseme projekteerimisel.

Jalg- ja jalgrattatee pinnakalle on ligikaudu sama kui muudel teedel: asfaltbetoonil tavaliselt 3,0% ja kivisõelmetel 4%. Nõrgal pinnasel ning nõgusatel murdekohtadel suurendatakse kallet 0,5…1,0 protsendipunkti; külmakerkeohuta aluspinnasel võib kasutada veidi väiksemat väärtust.

Jalg- ja jalgrattatee paikneb tavaliselt maantee kõrval ning nende kuivendus tuleb projekteerida koos toimivana.



Joonis 10. Jalg- ja jalgrattatee kuivendusvariandid

a) Pinnavesi juhitakse tõstetud kõnniteelt ja sellega samal tasapinnal olevalt eraldusalalt sõidutee sademeveekanalisatsiooni. Lahendus sobib eriti asulatesse. Kõnnitee konstruktsioonikihtide nõrgvesi voolab läbi kanalisatsioonikaeviku täite drenaaži kaudu kanalisatsiooni.

b) Pinnavesi juhitakse teedevahelisele alale. Kitsal (< 4 m) vahealal jääb nõva madalaks. Nii pinnase- kui ka kaljusüvendis juhitakse vesi sel juhul ära kaevude ja kanalisatsiooni kaudu. Kaevud paigutatakse ristmikele, projektjoone madalatesse kohtadesse ja kindla vahemaa järel. Krundi juurdepääsude vahele jäävatel lühikestel lõikudel võib pinnavee juhtida dreenini vett läbilaskva pinnasekihi või kruusast immutusakna kaudu. Konstruktsioonikihid kuivendatakse kanalisatsiooniga ühendatud dreeniga.

c) Nagu b), kuid vaheala laius võimaldab sügavamat nõva. Siis saab osa juurdepääse läbida truubitoruga.

d) Laiale (> 10 m) eraldusalale saab rajada nii sügava kraavi, et sinna juhitakse nii teede pinnavesi kui ka konstruktsioonikihtide nõrgvesi. Vahealalt viiakse vesi sobivates kohtades truupidega ära.

e) Ümbruse kuivendusvajadusest ja tee ehitusloost (kas jalgrattatee rajati hiljem) sõltub, kas pikisuunaline vesi juhitakse peamiselt vaheala kraavi või teemaa välisserva külgkraavi. Teelt väljasõidu ohutuse seisukohalt on sügav kraav parem paigutada teemaa välisserva, sest vaheala juurdepääsutruubid võivad väljasõitvale sõidukile ohtlikud olla.

4.3.4 Eraldusribad ja teedevahelised alad

Eraldusriba vähendab laupkokkupõrkeid ja liigendab neljarajalist teed. Alternatiiv on keskpiire, mille ruumivajadus ja hooldatav ala on märksa väiksemad. Eraldusribal on kaks põhitüüpi: tõstetud ja tõstmata.

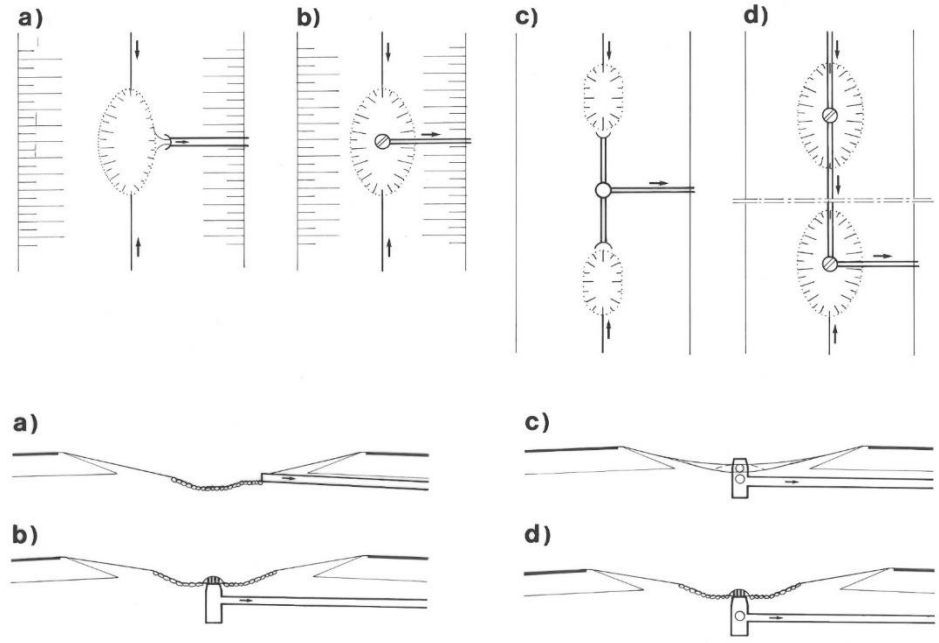
Tõstmata eraldusriba ristlõige on V-kujuline. See võib olla piirdega või piirdeta. Piirdeta eraldusriba nõlvakalle on 1:4…10. Kaldega 1:4 saab 4 m laiusel ribal 0,5 m sügavuse kraavi. Ohutuse ja väljanägemise poolest on parem kalle 1:6, kuid 0,5 m sügavuse saavutamiseks on siis vaja 6 m laiust riba. Pindkuivenduseks piisab tavaliselt 0,5 m kraavisügavusest: kevadel lumevalli asemele tekkiv 0,3 m jääkiht ei täida kogu kraavi. Alla 10 m laiuselt eraldusribalt juhitakse vesi sademeveekanalisatsiooni, kaevu ja väljavoolutoru või ühe sõidutee aluse pooltruubi või truubi kaudu otse sõidutee alt välja. Pooltruubid paigutatakse 50…100 m ja truubid 100…500 m vahega või rajatakse eraldusribale kanalisatsioon. Vahemiku alumist piiri kasutatakse kitsa riba ja väikese pikikalde, ülemist piiri laia riba ja suure pikikalde korral. Sõidutee kalle eraldusriba poole eeldab väiksemat truupide vahet. Truup paigutatakse alati enne eraldusriba ületuskohta või muud paisutavat rajatist ning võimaluse korral hea väljalaskekohaga teeserva juurde.

Laugematel lõikudel tuleb eriti ainult truupe kasutades eraldi määrata sobiv vahekaugus, et eraldusribal voolav vesi ei tõuseks sõiduteele. Arvestatakse kraavi kuju, voolavat vett, eraldusriba rajatisi ja kraavi pikikallet.

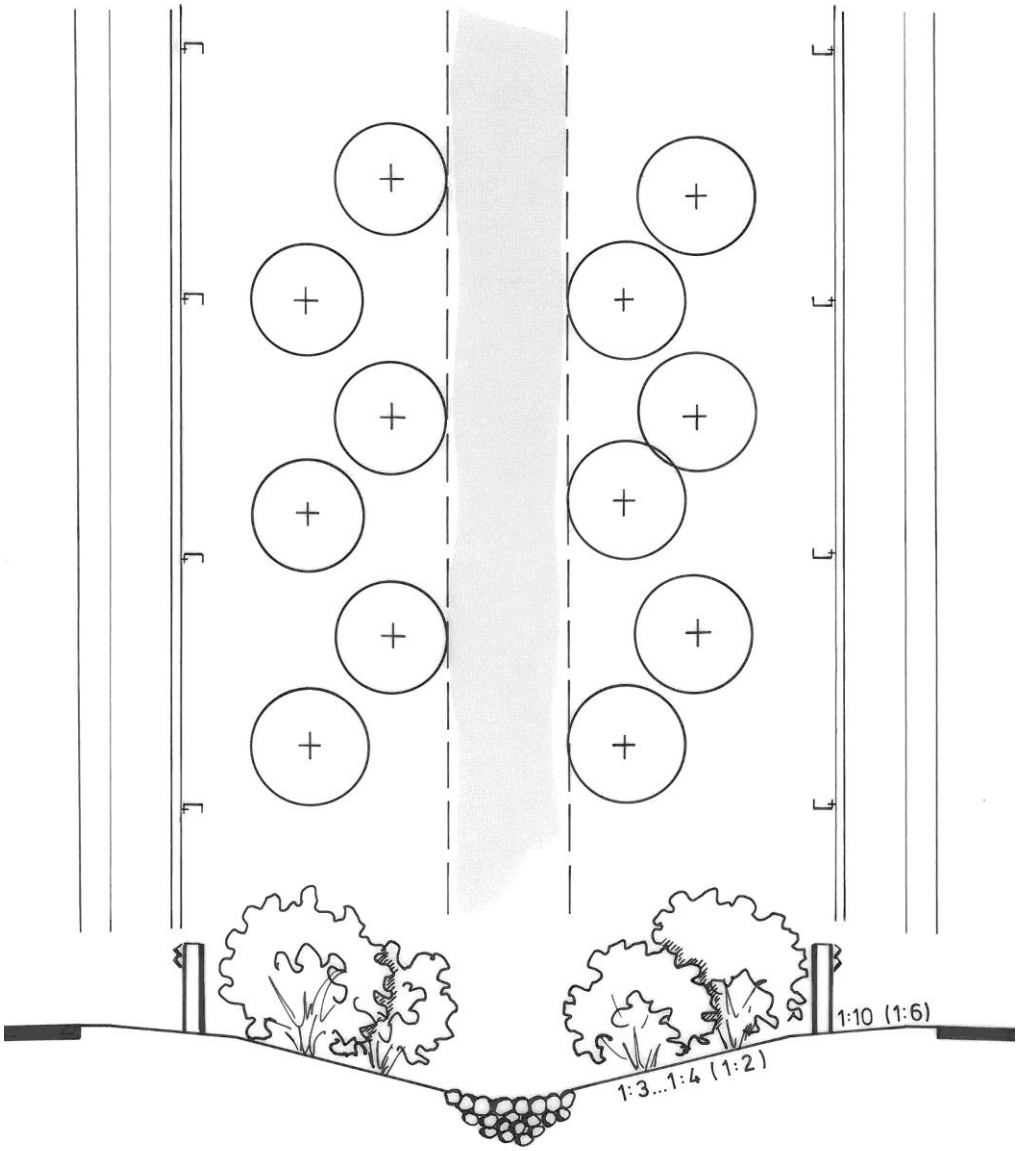
Vee juhtimine kanalisatsiooni on vajalik süvendites, vajuvatel nõrkadel pinnastel ja väga kitsastel eraldusribadel, kus soovitakse vältida teealuseid torusid; samuti alla 6,0 m laiustel ribadel, kui pooltruubid või kaevud koos väljavoolutorudega ei sobi.

Ainult truupe kasutades tuleb 6,0…10,5 m eraldusribal nõlvad tavaliselt teha järsemad kui 1:4 ning alati paigaldada eraldusribale ka piirded. Üksnes truubi kasutamine tähendab enamasti külgkraavi süvendamist tavaristlõikest sügavamaks; näiteks kaljusüvendis võib siis vaja minna piiret ja järsku sisenõlva ka välisservades.

Pooltruupidega lõikudel, mille pikikalle on > 3%, võib väljalasketorude vahe olla suurem. Soovitatust madalamat kraavi võib kasutada veelahkmetel ning kohtades, kuhu lund ei koguta või kus kaevude vahe on tavalisest väiksem. Eraldusribasid käsitleb täpsemalt juhend „Tee ristlõike projekteerimine“.



Joonis 11. Vee ärajuhtimine eraldusribalt. Laialt (> 6 m) ribalt eemaldatakse vesi truubiga (a), kitsamalt (< 6 m) ribalt kaevu ja väljavoolutoruga (b), pooltruubiga (c) või sademeveekanalisatsiooniga (d). Pinnase- ja kaljusüvendis on tavaliselt vaja sademeveekanalisatsiooni.



Joonis 12. Piirde toimimiseks kasutatakse sõidutee ja piirde vahel nõlvakallet 1:10. Järsem nõlv raskendab piirde kõrguse valikut: lumevall juhib autod talvel tavakõrgusega piirdest üle; liiga kõrge teraspiire on väikestele autodele ohtlik. Põõsaste istutamisel võib piirete vahel kasutada kallet 1:2…1:3. Põõsaste juurde koguneb setet umbes 1 cm aastas ja nende tõttu ei saa kraavi puhastada. Seetõttu ei tohi põõsaid istutada keskmisesse nõvasse, vaid kraav tuleb teha võimalikult sügav ning selle kohale jätta vähemalt meetrilaiune põõsasteta riba. Põõsaste levikut tuleb piirata näiteks looduskivi või jämeda killustiku kattega.

Üle 10 m laiusel eraldusribal saab 1:6 nõlvaga vajaduse korral ligi 1 m sügavuse kraavi, mis võimaldab vett juhtida üsna kaugele piki eraldusriba. Vesi viiakse 100…500 m vahega truupidesse ja külgkraavidesse. Pika süvendi sademeveekanalisatsiooni võib vett koguda 100…250 m vahega, dimensioneerides pikikalde järgi. Väljalasketorudest kaugemal kasutatakse laugemat nõlva. Praegu tehakse piirde taha 1:2 nõlv ja poolemeetrine tasandik.

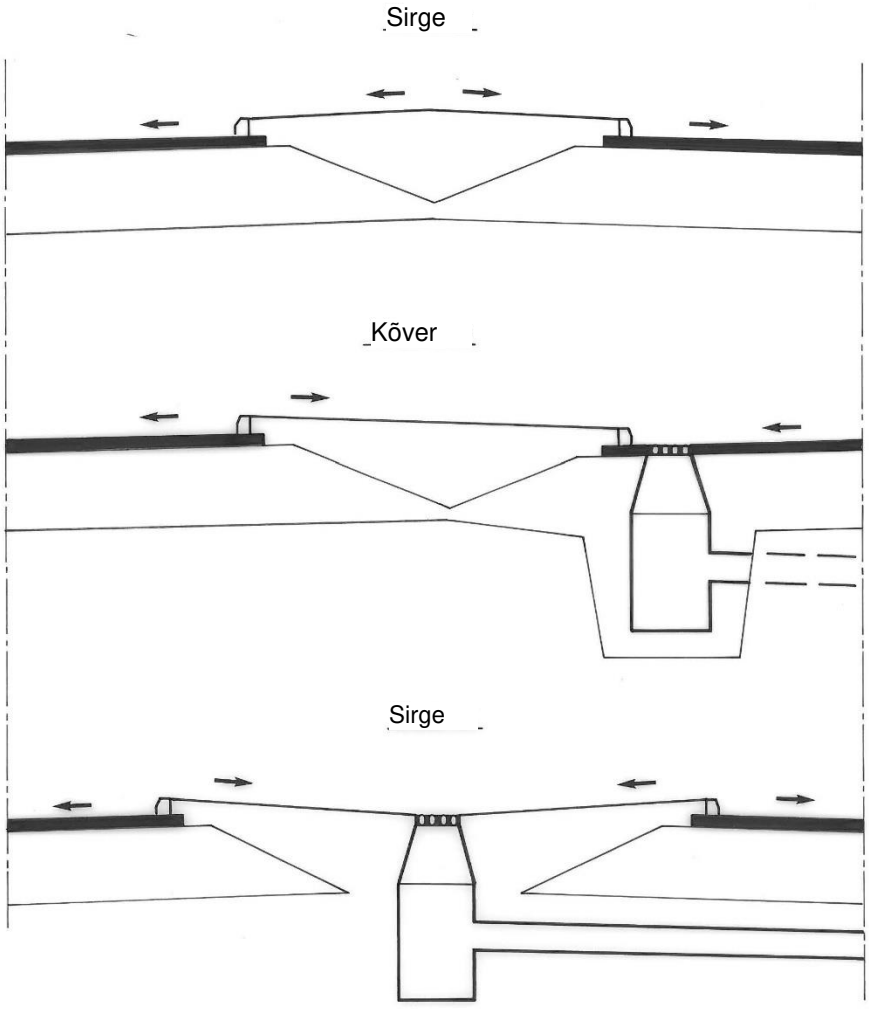
Eraldusribade ja muude haljasalade kaevudel kasutatakse kuppelresti. Setteosa peab olema suur, sest kaeve puhastatakse harva.

Pooltruubi eraldusribalt lähtuvate sissevoolutorude läbimõõt on väljanägemise ja ohutuse tõttu 300 või 400 mm ning pikikalle 1…5%. Sõiduteealuse toru läbimõõt on 500 või 600 mm. Kaevu või pooltruubi otsa ümber kaevatakse 0,2 m sügavune lauge settenõgu.

Truubilahenduses on eraldusribalt külgkraavi vett juhtiva ja vaid üht sõiduteed läbiva truubi siseläbimõõt vähemalt 500 mm.

Konstruktsiooni katkestusi tuleb vältida, eriti olemasolevatel liiklusteedel. Torustik püütakse paigutada ühele joonele, vahetamata selle asukohta tee ühelt küljelt teisele.

Kitsa vaheala ja rohkete juurdepääsude korral tasub rajada vahealale pidev kanalisatsioon või drenaaž. Juurdepääsude vahe võib täita ka pinnasega, et vältida liiga sügavaid kaevikuid ning teelt väljasõitva sõiduki võimalikku kokkupõrget külgkraavitruupide otstega.



Joonis 13. Tõstetud eraldusribalt või ristmiku saartelt voolab vesi sõiduteele; ühepoolse kaldega kõverikul püütakse vesi suunata ainult väliskurvi sõiduteele. Murustatud või muule laiale saarele võib rajada nõo ja kaevu, mis vähendavad vee voolamist sõiduteele. Tõstetud eraldusribaga tavaristlõiget kasutatakse asulates.

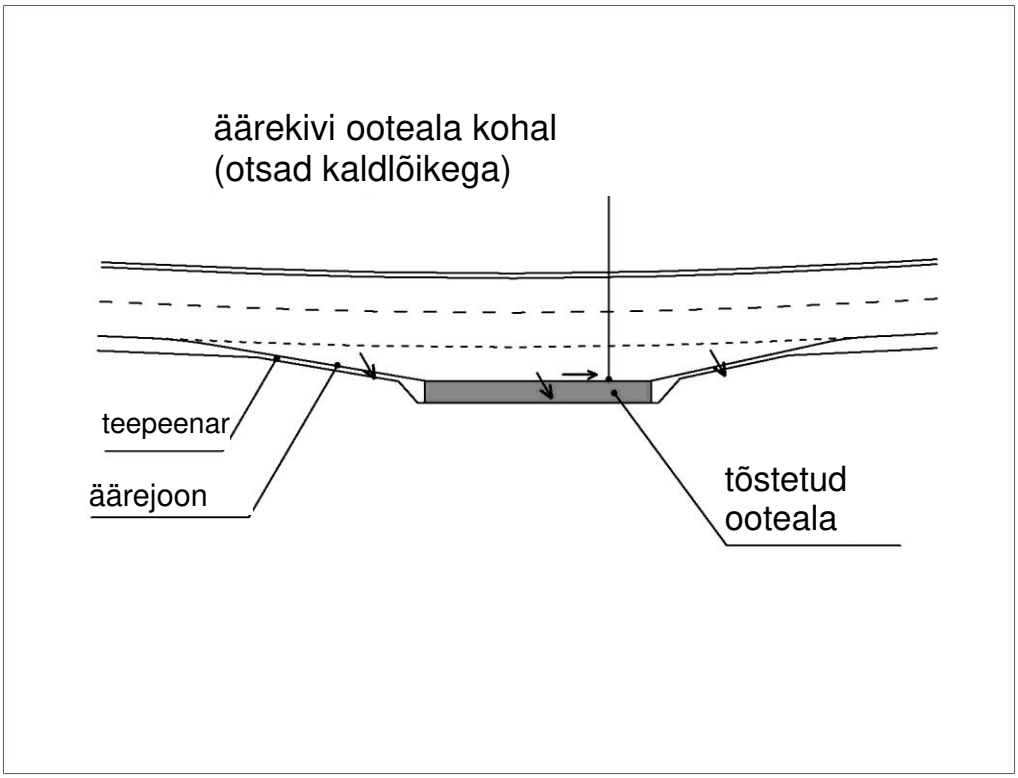
Immutuskaeve võib kasutada kaljupuiste muldes või vett juhtivas pinnases, kuid mitte veevarustuseks sobival põhjaveealal. Kaev on kaheosaline: esimesse kogutakse sete, teise põhja kaudu imbub vesi alusehitisse. Erinevaid immutuslahendusi käsitleb juhendi 2. peatükk.

Teekasutajaid teenindav ala või muu tee juurde kuuluv ala eraldatakse sõiduteest tavaliselt vahealaga.

4.3.5 Liiklustee kasutajaid teenindavad alad

Teega vahetult liituvad tasandikud, näiteks bussipeatused ja eraldusalata (istutuste ning äärekivideta) parkimisalad, kuivendatakse neid ümbritsevasse külgkraavi. Tasandik tehakse tee teljest eemale langevaks ja selle põikkalle on tavaliselt sama mis kõrvaloleval sõidurajal.

Kui bussipeatuse ooteala on tõstetud, paigaldatakse äärekivi ainult ooteala juurde (joonis 14). Tõstetud kõnnitee korral jätkub äärekivi katkematult ka peatuse kohal. Sel juhul kaldub peatuse pind sõidutee või teepeenra poole, olenevalt sõidutee kuivendussüsteemist.



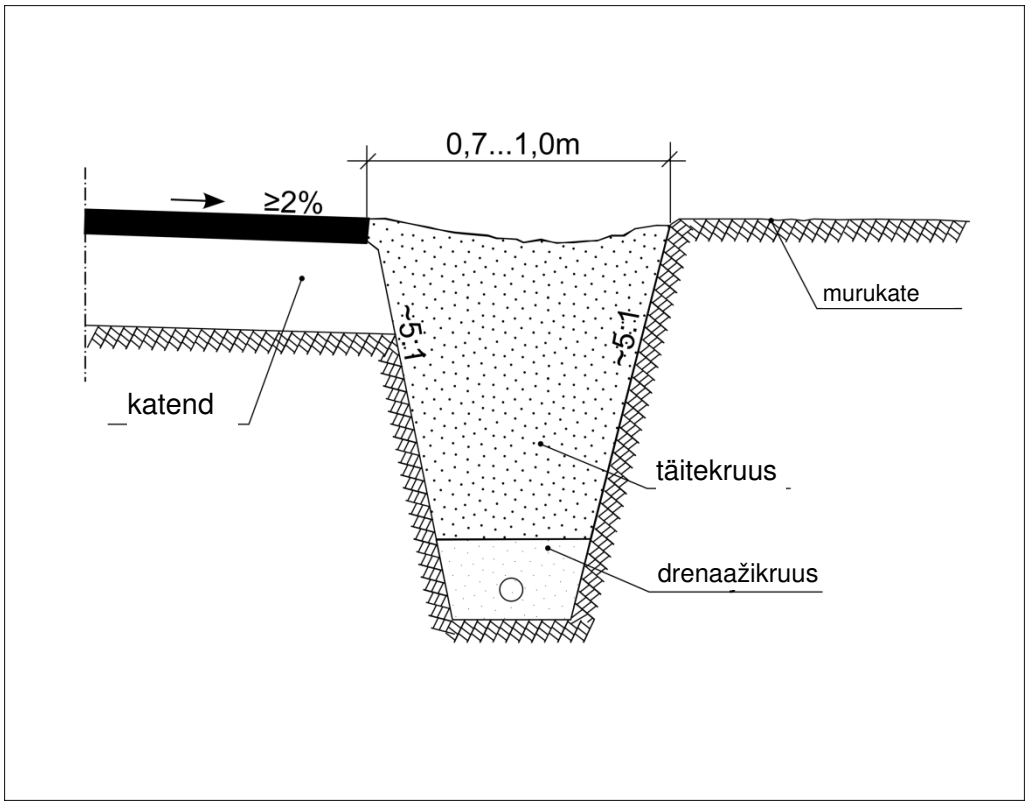
Joonis 14. Tõstetud ootealaga bussipeatuse pindkuivenduse näide. Nõlva erosioonioht on suurim kõige parempoolsema voolunoole kohal. Järsu nõlvaga muldel tehakse äärekivi otsa sademeveekaev ja vesi juhitakse ära nagu silla otsas. Laugel nõlval võib kasutada erosioonikindlat materjali. Asulas võib äärekivi ümbritseda kogu peatusetaskut.

Tee juurde kuuluvatel puhke-, parkimis- ja muudel teekasutajaid teenindavatel aladel on suurima languse suuna kalde sihtväärtus 2%. Tavaliselt peab ka põikkalle olema 2%, kuid märgatava pikikalde korral võib põikkallet vastavalt vähendada.

Tee juurde kuuluv ala eraldatakse sõiduteest tavaliselt vahealaga, mis kujundatakse teemaastikuga sobivaks lauge nõlvaga pinnaveekraaviks.

Põikkalle suunatakse teest eemale, et alalt ei voolaks vett teele. Võimaluse korral kujundatakse kalle katkematult ala servani. Suurel alal saab kuivendust tõhustada vett koguvate rennidega, mis tehakse katte laotamisel lauaga vajutatud nõgudena.

Kui teekasutajaid teenindav ala asub kitsas süvendis või pinnavee ärajuhtimine on muul põhjusel keeruline, paigutatakse sõidetava ala madalaimatesse kohtadesse restkaanega immutuskaevud. Kui vee saab ala sees juhtida vähese liiklusega servaossa, kasutatakse immutamiseks kruustäitega kaevikut (joonis 14). Selle pikkus valitakse ala kuivendusvajaduse järgi.



Joonis 15. Kattega alaga liituv kruustäitega immutuskaevik. Toru võib paigutada ka kruustäite ülaossa.

Platvormialad kuivendatakse pinnakallete ja sademeveekaevudega või joonkuivendussüsteemiga. Selle osade koormusklass määratakse kattepaksuse järgi. Rennid varustatakse sulatuskaablitega.

4.4 Sildadega seotud kuivendus

4.4.1 Üldist

Sildadega seotud kuivendus hõlmab nii sillateki ja muude konstruktsioonide kui ka silla mõjuala liikluspindade kuivendust. Silla pindkuivendus tagatakse piisava piki- ja põikkalde ning pealisehitisse paigutatud sademeveetorudega. Läbipääsude juures tuleb projekteerida pinnavee ärajuhtimine sademeveetorudega või vajaduse korral tervikliku sademeveesüsteemiga. Süvendite projekteerimisel tuleb arvestada põhjaveega.

Täpsemad juhised on väljaande „Sildade remondijuhendid SILKO“ punktis 1.601 „Silla ja sillakoha kuivendus“. Ka uue silla kuivendus projekteeritakse SILKO ning juhendi „Täiendavad juhised sildade projekteerimiseks“ punkti 5.2.8.4 „Vee-eemaldusseadmete ja rõhutasandustorude paigutamine betoontekile“ kohaselt.

4.4.2 Sillakohtade uuringud

Silla projekteerimiseks vajalikud sillakoha uuringud tehakse juhendi „Rajatiste projekteerimise lähteandmed“ järgi. Juba uuringute alguses tuleks ELY-keskusest küsida

võimalikke alusandmeid, sealhulgas veetasemete ja vooluhulkade kohta. Uuringute, arvutuste ja eri meetmete mõju hindamise eest vastutab siiski alati eelkõige tee- või raudteeprojekteerija.

Veeluba tuleb alati taotleda silla kavandamisel üle vooluveekogu, kus saab sõuda või mille keskmine vooluhulk (MQ) on vähemalt 2 m^3/s, ning teatud muudel veeseaduse 3. peatüki §-des 2…3 nimetatud juhtudel. Kui keskmist vooluhulka ei saa ELY-keskuselt või dokumentidest, arvutatakse see valemiga:

$$MQ = \frac{F \cdot Mq}{1000} \quad \{5\}$$

kus

MQ keskmine vooluhulk (m^3/s),
F valgala pindala (km^2),
Mq keskmine äravoolumoodul ($l/(s \cdot km^2)$).

Keskmine äravoolumoodul Mq on Soome eri osades umbes 5…13 $l/(s \cdot km^2)$. Keskmine vooluhulk MQ ületab 2 m^3/s, kui valgala on suurem kui 150…300 km^2.

Äravooluandmed on täpsemalt esitatud väljaandes RIL 124-1 „Veevarustus ja kanalisatsioon I“.

4.4.3 Pealesõidumuldkeha ja silla ühine kuivendus

Kui tee või raudtee langeb silla poole, tuleb sealt sillale voolav vesi kinni püüda. Nõlva uhtumise vältimiseks tehakse seda tavaliselt tee- või raudteepiirde taha paigutatud äärekiviga, mis juhib vee silla kuivendussüsteemi sademeveekaevu ning sealt kanalisatsioonitoruga külgkraavi. Olemasoleva tee või raudtee parendamisel ilma olulise laiendamiseta võib kasutada ka nõlvarenni. Selle puudus on pinnase uhtumine renni kõrvalt. Uhtumist saab vähendada kivikattega vähemalt 0,5 m mõlemale poole renni ning vältides renni ja katte allalibisemist SILKO punkti 2.651 järgi. Kui silla poole langev teelõik on lühike, piisab lühikesest (5 m) äärekiviga lõigust ja rennist, kuid neid on vaja ka silla madalamas otsas.

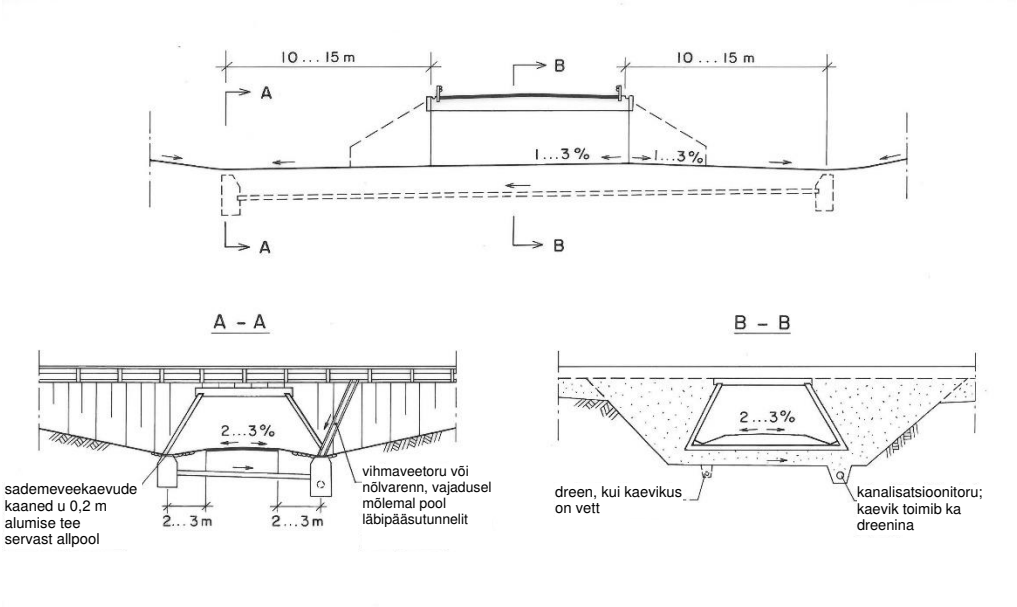
Tavaliselt kogutakse silla sademevesi kaevu ning juhitakse sealt vettpidava toruga külgkraavi. Silla kuivendusseadmed projekteeritakse väljaande „Sildade remondijuhendid SILKO“ punkti 1.601 järgi.

4.4.4 Sillaalune tee

Kuivenduse seisukohalt on keerulised eriti viaduktide, raudteealuste teede ning jalg- ja jalgrattateede läbipääsude sillakohad. Alumise tee kuivendus kavandatakse esialgselt juba sillakoha, teede pikiprofiili ja kõrguse määramisel. Eesmärk on hoida alumise tee projektjoon nii kõrgel, et pinnavesi saaks väljuda pumplata ning kraavidele ja kanalisatsioonile saaks anda tavapärase pikikalde. Tasasel maastikul on pumpla vältimatu, kuid alternatiivina soovitatakse seda alles siis, kui hinnangulised aastakulud (ehitus ja kasutamine) on selgelt väiksemad kui tavalisel isevoolsel kuivendussüsteemil.

Sillakoha teesüvendisse juhitava vee valgala püütakse nõlvapealsete kraavide, rennide ja pinnakujundusega võimalikult väikeseks piirata. Väljastpoolt, näiteks ületava tee külgkraavidest saabuv vesi tuleks kraavidega sillakohast mööda juhtida. Möödajuhtivate ja nõlvapealsete kraavide asukoha valikul tuleb arvestada võimaliku ummistumisega, näiteks läbikülmumise või sette tõttu. Voolukiirust ning seeläbi erosiooni ja settimist, aga ka talvist kaitsva jää- ja lumekatte teket saab mõjutada muu hulgas kraavi pikikalde ja ristlõikepindalaga. Vajaduse korral rajatakse üleujutuse ajal tee- või raudteesüvendisse voolavale veele ülevoolutorud, rennid või erosioonikindlad vooluteed, et vältida uhtumiskahju ja alumise liiklustee kuivenduse ummistumist; vt ka punkt 4.5.8.

Sademeveekanalisatsiooni osad on kirjeldatud InfraRYLi jaotises 31200. Läbipääsu kuivendusvee suunamiseks kasutatakse sademeveekanalisatsiooni, renne ja madalaid nõvasid. Madalad nõvad toimivad enamasti paremini kui äärekiviga teeristlõige, sest äärekivide korral on hooldamine raskem, pinnavesi voolab sõiduteel ja selle suunamine on keeruline.

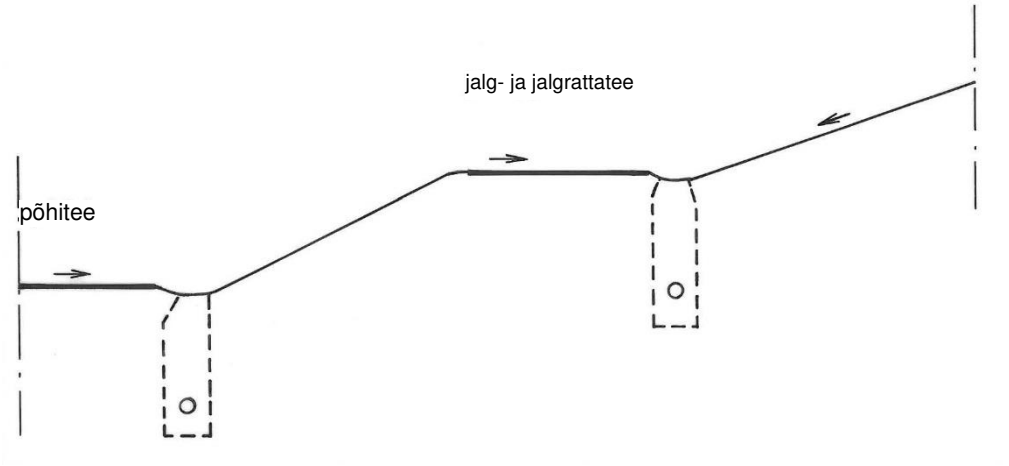


Joonis 16. Läbipääsu pindkuivenduse lahenduse näide

Alumise tee projektjoon tuleks kujundada sillast eemale langevaks, nii et madalaimad kohad jäävad silla otsast 10…15 m kaugusele, silla alt väljuvale osale (joonis 16). Kanalisatsiooni võimalik jäätumine või ummistumine ei tohi muuta läbipääsu kasutuskõlbmatuks. Seepärast paigutatakse kaevud tee servast 2…3 m väljapoole, et võimalik vee kogunemine ei häiriks kohe liiklust. Pinnakalded peavad igal juhul suunama vee kaevudesse. Kaevude paigutamist sõiduteele tuleks vältida nende tekitatud ebatasasuste ja remondiga kaasnevate kaevetööde tõttu.

Nõgudes olevatel kaevudel tuleks kasutada kuppelresti, mis ei ummistu nii kergesti kui tavaline restkaas. Kaevu ümber tehakse kivikate, et selle kõrvalt ei peaks muru niitma ning niitja märkaks kaevu kaugelt. Jäätumise vältimiseks võib luugiraamidele ja kaantele paigaldada küttekaablid.

Alumine tee soovitatakse teha kahepoolse põikkaldega, et sulamisvesi ei voolaks üle sõidutee ega ohustaks liiklust. Tõusurampide pinnavesi juhitakse madalates (0,2…0,3 m) nõvades sademeveekaevudesse. Kui samas süvendis kulgeb põhiteest kõrgemal jalg- ja jalgrattatee, tuleks selle ühepoolne põikkalle suunata põhiteest eemale; nõlvadelt voolav vesi kogutakse siis kõrgemal paiknevasse sademeveekanalisatsiooni (joonis 17).



Joonis 17. Kuivenduslahendus, kui jalg- ja jalgrattatee asub põhiteest kõrgemal.

Jalg- ja jalgrattateede läbipääsude ning viaduktialuste teede sügavkuivendus lahendatakse nagu muudel süvendilõikudel. Drenaaži vajadus sõltub eelkõige põhjaveetasemest ja aluspinnase külmakerkelisusest. Põhjaveekaitse korral tuleb vältida kaitserajatisega kogutud vee immutamist drenaaži kaudu põhjavette. Tavaliselt nõuab see eraldi drenaaži- ja sademeveesüsteemi.

Dreenid on eriti olulised, kui jalgrattatee läbib muidu külmakerkelises aluspinnases vett juhtivaid kihte ja laskub silla alla. Lõplik drenaaživajadus selgub kaevamisel ning vajaduse korral tuleb projekti muuta. Kui pinnas on erosioonitundlik ja nõrguva vee hulk suur, võib ehitusaegne olukord nõuda nõlvade lisadrenaaži varingute vältimiseks. Kui projekteerimine hõlmab ka teostust, tuleb teeprojektis arvestada dreenidega tolleaegse hinnangu alusel.

Läbipääsudes võib drenaaži kontrollkaevude vahe olla erinevalt punktist 6.5.3 kõige rohkem 50 m.

Drenaaži tehnilised nõuded on esitatud InfraRYLi jaotises 14300.

4.5 Tee külg-, süvendi- ja äravoolukraavid

4.5.1 Üldist

Tee kuivenduse avasängid on külg-, äravoolu- ja nõlvapealsed kraavid, eraldusribade ja vahealade kraavid ning mitmesugused rennid. Neid kasutatakse eelkõige pindkuivenduseks. Madalama klassi teedel ning jalg- ja jalgrattateedel sobivad külgkraavid ka sügavkuivenduseks, kuid kõrgema klassi teedel ja eriti asulates tuleb sügavaid (0,6 m) külgkraave kasutada võimalikult vähe, näiteks vaid siis, kui ümbruse kuivendus nõuab sügavamat kraavi.

Kuna tee kuivendusvee hulk on peale äravoolukraavide tavaliselt väike, on muude kraavide või rennide hüdraulilisi arvutusi harva vaja. Projekteerimine keskendub seepärast lisaks suurusele kulude minimeerimisele ja kaudsete mõjude arvestamisele: töökindlus, lihtne hooldamine, kuju ja väljanägemine ning mõju liiklusohutusele ja kõrvalalade maakasutusele.

Külgkraav kogub teemaa pinnavee ja juhib selle äravoolukraavi või muusse väljalaskekohta. Hoolikas projekteerimine on tähtis, sest lisaks vee eemaldamisele mõjutab külgkraav oluliselt tee väljanägemist, liiklusohutust, maavajadust, pinnasetööde maksumust ja korrashoidu.

Projekteerimisel lahendatakse järgmised küsimused:

1. Külgkraavi vajadus
2. Külgkraavi asukoht tee ristlõikes
3. Külgkraavi sügavus ja pikikalle (pikiprofiil)
4. Külgkraavi nõlvad ning muu kuju ja katmine

Kraavide erosioonikaitset käsitleb punkt 4.6.

Juhendis „Tee ristlõike projekteerimine“ esitatakse muu hulgas:

- eraldusriba vähima laiuse määramine ja nõlvade kujundamine teelt väljasõidu ohutust arvestades
- külgkraavide ja nõlvade kujundamine teelt väljasõidu ohutust arvestades

4.5.2 Külgkraavi vajadus

Külgkraav on vajalik järgmistel juhtudel:

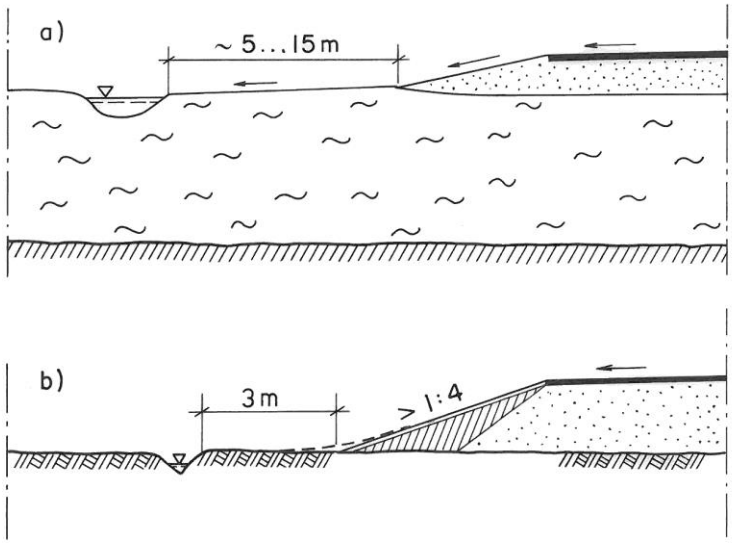
- kõigil süvendilõikudel
- madalatel mulletel, välja arvatud juhul, kui maapind langeb selgelt teest eemale ning teelt ja/või nõlvalt voolaval vihma- ja sulamisveel lubatakse pinnasesse imbuda
- kõrgematel mulletel, kui ümbruse maapind langeb tee poole või ümbrus vajab kuivendust, näiteks põllu- või metsakraavituse tõttu

Tee keskkonnarajatised, näiteks müratõkked, maastikukujunduslikud täited ja istutusalad, võivad siiski vajada eraldi kraavilahendusi.

Näiteks saab teevett õuedest või eratee juurdepääsudest mööda juhtida süvistatud äärekivide, kruustäitega kaevikute ja muude lahendustega. Madalat kraavinõgu võib kasutada veelahkmel või vahetult teega piirneva õue juures, kui sademevesi koguneb väga väikeselt alalt.

4.5.3 Külg- ja äärekraavi asukoht

Külgkraav järgneb tavaliselt tee välisnõlvale. Valgustatud teel ei tohi kraavi põhi sattuda valgustuspostide kohale. Erilist tähelepanu tuleb pöörata vee pikisuunalise voolamise vältimisele teekehandis.



Joonis 18. Äärekraavi asukoht a) nõrgal pinnasel (mõõt geotehnilise projekti järgi) ja b) kõrge mulde juures, kui ruumi on, kuid nõlva pole otstarbekas laugemaks teha.

4.5.4 Külgkraavi sügavus

Külgkraavi sügavus määratakse konstruktsioonikihtide kuivendusvajaduse järgi punkti 6.2.2 kohaselt, kui kihte ei kuivendata dreenidega.

Drenaažiga kuivendamise korral mõjutavad külgkraavi sügavust järgmised asjaolud:

1. Maapiirkonna tiheda liiklusega teele soovitakse sageli umbes 3 m laiust sisenõlva, et anda ruumi lükatud lumele ja suunata sulamisvesi loomulikult teest eemale. Sisenõlva on vaja ka valgustuspostide ja liiklusmärkide paigutamiseks.
2. Ümbrusest tee juurde tulevate lahtiste kraavide ja põlludreenide sügavus.
3. Külgkraavitruubi voolupõhja sügavus võrdub kattepaksuse ja läbimõõdu summaga. Külgkraavi sügavus ei tohiks sellest palju erineda. Veelahkmel pole külgkraavitruupi vaja.
4. Lisaks tuleb tagada külgkraavi langus piki teed. Arvestada tuleb ka maanteetruubiga.

4.5.5 Külgkraavi kuju

Külgkraav kujundatakse juhendi „Tee ristlõike projekteerimine“ järgi. Olemasoleva tee laiendamisel tuleb nõlvade sihtkaldeid järgida ainult laiendataval küljel.

4.5.6 Külgkraavi pikikalle

Külgkraavi pikikalle peaks olema vähemalt 0,4% ja ka erandjuhul vähemalt 0,1%. Kui tasasel maastikul jääb see alla 0,4%, tuleb jätta tavalisest mõnevõrra rohkem varu settimisele ja kinnikasvamisele.

Ka järsul maastikul ei määrata külgkraavile kindlat suurimat kallet, vaid kontrollitakse erosioonikaitse vajadust punkti 4.6.1 järgi.

4.5.7 Äravoolukraavid

Tee või raudtee kavandataval alal on tavaliselt juba põldude, metsade ja soode äravoolukraave. Ristuva kraavi ületamisel tuleks truup rajada vana kraavi lähedale, kuid olemasolevast sängist kõrvale. Siis ulatub truubi siirdekiil ka vana kraavi kohale, vähendades täitmisest tekkivaid külmakerke- ja vajumierinevusi ning lihtsustades ehitusaegset veekäitlust. Truup rajatakse siiski tavaliselt teega risti. Kui ristuva kraavi kohale truupi ei rajata, tuleb kraav täita ümbritseva pinnasega samaväärse materjaliga nii, et vesi ei nõrguks mööda täidetud kraavi.

Teega ristuva äravoolukraavi või oja järsud nõlvad ja vesi on teelt väljasõitvale autole ohtlikud. Kraavi ja truubiotsaga kokkupõrke kahju saab vähendada truubi pikendamise, nõlvade laugemaks muutmise, kraaviäärse pinnasevalli või väikeste puude ning teepiirdega. Torust sillal kasutatakse sillapiiret. Juhend „Tee ristlõike projekteerimine“ võib nõuda piiret ka muu äravoolukraavitruubi juures.

Teega paralleelseid äravoolukraave või muid ümbruse kuivendamiseks vajalikke sügavaid kraave ei paigutata piirdeta lõikudel vahetult tee kõrvale. Sügav kraav on teelt väljasõitvale autole ohtlik ka kuivana. Nõrgal pinnasel võib teeäärne sügav kraav vähendada mulde stabiilsust. Vanad peakraavid tuleks jätta senisesse asukohta. Põldude killustumise vältimiseks võib kraavi vajaduse korral viia kinnistu- või maakasutuspiirile või torusse. Ilma maaomaniku loata ei tohi äravoolukraavi paigutada krundile, laoplatsile, supelranda, dreneeritud põllule või samalaadsesse kohta. Samuti tuleks vältida nõrga pinnasega ala kõige nõrgemat kohta.

Äravoolukraavi pikikalde sihtväärtus on umbes 0,4%, kuid tasasel maastikul tuleb sageli leppida märksa väiksema keskmise kaldega. Suurema algkalde ja lühema kaeveulatuse saamiseks paigutatakse truup võimalikult kõrgele. Lauge kraavi ja truubi ummistumist vähendatakse, andes truubist algavale umbes 20 m kraavilõigule ülejäänust suurema kalde (0,5…1%).

Äravoolukraav kavandatakse allavoolu nii pikalt, kuni põhi ühineb loodusliku sängiga. Kui seda pole, näiteks kraavitamata soos, kaevatakse ainult nii kaugele, et tee lähedal pole oodata truubi või kraavi settimist ega muud vahetut kahju. Maaomanik tuleb ära kuulata, et vältida kahju kolmandatele isikutele.

Kui äravoolukraav ja truup teenivad lisaks teele ka ümbruse kuivendust, tuleb valida tervikuna võimalikult otstarbekas dimensioneerimine ja põhja kõrgus. Selleks võrreldakse maa kuivendamise lisakulusid (ehitus ja korrashoid) kahjuga, mida maaomanik kannaks, kui kuivendus rajataks üksnes teehoiu vajaduse ulatuses.

Äravoolukraavi suurust reguleeritakse põhjalaiusega; vähim laius on umbes 0,5 m. Eriti asulas tuleb kontrollida kogu kraavi nii kaugele, et veenduda: kraavi, truupide või viivitusrajatiste ebapiisavus ei põhjusta asulas üleujutust.

Kui konstruktsiooni parendamisel teeprojekti ei koostata, peab projekteerija hankima kraavide puhastamise ja muud äravoolukraavidega seotud load ning vajaduse korral maaomanike nõusolekud.

Äravoolu- ja külgkraavide kaevamiseks on ebasoodne sügis või päris suve lõpp. Peeneteralises pinnases suurendavad kraavi puhastamine ja nõlvade järsemaks muutmine erosiooniriski, sest eemaldatakse pinnast siduv taimestik. Erosioon on tavaliselt suurim järgmisel kevadel, kui uus taimestik pole jõudnud kasvada. Seetõttu tuleks puhastus teha suve alguses, et taimestik jõuaks nõlva enne talve siduda. Erosioonikaitse väldib nõlvavaringuid. Soovitatavad on taimestikku sisaldavad kaitsed, näiteks kookosmatid. Taimkate peab kinni ka sademevee saasteaineid.

Kraavide hooldamisel tuleb arvestada väikeveekogudega. Põhja-Pohjanmaa ELY töövõtudokumentide juhis on: umbes 20 m enne jõge kaevatakse väike settebassein, mis takistab heljumi kandumist jõkke. *Basseini ja jõe vahelist külgkraavi ei kaevata ning olemasolev taimkate säilitatakse puutumatuna.*

Tee- või raudteeprojekti maksumuses tuleb arvestada, et osa nõlvu vajab erosioonikaitset ka siis, kui selle täpne asukoht pole teada. Äravoolukraavile tuleb projektis näidata piisavalt lai maa-ala, et hooldustööd saaks teha selle piires.

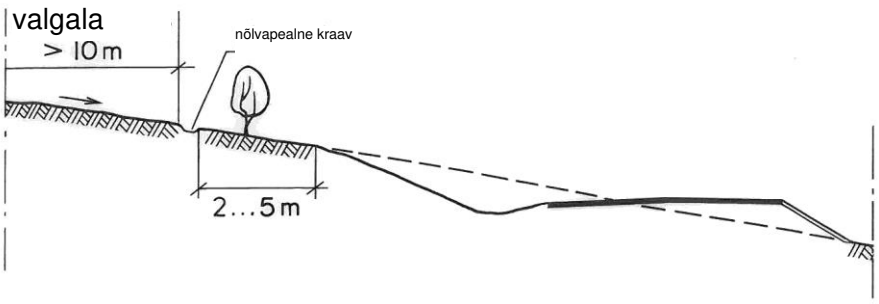
4.5.8 Nõlvapealsed kraavid

Nõlvapealne kraav rajatakse süvendinõlvast kõrgemale, et koguda ülespoole jääva valgala vett ja vältida nõlva uhtumist. Seda pole vaja igas pinnasesüvendis: vajadus sõltub eelkõige ülevalt tuleva vee hulgast. Kraav ei kogu võimaliku tihedama pinnasekihi peal voolavat ülaveekihti, mis võib põhjustada erosioonikaitse vajaduse nõlva alaosas.

Kaljusüvendis nõlvapealset kraavi ei kasutata, vaid kaljult tulev vesi juhitakse tavaliselt otse külgkraavi. Kui kaljusüvendi kohal on oja, tuleb tee varjupoolsel küljel sageli suurendada külgkraavi sügavust ja laiust, et kaljunõlvale ja kraavipõhja kogunenud jää ei paisutaks kevadel vett teele. Nii saadakse kontrolli alla ka kalju horisontaallõhedest tulev nõrgvesi. Suurema oja puhul tuleb uurida, kas seda saab pinnast kujundades või betoonpaisudega mujale suunata.

Nõlvapealse kraavi vesi juhitakse maastiku kalde suunas äravoolukraavi või kaldu külgkraavi. Kui ülesvoolu vett sinna ei koondata, piisab sügavusest 0,2…0,3 m ja töömeetodi jaoks vajalikust vähimast põhjalaiusest.

Järsu langusega väljavoolukraav vajab katet või renni. Nõlvapealse kraavi asukohta ja kuju mõjutab selle nähtavus teelt ja ümbrusest. Vajaduse korral sobitatakse see maastikku istutustega.



Joonis 19. Nõlvapealse kraavi asukoht pinnasesüvendis: kraavid kaevatakse 0,2…0,5 m sügavaks ja 0,4…0,8 laiaks.

Tunnelisuu juures tuleb vahel kaljusüvendi ülaserva kavandada betoonist veesuunajad, et maastikult tulev vesi ei valguks mööda süvendipinda tunnelisuule, vaid juhitaks kontrollitult väljaspool suuet olevatesse külgkraavidesse.

Nõlvade uhtumistundlikkus sõltub voolukiiruse ja pinnamaterjali omaduste suhtest. Uhtumist tõrjutakse punkti 4.6 järgi eri katete ja tugevdusega, enamasti piisavalt tiheda murukattega. Teatud juhtudel tuleb vett suunata ja koondada torudega või vahel rennidega. Enne muru juurdumist on sageli vaja ajutist tugevdust.

4.6 Erosioonikaitse

4.6.1 Erosioonikaitse vajaduse määramine

Erosioonikaitset võib vaja minna nii külg- ja äravoolukraavides kui ka pikkadel mulde- ja süvendinõlvadel. Vajadus tekib:

- äravoolukraavis suure languse või erosioonitundliku pinnase korral
- sisenõlval tee nõgusates murdekohtades, kui vesi voolab teelt mööda nõlvapinda
- välisnõlval, kui oja või vett juhtiv pinnasekiht toob nõlvale palju vett
- külgkraavi põhjas, kui vooluhulk või liiklustee pikikalle on tavalisest suurem

Värskelt valminud rajatisel esineb erosiooni mujalgi, kui nõlvale või kraavipõhja pole veel taimkatet tekkinud.

Kaitsevajadus tuleb määrata hiljemalt ehitusprojekti etapis. Keerukale objektile koostatakse üksikasjalik lahendus. Keerukuse hindamisel arvestatakse lisaks kaitstavale konstruktsioonile muu hulgas erosiooni võimalikke riske tee- või raudteekasutajatele, teistele rajatistele ja keskkonnale. Tavapärase pinnaveeerosiooni puhul piisab kaitse tüübi ja ulatuse määramisest. Kraavinõlval tasub kasutada taimestikku: juured seovad pinnast ja taimed peavad kinni saasteaineid kandva heljumi. Erosioonitundlikkust mõjutab ka kraavinõlva kalle.

Ala erosioonitundlikkus tuleb alati määrata objektipõhiselt. Seda mõjutavad muu hulgas pinnaseliik, alale jõudev pinnavee äravool, põhjaveetase ja vooluhulk ning kliima. Kaitse täpsema lahenduse, näiteks materjalid ja pinnaviimistluse, saab sageli jätta ehitusetappi, kui põhja- ja pinnasevee olud on paremini teada.

Erosioonikahjustuse liigid on pinna- ja põhjaveeerosioon ning voolu-, laine- ja jääerosioon. Pinnaveeerosioon tekib, kui pinnavee kiirus ületab pinnaseliigile omase kriitilise voolukiiruse (joonis 20). Põhjaveevool võib põhjustada erosiooni nõlvas või selle jalamil.

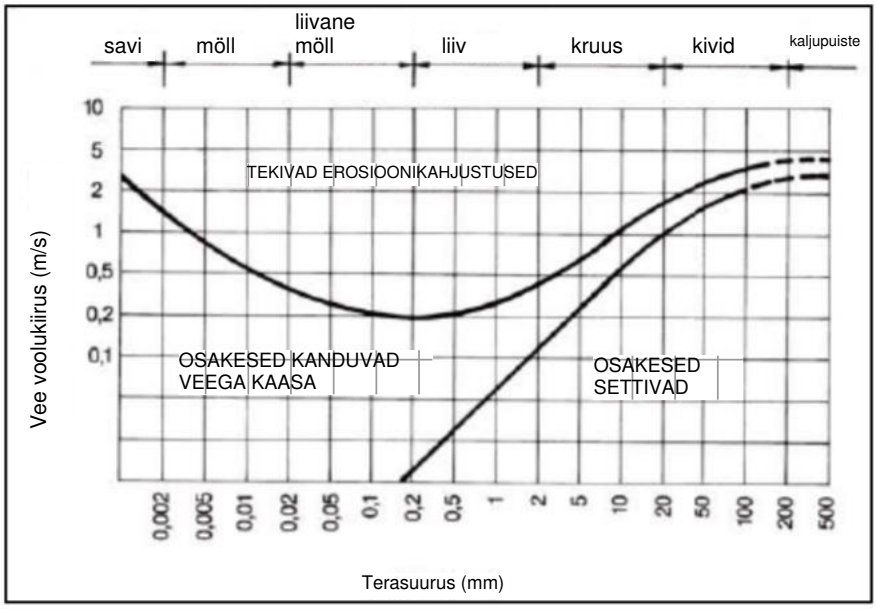
Pinnase erosioonitundlikkust mõjutavad terastik, sorteeritus ja tihedus, terade kuju ja kaal ning teradevahelised sidemed, muu hulgas nidususjõud. Olulised on ka veeolud ja taimkate. Pinnavee hulka ja taset mõjutavad ilm, aastaajad ning ümbruse ehitustööd. Objekti pinna- ja põhjavee hulk ning põhjaveetase tuleb mõõta või piisava täpsusega hinnata.

Sorteeritud pinnasekihid on erosioonitundlikumad kui sorteerimata pinnased, näiteks moreen. Moreen ja savimoreen on tihedad ning erosioonikindlad. Vesi ei saa teri kaasa haarata ja ära kanda, sest nende pinnaste teradevaheline poorimaht on väike.

Kõige erosioonitundlikumad on peeneteralised, kuid vähese nidususega pinnased: peenliiv, möll ja suure möllisisaldusega pinnased, näiteks möllmoreen ning muud suure peenosisesisaldusega moreenid (joonis 20).

Kui objektil esineb veevool, näiteks nõlv piirneb voolusängi veepinnaga või pinnases on tugevalt vett juhtiv kiht, saab erosioonikahju tekkimist hinnata joonise 20 järgi.

Eri pinnaste erosioonitundlikkus sõltub muu hulgas terasuuruse ja voolukiiruse suhtest. Aluspinnase liik ja terastik mõjutavad ka erosioonikaitse filtrikihi või -kanga õiget projekteerimist ja valikut.



Joonis 20. Erosioonitundlikkuse sõltuvus vee voolukiirusest

4.6.2 Erosioonikaitse projekteerimine

Nõlvapinna erosioonikaitse väldib ümbruse äravooluvee ja sademete kulutavat mõju. Kaitse saab lahendada kraavituse, taimestiku või pinnakattega. Kraavidega juhitakse ümbritseva maastiku vesi ära ja vähendatakse nõlvale valguvat kogust. Taimkate seob pindmisi kihte ning takistab nende ärakannet. Taimed ka puhastavad vett ja kasutavad osa sellest, vähendades nõlvamaterjali liigniiskust ja kraaviummistuste teket. Erosioonitundlikke kohti kaitstakse pinnakattega, näiteks kividest või killustikust nõlvakattega.

Erosioonikaitse projekteerimispõhimõtted on „Tee- ja raudteesüvendite projekteerimisjuhendis“. Materjalide kvaliteedinõuded ja paigaldusviis on InfraRYLi jaotises 22200 „Nõlvakatted ja

erosioonikaitsed“. Täpsemad jaotised on 22220 „Kivipuiste“, 22230 „Kiviladestused“, 22242 „Erosioonikaitsekangad“, 22250 „Looduslikud erosioonikaitsed“, 22291 „Jämeda kaljupuiste, fraktsioneeritud killustiku, killustikusegu ja kruusa katted“ ning 22292 „Gabioonkatted“.

Põhjaveeerosiooni kaitse väldib nõlvapinna uhtumist, põhjavee filtratsioonijoone väljumist nõlvapinnale, poorirõhu tõusu ja peenosiste väljauhtumist aluspinnasest. Kaitse ka kuivendab nõlva ja parandab stabiilsust. See koosneb sageli jämedateralisest pinnakattest, liivast või kangast filtriosast ning vajaduse korral drenaažist. Materjalid peavad vastama InfraRYLi jaotiste 22291.1 „Jämeda kaljupuiste, fraktsioneeritud killustiku, killustikusegu ja kruusakatete materjalid“ ning 22292.1 „Gabioonkatete materjalid“ nõuetele.

4.6.3 Mullete pindkuivendus

Tee projektjoone nõgus koht asub sageli muldel. Sinna voolab sõidujälgedes olev vesi kahest suunast ka pikalt lõigult. Kui selliste lõikude kogupikkus on vähemalt 1000 m ja mulde nõlv järsk, võib tekkida erosioon. Kõige kindlamalt väldib seda mulde serva paigaldatud äärekivi või renn. Kogutud vesi juhitakse eelistatult kaevu ja toruga allpool olevasse külg- või äärekraavi, nagu silla otstes. Tavaliselt tuleb selleks mullet ja katet laiendada. Alternatiiv on parandada nõlva erosioonikindlust. Ka siis laiendatakse katet mulde servani või juhendi „Teepiirete projekteerimine“ järgi piirde esipinnani. Nõlvarenni ümbrus uhtub paduvihmaga kergesti ja ei püsi seejärel koos.

4.6.4 Rennid

Pinnaveerennide või betoonist või asfaldist äärekividega koondatakse veevool järsul nõlval või sängilõigul ja välditakse ümbruse uhtumist. Põikrenni või toru kasutatakse pinnasesüvendi välisnõlval, kui nõlvapealse või kõrgemal asuva kraavi vett ei saa juhtida külgkraavini, ning kõrge mulde sisenõlval vee kogunemiskohtades, näiteks silla otstes ja mäe all. Muldenõlval asendatakse renn sageli kaevu ja toruga, sest erosioon uhub renni kõrvalt pinnase kergesti ära.

Pikirenni kasutatakse külg- või nõlvapealse kraavi järsul suubumisel äravoolukraavi ning vahel katte servas kõrge muldenõlva kaitseks. Rennitüübid on InfraRYLi jaotises 22120.

Renni või kohaliku tugevama nõlvakatte vajadus ilmneb sageli alles ehitusel, kui sama koht korduvalt uhtub. Seepärast lisatakse vajalikud rennid projekti ja täpsustatakse kavandatud rennide asukohti ehituse käigus. Mõnikord ummistavad jää ja praht teega paralleelse renni kergesti.

4.7 Sademeveekanalisatsioon

4.7.1 Üldist

Juhendis toodud toru- ja kaevumõõdud tähistavad nimiläbimõõtu. Betoontorudel ja -kaevudel näidatakse tavaliselt siseläbimõõt, plastkaevudel näiteks välisläbimõõt.

Jalgrattaliikluse eriküsimusi kuivendusviisi ja kaevude asukoha valikul käsitleb juhend „Jalgrattaliikluse projekteerimine“.

4.7.2 Kasutuskohad

Kanalisatsioon on üks pindkuivenduse lahendusi ja tõhustab ka sügavkuivendust, sest kaeviku täitematerjal laseb vett läbi. Tee kuivendamisel kasutatakse seda eelkõige järgmistel juhtudel:

- kui väljanägemise tõttu lahtisi kraave ei kasutata või ei soovita kasutada

- kahe sõiduteega tee eraldusribal, kui vett ei soovita (näiteks nõrgal pinnasel) või ei saa (näiteks süvendis) piisavalt sageli tee alt läbi juhtida
- kui ruumipuudus ei võimalda lahtisi kraave
- läbipääsude, raudteealuste sildade ja mõnikord viaduktide juures
- üksikobjektil, kus ei saada piisavat pinnakallet või vett ei saa muul põhjusel ära juhtida

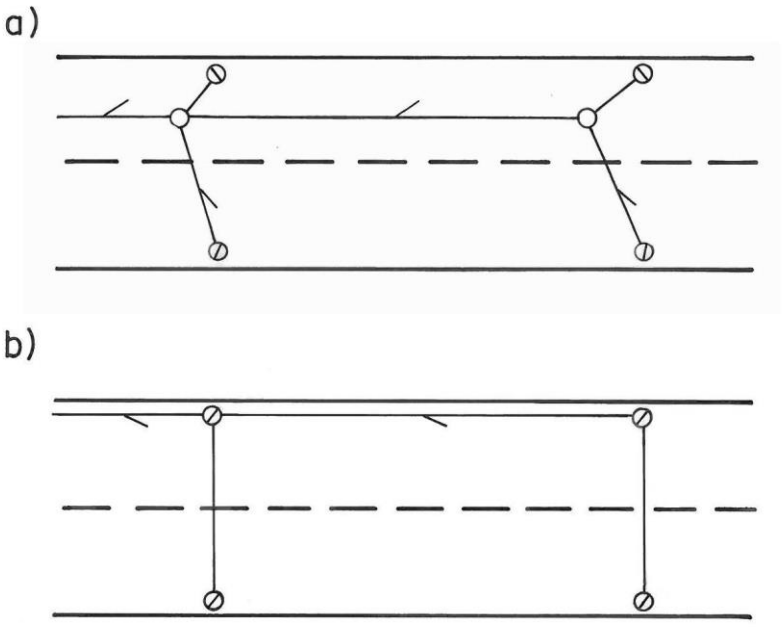
Sademeveetorude asukoht valitakse nii, et kaevukaaned ja torustiku hooldustööd häiriksid liiklust võimalikult vähe.

4.7.3 Kaevude ja kanalisatsioonitorude asukoht

Piki teed paigutatakse sademeveekaevud:

- enne ülekäigurada, tagamaks teeületajatele võimalikult head kasutustingimused
- äärekiviga ristlõike projektjoone madalaimasse kohta
- saare madalamasse otsa, et vesi ei voolaks üle tee
- liituva tee madalamasse otsa, et vesi ei voolaks põhiteele
- äärekiviga ristlõike projektjoone madalaimasse kohta
- nõrga pinnase enim vajuvasse kohta või enne vaiadele rajatud kanalisatsiooni või muud mittevajuvat rajatist
- piisavalt kaugele valgustuspostidest, portaalidest ja muudest rajatistest
- nii, et vee voolutee oleks kuni 100 m

Lisaks tuleb kontrollida, et ühe kaevu kohta ei oleks üle 600…800 m² kattega pinda. Ülemine piir kehtib suure pikikalde või laia teepeenra ja täismõõdus kaevukaane korral.

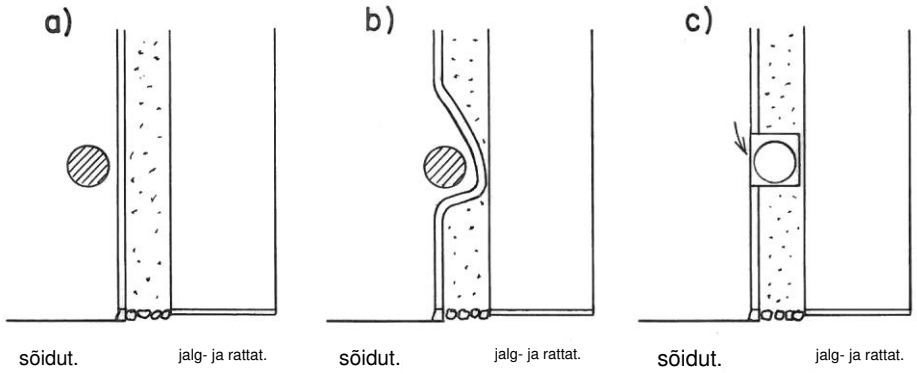


Joonis 21. Sademeveekanalisatsiooni peatoru variandid

a) Sademeveekanalisatsioon eraldi peatoruga, millel on kinniste kaantega kontrollkaevud ja puuduvad restkaevud (soovitatav variant).
b) Sademeveekanalisatsioon, mille peatorul on sademevee restkaevud.

Eraldusribal on variandid samad, kuid üks kaevurida puudub.

Sademeveekanalisatsiooni vesi juhitakse suuremasse kanalisatsioonivõrku, kraavi või uhtumise eest kaitstud nõlvale.



Joonis 22. Kaevu asukoht äärekiviga ristlõikes

a) Kaevud paigutatakse tavaliselt otse äärekivi kõrvale. Seal häirivad need siiski jalgrattureid, kui neile pole eraldi teed. Kitsal sõiduteel võivad üle kaevu sõitvad autod põhjustada müra ja dünaamilist koormust kaevule, teele ning nõrgal pinnasel ka kõrvalhoonetele.
b) Äärekiviga kujundatud taskusse paigutatud kaev häirib liiklust vähem, kuid talve lõpus tuleb kaevu pealt lumi ja jää eemaldada. Variandis a) vabanevad kaevud tavapärase hööveldamise ja sula mõjul. Äärekivitasku võib segada lumelükkamist.
c) Külgsissevooluga kaev väldib variantide a) ja b) probleeme. Betoonäärekivi juures paigaldatakse see nii, et luugikomplekti esiserv on äärekiviga samasuguse kaldega või ülaserv ei ulatu äärekivi esipinnast välja.

Paksu, külma mõjule dimensioneeritud konstruktsiooniga teel ja alal või mujal, kus külmakerked ja vajumid on väikesed, võib kanalisatsiooni ristlõikes vabalt paigutada. Kaevu ei tuleks siiski panna sõidujälge, kus sellest pidevalt üle sõidetakse (müra ja dünaamiline koormus). Ebaühtlase külmakerke riskiga teel tuleks kanalisatsioon paigutada sõiduteest väljapoole, kus kerke- ja vajumierinevused vähem kahju teevad.

Kaevu asukoha ja konstruktsiooni valikul tuleb arvestada tulevase katteuuendusega: kaevul peab olema teleskoopne luugikomplekt ning see tuleb paigutada nii, et katteuuendusel poleks vaja kaevu ümber tõsta.

4.7.4 Sademeveekaevud

Betoonist sademeveekaevu läbimõõduks valitakse tavaliselt 800 mm, kui näiteks suur toru ei nõua suuremat kaevu. Kaevu tehakse vähemalt 300-liitrine setteosa.

Plastist sademeveekaevu mõõtmevariandid on:

1. teleskooposa läbimõõt vähemalt 450 mm, setteosa siseläbimõõt tootja järgi, setteosa kõrgus vähemalt 500 mm ja maht 300 liitrit
2. teleskooposa läbimõõt vähemalt 450 mm, setteosa siseläbimõõt 500 mm, kõrgus 500 mm ja maht 100 liitrit

Väiksem kaev vajab sagedamat sette eemaldamist. Alla 300-liitrise setteosaga kaeve ei tuleks projekteerida hooldaja nõusolekuta. Kinnise kaanega kontrollkaevu setteosa ei tehta.

Aladel, kus sõidukid liiguvad või võivad liikuda, kasutatakse koormusklassi D400 (400 kN) luugikomplekte. Mujal peab klass olema vähemalt C250 (250 kN). Kaas peab olema piisavalt paks, et püsida kindlalt paigal.

Kui sademeveetorude materjalina on lubatud metall, võib ka kaevud valmistada samast materjalist.

Tasasel maastikul vähendatakse äärekiviga tee kaevude vahekaugust ning kaevu kohal kasutatakse suuremat põikkallet kui kaevude vahel. Kuigi projektjoon on peaaegu rõhtne, saadakse 7 m laiusel teel umbes 0,5% pikikalle, kui kaevude vahe on 30 m.

Kontrollkaeve on vaja harunemiskohtades, läbiviigu mõlemas otsas, horisontaal- ja vertikaalmurretes ning alusehitise järskudes muutekohtades. Mitme torutüübiga saab murdeid ja laugeid kõveraid teha ka kaevuta, kuid kontrollimiseks soovitatakse ka sirgel lõigul kaevu 50…100 m vahega. Setteosa tuleb teha ka kontrollkaevu, kui on settimise ja ummistumise oht, näiteks väikeste voolukiiruste ja -hulkade või hoolduse tõttu torustikku jõudva rohke puisteliiva korral. Kinnise kaanega kontrollkaevule tehakse setteosa, kui kuivendatavalt objektilt juhitakse vett sademeveekanalisatsioonis üle 150 m. Sel juhul rajatakse setteosa 100…150 m vahega.

Põhjaveekaitsega nõlval hinnatakse sademeveekaevu setteosa vajadust juhtumipõhiselt, arvestades juhendit „Põhjavee kaitse maanteedel“.

Kõigi kaevude kohta koostatakse kaevukaardid, mis näitavad torude sisse- ja väljumissuundi ning kõrgusi. Toruühendused valmistatakse tavaliselt tehases, olenemata kaevu materjalist.

Immutuskaev sobib vett läbilaskvale aluspinnasele või muldele, kui vee muul viisil ärajuhtimine on keeruline. Kaevule põhja ei tehta: vesi voolab alaosas olevasse vähemalt 0,5 m paksusse kruusa- või killustiktäitesse ja sealt järk-järgult pinnasesse. Sademevesi tuleks immutuskaevu juhtida eraldi sademeveekaevu kaudu.

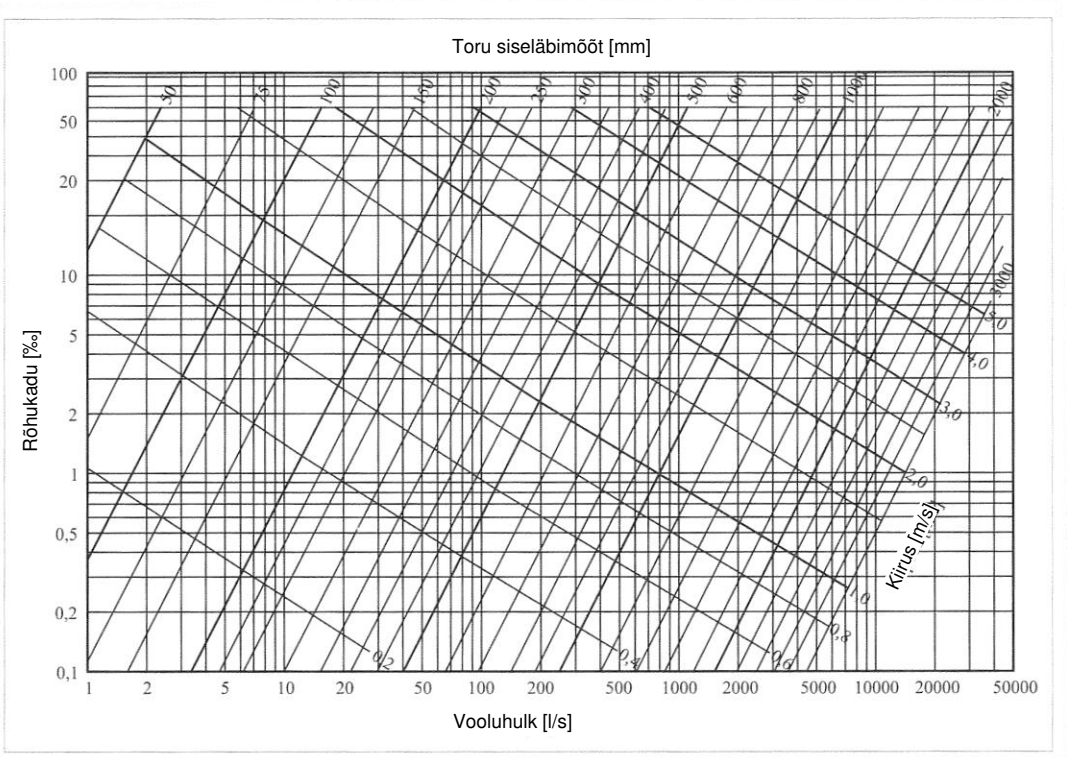
Sademeveekanalisatsiooni materjale ja paigaldamist käsitleb täpsemalt InfraRYLi jaotis 31200 „Sademeveekanalisatsioon“; immutuskaevude ehitust ja teostamist punkt 31200.3.2.7.

Töövõtudokumentides tuleb ette näha kõigi kaevude teostusmõõdistuse lisamine üleantavate failide hulka.

4.7.5 Sademeveekanalisatsiooni dimensioneerimine

Arvutuslik vooluhulk määratakse üldjuhul punkti 3.3 järgi, sest asulates on peaaegu alati määrav paduvihm. Eraldusribade ja vahealade ajutist üleujutust võib lubada. Dimensioneerimisel tuleb arvestada hiljem kanalisatsiooni mõjualasse lisanduvate liiklusteede ja tegevustega.

Toru siseläbimõõt määratakse pikikalde järgi Colebrooki nomogrammiga (RIL 124-1 „Veevarustus ja kanalisatsioon I“, joonis 23). Väiksemaid kui 250 mm torusid kasutatakse üksnes dreeni jätkuna. Ka sel juhul ei kasutata 50 mm toru.



Joonis 23. RIL 124-1 „Veevarustus ja kanalisatsioon I“, joonis 78: survekadu Colebrooki järgi täistäitega ümartorus, k = 1,0 mm

Dimensioneerimiseks võib kasutada ka Manningi valemit või nomogrammi.

$$Q = \frac{A \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Q vooluhulk (m^3/s)
A vee ristlõikepindala (m^2)
R hüdrauliline raadius (m)
J toru pikikalle (–)
n voolusängi seina karedustegur ($s/m^{1/3}$)

Kanalisatsiooni väikseima soovitusliku ja absoluutse vähima pikikalde saab üldjuhul määrata Kuntaliitto „Sademeveejuhendi“ tabeli 15-8 põhjal (tabel 4). Näiteks 300 mm siseläbimõõduga toru pikikalle peaks olema vähemalt 0,3%. Soovituslik suurim pikikalle määratakse täistäitega toru suurima soovitusliku voolukiiruse 5 m/s järgi. Konkreetse tootja torumõõtude vähimad kalded saab tootja Colebrooki valemil põhinevatest nomogrammidest, valides voolukiiruseks 1 m/s. Absoluutne vähim voolukiirus on 0,8 m/s.

Tabel 4. Kuntaliitto „Sademeveejuhend“, tabel 15-8 (lk 212): vähimad ja suurimad kalded.

Toru mõõt	Soovitatav vähim kalle	Soovitatav suurim kalle
mm	‰	‰
200	4,5	120
300	3,0	70
400	2,5	50
500	2,0	40
600	1,6	30
800	1,0	20
1200	1,0	15
1600	1,0	10

Torude materjale ja kvaliteedinõudeid käsitleb täpsemalt InfraRYLi jaotis 31200 „Sademeveekanalisatsioon“. Põhjaveekaitse alal peab sademeveekanalisatsioon olema veetihe.

4.7.6 Sademeveekanalisatsiooni paigaldussügavus

Paigaldussügavus valitakse üldjuhul nii, et torustik ei külmuks. Toru võib paikneda ka külmumispiirist kõrgemal, kui külmumine välditakse soojusisolatsiooniga. Kui külmumisohuta sügavust pole võimalik saavutada, võib torustiku külmumist lubada, kui kevadine üleujutuskahju jääb väikeseks.

Kui toru ei tohi külmuda, on vähim paigaldussügavus (maapinnast toru põhjani) lumest puhastataval alal sama mis siirdekiilu sügavus. Niiskust hoidvas liivas on see Soome eri osades 1,20…2,20 m. Teistes pinnastes saadakse paigaldussügavus järgmiste teguritega:

- kaljupuiste, jäme kruus: 1,2 (…1,4)
- möll, möllmoreen: 0,85
- savi: 0,7.

Kaljusüvendi lahendus projekteeritakse juhtumipõhiselt. Toru sügavuse võib määrata ka väljavoolukanalisatsiooni või võimalike dreenide kõrgus.

Täielik lumikate vähendab vajalikku paigaldussügavust järgmiselt:

- lõunarannik: 0,25 m, Porvoo–Vaasa vahemik
- Lõuna- ja Kesk-Soome: 0,40…0,50 m,
- Põhja-Soome: 0,50…0,70 m

Täieliku lumikattega saab arvestada teenõlvadel, vahealadel ja eraldusribadel, kui torustiku horisontaalkaugus paljast teepinnast on vähemalt 1,2…2,0 m (lõunarannikul 1,2 m, Põhja-Soomes 2,0 m). Torustiku ja palja teepinna vaheline kaugus peab alati olema vähemalt võrdne lumeta alal nõutava paigaldussügavusega.

Olulistel objektidel isoleeritakse külmumispiirist kõrgemale paigaldatud sademeveetorustik InfraRYLis esitatud materjalidega. Rõhtsa isolatsiooni laius peab olema 2,0 m ja selle ülapind sõidetaval alal 0,7 m sügavusel teepinnast. Isolatsiooni serv ei tohi põhjustada teepinnal kahjulikke külmakerkeerinevusi.

Näide 4

Kajaani sademeveetoru paigaldatakse lumeta alal 1,0 m sügavusele. Pinnas on möllmoreen. Kui paksu vahtplastisolatsiooni on vaja?

Ilma isolatsioonita oleks siirdekiilu vähim sügavus liivas 1,9 m. Möllmoreenis on paigaldussügavus 0,85 × 1,9 ≈ 1,65 m. Asendatava pinnasekihi paksus on 1,65 – 1,00 = 0,65 m; sellele vastab 1/10 paksune vahtplastikiht ehk 65 mm.

4.7.7 Sademeveekanalisatsiooni materjali valik

Tellija projektis näidatakse omavahel sobitatud toru- ja kaevumaterjalid. Projekteerija valib kaevu suuruse nii, et kavandatud torud sinna mahuksid. Projekti- või hankedokumentides tuleks öelda, kas tellija projektis näidatud materjali võib muuta. Tavaliselt ei tohi materjali vahetada olemasoleva võrgu täiendamisel ega omavalitsuse hooldada jäävas süsteemis, kui ühtseid materjale peetakse hoolduseks oluliseks. Näiteks betoonkanalisatsiooni asendamisel plastiga projekteeritakse uus setteosa juhendi järgi.

Betoontoruna kasutatakse klassi Br toru, kui kattepaksus ei nõua muud.

Plasttoruna kasutatakse polüetüleenist (PE) või polüpropüleenist (PP) torusid.

Sademeveekanalisatsiooni ühendused peavad olema veetihedad; toimivus tõendatakse InfraRYLi punkti 31200.4 kohase õhurõhukatsega. Väljaspool põhjaveekaitseala pole katset vaja, kui sama ühendusviisi kohta on olemas alla 3 aasta vanused nõuetekohased tulemused. Kui toru kohal või kõrval olev tee vajub ebaühtlaselt või kaamerauuring näitab toru vajumist, tuleb õhurõhukatse siiski teha.

Uue toru ühendamisel vanaga võib veetiheda asemel lubada liivatihedat ühendust, kui sobivaid tooteid pole saada ja objekt ei asu põhjaveekaitsealal.

Kattepaksuse nõuded on samad mis samast materjalist truupidel. Külmumise vältimiseks peab paigaldussügavus vastama punktile 4.7.6.

Metallist (alumiinium või kaitstud teras) sademeveekanalisatsiooni kasutamist hinnatakse juhtumipõhiselt ja see nõuab alati tellija heakskiitu.

4.8 Pumplad

4.8.1 Üldist

Sademeveepumpla vajadus määratakse pinnamoe, veekoguste ja riskihinnangu järgi. Enne ehitamist uuritakse pinnaseolusid ja põhjaveetaset, et kontrollida kaeviku toestamise, ehitusaegse vee-eemalduse ning põhjaplaadi üleslükkejõule dimensioneerimise vajadust.

4.8.2 Dimensioneerimine

Pumpla dimensioneeritakse paduvihma arvutuslikule vooluhulgale. Saju intensiivsus, kestus ja korduvus valitakse objekti tähtsuse ning lubatava üleujutuse järgi. Korduvusperiood on tavaliselt 2…10 aastat ja kestus valgala suuruse järgi enamasti 5…10 minutit. Põhjaveevool moodustab tavaliselt alla 10% arvutuslikust vooluhulgast. Kui pumplasse juhitakse näiteks tee või raudtee külgkraavide vett, võib juurdevoolu piirata kraavis paisutamise ja pumplasse viiva toru väiksema suurusega. Paisutamisel tuleb arvestada muu hulgas tee- ja raudteekonstruktsiooni kuivendust ning põhjaveekaitsealal kaitserajatisi.

Tüüpilises läbipääsus on vooluhulk suurusjärgus 100…150 l/s, mille saab lahendada tavalise pumplaga. Laiemas nõos on vooluhulgad suuremad.

Arvutusliku vooluhulga leidmist käsitleb täpsemalt punkt 3.3.

4.8.3 Paigutamine

Pumpla ja selle kõrval olev juhtimiskilp paigutatakse tavaliselt madalaima kanalisatsioonikaevu lähedale, et ülemine äravoolukraavi viiv isevoolne toru või väljavoolutoru jääks suhteliselt lühike. Hooldusjuurdepääs peab olema lihtne, rajatised ei tohi takistada nähtavust ega maastikus domineerida. Pumpla paigutatakse külmakaitse ja väljanägemise tõttu maapinna suhtes võimalikult madalale, vältides „pumplaküngast“. Pumpla vundament projekteeritakse koos silla vundamendiga. Koostatakse uuringud selle kohta, kuidas saab pumpla valitud kohta rajada.

Teesüvendis paikneb sademeveepumpla kas süvendi põhjas, nõlval või nõlva kohal. Valikut mõjutavad hooldus, maastik ja geotehnika. Variantide eelised ja puudused on muu hulgas:

- Süvendi põhjas on kaev madalaim ja geotehniline stabiilsus hea. Üleujutuse korral võivad seadmed jääda vee alla, mistõttu juhtimiskilp tuleb panna kõrgemale eraldi alusele.
- Nõlval on kaevu kõrgus mõõdukas ja sobiva hooldusjuurdepääsu korral võib asukoht olla põhjendatud. Halbades pinnaseoludes võib ühepoolne pinnasesurve pumplat kallutada.

- Eelkõige hooldaja nõudel võib pumpla paigutada nõlvast ülespoole. Siis suureneb kaevu kõrgus märgatavalt.

4.8.4 Pumpla varustuse miinimumnõuded

Pumpla detailid projekteeritakse koos tellija spetsialisti ja seadmetootjatega. Abiks võib kasutada väljaannet „Kanalisatsioonipumplate projekteerimisjuhised“ (RIL 102). Allpool on teeprojekti pumpla omadused, mis tuleb lisada hankedokumentidesse.

Pumplal peab olema vähemalt järgmine varustus:

Pumpla ehitamisel tuleb arvestada:

- kilbist väljuvatele kaablitele paigaldatakse tõmbetõkised
- kilbi ja kaevu vahelised avad tihendatakse
- pumplani rajatakse hooldustee ja vähemalt 30 m pikkusel teel kaubikule sobiv ümberpööramiskoht

- pumpla ja torustik puhastatakse enne tellijale üleandmist
- elektripaigaldise teostusjoonised pannakse pumpla kilpi
- torustiku ja kaevude asukoha teostusjoonised pannakse pumpla kilpi
- elektritoitele nähakse katkestuste puhuks ette UPS-varundus
- pumpla ja häireseadmed käivitatakse ning katsetatakse

Pumpla varustus:

- pumbad varustatakse sukelliitmikega (liitmiku nimetus tuleb täpsustada)
- pumpade andmesildid kinnitatakse juhtimiskilbi ustele
- pumplad ja kilbid lukustatakse ühtse lukusarjaga
- pumplale paigaldatakse väljast nähtav numbritähis
- pumpla varustatakse häiresüsteemiga (alajaam)
- paigaldatakse kaugseireks sobiv tasemeregulaator
- paigaldatakse kaugseireks sobiv juhtseade
- paigaldatakse ülemise taseme ujuklüliti
- paigaldatakse püsivalgusti
- paigaldatakse ühe- ja kolmefaasiline pistikupesa (16/32 A)
- elektrikilp peab olema alumiiniumkonstruktsiooniga, fikseeritud tuuleriivi ja lattlukuga
- elektrikilp varustatakse tsinkoksiid-liigpingepiirikutega ja vajaduse korral küttekehaga
- trepid/vaheplatvormid
- punane häirelamp
- vajaduse korral tagasivooluklapid

Pumplates kasutatakse alati sukelpumpa ja enne tellijale üleandmist tehakse kasutuselevõtukontroll.

5 Truubid

5.1 Üldist

Truup on alla 2 m laiuse puhta avaga torukonstruktsioon, millega tee või raudtee ületab voolusängi. Kui ava laius on ≥ 2 m, nimetatakse rajatist sillaks, täpsemalt torust sillaks.

Asukoha järgi jagunevad truubid kolme põhirühma:

- maanteetruubid: projekteeritava või parendatava tee alused truubid, tavaliselt äravoolukraavil
- raudteetruubid (rajatiste registris): raudteealused truubid
- külgkraavitruubid: maanteega liituva tee alused truubid külgkraavil

Tee ja raudtee kuivenduse projekteerimisel tuleb truupide kohta määrata:

- vajadus ja asukoht
- materjal
- otste kuju
- ava suurus ja põhja kõrgus

ELY-keskuste keskkonna- ja loodusvarade valdkonnad annavad veeseaduse järelevalveasutusena arvamusi veeloa taotlemise vajaduse kohta. Arvamuse ja veeloa taotlemist käsitleb täpsemalt punkt 1.4.6.

Arvamuses võib anda soovitusi silla või truubi konstruktsiooni ja ehitamise kohta. Veeavasid võivad dimensioneerida piisava väljaõppega isikud, kes tunnevad veeavade dimensioneerimist ja vooluarvutusi. Piirkondlikku kuivendust mõjutavate truupide kohta koostatakse alati arvamus.

Vajaduse korral kuulatakse ära maaomanikud, omavalitsus ja teised osalised. Kuivendusühistu ei tohi siiski maa kuivendamist takistada: projekteerimisel tuleb arvestada ja vähendada ülesvoolu alade paisutuskahju. Asulas, eriti planeeringualal, selgitatakse koos omavalitsusega tagamaade kuivendusvajadus, mis võib mõjutada truubi suurust ja kõrgust. Tee- ja raudteeasutus tellib ning kinnitab kõik truubiprojektid ja vastutab pärast kinnitamist lahenduste eest. Võimalikus kahjus ja hüvitamises tuleb maaomanikuga kokku leppida juba projekteerimisel. Liiklustee ja ümbruse võimalikke vastandlikke huve hinnatakse riske ja kulusid kaaludes.

Truubitorude materjalid on kirjeldatud InfraRYLi jaotises 14350.

Koostatavaid gofreeritud terastorusid käsitleb väljaanne „Terastorust sillad. Projekteerimisjuhend“.

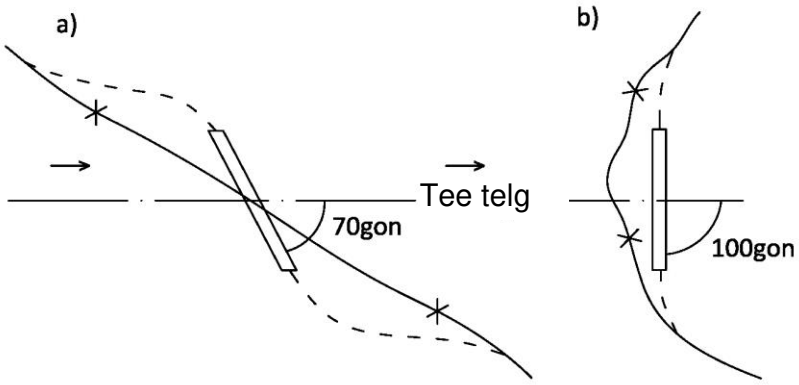
5.2 Truupide vajadus ja asukoht

Maanteetruupi kasutatakse, kui trass ületab äravoolukraavi või muu voolusängi või maastikunõgu nõuab külgkraavivee juhtimist teemaa piiridest välja. Truupi on vaja ka siis, kui tee ühel küljel tuleb külgkraav hoone, kaitstava taimestiku, kalju või muu takistuse tõttu katkestada. Siis suunatakse vesi enne takistust teise külje kraavi. Maanteetruup juhib ka eraldusriba või vaheala vee külgkraavi. Äravoolukraav ja selle truubid projekteeritakse koos punkti 4.5.8 järgi.

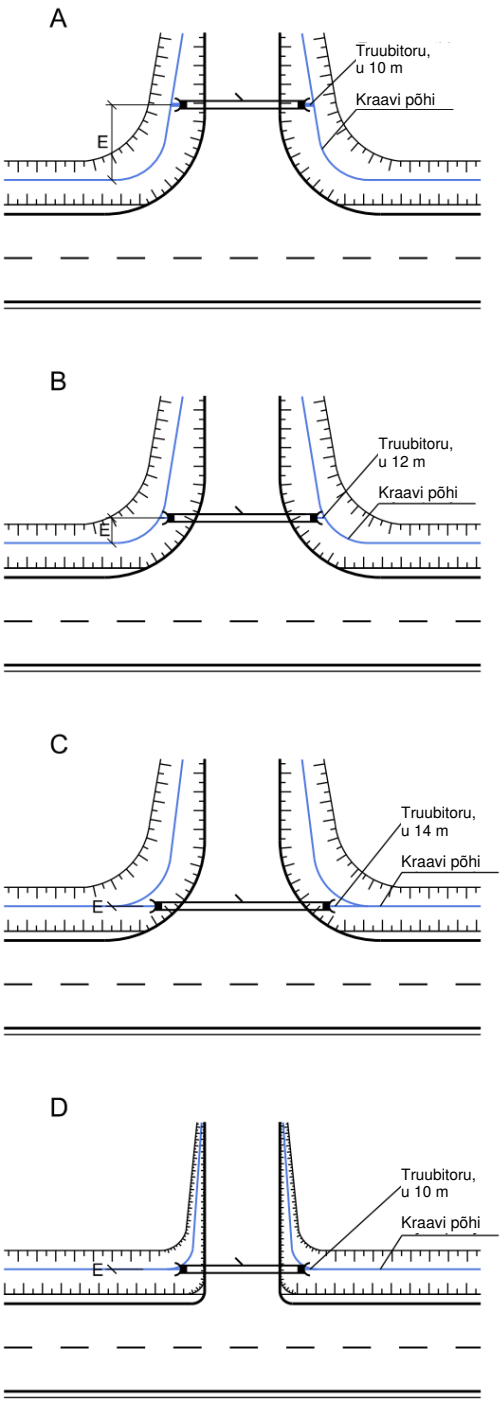
Vajaduse ja asukoha valikul püütakse toime tulla võimalikult väheste truupidega. Mõnikord saab truupi vältida voolusängi ümberpaigutamise, väikeste nõgude kujundamise või külgkraavide lahendusega.

Maanteetruup paigutatakse maastiku madalaimasse kohta või vana sängi lähedale nii, et suund ja rajamine oleksid võimalikult otstarbekad. Tavaliselt paigutatakse truup trassiga risti. Kui maastik või muud olud nõuavad, võib nurk teetrassiga olla 70–130 gooni.

Nõrgal pinnasel mõjutavad truubi asukohta muu hulgas aluspinnas, mulde rajamisviis, ehitusaegne kuivendus ja olemasolevad äravoolukraavid. Arvestada tuleb ka uute kraavilahenduste kulusid, keskkonnamõju ja mõju mulde stabiilsusele. Tugevdamata nõrgal pinnasel on sageli otstarbekas viia truup kandvale pinnasele ala serva või kohta, kus nõrk kiht on kõige õhem. Tavaliselt tasub nii teha ka siis, kui vajumist kiirendatakse eelkoormusmulde või vertikaaldreenidega või pinnast asendatakse pealesurumise või osalise väljakaevamisega. Kui pinnas kaevatakse välja kandva aluseni, ei sea aluspinnas ega ehitusviis truubi asukohale piiranguid.



Joonis 24. Truubi paigutamine viltusesse või looklevasse sängi. Suunanurk on tavaliselt 70, 100 või 130 gooni. Truubi ümberpaigutamisel ulatub siirdekiil ka täidetud kraavi kohale. Raudteetruup paigutatakse üldjuhul risti ehk 100-goonise nurga all.



Joonis 25. Juurdepääsutruubi paigutamine (näidetes on liituva tee laius 6 m). D-tüüpi ristmikke enam ei ehitata.

A. Avar ristmik, mille suhteliselt lühike truup on tee külgkraavi joonest (E=) 4…6 m eemale paigutatud. Lahendus võimaldab pööramist ja on teelt väljasõitjale üsna ohutu, sest truubiots ja järsk nõlv jäävad teest kaugele. Kui liituv tee langeb tugevalt maanteest eemale, on vee külgkraavitruupi juhtimiseks vahel vaja varianti B.

B. Avar ristmik, mille pikk truup paikneb külgkraavi jätkul. Lahendus võimaldab pööramist, kuid on väljasõitjale vähem ohutu kui A, sest truubiotsa juures tuleb nõlv järsemaks teha. Variandi B truup on pikem kui A-l.

C. Truup paikneb külgkraavi joonel. See peab olema oluliselt pikem kui teistes variantides.

D. Ristmikul puuduvad pöördeköverad. Haagisega sõiduk ei saa paremale pöörata isegi vastassuunavööndit kasutades. Liituva tee nõlv on põhiteelt väljasõitjale ohtlik, kui kiirustase on vähemalt 80 km/h. Lahendus tuleks muuta A…C variandiks, kui AKÖL ületab 1000 sõidukit ööpäevas ja kiirustase on vähemalt 80 km/h või kui ristmikku kasutavad ka autorongid.

Variantides A…C on ristmik piisavalt avar ka veokite pööramiseks. Toru kaugus külgkraavi põhjast või teeservast määrab selle pikkuse. Põhiteelt väljasõitjale on A ja B ohutumad kui C. Variandis D paikneb toru külgkraavi joonel ja selle otstes on ohtlikult järsk tugimüür. Veok ei mahu pöörama ilma liiklusseadusega vastuolus vastassuunarada kasutamata. Ka C puhul võib auto põrgata truubiotsa, kuid nõlv on laugem. Tiheda liiklusega maanteel paigutatakse külgkraavitruup joonise 25 A järgi: kraavi sõitnud auto ei põrka truubiotsa järsu nõlvaga. Ristmiku saab teha avaraks truupi pikendamata ja vajaduse korral ka hiljem laiendada. Kitsas kohas või maantee poole langeva eratee puhul võib kasutada ka joonise 25 B lahendust.

Joonise 25 C korral põrkab maantee laugesse külgkraavi sõitnud auto truubiotsa järsu nõlvaga; see on väga ohtlik kiirustasemel üle 70 km/h. Lahendus on siiski lubatav, kui maantee külgkraavid on järsud (1:1,5 või 1:2), kitsad (< 2 m) ning kiirustase on kuni 70 km/h.

Kui tasasel maastikul saab truup vett eri ajal sulavatelt aladelt, peaks truup sulama kevadel võimalikult vara. Näiteks põldu ja metsa hõlmava valgala korral võiks truup paikneda põllu kohal.

Külgkraavitruupi kasutatakse siis, kui vooluhulk (valgala) ja pinnas seda nõuavad. Kõik ristmikud truupi ei vaja. Seda pole vaja külgkraavi veelahkmel või selle läheduses. Kraavide voolusuundi veidi muutes võib külgkraavi veelahkme paigutada maantee omast erinevasse kohta. Truup projekteeritakse, kui maanteel on külgkraav ja selle valgala on hästi vett läbilaskvas pinnases (Hk, Sr) vähemalt 0,5…5 ha või halvasti vett läbilaskvas pinnases (Sa, Si, Mr) vähemalt 0,1…0,5 ha. Piirvahemikus sõltub vajadus vee kogunemisala suurusest ja võimalikust paisutuskahjust. Kahtluse korral tuleks truup rajada võimalikult väikese avaga.

5.3 Truupide pikkus ja konstruktsioon

5.3.1 Pikkus ja otsakalded

Truubi pikkus tähendab eelkõige torupõhja keskjoone pikkust (alapikkus). Kaldotstega toru harja pikkus (ülapikkus) on väiksem. Pikkus määratakse tavaliselt toru sobitamisel taristumudeli truubisuunalisse ristlõikesse. Enamasti valitakse täismeetrine pikkus nii, et truup kindlasti liiga lühikeseks ei jääks.

Truubi juures täidetakse nõlv nii, et toru ülaserv jääb nähtavale 0,3 (± 0,1) m ulatuses. Suurem nähtav osa halvendab väljanägemist ja teelt väljasõitev auto võib toruga kokku põrgata. Nõlvatäide algab 5 m enne truupi.

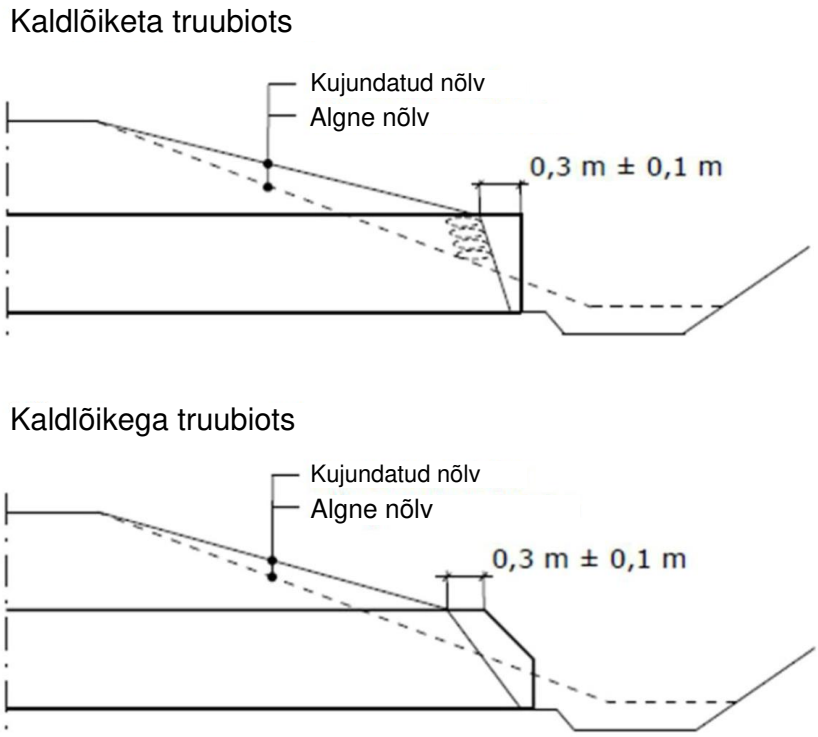
Sirge truubiotsa juures on vaja järsku nõlva, mida tavaliselt toetatakse kivilaotise, rohukamarast lõigatud juurtega seotud pinnaseplaatide või muu samalaadsega. Kaldotsa korral võib kasutada ka killustikkattega nõlva.

Teelt väljasõidu ohutuse tõttu tehakse truubiots kaldu, kui läbimõõt on vähemalt:

- 600 mm, kui algne nõlv on 1:5 või laugem
- 800 mm, kui algne nõlv on 1:2,5…4
- 1000 mm, kui algne nõlv on 1:2 või järsem

Algne nõlv on joonisel 26 punktkriipsjoon. Ohutuse tõttu pole kaldotsa vaja, kui tiheda liiklusega teelt (AKÖL > 1000 sõidukit ööpäevas, kiirustase vähemalt 80 km/h) pole võimalik truubiotsaga kokku põrgata. Kaldotsa võib kasutada ka nõlva katmise lihtsustamiseks või asulas väljanägemise tõttu.

Otsakallet ei alustata toru põhjast, vaid umbes kolmandiku kõrguselt põhja kohalt.



Joonis 26. Nõlva kuju maantee- ja külgkraavitruubi juures. Järsk nõlvaosa tehakse sobivatest kividest ja juurtega seotud pinnaseplaatidest, kui projektis pole määratud teisiti.

Koostatava gofreeritud terastruubi projekteerimisel arvutatakse või määratakse tellimisvormis „Terastorust sillad“ nõutud andmed. Muude truupide puhul määratakse vastavad truubiloendi või jooniste andmed. Vähemalt meetrise avaga truubi põhiandmed märgitakse veekindlalt ülaserva siseküljele: ava suurus, ülapikkus ning terastorul ka seina paksus.

5.3.2 Korrosiooniolud

Truubikoha korrosioonikeskkonna klass määratakse InfraRYLi jaotise 14350 järgi pinnase happesuse ja teesoolamise alusel. Keskkond määrab objektile sobivad InfraRYLi korrosiooniklassid.

5.4 Truubi dimensioneerimine ja kõrgus

5.4.1 Dimensioneerimise eesmärgid

Truubi dimensioneerimine hõlmab:

- põhja kõrguse määramist
- pikikalde määramist
- ava suuruse määramist
- truubi põhjustatud paisutuse määramist

Truubitorude tehnilised kvaliteedinõuded on InfraRYLi jaotises 14350.

Truupide ja sildade hüdroloogilise dimensioneerimise üldeesmärgid:

- Sild või truup ei tohi tekitada ülesvoolu üleujutusohtu ega takistada maa kuivendamist.

- Sild või truup ei tohi sängi kitsendada nii, et paisutus põhjustab sängi või liiklustee konstruktsiooni erosiooni.
- Silla- ja truubikonstruktsioonid peavad toimima ohutult ka suure üleujutuse ajal.
- Sild või truup ei tohi takistada kalade ja teiste organismide liikumist, veeliiklust ega muud veekogu kasutust.
- Dimensioneerimisel ja ehitamisel arvestatakse keskkonnakaitset, maastikku ning looduslähedase vesiehituse põhimõtteid.
- Silla ja truubi veeava projekteeritakse alati hooldatavana.

Kui elustiku läbipääsule soovitakse erilist tähelepanu pöörata, tuleks tavalise truubi asemel eelistada silda või loodusliku põhjaga truupi (punkt 5.8).

Kui ava suuruse määramisel on teada ülesvoolu valgalal kavandatavad dimensioneerimist mõjutavad muutused, näiteks vett mitteläbilaskvate alade suurenemine, tuleb neid arvestada.

5.4.2 Truubi põhja kõrguse määramine

Truubi ja torust silla kõrgus väljendatakse mõlema otsa sisepõhja kõrgusmärgina. Truubiloendis ja truubi- või äravoolukraavi joonisel näidatakse ka nõrgal pinnasel vajalik keskosa ehitustõus.

Põhja kõrguse valikul arvestatakse:

- vajalikku kattepaksust teepinna ja toru harja vahel
- ülesvoolu maa kuivendusvajadust
- truubi piisavat pikikallet ja äravoolukraavi (külgkraavitruubil külgkraavi) kõrgusi
- elustiku läbipääsu ja optimaalset vooluristlõiget: truubi voolupõhi paigutatakse 0,1 × D külgkraavi põhjast madalamale, kus D on siseläbimõõt; täpsemad loomastiku arvestamise juhised on punktis 5.8

Eri maanteetruupide kattepaksuse piirväärtused on InfraRYLi punktides 14351.3 „Betoontorutruupide ehitamine“, 14352.3 „Terastruupide paigaldamine“ ja 14353.3 „Plasttorutruupide ehitamine“.

Äravoolukraavi põhja ja toru kõrgus projekteeritakse koos. Piisavalt sügavas sängis ei paigaldata truubi põhja sängi põhja projektjoonest kõrgemale. Kui säng on madal ja toru tuleb näiteks tulevase kuivendusvajaduse, elustiku läbipääsu või voolupindala suurendamise tõttu paigutada kraavipõhjast oluliselt sügavamale, võib toru hari kevadise kõrgvee (HW) ajal jääda vee alla, kui veeliiklus erandina muud ei nõua. Toruots tuleb siiski eriti hoolikalt kindlustada.

Truubi kõrguse valikul arvestatakse ülesvoolu maa kuivendusvajadust ja võimalikke tulevasi projekte. Dreneeritud põld eeldab 1,4 m, lahtiste kraavidega põld umbes 1,2 m ja metsamaa 0,9 m kuivendussügavust (tabel 5). Tavaliselt lisatakse 0,3 m settevaru ning võimalik pinnasevajum. Kui sängi lähedal madala põllu maapind ei tõuse, lisatakse külgsuunalise kauguse järgi 0,2 m iga 100 m kohta.

Tabel 5. Truubipõhja sihtsügavus tulevase kraavituse arvestamiseks.

Kuivendatava maa tüüp	Truubi põhja sügavus maapinnast (m)
Põld / haritav maa	1,4…1,9
Niit või karjamaa	1,0…1,4
Mets või soo	0,8…1,3

Kui ülesvoolu ala on juba kuivendatud, määratakse truubipõhi peakraavi põhja järgi nagu muudes äravoolukraavides; vajaduse korral arvestatakse veekogusängi mõju truubi süvistamisele. Tõenäolise tulevase kraavituse korral lähtutakse truubi kaudu väljuva tulevase peakraavi põhjast. Selle hindamiseks lisatakse kavandatava imudreeni sügavusele või vastavale lahtise kraavi sügavusele kollektorite ja peakraavi kalde nõutav kõrguste vahe, väljalasu kõrgus 0,2 m peakraavi põhjast ning võimalik vajumisvaru.

Kuivendussügavuse nõue peab olema täidetud ka tulevikus, sest ka hilisemate kuivendusprojektide korral vastutab truubi kõrguse eest liiklustee omanik. Ebakindla tulevase vajaduse täies ulatuses järgimine põhjustab sageli teehoiule olulist kahju ja lisakulu: truubi ehitus ja hooldus kallinevad ning kraavide kaevemaht võib märgatavalt suureneda. Seetõttu tuleb truubi kõrguse kogu kasu ja kulu võrrelda.

Kui maakuivenduse kasu on kraavi- ja truubitööde lisakuluga võrreldes väike, tuleb kaaluda truubi kõrgemale paigutamist ja maaomanikule kahjuhüvitise maksmist.

5.4.3 Truubi pikikalde määramine

Piisav pikikalle (0,5…1%) vähendab settimise ohtu. Erandina võib kasutada väiksemat kallet. Suurem, 1…5% kalle võib vähendada sette- ja jääummistusi ning vajuval või külmakerkelisel alal toru liikumisest tulenevat kahju. Tuleb tagada, et kiirem vool ei takista vee-elustiku liikumist ega kiirenda torukatte erosiooni. Üle 2% kallet ei soovitata kaetud terastorule ega kohta, kus on kaitstavaid veeloomi, kes ei suuda tugevas voolus liikuda. Settimist vähendavad kõige enam äravoolukraavi piisav langus ja settebassein truubi ülesvoolu otsas. Torust sild paigutatakse olude võimaldatud kaldega. Veekogusängi rajatava truubi soovitatav suurim pikikalle on siiski 0,5%, vaid erandina 1%.

Vana äravoolukraavi kalle on sageli alla sihtväärtuse (umbes 0,4%). Kui kogu kraavi pole vaja süvendada, paigutatakse truubi sissevooluots ligikaudu kraavipõhja tasemele ning truubile ja sellest allavoolu umbes 20 m kraavilõigule antakse vähemalt 0,5…1% kalle. Edasi puhastatakse kraavi vaid nii kaugele, et põhi ühineb vana sängiga 0,1% kalde juures. Neid vähimaid kaldeid ei saa siiski rakendada veekogutruupidele, mis nõuavad väiksemat kallet.

Näide 5

Peakraavi pikikalle on 0,3%. Nii 16 m pikkusele truubile kui ka järgnevale 20 m kraavilõigule soovitakse anda 1,0% kalle. Kui kaugele tuleb kraavi puhastada, kui truubi sissevooluots jääb kraavipõhja tasemele?

Enne kaevamist on kraavi põhi truubi väljavooluotsast 20 m kaugusel

$$\frac{1{,}0 - 0{,}3}{100} \cdot 36\ m = 0{,}25\ m$$

sihttasemest 0,25 m kõrgemal. Kui sealt edasi lepitakse näiteks 0,15% kaldega, jõuab puhastatav säng algse sängini 170 m kaugusel.

$$\frac{100}{0{,}3 - 0{,}15} \cdot 0{,}25\ m = 170\ m$$

Külgkraavitruubi pikikalle on sama mis kraavil. Toru sisepõhi ühineb tavaliselt kraavipõhjaga või paigutatakse lisakattepaksuse saamiseks 0,0…0,20 m madalamale. Süvendis või põikkaldega maastiku ülemisel küljel asuva ristmiku truup püütakse teha võimalikult väikese ava ja kattepaksusega, et külgkraav jääks mõõduka sügavusega. Kui kraav tuleb siiski sügav, võivad süvenduskulud ja kahju nii palju kasvada, et otstarbekamaks osutuvad kaevud ja düüker.

5.4.4 Truupide vähim suurus

Truubi vähima suuruse määrab tavaliselt hooldus. Vähimad siseläbimõõdud, millest on lubatud kuni 10% väiksem mõõt, on eri juhtudeks tabelis 6.

Tabel 6. Truubiava vähim suurus tee või ristmiku liigi järgi.

Tee või ristmiku liik	Truubi Ø (mm)
äravoolukraav kahe sõiduteega tee all	800
kahe sõiduteega tee ühe sõidutee all (ainult eraldusriba vett juhtiv truup)	500
äravoolukraav laia tee all (truubi pikkus > 10 m)	600
äravoolukraav kitsa tee või jalg- ja jalgrattatee all (truubi pikkus ≤ 10 m)	400
külgkraavitruup pikkusega > 8 m või kui liituv tee on maantee või sellega võrreldav	400
külgkraavitruup pikkusega ≤ 8 m ning üksnes vaheala vett juhtiv truup	300

Eeltoodust väiksemaid mõõte võib kaaluda järgmistel juhtudel:

- väga väike valgala
- parendatav tee, kui kogemus näitab väiksema ava piisavust ning ka arvutuslik 20% veekoguse kasv ei nõua suurendamist
- truubi remont väiksema plast- või terastoru sissepaigaldamisega: ava võib väheneda, kui senine veekogus mahub ka uuest avast läbi; vajaduse korral rajatakse kõrvale teine truup, näiteks surumismeetodil
- üleujutustorud
- põllumajandusdrenaaži teealused läbiviigud

Truubi suurust kontrollitakse alati valgala järgi määratud arvutusliku vooluhulga alusel. Hoonestamata alal (tavaline maanteelõik) tehakse hüdrauliline dimensioneerimine punkti 5.4 järgi. Asulas võib valgala hõlmata kattega pindu; siis arvutatakse vooluhulk ka paduvihma järgi tegelike äravooluteguritega, järgides punkti 3.4.

Truubi siseläbimõõt esitatakse ümmarguse väärtusena 300 mm, 400 mm jne. Projektis näidatud siseläbimõõdust võib kõigi torumaterjalide puhul allapoole kõrvale kalduda järgmiselt:

DN/ID < 400 mm –10...+25 %,

400 ≤ DN/ID < 600 mm –3...+10 %,

600 ≤ DN/ID < 2000 mm –3...+3 %.

Kõrvalekallete põhjused on muu hulgas:

- truubi dimensioneerimine põhineb väga ligikaudsel arvutusel või hinnangul
- turul olevate plasttorude siseläbimõõt on üldjuhul umbes 6% väiksem kui betoon- ja terastorudel
- plasttoru ei külmu nii tugevalt kinni ning selle hooldamine on vahel lihtsam kui muudel materjalidel

5.4.5 Truubiava suuruse määramine

Kui tulevase voolusängi kõrval pole elamuid ja arvutusliku maksimumvooluhulga korduvusperiood ei ületa 20 aastat, valitakse ava tavaliselt otse tabelist 6 või 7, kui valgala on kuni 20 ha või dimensioneerimine põhineb lumesulamisel.

Veekogutruubi puhul tuleb hinnata kalade ja teiste veeloomade läbipääsu ning sellega ehitamisel arvestada.

Truubi ja sellega mõlemal pool vahetult liituvate kraavilõikude pikikalle mõjutab ava suurust märgatavalt. Suurem kalle on siiski veelgi olulisem pikaajalise toimivuse säilitamiseks.

Tabeli 7 alus on lumesulamise kevadine maksimumvooluhulk (vrd punktide 3.4.2 ja 3.4.3 tabel A1 ja joonis 5) keskmise korduvusega 1/20. Lisaks eeldatakse, et arvutusolukorras on toru kuni 3/4 kõrguseni vett täis ning sissevooluotsa paisutus ei kasva kahjulikult suureks. Asula kattega alal nõuab paduvihm suuremat truupi. Kui alal on olemasolevaid truupe, saab nende mõõtmise ja üleujutustundlikkuse uurimise alusel teha uue truubi dimensioneerimiseks järeldusi ja kontrolle (kogemuspõhine dimensioneerimine).

Tabel 7. Uue tee maanteetruubi ava dimensioneerimine valgala suuruse ja sängi kalde (J) järgi. Alus on lumesulamine ning kevadise maksimumvooluhulga keskmine korduvus 1/20. Maastikuklasse selgitab punkt 5.7 „Väikeste veekogusildade dimensioneerimine“.

Valgala suurus (km²)			Truubi siseläbimõõt d (mm)
Sängi kalle J = 0,1…0,3% (maastikuklass I)	Sängi kalle J = 0,4…0,7% (maastikuklass II)	Sängi kalle J ≥ 0,8% (maastikuklass III)	
< 0,2	< 0,5	< 0,7	500 [1)]
0,2…0,5	0,5…0,8	0,7…1,2	600
0,5…1,0	0,8…1,8	1,2…2,5	800
1,0…2,0	1,8…3,0	2,5…4,0	1000
2,0…3,0	3,0…4,2	4,0…5,5	1200
3,0…4,2	4,2…5,5	5,5…7,0	1400
4,2…5,5	5,5…8,0	7,0…11	1600
5,5…8,0	8,0…1,1	11…16	1800

Kiir- ja mootorsõidukiteedel ning põhi- ja tugimaanteedel on ümartruubi vähim läbimõõt d olenevalt pikkusest 600…800 mm.

Truubi paisutust (punkt 5.4.6) tuleb kontrollida eriti siis, kui valgala asukoha või suure metsakuivenduse või põllumaa osakaalu tõttu kujuneb arvutuslik vooluhulk suureks (punkt 3.5.3).

Kui madala mulde või sängi tõttu kasutatakse kaht paralleelset või madala profiiliga truupi, on kaksiktoru vajalik läbimõõt 70…80% asendatava toru läbimõõdust. Näiteks ühe d = 1,0 m toru võib asendada kahe d = 0,8 m toruga, ühe d = 1,2 m toru kahe d = 1,0 m toruga jne. Paralleeltorud võivad paikneda eri kõrgusel, kuid voolupindala peab olema sama mis algsel torul.

Madalas veerohkes sängis paigaldatakse toru tavalisest sügavamale, et saada suur voolupindala. Lamedas sängis võib madala profiiliga truubi ristlõikepindala soodsa kuju tõttu olla umbes 10…20% väiksem kui ümartorul. Näiteks d = 1,6 m gofreeritud terastoru (A = 2,00 m²) saab asendada 1,8 × 1,2 m madala toruga (A = 1,78 m²). Sobivat mõõtu ja tüüpi saab kontrollida tootjate tootelehtedelt.

Tabel 7 eeldab, et järvede osakaal valgalal on 1%. Suurema osakaalu korral suureneb igale truubimõõdule vastav valgala samamoodi nagu punkti 5.7 „Väikeste sillaavade dimensioneerimine“ näidetes.

Tabel 8. Külgkraavitruubi ava dimensioneerimine valgala suuruse järgi, kui valgala järvede osakaal on ≤ 1%.

Valgala suurus (ha)	Külgkraavitruubi siseläbimõõt d (mm)
< 1 [1)] 1..3 [1)] 3…10 10…50 50...100 [3)]	200…400 [2)] 300…400 [2)] 400 500 600

Väga väikeselt alalt võib vesi ära nõrguda truubitoruta.

Valik sõltub ristmiku ümbrusest ja truubi pikkusest. Avaras nõos ning lühikese (≤ 8 m) truubi korral valitakse väiksem variant; samuti üldjuhul asula vahealal. Avaliku või sellega võrreldava liituva tee korral on vähim mõõt 400 mm.

Kui külgkraav on looduslik säng valgalaga üle umbes 0,5 km², dimensioneeritakse truup punkti 5.4.6 „Truubi arvutusliku paisutuse määramine“ tabeli 9 abil.

5.4.6 Arvutuslik paisutus ja truubi põhjustatud paisutuse määramine

Truup või sild kitsendab tavaliselt voolusängi ristlõiget, põhjustades ülesvoolu paisutust ja suurendades voolukiirust. Paisutusele arvutuslike piirväärtuste seadmisega püütakse vältida kiirenenud voolu põhjustatud uhtumist. Veeavade arvutuslik paisutus on tavaliselt nii väike, et ei põhjusta sängi üleujutamist.

Veeava soovituslik arvutuslik paisutus määratakse ülesvoolu maakasutuse ja sängi kalde järgi tabelist 9. Selle järgi dimensioneerides jääb voolukiirus tavaliselt nii väikeseks, et sängi uhtumisohtu pole ka erosioonitundlikus pinnases. Pikaajaline veetasemete erinevus veeava juures on läbi teemulde filtratsiooni ja erosiooni seisukohalt kahjulikum kui lühiajaline suur paisutus.

Tabel 9. Suurim arvutuslik paisutus (m) maakasutuse, sängi suuruse ja kalde järgi

Kalle	< 0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	> 0,01
Põld, asula või olulised hooned						
Kraav	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,10
Oja	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Jõgi	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Suur jõgi MQ > 5 m^3/s	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Metsamaa või loodusala						
Kraav	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,15
Oja	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,10
Jõgi	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Suur jõgi MQ > 5 m^3/s	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

Kraavi arvutuslik paisutus on maakasutusest ja kaldest sõltuvalt 20…150 mm. Jõgedel on see vastavalt 10…50 mm.

Paisutus arvutatakse valemiga ([6]):

$$h = D \cdot \frac{1}{2 \cdot g}\left[\left(\frac{Q}{k \cdot A_r}\right)^2 - \left(\frac{Q}{A_u}\right)^2\right]$$

kus

h paisutuse kõrgus truubi sissevooluotsas (m)
D paisutustegur, vt tabel 9,
g raskuskiirendus = 9,81 m/s^2,
Q arvutuslik vooluhulk (m^3/s),
Ar truubi voolupindala (m^2) vooluhulga Q korral ilma paisutuseta,
Au ülesvoolu sängi voolupindala (m^2) vooluhulga Q korral koos eeldatava paisutusega,

k takistustegur tabelist 9.

Tabel 10. Paisutustegur D ja takistustegur k sõltuvad avade suhtest Ar/Au ning k lisaks vooluhulgast Q järgmiselt:

Avade suhe Ar/Au	Paisutustegur D	Takistustegur k	
		Q = 2 m^3/s	Q = 10 m^3/s
0,3	0,79	0,67	0,71
0,4	0,72	0,70	0,74
0,5	0,65	0,73	0,77
0,6	0,58	0,77	0,81
0,7	0,51	0,80	0,84
0,8	0,43	0,83	0,87
0,9	0,34	0,86	0,90

5.5 Truubiloendid ja torumaterjalid

5.5.1 Hankemenetlus

Tellija projekt

Riigihangete ja kontsessioonilepingute seaduse 1397/2016 § 71 nõuab üldjuhul, et tellija kvaliteedinõuded oleksid toimivuspõhised. Tootenime võib kasutada ainult juhul, kui toimivusnõudeid ei saa esitada. Ka siis tuleb selgelt märkida, et aktsepteeritakse teisi samaväärseid tooteid.

Praeguse tõlgenduse järgi võib tellija määrata toru materjali, kui sellel materjalil on mitu tarnijat. Väylävirasto ei soovita materjali siiski määrata, kui tema kvaliteedinõuete ja InfraRYLi järgi sobib objektile mitu materjali. Sel juhul kasutatakse punkti 5.5.1 toimivusnõudeid.

Truubi pikendamisel või remontimisel arvestatakse olemasolevat toodet. Pikenduse materjal ei pea olema algsega sama, kui leidub sobivaid ühendusosi.

Kui projekt hõlmab nii projekteerimist kui ka ehitamist (KUk, ST, STk või allianss), näitab tellija, millised tema projekti osad on siduvad ja millised esialgsed. Teenuseosutaja projektis esitatakse vähemalt truubiloendi teostusandmete osa, mille andmed kantakse Velho registrisse.

5.5.2 Truubiloend

Tellija projekt (ehitusprojekt)

Truubiloend koostatakse ehitusprojektis. Teeprojekti etapis järgitakse juhendit „Teeprojekt. Tegevusjuhised“ VO 7/2022. KU-töövõtu ehitusprojektis peab tellija esitama truubi üksikasjalikud andmed, sealhulgas nimisiseläbimõõdu, pikkuse, korrosiooniklassi ja ühendusklassi.

Truubiloendis antakse truubile numbritähis. Asukohana näidatakse liiklustee tähis ja toru piketaaž. Külgkraavitruubi asukoht näidatakse põhitee piketaaži järgi koos märkega, kas truup on vasakul või paremal. Voolupõhja kõrgus on toru mõlema otsa sisepõhja kõrgusmärk; kogupikkus on põhja keskjoone pikkus. Loendis märgitakse otsakalde vajadus punkti 5.3 järgi.

Tüüp (truubitoru tüüp)

Maantee ja Velho registri truubitüübid on maanteetruup (M=rpt01), jalg- ja jalgrattatee truup (J=rpt02), külgkraavitruup (S=rpt03), muu truup (U=rpt04) ning väikeloomatunnel (P=rpt05). Maanteetruup paikneb maantee, J-tüüpi truup jalg- ja jalgrattatee all. Muu truup läbib müravalli, müraseina, vastukaalumulde või muu rajatise ning kuulub maantee juurde. Väikeloomatoru puhul ei eristata, kas see läbib maanteed, liituvat teed või muud muldkeha. Tähis määrab InfraRYLi jaotise 14350 nõutava taseme. Projektis kasutatakse tähti, Velho registris numbrikoode.

Külgkraavitruup on maantee külgkraavil liituva tee alla rajatud truup. Muud liituva tee truubid on tänavatruubid (K) või erateetruubid (Y). Need esitatakse ehitusprojekti loendis, kuid mitte Velho registris, kui nende hooldus ei kuulu maanteeomanikule. Suurema maanteega liituva maantee kõik truubid on maanteetruubid.

Läbimõõt, toru nimisiseläbimõõt

Läbimõõduna esitatakse toru siseläbimõõt 100 mm täpsusega, olenemata materjalist. Lubatud kõrvalekalded on InfraRYLi nõuetes. Üleujutustorul võib siseläbimõõt olla ka 250 mm.

Projekteeritud torumaterjal

Tellija projektis näidatakse materjal ainult siis, kui see soovitakse eripõhjusel määrata. Muidu valib ehitaja materjali loendi keskkonnaandmete järgi. Kõige nõrgema korrosioonikaitsega terastorude kasutamist piiravad enamasti korrosiooniolud, plasttorudel väike kattepaksus ning betoontorudel külmakerkelise või vajuva ümbristäite nõutav ühendusklass. Materjalitähised on B, M, T = gofreeritud terastoru, MT = sileda seinaga surutav massiivne terastruup.

Toruotsad (rumpuputken-paa)

Toruotsa kuju märgitakse sirge (S või tühi = rpp01) või kaldu (V=rpp02).

Üle 600 mm torudele näidatakse kokkupõrkeohutuse parandamiseks tavaliselt kaldotsad.

Korrosiooniklass, korrosiooniolud

Terastruubi korrosioonikindluse klass valitakse objekti tingimuste järgi, mis sõltuvad tee või tänava klassist ja soolamisest. Soolamata teeks loetakse kruuskatte ja pehme asfaltbetoonkattega (PAB) teed. Tugevalt soolatud on kõik kiir- ja mootorsõidukiteed ning Lõuna-Soome (Kesk- ja Lõuna-Pohjanmaa, Pirkanmaa, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Lõuna-Karjala ja neist lääne pool asuvad maakonnad) põhi- ja tugimaanteed AKÖL-iga > 6000 sõidukit ööpäevas. Muud teed ja tänavad on vähesel määral soolatud. Tellija võib ka PAB-tee määrata soolatavaks, kui liiklussageduse järgi on tõenäoline hilisem AB-kate, mis võimaldab soolamist.

Korrosiooniolud valitakse InfraRYLi jaotise 14350 tabeli T1 ja punkti 14350.1.2 „Truubi korrosiooniklassi valik“ järgi. K1 materjali võib kasutada ainult soolamata või vähesoolatud madalama klassi teel neutraalse happesusega keskkonnas. Tugevalt soolatud teele valitakse alati vähemalt K3 materjal.

InfraRYLi korrosiooniklassid on K1, K2, K3 ja K4. K3 ja K4 keskkonnatingimused on muidu samad, kuid K4 tuleks nõuda kiire ja liivase veevoolu korral.

Ühenduse klass

Tellija peaks vähemalt KU-töövõtus näitama nõutava ühendusklassi. Töövõtja võib seda InfraRYLi järgi siiski muuta, kui ümbristäide muudetakse toru külmakerget vähendavaks või vajumine välditakse aluskonstruktsioonidega.

Eri tingimustes lubatud ühendused on InfraRYLi jaotise 14350 tabelis T3. Klassid on L2 (betooni integreeritud tihend, plasti ja terase liivatihe muhv) ja L3 (seotud betoontorud, plasti ja terase pikk ühendushülss ning pidevad torud). L3 on alati lubatud. L2 võib kasutada külmakerkeohuta ja mittevajuvates konstruktsioonides: põhiteel arvutuslik koguvajum alla 30 mm, muudel teedel ja külgkraavitruupidel täpsem nõue puudub. Vajuvas ja külmakerkelises konstruktsioonis on L2 teisese eelistusega lahendus, mis on tavaliselt lubatud projektidokumentide kohaselt.

Pikkus

Pikkus määratakse punkti 5.3 järgi. Plast- ja terastruubi pikkus projekteeritakse 0,1 m, betoontruubi oma 0,5 m täpsusega. Kontrollitakse kattepaksust, nõlvakaldeid ja viltusust tee suhtes. Toru suund peab olema arvestatud taristumudelis.

Voolupõhja kõrgus z

Väljavooluotsa voolupõhi projekteeritakse nii, et äravoolukraavi või looduslikku ojja ei tekiks kalade rännet takistavat astangut.

Kui nimikattepaksus jääb turul tavapäraselt saadavate toodete nõudest väiksemaks, tuleks voolupõhja kõrgusi alandada.

Kattepaksus, nimikattepaksus

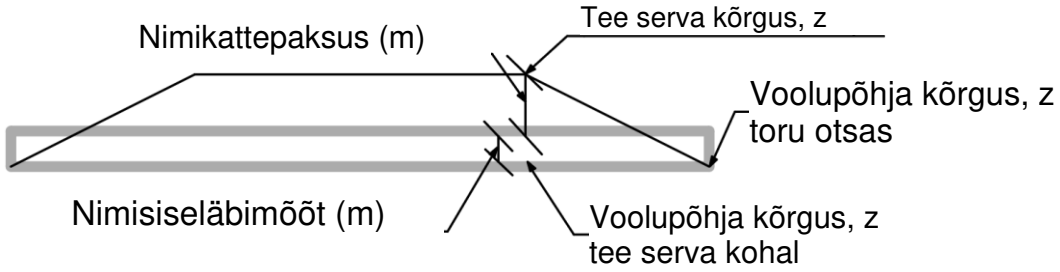
Nimikattepaksus arvutatakse sellest teeservast, kus kattepaksus on väikseim.

Nimikattepaksus = teeserva Z – voolupõhja Z teeserva all – nimisiseläbimõõt (m).

Kui sisenõlv pole lai (üle 4 meetri), võib konstruktsiooni parendamisel kasutada ka valemit

Nimikattepaksus = teeserva Z – voolupõhja Z truubi otsas – nimisiseläbimõõt (m).

Nimikattepaksust on vaja toote valikuks. Truubitoote kattepaksus ei tohi olla väiksem kui InfraRYLi jaotises 14350 või tootja juhendis lubatu. Eraldi jalg- ja jalgrattateel kasutatakse külgkraavitruubi kattepaksusi. Etapiti rajatavat katet arvestatakse nii: kui lubatav kattepaksus on alla 0,5 m, võib liiklusele avamisel sellest puududa kuni 50 mm kattekihte; vähemalt 0,5 m lubatava kattepaksuse korral kuni 110 mm.



Joonis 27. Truubi nimikattepaksus

Aluspinnas

Süvendis ja nullprofiilil kasutatakse alusehitise klassi, mille järgi katend dimensioneeriti. Mulde või pinnasevahetuse puhul näidatakse täite klass, kui see ulatub vähemalt ühe meetri truubist allapoole. Muul juhul näidatakse aluspinnase klass. Klassid on määratletud juhendis „Teekonstruktsiooni projekteerimine“.

Aluskiht

Näidatakse aluskihi paksus: külmakerkelisel pinnasel tavaliselt vähemalt 0,3 m. Kui aluskiht on siirdekiilu sügavusest kõrgemal ja pinnas väga külmakerkeline (Si, SiMr) või nõrk, on paksus vähemalt 0,5 m. Alusehitise klassis A (kaljupuiste) või E (liiv) on tasanduskiht 0,15 m. Konstruktsioonitüübi C4 või alusehitise B või C korral jäetakse lahtrid tühjaks; siis valib töövõtja paksuse InfraRYLi punkti 13311 joonise K2 järgi.

Toimivusklass

KU-töövõtu tellija projektis näidatakse mahuarvutuse konstruktsioonitüüp ja InfraRYLi jaotise 14350 tabeli T2 toimivusklass. Maanteetruubil on see tavaliselt I (põhiteetruubi tavaolukord), külgkraavitruubil III (külmakerkeline nihe lubatud, toru püsiv tõus mitte). Töövõtja võib tavaliselt konstruktsioonitüüpi muuta tabeli T2 alusel toimivusklassi ja pinnaseolude lubatud piires.

Kruuskattega maanteel on võimalik ka toimivusklass II.

Eraldi jalg- ja jalgrattateel on toimivusklass tavaliselt I.

Esialgne konstruktsioonitüüp

Valitakse aluspinnase ja toimivusklassi järgi InfraRYLi jaotise 14350 tabelist T6 (C1, C2, C3, C4 või C5).

Küttekaabel, jääummistuste vältimine

Sulatusvoolik (SU=01), üleujutustoru (TU=02), talvetoru (TA=03), küttekaabel (LÄ=04), otste katmine plastiga (PM=05), otste katmine isolatsiooniplaadiga (PE=06), sisemine soojusisolatsioon (SE=07). Sulatusvoolik paigaldatakse torusse nii, et kevadel saab sellesse juhtida kohale toodud või kraavis voolavat vett, mis sulatab järk-järgult ümbritsevat jääd. Üleujutustoru on põhitruubist kõrgemal paiknev väiksem toru, millest vesi voolab kevadel, kui tase tõuseb jääga ummistunud põhitruubist kõrgemale. Talvetoru on põhitruubist allpool paiknev väiksem toru, kus vesi voolab talvel jääkaane all. Küttekaabel paigutatakse truupi. Toiteallikas märgitakse märkuste veergu ja Velho registrisse.

Lisateave

Märgitakse näiteks pinnase tugevdamise viis (pinnasevahetus, vaialplaat jne), elektrikütte energiaallikas või truubi jätkumine teeserva mürapiirde või müraseina alla.

Teostusandmed

Truubiloendit täiendatakse ehitusetapis, kui torumaterjalid ja tarnijad on valitud.

Voolupõhja koordinaadid

Valminud truubi voolupõhja koordinaadid tuleb alati mõõta.

Asukoht (piketaaž)

Koht, kus truubi voolupõhi lõikab mõõtejoont. Ehitaja võib seda muuta, kui muudetud lahendusega tagatakse kuivenduse terviklik toimimine ja sobivus muu ehitusega.

Toote nimi

Tootja kasutatav tootenimi, mis võib sisaldada ka tootja nime.

Täpsustatud materjal

Teostusandmetes näidatakse torumaterjal ning sise- ja välisläbimõõt. Kattepaksuse ja materjali järgi valitakse tugevusklass InfraRYLi jaotise 14350 kohaselt.

Täpsustatud materjal esitatakse Velho väljal „Rumpuputkimateriaali-tarkennettu“ järgmiselt: soonliitega betoontoru (rpmt01), integreeritud tihendiga betoontoru (rpmt02), täisseinaga plasttoru (rpmt03), kergendatud seinaga plasttoru (rpmt04), gofreeritud terastoru (rpmt05), plastkattega gofreeritud terastoru (rpmt06), täisseinaga terastoru (rpmt07), gofreeritud alumiiniumtoru (rpmt08), komposiittoru (rpmt09).

Koormusklass

Koormusklass esitatakse järgmiselt (Velho registri klass):

Betoontorudel: B, Br või Dr

Plasttorudel rõngasjäikuse klass: SN4 (kl03), SN8 (kl04), SN16 (kl05)

Terastorudel seina jäikus ehk EI-väärtus (kNm). Tavaliselt on kuni 500 mm torul see 0,8–0,9 kNm ja suuremal 1,7–40 kNm olenevalt läbimõõdust ja kattepaksusest.

Toruotsad (rumputken-paa)

Näidatakse tegelikult ehitatud toruotsa kuju.

Valitud toru korrosiooniklass

Näidatakse valitud toru korrosiooniklass. Kui ehituse käigus korrosiooniolusid täpsustatakse, võib tellijaga kokku leppida tema projektis näidatud keskkonnaklassi muutmise. Toru korrosiooniklassid on InfraRYLis.

Valitud toru korrosiooniklass on sageli projektis esitatud keskkonnaklassi nõudest selgelt parem. Plast-, komposiit- ja betoontorud kuuluvad parimasse klassi K4 ning sobivad korrosioonikindluselt kõigile objektidele. Paksu polümeerkattega terastoru kuulub K3 klassi ja sobib korrosioonikindluselt kõigile objektidele. K1 materjali, üksnes tsingitud terast, võib kasutada vaid soolamata objektidel või vähesoolatud madalama klassi teedel neutraalse happesusega keskkonnas. K2 toru võib kasutada soolamata või vähesoolatud madalama klassi teedel ning soolamata põhiteedel ja tänavatel kõigis, nii neutraalsetes kui happelistes oludes.

Valitud toru ühendusklass

Näidatakse valitud toru ühendusklass. InfraRYLi klassid on eespool jaotises „Ühenduse klass“.

Kui ehitamisel muudetakse truubi aluskonstruktsiooni, aluskihti ja ümbristäidet nii, et InfraRYL ei nõua enam L3 klassi, võib tellijaga kokku leppida projektis ühendusklassi muutmise L3 → L2.

Pikkus

Tegelik pikkus voolupõhja kohal. Ehitaja võib pikkust muuta, kui muudetud pikkuse toimivus on kontrollitud.

Elemendi pikkus

Elemendi kasulik pikkus.

Toote vähim lubatud kattepaksus siseläbimõõdu ülaservast teepinnani

Betoontorude kattepaksused on InfraRYLi jaotise 14351 tabelites T1 ja T2, teras- ja alumiiniumtorude omad jaotise 14352 tabelites T1 ja T2 ning plasttorude omad jaotise 14353 tabelites T2 ja T3. Komposiittorul järgitakse tootja paigaldusjuhendit.

Tegelik kattepaksus siseläbimõõdu ülaservast teepinnani

Ehitaja peab tagama, et tegelik kattepaksus vastab vähemalt toote nõudele. Suure kattepaksuse korral, näiteks müravalli all, tuleb kontrollida, et valitud toote suurimat lubatud kattepaksust ei ületata.

Aluspinnas

Ehitaja kontrollib truubi kohal aluspinnast. Kui see erineb tellija projektist, tuleb seda aluskihi ja konstruktsioonitüübi valikul arvestada.

Aluskiht

Näidatakse tegelik aluskihi tüüp. See võib tellija projektist erineda, kui aluspinnas osutub teistsuguseks.

Konstruktsioonitüüp

Näidatakse tegelik konstruktsioonitüüp, mis on valitud tellija projektis esitatud toimivusklassi ja aluspinnase järgi.

5.6 Olemasoleva truubi uuendamine

Olemasoleva tee truupi saab uuendada järgmiselt:

A. uue toru paigaldamine vana sisse, kui vooluarvutus lubab ava 40% vähenemist või kõrvale surutakse teine toru
B. lõhestatud gofreeritud terastoru paigaldamine terastoru sisse, kui dimensioneerimine lubab ava 20% vähenemist
C. gofreeritud terastoru poole paigaldamine terastoru sisse korrodeerunud alumise veerandi kohale

D. uue toru surumine või puurimine läbi mulde; vana toru võib seejärel eemaldada või täita
E. truubi asendamine lahtises kaevikus

Meetod A sobib kahjustatud või pikendamist vajavale torule, kui uuringud ja vajaduse korral arvutused lubavad läbimõõtu vähendada või kõrvale rajatakse paralleeltoru. Vähendamise alus võib olla näiteks kõrval kulgeva tee väiksemate truupide tõendatud piisavus.

Meetod B sobib roostetanud terastorule. Sissepaigaldamiseks valitakse sama suur või veidi väiksem gofreeritud toru, mille külg lõigatakse lahti, et seda saaks osaliselt kokku surutuna truupi lükata. Pärast paigaldust suletakse otstest vahe ja täidetakse see polüuretaanvahuga. Sisetoru lahtine serv jääb voolupõhja kohale ja täidetakse betooniga. Meetod vajab truubi jätkul üsna suurt kaevikut.

Meetod C sobib suhteliselt suure läbimõõduga terastorule, mille alumine veerand on roostetanud. Sissepaigaldatud torupoole ülaservad kinnituvad vanale truubile keevitatud kinnitustesse ning torude vahe täidetakse betooniga.

Meetod D sobib kõigile muldkehadele peale kaljupuiste. Surumis- ja puurimismeetodid, sobivad pinnased, truubimaterjalid ning tööruumi vajadus on juhendis „Veevarustus- ja kanalisatsioonivõrgud ning maanteed“ ja InfraRYLi jaotistes 14350 ning 16500.

Meetod E häirib alati oluliselt liiklust. Suure truubi või kattepaksuse korral tuleb tee sageli täielikult sulgeda. Muul juhul saab töötada poole tee kaupa.

Kui liiklussagedus ületab 3000 sõidukit ööpäevas või truubi suurus või kattepaksus [algtekstis tingimus lõpetamata], tuleb vähemalt uurida meetodite A…D kasutamist.

Sagedase jääummistuse põhjus võib olla truubist ülesvoolu suubuv dreen, mis toob vett ka tugeva pakasega.

5.7 Väikeste veekogusildade dimensioneerimine

Vähemalt 2,0 m siseläbimõõduga torust sillad (gofreeritud terastorud) projekteeritakse juhendi „Terastorust sillad. Projekteerimisjuhend“ järgi.

Konstruktsioonilahendus sõltub tavaliselt sängi suurusest, veekogu kasutusest, vooluhulgast, rajamisoludest ja maastikust. Jõe või väina ületamiseks ning järsus sängis, näiteks kärestikus, valitakse tavaliselt sild. Torust sild rajatakse enamasti kraavi või väikesesse ojja. Ojale sobib siiski tavapärane sild paremini: toruava ummistub puutüvede ja veega kantavate esemete ning materjali tõttu kergemini ning tõstab ülesvoolu veetaset kahjulikumalt.

Silla rajamine üle avaliku veetee vajab piirkondliku haldusameti antavat veeluba. Vajaduse saab üle kontrollida ELY-keskusest. Hüdrauliline dimensioneerimine tehakse selle juhendi järgi. Kohaldatavas osas järgitakse ka „Rajatiste projekteerimise lähteandmete juhendit“.

Torust sillal püütakse kulude tõttu kasutada võimalikult väikest, kuid hüdrauliliselt piisava kindlusega mõõtu, arvestades üleujutus- ja paisutuskahju. Vajaduse korral arvestatakse tulevase sisetoru paigaldamisega, et kasutusea lõpus saaks toru uuendada lahti kaevamata. Tee projektjoone kõrgus voolupõhja suhtes võib sellist varuga dimensioneerimist piirata, kui teed ei saa tõsta.

Ristkülikukujulisel sillaaval võib kasutada miinimumist suuremat laiust, kui seda toetavad veeliiklus, sillamaastik või konstruktsioon ning kulud ei kasva ebamõistlikult. Eriti asustuse lähedal ja muudes nähtavates kohtades tuleb ka torust silla kuju ja suuruse valikul arvestada maastikku.

Kahju ja häiringute hindamisel arvestatakse üleujutuse või paisutuse alla jäävat maa-ala, kestust, tõenäolist korduvust (tavaliselt kord 20 aasta jooksul) ning rahalisi ja muid kaotusi.

Sillaava määramine põhineb valgala suurusel ning sillakoha kalde- ja kõrgusoludel ehk maastikuklassil. Klasse on kolm:

Maastikuklass I: tasane maa, sillast ülesvoolu sängiga liituvad madalad põllumaad. Lubatud arvutuslik paisutus on 0,03…0,08 m; torust silla kalle on tavaliselt 0,0…0,3%.

Maastikuklass II: lauge maa, kuid veevool on märgatav ka suvel. Lubatud arvutuslik paisutus on 0,08…0,20 m. Torust silla kalle on tavaliselt 0,1…0,5%.

Maastikuklass III: künklik maa või jõesäng üsna sügavas nõos. Lubatud arvutuslik paisutus on üle 0,15 m. Torust silla kalle on vähemalt 0,4%.

Tabel 11. Ümara või kergelt elliptilise torust silla ava valik valgala suuruse ja sillakoha maastikuklassi järgi. Järvede osakaal = 0. Kui arvutuslik veesügavus sängis on alla 60% toru läbimõõdust, asendatakse ümartoru tavaliselt kahe toru või ühe madala elliptilise toruga.

Valgala suurus (km²)			Ümara või elliptilise gofreeritud terastoru siseläbimõõt (mm)
Maastikuklass I: madal	Maastikuklass II: lauge	Maastikuklass III: künklik	
7…10	10…14	15…20	2000
10…13	14…19	20…29	2300
13…17	19…27	29…40	2600
17…23	27…36	40…55	2900
23…30	36…47	55…71	3200
30..38	47…60	71…90	3500
38…48	60…75	90…115	3800
48…58	75…92	115…140	4100
58…70	92…110	140…165	4400
70…83	110…130	165…200	4700
83…98	130…155	200…235	5000
98…115	155…180	235…270	5300
115…130	180…210	270…310	5600
130…150	210…240	310…340	5900

Kui valgala suurus ja maastikuklass on teada, saadakse tabelist 11 ümara või elliptilise toru soovituslik mõõt. Saadaolevate torude nimimõõdud võivad erineda; siis valitakse tabeliväärtusele kõige lähem mõõt.

Eriti uhtumistundlikus sängis, kus vana säng on erodeerunud, võib voolukiiruse vähendamiseks sobida suurem toru. Võrdlus tehakse geotehnilise uuringu alusel.

Kui säng on nii lame, et ümartoru täituvus jääb alla 55…60% läbimõõdust, on paisutuse vähendamiseks otstarbekas kasutada kaht paralleeltoru või üht madalat elliptilist toru. Neid variante tuleb uurida ka tasasel maal, kus silla tõttu peaks tee projektjoont tõstma üle 0,2 m.

Kaksiktoru vajalik läbimõõt on umbes 70…80% tabeli 11 üksiktoru läbimõõdust. Madala toru ristlõikepindala valitakse umbes 10…20% väiksem kui tabeli 11 ümartorul.

Torust silla paisutus arvutatakse punkti 5.4.6 valemiga 6. Arvutus täiendab tabelit 11 eriti siis, kui toru arvutuslik täituvus on väike. Jääpaisud ja jääminek ei tekita tavaliselt lisauuringu vajadust.

Torust silla põhi paigutatakse sängi põhja tasemele või 0,0…0,8 m madalamale, kui seda nõuab paisutuse vähendamine või tee projektjoon. Arvestada tuleb ka võimaliku veekogu puhastamisega, mis võib paisutust vähendada.

Ristkülikukujulise sillaava laius määratakse samuti nii, et kevadine paisutus ei oleks liiga kahjulik. Väikese silla (puhas ava 6 m) vähimaks laiuseks võetakse tabeli 11 järgi vajalik ümartoru siseläbimõõt. Hüdrauliliselt sellest piisab, kuid tuleb uurida, kas veekogu kasutuse, maastiku või muude põhjuste tõttu tasub ava suurendada.

Ristkülikukujulise sillaava kõrgus määratakse nii, et jääminek ei põhjustaks kahjulikku lisakoormust. Seepärast peab silla pealisehitise alapind paiknema tasemest HW20 kõrgemal. Olulise sõudeliiklusega sängis peaks vaba kõrgus nii tavalise kui torust silla korral ulatuma tasemeni HW20 + 0,5 m; siis on tavaliselt vaja veeloa asutuse luba.

Kui järvede pindala ületab 1% valgalast, mõjutab see sulamisvooluhulki märgatavalt. Arvutuslik vooluhulk ja vajalik sillaava vähenevad ning kindlale torumõõdule vastav valgala suureneb. Tabeli 10 valgalasid suurendatakse järvede osakaalust sõltuva teguriga kF tabelist 12.

Tabel 12. Kindlale torumõõdule vastava valgala suurendustegur järvede osakaalu järgi. Vaheväärtused interpoleeritakse lineaarselt.

Järvede osakaal (%)	Tegur kF
1	1,0
5	1,4
10	2,4
15	3,4
20	4,4

Kui vähemalt 20% valgalast on kuivendatud mets, vähemalt 50% põllumaa või ala paikneb Põhja-Soomes, võib tabeli 11 torumõõtu olla vaja suurendada. Dimensioneeritakse arvutusliku vooluhulga (punkt 3.5) ja lubatud paisutuse (punkt 5.4.6) hinnangu abil.

Näide 6

Valgala on 74 km² ja järvede osakaal 4%. Kui suurt gofreeritud toru on vaja, kui sillakoha maastikuklassiks hinnatakse II?

Tabelist 7 saadakse interpoleerides 4% järvede osakaalule vastav suurendustegur kF = 1,3. Tabel 12 annab II maastikuklassis muu hulgas järgmised valgalad:

Valgala, km²	Toru läbimõõt, mm
$1{,}3 \cdot (27 \ldots 36) = 35 \ldots 47$	2900
$1{,}3 \cdot (36 \ldots 47) = 47 \ldots 61$	3200
$1{,}3 \cdot (47 \ldots 60) = 61 \ldots 78$	3500

74 km² valgalale piisab torust d = 3500 mm. Tee kõrguse ja muude tingimuste alusel uuritakse lisaks madala toru või kahe paralleeltruubi kasutamise vajadust.

Näide 7

Lähteandmed:

Kesk-Soomes asuva äravoolukraavi valgala on sillakohal 54 km². Järvede osakaal = 0, põllumaa osakaal umbes 30% ja metsakuivendus alla 10%. Ülesvoolu maa on lauge (maastikuklass II).

Äravoolukraavi mõõtmed on:

- sängi põhjalaius 3,0 m
- nõlvakalle 1:2
- põhja pikikalle J = 0,2% = 0,002

ÜLESANNE 1. Milline on kraavi ületava torust silla hüdrauliliselt piisav mõõt, kui toru rajatakse sängi põhja tasemele?

Lahendus:

Tabeli 11 järgi vastab 54 km² valgalale ja II maastikuklassile ümartoru d = 3500 mm. Selle asemel võib kasutada madalat elliptilist toru umbes 10…20% väiksema ristlõikepindalaga või kaht paralleeltoru, mille läbimõõt on umbes 70% üksiktoru omast. Esialgsed variandid on:

Ümartoru d = 3500 mm, ristlõikepindala 9,62 m².

Madal elliptiline toru, näiteks B/H = 4090/2570 mm, ristlõikepindala 8,30 m².

2 × d = 2500 mm, ristlõikepindala 2 × 4,91 = 9,82 m².

Kontrollarvutused:

Kontrollitakse toruvariantide mõõtmeid, arvutades arvutusliku vooluhulga korral täituvuse ja paisutuse.

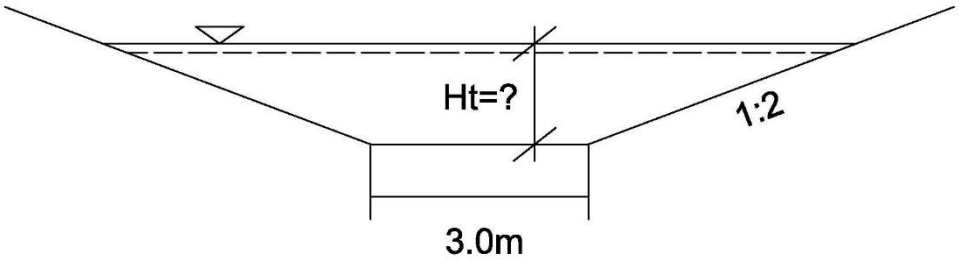
Lumesulamise arvutuslik vooluhulk korduvusperioodil 20 aastat saadakse punkti 3.5 järgi:

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot Hq$$

$$= 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 54 \cdot 205$$

$$= 11\,070 \frac{l}{s} = 11{,}1 \frac{m^3}{s}$$

Veesügavus äravoolukraavis arvutusliku vooluhulga ajal:



Joonis 28. Veesügavus Ht määratakse proovimise teel punkti 4.2.1 valemiga.

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

Savipinnase korral võetakse karedusteguriks n = 0,030.

Väärtusega Ht = 1,41 m saadakse vooluhulgaks

$$Q = \frac{8{,}2 \cdot 0{,}88^{\frac{2}{3}} \cdot 0{,}002^{\frac{1}{2}}}{0{,}030} = 11{,}2\,\frac{m^3}{s}$$

H_t = 1,41 m

Variandi 1 toru täituvus on 1,41/3,50 = 40%, mistõttu üksik ümartoru lõpliku lahendusena ei sobi. Ka variantides 2 ja 3 on arvutuslik täituvus väike (umbes 55%), seega tuleb paisutust arvutusega kontrollida.

Paisutus

Paisutus arvutatakse proovimise teel punkti 5.4.6 valemiga

$$h = D \cdot \frac{1}{2g}\left[\left(\frac{Q}{k \cdot Ar}\right)^2 - \left(\frac{Q}{Au}\right)^2\right]$$

Katse a)

II maastikuklassis on suurim lubatud paisutus 0,08…0,20 m. Eeldades paisutuseks 0,15 m, on veesügavus sängis Ht+h = 1,41 + 0,15 = 1,56 m. Ülaltoodud valem annab variantidele järgmised paisutused h:

2: h = 0,13 m → lähteeeldus liiga suur

3: h = 0,18 m → lähteeeldus liiga väike

Katse b)

Eeldame variantide paisutuseks

2: h = 0,12 m

3: h = 0,20 m.

Paisutusvalem annab tulemuseks

2: h = 0,13 m

3: h = 0,20 m.

Mõlema variandi paisutus jääb lubatud piiridesse (h = 0,13 m ja h = 0,20 m), kuigi variandil 3 on see täpselt ülempiiril. Kui nii suurt paisutust ei saa lubada, tuleb toru suurendada.

Hüdrauliliselt samaväärsete, sama paisutusega toruvariantide vahel valitakse ehituskulude järgi, arvestades ka mõju tee projektjoonele, väljanägemist ja muid tegureid.

Selles näites on üksiku ümartoru d = 3500 mm paisutus umbes 0,8 m, kui toru põhi on sängi põhja tasemel, ja umbes 0,3 m, kui see paigaldatakse 0,8 m sügavamale. Lubatust oluliselt suurema paisutuse põhjus on lamedast sängist tulenev väike täituvus. Üksik ümartoru sobib eelkõige suhteliselt sügavasse sängi.

Kontrolli võib teha ka määrates kindlale paisutusele vastava vajaliku voolupindala Ar. Arvutused tehakse paisutusvalemiga proovimise teel.

Kui lubatud paisutuseks võetakse II maastikuklassi alampiir h = 0,08 m (→ Ht+p = 1,41 + 0,08 = 1,49 m, → Au = 8,9 m²), on vajalik Ar = 6,20 m². Vastavad sillavariandid on näiteks:

kaksiktoru 2 × d = 2800 mm (Ar = 2 × 3,11 = 6,21 m²)

madal elliptiline toru B/H = 5050 mm / 3100 mm (Ar = 6,30 m²)

sild puhta ava laiusega 6,20 m² / 1,41 m = 4,4 m

Kui lubatud paisutuseks võetakse II maastikuklassi ülempiir h = 0,20 m (Ht+p = 1,41 + 0,20 = 1,61 m, → Au = 10,0 m²), on vajalik Ar = 5,20 m³. Vastavad sillavariandid on näiteks:

kaksiktoru 2 × d = 2300 mm (Ar = 2 × 2,67 = 5,34 m²)

madal toru B/H = 4090/2570 mm (Ar = 2,24 m², eespool käsitletud variant 3)

sild puhta ava laiusega

$$\frac{5{,}20}{1{,}41} = 3{,}7m.$$

ÜLESANNE 2. Kui suur on eelmise punkti variantide 2 ja 3 paisutus, kui toru põhi paigaldatakse sängi põhjast 0,2 m madalamale?

Lahendus:

Toru põhja süvendamisel sängipõhjast veidi allapoole suureneb voolupindala ja väheneb paisutus. Variandil 2 (2 × d = 2500 mm) on Ar = 2 × 3,16 = 6,32 m² ning variandil 3 (B/H = 4060/2570 mm) Ar = 5,52 m². Paisutusvalemiga proovides saadakse:

- variant 2: h = 0,07 m
- variant 3: h = 0,15 m

Võrreldes sängipõhjaga samale tasemele paigaldatud toruga väheneb paisutus variandil 2 0,06 m ja variandil 3 0,05 m. Paigaldussügavus mõjutab paisutust seega märgatavalt, eriti väikese täituvusega torus.

Näide 8

Lähteandmed

Vana massipiiranguga puitsild asendatakse terastorust sillaga.

Sild asub Lõuna-Soomes. Valgala on umbes 8,5 m², millest veidi üle 50% on põllumaa. Järvede osakaal on umbes 3%. Vahetult sillast ülesvoolu paikneb madal põld.

Olemasolev äravoolukraav on heas seisundis, nõlvad on üsna tasased ja rohtunud. Uue silla saab projekteerida senise olukorra põhjal.

Tee projektjoon on silla kohal peaaegu rõhtne. Silla asendamisel tuleks see võimaluse korral säilitada või tõsta kõige rohkem 0,3 m.

ÜLESANNE

Millised on sillavariandid, kui voolusäng jääb endiseks?

Lahendus

Punkti 5.5 ja tabeli 12 järgi (I maastikuklass) saadakse esialgselt järgmised toruvariandid:

Ümartoru d = 2000 mm (A = 3,14 m²)

Kaksiktoru 2 × d = 1400 mm (A = 2 × 1,54 = 3,08 m²)

Madal elliptiline toru, näiteks B/H = 2210/1610 mm (A = 2,90 m²)

Rajamissügavus: praegune kraavipõhi silla kohal on +21,2 ehk muust põhjast kõrgem. Hilisema süvendamise võimaldamiseks tuleb torupõhi paigutada madalamale, umbes tasemele +20,8. Siis saab ülesvoolu kraavi puhastada ligikaudu 0,05% kaldega. Silla asendamise ajal kraavi siiski ei puhastata ja mõne aja pärast settib säng silla kohal tagasi ligikaudu tasemele +21,2. See vähendab toru voolupindala ja tuleb paisutusarvutuses arvesse võtta.

Kontrollarvutused

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot Hq$$

$$= 0{,}85 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 8{,}5 \cdot 270 = 2{,}1 \frac{m^3}{s}$$

Veesügavus Ht (veepinna kõrgus HW) arvutusliku vooluhulga ajal silla kohal (pk 0+00):

- sängipõhja kõrgus: +21,2
- põhja keskmine pikikalle: J = 0,00045
- hinnanguline karedustegur: n = 0,050

Eeldades Ht = 1,40 m, saadakse vooluhulk valemiga

$$Q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{6{,}0 \cdot 0{,}76^{\frac{2}{3}} \cdot 0{,}00045^{\frac{1}{2}}}{0{,}050} = 2{,}1 \frac{m^3}{s}$$

→ Ht = 1,4 m ja HW = +22,6.

Toru d = 2000 mm täituvus on 1,4/2,0 = 70%, seega sobib ka ümartoru.

Projekteerimise alguses tasub ELY-keskusest küsida, milliseid andmeid vana sängi kohta on saada. Need võivad olla valgala, vooluhulgad, HW, kunagise kraavipuhastuse arvutusandmed (põhja kõrgus ja kalle silla kohal, ristlõige) ning valminud või koostatavad sängi puudutavad projektid koos teostusajaga jne.

Paisutus

I maastikuklassi suurim paisutus on 0,08 m. Siis Ht+p = 1,40 + 0,08 = 1,48 m ja Au = 6,6 m². Paisutusvalemiga proovides selgub, et Ar peab olema umbes 2,15 m², et paisutus ei ületaks 0,08 m. Kõik nimetatud toruvariandid täidavad selle tingimuse.

Toruvariantide paisutused on:

eeldus h = 0,05 m →

$$\rightarrow h = 0{,}72 \cdot \frac{1}{2 \cdot 9{,}81}\left[\left(\frac{2{,}1}{0{,}70 \cdot 2{,}53}\right)^2 - \left(\frac{2{,}1}{6{,}4}\right)^2\right]$$
$$= 0{,}05\ m$$

eeldus h = 0,04 m →

$$\rightarrow h = 0{,}71 \cdot \frac{1}{2 \cdot 9{,}81}\left[\left(\frac{2{,}1}{0{,}70 \cdot 2{,}59}\right)^2 - \left(\frac{2{,}1}{6{,}3}\right)^2\right]$$
$$= 0{,}04\ m$$

eeldus h = 0,08 m →

$$\rightarrow h = 0{,}77 \cdot \frac{1}{2 \cdot 9{,}81}\left[\left(\frac{2{,}1}{0{,}67 \cdot 2{,}16}\right)^2 - \left(\frac{2{,}1}{6{,}6}\right)^2\right]$$
$$= 0{,}08\ m$$

Kõigi variantide paisutus jääb lubatud piiridesse, kuigi variandil 3 on see ülempiiril (toru süvistamine vähendab voolupindala märgatavalt). Tee projektjoon ei piira torutüübi valikut, mistõttu lähtutakse peamiselt ehituskulust ja väljanägemisest.

5.8 Looduslike loomade arvestamine truupide asukoha ja ava suuruse määramisel

5.8.1 Üldist

Loomade läbipääsud kavandatakse tee- või raudteeprojekti käigus eelkõige siis, kui üldprojekt või eelkavand näitab vajadust kaitsta loomade liikumist ja liikumisteid ning vältida nende sattumist uuele teele või raudteele. Projektis näidatakse meetmed, millega uue trassi või parendamise kahjulik mõju loomastikule viiakse võimalikult väikeseks. Läbipääs võib olla mõeldud ainult maismaa- või veeloomadele või mõlemale rühmale.

Loomastiku uuring annab tervikpildi ümbritseva ala loodusest ja loomastikust ning võimaldab määrata vajalike läbipääsurajatiste asukohad.

5.8.2 Looduslike loomade läbipääsud üle liiklustee maa-ala

Liigset voolukiirust saab hiljem vähendada näiteks truubi põhja vooluaeglustajaid paigutades. Vastuvõtva ojasängi veetaset võib tõsta truubist allavoolu põhjapaisudega. Liiga väike truup võib takistada ka mööda veepinda lennates orienteeruvate selgrootute putukate rännet ning juhtida nad truubi juures eksiteele.

Kui tavalist silda ei saa ehitada, peab truubi voolukiirus ka üleujutuse ajal vastama algsetele voolukiirustele ja veesügavus olema piisav ka madalvee ajal. Kalaliikide nõuded erinevad: lõhele 30 cm, forellile 10…15 cm. Hea üldreegel on, et sügavus ei langeks kunagi alla 20 cm ega voolukiirus ületaks 0,8 m/s.

Mida pikem truup, seda avaram see peab olema ja seda aeglasem vool. Kõige sagedamini tekib rändetakistus liiga kõrgele paigutatud väljavooluava tõttu, mille alla moodustub ületamatu astang. Truubi ja vastuvõtva veekogu vahele ei tohi astangut tekkida: juba 5…10 cm langus võib madalvee ajal kalade tõusu takistada. Truup kaevatakse sängipõhja sisse ja täidetakse kivimaterjaliga algse ojapõhja tasemeni.

Suletud põhjaga truup on loomade tähtsal liikumisteel halvim variant. Ümartruubi asemel tasub ehitamisel valida tavaline sild või plaatkonstruktsiooniga võlvsild, kus säilib looduslik põhi. Nii välditakse peaaegu alati rändetakistust ning avaram looduslähedane sild võib loomastiku elutingimusi isegi parandada. Elustiku läbipääsule eritähelepanu pööramisel tuleks truubile eelistada silda. Sillaava põhja saab rajada looduslikust materjalist, hõlbustades loomade liikumist.

Tuleb tagada, et voolukiirusega võrreldes liiga peen põhjapinnas truubi väljavoolus ei uhuks ära. Uhtumisastang takistab kalade ja põhjaloomade tõusu truupi.

Olemasoleva tee või raudtee parendamisel saab rajada loomade liikumist hõlbustavaid lahendusi, näiteks truupi kuiva käiguriiuli. ELi loodusdirektiivi liigid seavad eriti teeprojekteerimisel siduvaid nõudeid nii uute trasside valikule kui ka vanade teede parendamisele. Läbipääsu või truubi lähiümbrus tuleb säilitada võimalikult looduslikuna, et loomadel oleks pärast ehitust varjatud ühendus tee alt või üle tee viiva rajatisega. Sildade alused ja suured maanteetruubid on saarmastele olulised suhtluspaigad: nad jätavad kuivale maale või kividele lõhnamärke.

Ökoduktid, loomade läbipääsud, veekogusillad, väikeloomatorud ja truubid vajavad toimimiseks korrashoidu. Truup võib esimestel aastatel peaaegu täis settida, veekogusilla võivad ummistada puutüved ning äärmuslik ilm võib jätta ökodukti kaitsva taimestikuta. Kõigile osalistele tuleb selgitada loomastikurajatiste tähtsust ja hoolduse eesmärke. Ühiste eesmärkide saavutamiseks soovitatakse rajatisepõhist hoolduskava.

Loomade arvestamist käsitleb täpsemalt väljaanne „Loomade läbipääsud üle teemaa“.

6 Tee sügavkuivenduse projekteerimine

6.1 Üldist

Sügavkuivendus tähendab katendi ja alusehitise kuivendamist.

Katendisse sattunud vesi eemaldatakse kandevõime säilitamiseks. Paksu katendi alaosa siiski alati ei kuivendata, sest niiskus aeglustab külma tungimist. Kapillaarse tõusu katkestamine ja põhjavee alandamine sügavkuivendusega pole savis, möllmoreenis ega möllis praktiliselt võimalik (väljaanne „Vähese liiklusega teede kuivendus: eripärad ja korrastamine“).

Aluspinnast tavaliselt ei kuivendata, kuigi see võib kandevõimet mõnevõrra parandada. Põhjaveetaseme alandamine kapillaartõusu ja külmakergete vähendamiseks on üldjuhul ebatõhus, kallis ja keskkonnale kahjulik. Põhjaveevoolu katkestamine võib aga külmakahjustusi vähendada.

Maantee katendikihtide kuivana hoidmiseks kasutatakse järgmisi võtteid:

- suure koormusega teel kasutatakse paksu, suhteliselt veetihedat katet
- kandev ja selle alune kiht (jaotuskiht, kaljupuiste või kalju kobestuskiht) tehakse piisavalt vähese peenosisesisaldusega, et vesi saaks vähemalt katendi ülaosast allapoole nõrguda; liigne peenosiste sisaldus või äravoolu takistus kogub talvel kandvasse kihti vett ja jääd, kevadel märgunud kiht deformeerub ja kaotab kandevõimet; seepärast tuleb parendamisel kandva kihi alla jääv vana kate eemaldada või purustada

- võimaluse korral peaks ka jaotuskihi all olema vett juhtiv kiht; alumistest kihtidest peab vesi pääsema vabalt külgkraavi, dreeni või aluspinnasesse
- paksu konstruktsiooni, näiteks kaljupuiste või jämeda liivaga täidetud pinnaseküna alaosas võib vesi osaliselt voolata, kui see on kontrollitud ega põhjusta aluspinnase erosiooni või külmakerkeid; vesi ei pääse kõrgematesse kihtidesse; peeneteralise täitega pinnasekünad tuleb kuivendada dreenidega

- külgkraav või dreen ei tohi juhtida vett konstruktsioonikihtidesse; teemat käsitleb ka „Teekonstruktsiooni projekteerimine“

Olemasoleva tee projektjoon võib olla nii madal, et kraavidele ei saa väljavoolu anda, kuid aluspinnase kandevõime ei võimalda teed tõsta. Lahenduseks võib olla lisatavates kihtides katkestatud terastikuköveraga killustik, millest peenem fraktsioon on eemaldatud. See kannab hästi ega ole külmakerkeline ka veetaseme tõusul teekonstruktsioonis.

6.2 Nõrgvesi

6.2.1 Üldist

Nõrgvesi pääseb teekonstruktsiooni katte pragudest ning läbi teepeenra ja nõlvade.

Vee pääsu konstruktsiooni ei saa täielikult vältida, kuid kogust saab vähendada veetiheda nõlvatäitega, kui sügavkuivendus ei põhine külgkraavidel. Seepärast ei tohiks kraave teha tarbetult sügavaks.

Sõidutee mõlemale poole on tavaliselt vaja lahtist kraavi, dreeni või muldenõlva, kuhu vesi konstruktsioonist pääseb. Ühepoolne sügavkuivendus on siiski sageli piisav:

- paksus (> 1 m), külma mõjule dimensioneeritud konstruktsioonis, kui veekogus pole eriti suur ja alusehitise pind kaldub õigesse suunda
- õhemas konstruktsioonis veelahkme lähedal, kui alusehitise pind kaldub õigesse suunda ja süvendinõlvadelt sinna vett ei voola

- kaljupuistekonstruktsioonis

Tee külmaarvutust käsitleb täpsemalt „Teekonstruktsiooni projekteerimine“. Uute ja vanade kuivendusrajatiste ühendamist selgitab „Konstruktsiooni parendamise projekteerimine“.

Nõrgvesi tuleb eemaldada kandevõimearvutusega nõutud kihtidest. Erandina piisab 0,5 m kuivendussügavusest, kui kandevõimearvutuses arvestatakse E-mooduliga. Kuivendamata liiva, kruusa ja killustiku E-moodul väheneb tavalisest 30…50%; kihid ei tohi siiski olla veega küllastunud. Kaljupuiste ja jämeda fraktsioneeritud killustiku E-moodulit vesi ei vähenda.

Kui külmaarvutus nõuab kandevõimearvutusest paksemat konstruktsiooni, piisab kandevõime järgi vajalike kihtide kuivendamisest. Külmaarvutuse lisakihid võib riskihinnangu alusel jätta kuivendamata. Siirdekiilu ei pea põhjani kuivendama, kui:

- kiil paikneb pinnaseküna ülemises otsas
- kiil paikneb muldel
- kiil paikneb truubi või tehnovõrgu kohal

Kuivendussügavusest allpool olevatest kihtidest väljub vesi järk-järgult piki teed või imbub aluspinnasesse, kui selle peenosisesisaldus on alla 50%. Kõrge põhjaveetaseme korral imbumine ei toimi. Kui vee liikumist takistav süvendipõhi kaldub kaitstava põhjaveeala poole, tuleb kaitsmata alalt tuleva nõrgvee imbumine põhjavette vältida, näiteks paisutades ja juhtides vee kaitsealast välja.

Pinnasekünasse rajatud konstruktsioonis võib katendi alaossa siiski koguneda kahjulikult palju vett. Kui lahtise kraavi põhi on katendi põhjast kõrgemal, tuleb vee vool kraavist läbi nõlva teekonstruktsiooni takistada peenosiserikka nõlvatäitega. Kaljupuistega täidetud künas välditakse nõlvatäite kandumist koos veega kivide vahele filterkangaga.

6.2.2 Külgkraavi ja dreeni sügavus

Kui lauge nõlvaga tee sügavkuivendus lahendatakse külgkraaviga, arvestatakse kraavis pikaajaliselt olevat vett järgmiselt:

1. Veelahkmel ja sellest 200 m ulatuses võib kraavipõhi olla kuivendatavate kihtidega samal tasemel.
2. Veelahkmest üle 300 m kaugusel on kraavipõhi tavaliselt kuivendatavatest kihtidest 0,2 m madalamal.
3. Kui kraavis on peaaegu pidevalt üle 0,2 m vett, tehakse kraav veekihi paksuse võrra sügavamaks.

Selle loetelu tõttu pole vaja kraavipõhja lisamurdeid teha: väärtusi kasutatakse tavapäraste murdepunktide kavandamisel suunistena.

Külgkraavitruup, vee pikisuunaline juhtimine või ümbruse kuivendamine võib nõuda sügavamat külgkraavi.

Järsema kui 1:2 nõlvaga teel tuleks jätta kraavi settevaru. Dreeni põhi paikneb kuivendussügavusest vähemalt 0,2 m madalamal, välja arvatud siirdekiilus, kus sügavus määratakse juhtumipõhiselt.

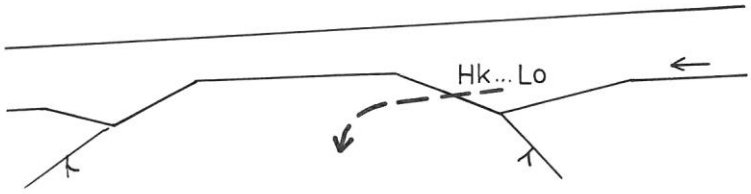
Paksu teekonstruktsiooni ehk pinnaseküna kuivendussügavust käsitleb joonis 29.

Juhend „Teekonstruktsiooni projekteerimine“ selgitab kuivendussügavuse mõju kihimaterjalide E-moodulitele. Seal määratakse ka, kui tihedalt tuleb veetihedasse nõlvatäitesse teha väljalasuavasid katendist või muldest väljuvale veele.

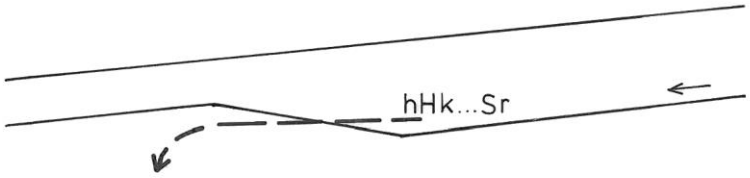
Veelahkmel, eriti vahelduva reljeefiga maastikus, kus sellele järgneb selgelt langev lõik, piisab kraavisügavusest 0,40 m teeservast.

Nõlvalt teekonstruktsiooni voolava põhjavee tee katkestatakse süvadreeniga.

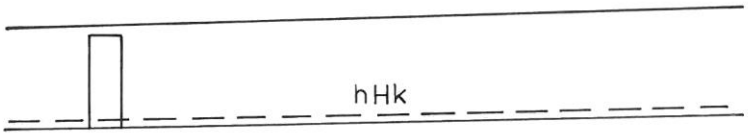
1. Kaljusüvendi ülaotsa üleminekukiil



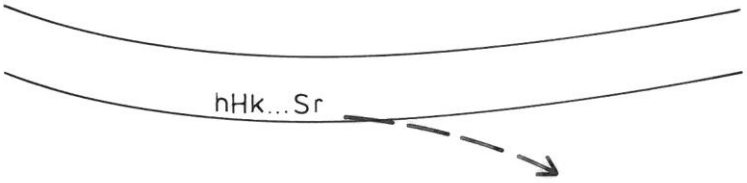
2. Pinnaseküna alaots, kuhu vesi võib koguneda pikalt lõigult



3. Peenliiv pinnasekünas



4. Vett koguv lohk



Joonis 29. Külmaarvutuse tõttu paksendatud konstruktsioon kuivendatakse vett koguvates kohtades põhjani. Kaljusüvendi ülemise otsa kiilu juures võib vesi koguda setet või põhjustada suurt külmakerget kiilu kõrval. Muudel juhtudel võib rohke vesi põhjustada kandevõimeprobleeme. Kui aluspinnase peenosisesisaldus on alla 20%, imbub vesi piisavalt kiiresti ja dreeni pole vaja.

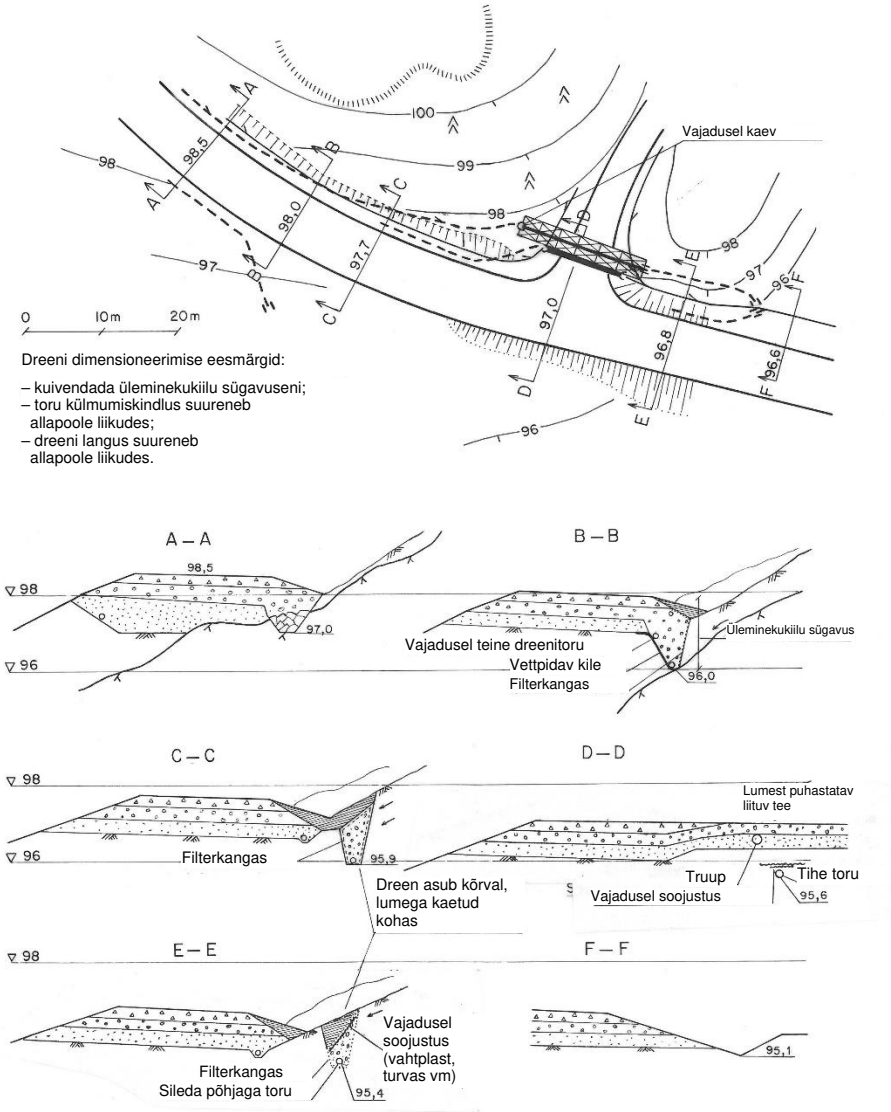
6.3 Põhjavesi

Põhjaveeolusid tuleb sügavkuivendusega mõjutada järgmistel juhtudel:

- põhjavesi voolab teekonstruktsiooni alla
- põhjaveetase on tee projektjoonele liiga lähedal

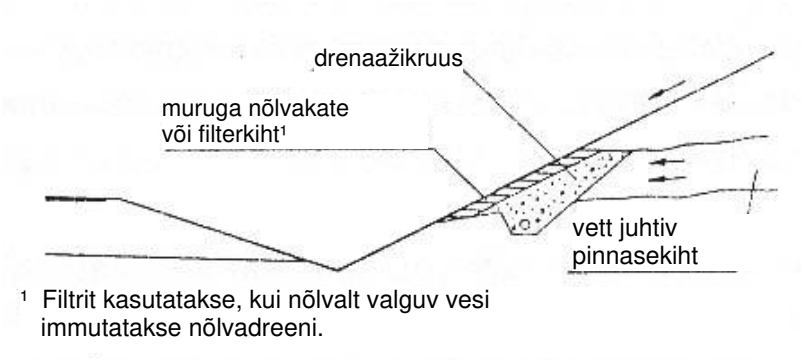
Põhjaveevool võib põhjustada kohalikke külmakahjustusi, süvendinõlvade erosiooni ja liigset nirisjääd. Kahjulik põikvool tekib eriti põikkaldega maastiku süvendis, pikivool aga suure pikikaldega läbipääsu- ja muus süvendis. Põikvool katkestatakse teeäärse dreeni või dreenidega, mis juhivad vee ära. Pikivool suunatakse hästi vett läbilaskvate kaldu konstruktsioonikihtidega tee kõrvale ning sealt dreeni või filterdreeni.

Kui külmakahju põhjustab sügaval voolav põhjavesi, võetakse kuivendussügavuseks tavaliselt siirdekiilu sügavus teepinnast. Väiksemast sügavusest piisab, kui pinnases on veetihe kiht või terviklik kalju, millest allpool voolu pole. Süsteemi ei paigutata ka nii sügavale, et vett ei saaks ära juhtida. Kui piisavalt töökindlat kuivendust ei saa majanduslikult otstarbekalt rajada, tuleb külmakahju vältida pinnaseküna või soojusisolatsiooniga. Võib kaaluda ka tee tõstmist.



Joonis 30. Põhjaveevoolu katkestamine põikkaldega maastikus

Kui pinnasesüvendi nõlvast väljuv põhjavesi põhjustab erosiooni, kasutatakse joonise 31 vett koguvat dreeni või piisavat nõlvakaitset. Kaljulõhedest rohke vee lekkimisel tekib külgkraavidesse kergesti nirisjää. Kui kaljusüvendi kohalt voolab vett teele, võib süvendit laiendada või kraavi süvendada, et jää mahuks ära.



[1] Filtrit kasutatakse, kui nõlvalt valguv vesi immutatakse nõlvadreeni.

Joonis 31. Nõlvadreen nõlva uhtumise vältimiseks.

Alusehitise külmakerkeid ei saa tavaliselt põhjaveetaseme alandamisega vähendada. Sellest võib olla kasu vaid eriti suure sügisest talveni taseme kõikumise korral. Siis peaks kuivendussügavus olema siirdekiilu sügavus + 1 m. Vastupidine olukord on järve või soo toimimine soojusvaruna ja põhjaveetaseme stabiliseerijana. Siis võib alusehitise külmumine ja kerkimine täielikult ära jääda, kui põhjavesi ulatub igal sügisel ja talvel paksu katendi alaossa.

6.4 Kraavitüübi valik

Kuivendussügavusest ja muudest oludest sõltub, kas sügavkuivendus tehakse lahtiste kraavide, filterdreenide või torudreenidega.

Kaljusüvendis kasutatakse lõhkamisega kobestatud filterdreeni; üle 500 m pikkuses süvendis vajaduse korral torudreeni. Filterdreen tehakse sisenõlva alla või kitsas kaljusüvendis (sise- ja välisnõlva kogulaius 3 m) lõhkamise lihtsustamiseks järsu (7:1) süvendinõlva jätkule. Kasutada võib ka sügavale kaljusse puuritud dreeni või kanalisatsiooni.

Sügavas pinnasesüvendis kasutatakse kaevemahu vähendamiseks tavaliselt torudreeni. Madalas süvendis võib nõrgvett koguda lahtise kraavi või filterdreeniga. Valikul arvestatakse:

- tavapärane nõrgvee kogumissügavus on 0,8…1,0 m projektjoonest, paksus konstruktsioonis rohkem

- kui ümbruse kuivendus või pinnavee juhtimine nõuab sügavat lahtist kraavi, saab sellega kuivendada ka teekonstruktsiooni
- nõrgal pinnasel ja tasasel alal on drenaaži projekteerimine, ehitamine ja hooldamine keeruline; vajumisohtlikus konstruktsioonis on külgkraav töökindlam; pikikaldega kohas saab eriti lühikese filter- või torudreeni hõlpsasti hästi toimima
- sügav järsu nõlvaga lahtine kraav mulde jalamil on väljasõitvale sõidukile ohtlik, eriti suure väljasõiduriski või suure kiirusega teel

- külma mõjule dimensioneeritud konstruktsioonis saab õige kuivendussügavuse dreeniga lihtsamini tagada
- lahtine kraav vajab rohkem teemaad kui toru- või filterdreen; hoonestatud keskkonnas tuleb vahel kasutada sademeveetorudel põhinevat lahendust
- sügav lahtine kraav on tavaliselt ebaesteetiline ega pruugi ümbrusse sobida
- lahtise kraavi sügavuse mõju ristmike ja truupide projekteerimisele

Pikas sügavas või põhjaveetasemest allapoole ulatuvas süvendis tuleb teekonstruktsioon üldjuhul alati dreenidega kuivendada. Kui see pole näiteks kõrval asuva järve või soo tõttu võimalik, tehakse vee alla jääv konstruktsioon kaljupuistest.

Ka sademeveekanalisatsiooni korral juhitakse pinnavesi lahtistes kraavides või nõvades kaevude kaudu torustikku. Pinnaveekraavi suuruse ja kuju määravad lumeruum, nähtavusnõuded ning pikikalle.

Põhjaveevoolu katkestamiseks ja taseme alandamiseks kasutatakse süvadreene, eristades neid konstruktsioonivett koguvatest dreenidest.

Muldel juhitakse nõrgvesi nõlvadesse. Halvasti vett juhtiva nõlvatäite korral nõuab „Teekonstruktsiooni projekteerimine“ liivast väljavooluteed täites 20…100 m vahega. Madalal muldel võib vahel vaja minna madala süvendiga sarnast lahendust.

6.5 Toru- ja filterdreenid

6.5.1 Toru- ja filterdreeni konstruktsioon

Toru- ja filterdreen on maa-alused kuivendusrajatised. Kanalisatsioonist erinevad need selle poolest, et koguvad vett kogu pikkuses. Neil peab olema vett läbilaskev ühendus kuivendatava objekti, tavaliselt teekonstruktsiooniga.

Dreeni kohal olev nõlv ja kraavipõhi kaetakse veetihedalt kivideta möllmoreeni, mölli või saviga, et pinnavesi dreeni ei voolaks. Veetihe kate jäetakse ära, kui dreeni kasutatakse erandina pinnavee immutamiseks. Näiteks kahe lähestikku krundijuurdepääsu vahelt võib vee kruustäite kaudu dreeni immutada, kui külgkraav on korraliku truubi mahutamiseks liiga madal.

Kruusast, kividest või killustikust ja filterkangast filterdreeni võib kasutada alla 100 m pikkusel lõigul, kui pikikalle on vähemalt 2% ja veekogus üsna väike. Liivast filterdreen juhib ainult väga väikeseid veekoguseid.

Dreeni kõrguse määravad vajalik kuivendus- ja väljavoolutase.

Nõrgvett koguv torudreen võib paikneda otse filtrikihis või pinnasekünas eraldi ümbristäiteta, kui konstruktsioonimaterjal vastab ümbristäitele ning ummistumisoht puudub.

Põikkraavi või tee alt läbiminekul kasutatakse drenaažitoru asemel veetihedat kanalisatsioonitoru. Puu või heki juurestiku läbimisel kasutatakse tihedat plasttoru. Selle lõigu vesi juhitakse dreeni drenaažikruusa kaudu.

Aladrenaaži materjalinõuded on InfraRYLi punktis 14311.1.

Eraldi kaevikus oleva dreeni ümbristäiteks kasutatakse InfraRYLi joonise 14311:K1b kohast drenaažikruusa.

6.5.2 Dreeni asukoht

Dreeni sügavust käsitleb punkt 6.2.2.

Asukoht sõltub eelkõige sellest, millist vett kogutakse.

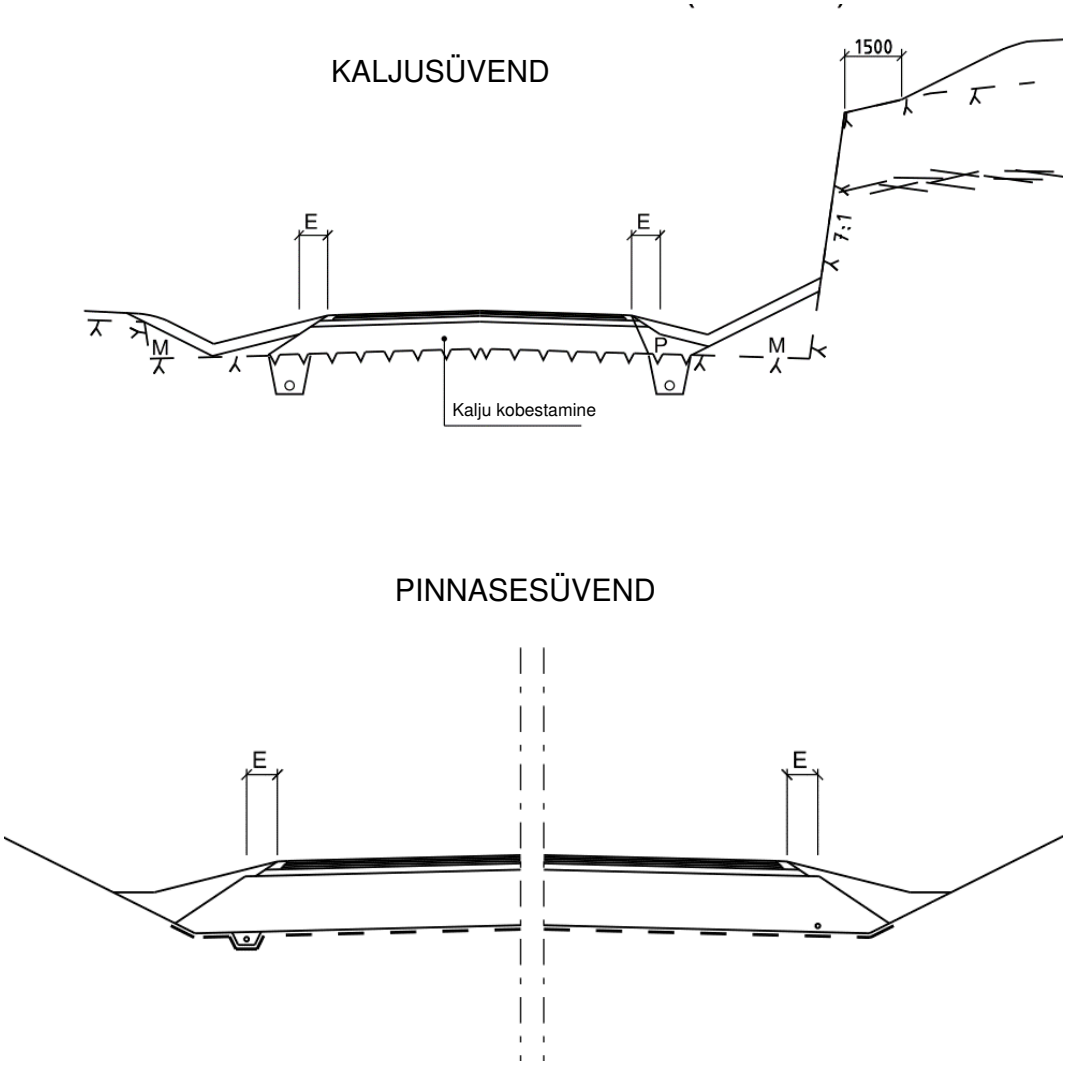
Dreeni paigutamist sõidutee alla välditakse, sest see võib põhjustada ebaühtlasi külmakerkeid või vajumeid. Kui põikdreen on vajalik, on kõige kindlam rajada selle kohale siirdekiil.

Pikidreen paigutatakse tavaliselt nõlva alla, teeservast 0,5…1,5 m kaugusele. Põhjavett koguv dreen paigutatakse kaugemale, et vältida vee voolu läbi drenaažikaeviku teekonstruktsiooni ning saada dreen lumise nõlva alla külmakaitsesse. Asukoht peab võimaldama valgustuspostide, teepiirete, suunaviitade ja liiklusmärkide ning nende vundamentide rajamist dreeni kahjustamata.

Dreen paigutatakse punktis 6.2 määratud sügavusele, kui jääummistuse oht, ehitusliiklus või muu põhjus ei nõua sügavamat asukohta. Seda ei paigutata ka nii sügavale, et vett ei saaks ära juhtida. Erand on väljavoolutasemest sügavamale paigaldatav uputatud dreen, mida tuleb kasutada rauarikka põhjaveega alal.

Drenaažitoru ümbristäite terastikunõuded eri kasutuskohtades on InfraRYLi punktis 14311.1.3.

Dreeni pikikalle ei pea järgima tee projektjoont. Settimise vähendamiseks võiks kalle väljalasu suunas järk-järgult suureneda. Juhtumipõhiselt võib lühikese dreenilõigu projekteerida ka tee projektjoonega vastassuunas langevaks.



Joonis 32. Dreeni paigutamine kaljusüvendisse ja pinnasekünasse rajatud konstruktsiooni

Kaljusüvendis paikneb joonise 32 dreen tavaliselt (E=) 0,5…1,5 m kaugusel tee või piirdeala servast. Valgustatud teel on see enamasti postide ees (E = 0,5 m). Kaljusüvendi välisnõlv täidetakse pinnasega (=M), mis lihtsustab kaablite ja liiklusmärkide paigutamist ning tee laiendamist.

Dreeni kohal tuleks kasutada väikese tükisuurusega kaljupuistet (=P).

Pinnasekünas paikneb dreen tavaliselt (E=) 1,0…1,5 m kaugusel teeservast või 0,5…1,0 m piirdeala servast. Valgustatud teel on see enamasti postide ees (E = 0,5 m).

Üksikasjalikud juhised, sealhulgas dreeni paigutamine, on juhendis „Tee ristlõike projekteerimine“.

6.5.3 Väljavoolutorud ja kaevud

Drenaaživesi juhitakse muldenõlvale, külg- või äravoolukraavi või sademeveekanalisatsiooni; sobivad ka märgala ja settebassein. Talvine väljavool võib tekitada nirisjääd. Heljumita vee võib eraldi puhastuseta juhtida ja immutada kruusast või jämedast liivast aluspinnasesse või kaljupuiste muldesse.

Väljavoolutoru läbib nõlva suublaks oleva lahtise kraavi suhtes vähemalt 45° nurga all. Suurem nurk lühendab nõlvapinna lähedal külmale avatud toruosa. Drenaažitoru asemel kasutatakse väljalasus augustamata, eelistatult polüetüleenist plasttoru. Selle alla tuleb vähemalt 150 mm külmakerkeohutut kruusa või liiva, külmakerkelisel pinnasel 300 mm. Toruots peab jääma nähtavale umbes 0,3 m ja väljalasuava kraavipõhjast vähemalt 0,2 m kõrgemale. Torule pannakse korrosioonikindel väljapoole avanev klapp või võrk väikeloomade tõkestamiseks. Väljalasu ümbrus kindlustatakse vajaduse korral. Väljalask märgitakse näiteks välisnõlva välisserva paigaldatud postiga või muul võsalõikust ja hooldust võimaldaval viisil.

Settekaevu on vaja, kui dreen juhib vett maa all vähemalt 100 m. Siis rajatakse kaevud 50 m vahega. Pideva vähemalt 1% pikikalde korral piisab 60…80 m vahest. Läbipesuvooliku suurim pikkus on 100 m, mistõttu kaevude vahe võib olla kuni 80 m, et pesuseade pääseks mõistlikult lähedale. Settekaev tuleks paigutada eriti kohta, kus vool aeglustub kalde muutuse, pöörde või muu põhjuse tõttu.

Keerukal kuivendusobjektil on lisaks settekaevudele vaja kontrollkaeve ja hooldustorusid toimimise jälgimiseks, läbipesuks ja muuks hoolduseks. Väljavoolutoru ühendatakse dreeniga kaevu kaudu, mis ei vaja setteosa. Väljavoolutoru paigutatakse InfraRYLi punkti 14311.3.1 „Dreenide paigaldamine“ järgi.

Väljavoolutoru kalle kaevude vahel peab olema vähemalt 0,4%.

6.5.4 Jääummistuste vältimine

Dreen võib külmuda, kui talvel juhitakse vett soojemast kohast külmemasse. Põhjaveevoolu kohas on pinnas tavaliselt sula, kuigi mujal on samal sügavusel külmunud. Lumest puhastatud või muul põhjusel lumeta kohas ulatub külm sügavamale. Külgkraavi all on pinnasekate õhuke. Päikeseline koht sulab veidi varem ja külmub hiljem kui varjuline. Turvas isoleerib soojust paremini, kruus ja kalju halvemini kui muud pinnased.

Külmumist ei pea arvestama, kui talvel dreeni vett ei tule; nii on tavaliselt teekonstruktsiooni nõrgvett koguvates dreenides. Väljalask soovitatakse siiski paigutada päikeselisse kohta. Dreeni ei tasu tarbetult pikalt juhtida vahetult maapinna lähedal või lumeta koha all.

Põhjavett koguv dreen sisaldab vett ka talvel ega tohiks külmuda. Suurim oht pole vee sisenemiskohas, kus põhjaveevool hoiab toru sulana, vaid selle ja väljalasu vahel. Dreenivee soojust saab ära kasutada, kui vool jätkub kogu talve.

Pinnavee immutamisel dreeni tuleb vältida ka selle kohal oleva filtratsioonitee külmumist.

Dreeni külmumist välditakse järgmiselt:

- toru paigutatakse piisavalt sügavale
- dreeni ei juhita läbi ümbrusest selgelt külmemate, lumest puhastatud või varjuliste kohtade
- kasutatakse isolatsiooni: veetihe või vett läbilaskev vahtplast, kergkruus, turvas, saepuru
- toru ja vajaduse korral ülal asuvat filtratsiooniteed köetakse elektriga

- ka taimkattega pinnad on osutunud külmumist vähendavaks

6.5.5 Rauasademe ummistuste vältimine

Raua- või mangaanirikas põhjavesi põhjustab suuri kuivendusprobleeme Põhjalahe põhja- ja keskosa rannikul ning kohati mujal Soomes. Õhuga kokkupuutel raud sadestub ja tekitab ummistusi. Suur rauasisaldus ohustab sageli juba ehitusaegset vee-eemaldust, ummistades põhjavee alandustorusid, dreene ja kaeve.

Põhjavee raua- ja mangaanisisaldus tuleks alati määrata, kui:

- põhjavee alandamine on ulatuslik
- nõrgvee kogus on suur
- kuivenduse toimimine on eriti oluline
- piirkonnas võib esineda suur rauasisaldus

Esialgse viite annab lähedaste põlludreenide, kaevude ja muude kuivendusrajatiste väljavoolusängide vaatlus. Rauasisaldus määratakse põhjaveetorust võetud veeproovist.

Rauasadestiste vähendamise võtted on muu hulgas:

- pidevalt veega täidetud uputatud dreenid; paisutamiseks kasutatakse haisuluku laadseid ühendusi ning torude kõrgusi astmestatakse kaevudes
- dreenide ja ümbristäite koguse suurendamine
- drenaažikruusa asendamine näiteks saepuru või koorejäätmetega; see ei sobi uputatud dreenile

- avarad settekaevud kuni 50…60 m vahega; dreene pestakse piisavalt sageli settekaevude ja läbipesuharude kaudu

Dreenimaterjal peab taluma sagedast läbipesu ja koguma võimalikult vähe sadet. Keraamiline dreen ning suurte avade ja sileda sisepinnaga plasttoru koguvad vähem rauasadet kui tavaline plasttoru.

6.5.6 Põllumajandusdrenaaži ümberkorraldamine

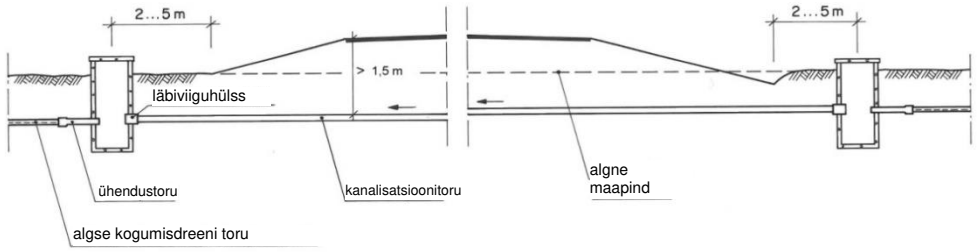
Kui trass läbib dreneeritud põldu, hangitakse drenaaži muutmis- või remondiprojekt. Muutmisprojekt tähendab veel ehitamata projekti muutmist, remondiprojekt juba rajatud süsteemi ümbertegemist. Need tellib ja tasub tee- või raudteevõrgu haldaja ning koostab drenaažiprojekteerija. Projekt liidetakse tervikprojekti kuivenduse osasse või kolmandate isikute rajatiste ümbertõstmise ja kaitsmise projektidesse.

Remondi põhimõte on, et teega kaheks jagatud põllu mõlemad osad moodustavad eraldi dreenivõrgu oma väljavooluga peakraavi. Kui trass ristub imudreenidega, ühendatakse ülemise põllu dreenid uude ligikaudu teega paralleelsesse kollektorisse. Alumise põllu dreenide ülemised otsad suletakse sette sissetungi vältimiseks otsakorkidega; uut kollektorit tavaliselt vaja pole. Drenaaživee väljalask lahtisse kraavi vahetult enne truupi võib selle kinni külmutada, kui talvel muud vett ei voola. Seetõttu tuleks põllukollektor juhtida tee alt oma toruga. Nii ei pea ka truup paiknema drenaaži määratud sügavusel.

Uut kollektorit pole vaja ka ülemisel põllul, kui trass läbib põldu ligikaudu imudreenidega samas suunas. Siis võib olla vaja viia vana kollektor tee alt läbi.

Kui trass eraldab dreneeritud põllust vaid väikese osa, pole teealune läbiviik otstarbekas: väljavool lahendatakse olude järgi. Äärmisel juhul jäetakse põllulapp kasutusest välja ja lepitakse maaomanikuga kokku kahjuhüvitis.

Kui trass ristub imudreenidega, on väljaspool teemaad vaja uut kollektorit. See juhitakse tee alt tavaliselt eraldi torus.



Joonis 33. Põllumajandusdrenaaži kollektori läbiviik tee alt. Tee ja külgkraavide all asendatakse dreen sama läbimõõduga kanalisatsioonitoruga. Alumist kaevu pole vaja, kui väljalask on lähedal (< 10 m) ja toru piisavalt sirge, et ummistusi sealt eemaldada. Külmakerkeohuta pinnasel on alumist kaevu vaja ainult põhiteedel. Nõrgal pinnasel tuleb arvestada tee vajumisega.

Konstruktsiooni parendamisel selgitatakse põlludreenide asukohad, kui tööd ulatuvad dreneeritud põllule või teemaa laieneb. Sellised tööd on näiteks kraavi kõrguse muutmine, killustikuga tõstmine ja tee laiendamine.

6.5.7 Drenaažikaevude ja dreenide materjali valik

Dreenina kasutatakse PE- või PP-toru. Vähim mõõt on DN 100. Materjalinõuded vastavad InfraRYLile.

Drenaažikaevu mõõtmevariandid on:

1. siseläbimõõt 550 mm, setteosa kõrgus vähemalt 200 mm ja maht 55 liitrit
2. siseläbimõõt 360 mm, setteosa kõrgus 200 mm ja maht 20 liitrit

Alla kahe meetri sügavuse kaevu puhul võib kasutada väiksemat varianti (2), muidu suuremat (1).

Drenaažikaev valmistatakse PE- või PP-plastist valmis toruühenduskohtadega. Setteosa kõrgus on vähemalt 200 mm, välja arvatud põhjaveekaitse nõlvakatte kohal, kus see on kuni 15 mm, et kaev ei läbiks veetõkkekihti. Kaevul on põhi ja siseläbimõõt vähemalt 360 mm. Nõlval kasutatakse labidaga hõlpsasti leitavat betoonist või roostevabast metallist kaant, mis talub niidutraktori raskust, kui selle peal on 100–250 mm pinnast. Kaevu kõrgus valitakse nii, et oleks täidetud setteosa ja kaane paigaldussügavuse nõuded ning dreeni projekteeritud voolupõhja kõrgus.

Sõiduraja, teepeenra ning kuni neljameetrise vaheala või eraldusriba kohal tehakse kaev teleskoopne nagu sademeveekaev ning malmist luugikomplektiga.

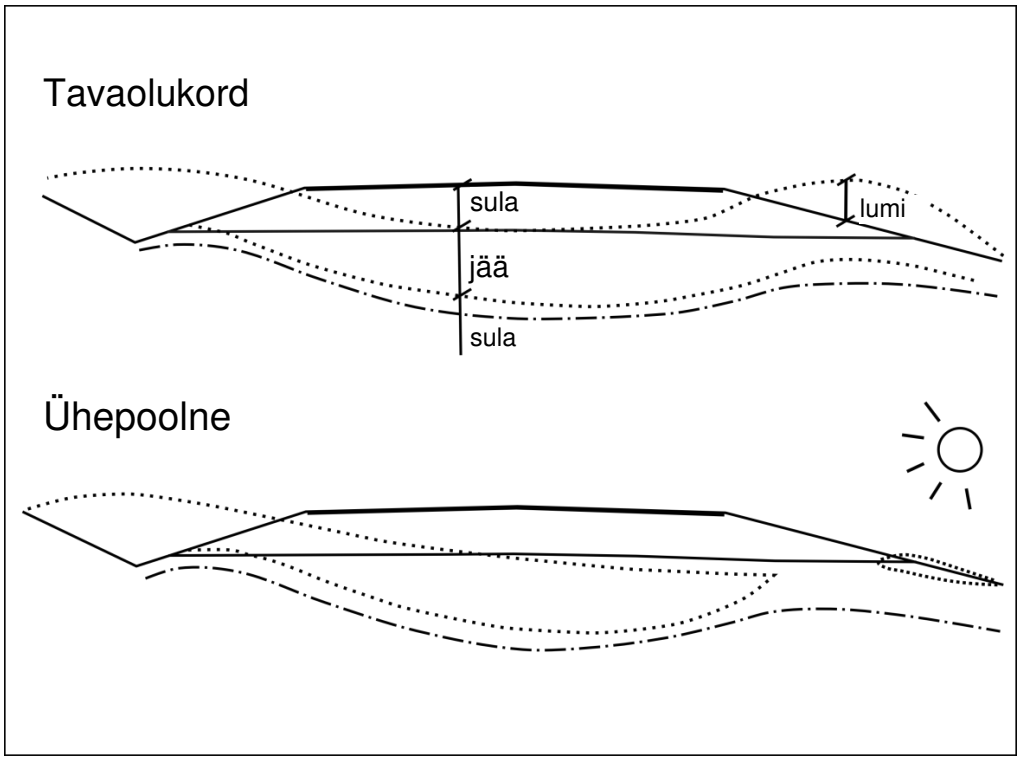
Sõiduraja, teepeenra ning kuni neljameetrise vaheala või eraldusriba kohal kasutatakse koormusklassi D400 (400 kN). Mujal on nõutav vähemalt C250 (250 kN). Kaas peab olema piisavalt paks, et püsida kindlalt paigal.

7 Lume ja külmunud pinnase mõju tee kuivenduse toimimisele

7.1 Üldist

Soomes langeb lumena või lörtsina keskmiselt umbes 30…50% aastasademetest. Paduvihmade hooajaline erinevus peaks tulevikus veidi vähenema, sest talvised sademed suurenevad rohkem kui suvised. Lumesulamine on vihma kõrval teine pindkuivenduse arvutusliku vooluhulga allikas. Projekteerimisel arvestatakse ka lumevallidega: lume talvine ladustamine seab teenõlvadele, vahealadele, liiklussaartele ja muudele servaaladele vähimad mõõdud.

Eesmärk on lasta võimalikult vähe sulamisvett läbi teepinna ning tagada nõrgvee piisavalt kiire külgsuunaline liikumine. Uuel teel ei teki jääläätsi nii kõrgele, et nende sulamine nõuaks erikuivendust. Kandevõime vähenemist arvestatakse katendi dimensioneerimisel. Kevadise veekahju vähendamiseks on vaja ka korrapärast ennetavat hooldust: sügisel servavallide ja voolutakistuste eemaldamist, talve lõpus lumevallide lõikamist ning lörtsikraavide rajamist. Näidata tuleks ka ajutised lumeladustusalad, sest näiteks biofiltratsiooniala kuivendus halveneb, kui sinna lund veetakse. Hooldustorude toimimist kontrollitakse sügisel ja kevadel enne üleujutusi ning eelistatult ka nende järel.



Joonis 34. Teekonstruktsioon külmub tavaliselt joonisel näidatud piirini (punktkriipsjoon). Kevadel sulab see ülevalt alla, kõige aeglasemalt isoleeriva lumekatte all. Varakevadel võib jää moodustada peaaegu veetiheda küna (punktiir), mis takistab vee pääsu kraavi või dreeni. Küna serv ühtib tavaliselt lumevalli servaga. Ühelt poolt päikeselises kohas võivad lumevall ja jääpais sulada ühelt servalt sama kiiresti kui tee keskosa.

7.1.1 Pinnase külmumise mõju kuivendustorude sügavusele

Truubid: truubi kõrguse valikul külmumissügavust ei arvestata. Külmumispiirist kõrgem truup võib külmakerkelise ümbristäite korral tõusta ja painduda. Piirist sügavam truup või selle külmakerkeohutu täide vähendab kohalikku teepinna kerget; kui ülejäänud tee kerkib palju, tekib talvel kahjulik lohk.

Sademeveekanalisatsioon: torud paigutatakse üldjuhul külmumispiirist sügavamale. Lühike hea langusega või pikk külmumise eest kaitstud toru võib paikneda kõrgemal.

Dreenid: külmumissügavust tavaliselt asukoha valikul arvestama ei pea ja dreen võib olla külmumispiirist kõrgemal. Purunemisohu tõttu ei tohiks toru siiski täis veega külmuda. Selline olukord võib tekkida ainult uputatud dreenis või väikese kalde ja toruummistuse koosmõjul.

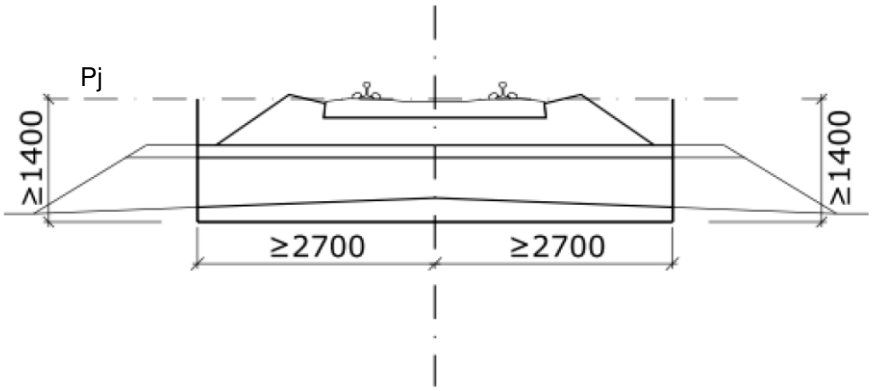
7.2 Truupide lahtihoidmine sulamisajal

Lume kiire sulamise ajal tuleb valmistuda truupide piisavaks lahtihoidmiseks sulatamise või muude võtetega, et vesi ei kahjustaks mullet ega muid rajatisi. Truubiga piirnevas voolusängis tuleb sulamisajal tekkinud erosioonikahjustused parandada.

8 Raudteealad

8.1 Raudteekonstruktsiooni kuivendus

Raudtee projekteerimisel tuleb arvestada, et raudteed alt läbivaid rajatisi ei kavandata alasse, mis ulatub rööbastee teljest 2,7 m külgsuunas ja projektjoonest 1,4 m sügavusele.



Joonis 35. Läbiviigurajatistest vaba ala

8.1.1 Kuivendussügavus

Konstruktsiooni kuivenduse all mõeldakse konstruktsioonikihtide kuivendamist. Raudteekonstruktsiooni tavapärane kuivendussügavus on üldjuhul konstruktsiooni alapind või kaljusüvendis konstruktsiooni alapinnast 500 mm allpool. Erandid on muu hulgas järgmised:

- Raudtee projektjoon asub kõrvalasuva veekogu veetaseme või kaitstava põhjaveetaseme suhtes nii madalal, et osa konstruktsioonikihte jääb veetasemest allapoole.
- Kuivendustaset ei saa saavutada ulatuslike ja keskkonda kahjustavate äravoolukraavide ümberkorraldusteta.

Olemasolevatel raudteedel tuleb välja selgitada konstruktsioonikihtide paksused ja kihtide materjalide terastikuline koostis. Isegi kui konstruktsioonikihid ei vasta InfraRYL-i nõuetele või kihtide kogupaksus on väiksem kui külmakerkevaba raudtee konstruktsioonikihtide kogupaksus, peab kuivendussügavus vastama külmakerkevaba raudtee konstruktsioonikihtide kogupaksusele; vt RATO 3 lisa 1 kaarti.

Kui olemasoleval rööbasteel pole kogu konstruktsioonikihtide paksuse kuivendamine tehniliselt ja majanduslikult otstarbekas, võib kasutada vähendatud kuivendussügavust. Tase valitakse alusehitise klassi ja materjali järgi järgmise tabeli alusel.

Tabel 13. Olemasolevate rööbasteede kuivendussügavuse miinimumnõuded

	Alusehitise klassid 0 ja 1			Alusehitise klassid 2, 3 ja 4		
Konstruktsiooni tüüp	Muldkeha	Pinnasesüvend	Kaljusüvend	Muldkeha	Pinnasesüvend	Kaljusüvend
Kvaliteetne alusehitise materjal. Vastab InfraRYL-i terastikulise koostise nõuetele	pj–1,2 m	pj–1,5 m	pj–1,4 m	pj–1,4 m	pj–1,7 m	pj–1,4 m
Halva kvaliteediga alusehitise materjal. Ei vasta InfraRYL-i terastikulise koostise nõuetele	pj–1,4 m	pj–1,7 m	Kuivendus kaljuraide tasemeni	Tavapärane kuivendussügavus		Kuivendus kaljuraide tasemeni

8.1.2 Raudtee sademevee käitlus

Külgkraav paigutatakse nõlvakalletest tulenevates piirides võimalikult lähedale raudteeala piirile. Nii saab väljastpoolt ala pealevoolava vee kontrolli alla kohe alade piiril ning ühtlasi vältida raudteealalt keskkonda valguva vee kahjulikku mõju. Süvendites tuleb kontrollida pindäravoolust tingitud võimalikku erosiooni; vt juhendit „Tee- ja raudteesüvendite projekteerimine" ning punkti 4.6.

Raudtee valdaja vastutab selle eest, et raudteealal asuva truubi suurus ja kõrgusasend ei takistaks truubist ülesvoolu jäävate metsa- ja põllumaade kuivendamist. Teemat käsitletakse täpsemalt punktides 8.1.3 ja 5.

Sademevee ärajuhtimist perroonidelt, jaamateedelt ja laadimisaladelt käsitletakse täpsemalt punktides 8.2.1, 8.2.2 ja 8.2.3.

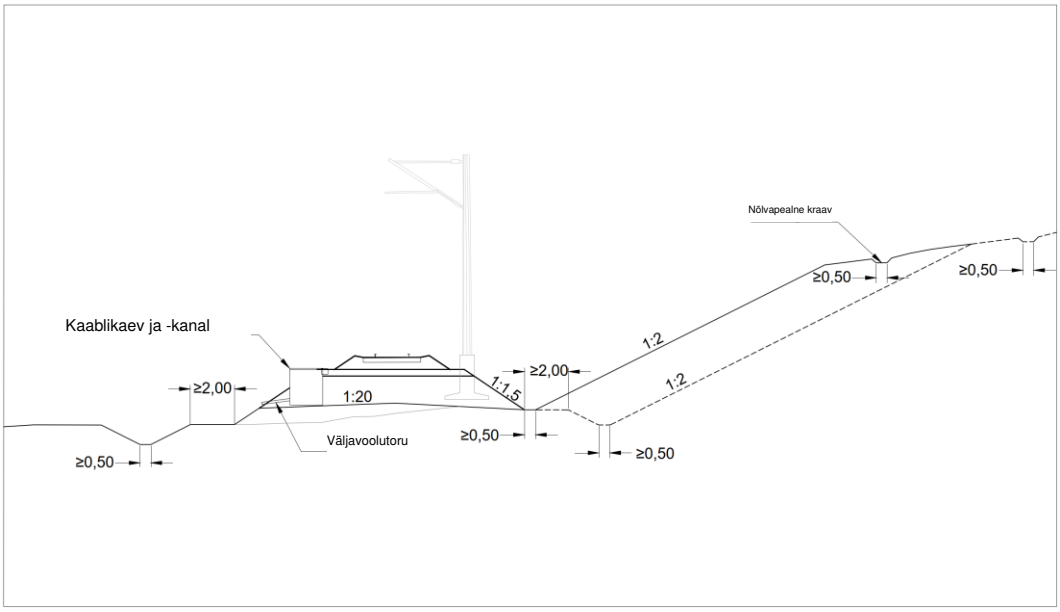
8.1.3 Kuivendusrajatised

Konstruktsiooni kuivendusrajatised on lahtised kraavid, toru- ja filterdreenid, truubid ning sademeveekanalisatsioon. Konstruktsiooni püütakse eelkõige kuivendada lahtiste kraavidega. Toru- ja filterdreene tuleb mõnikord kasutada ruumisäästu, välisilme või ohutuse tõttu. Samadel põhjustel võib lahtise kraavi osaliselt ka torusse juhtida.

Lahtised kraavid

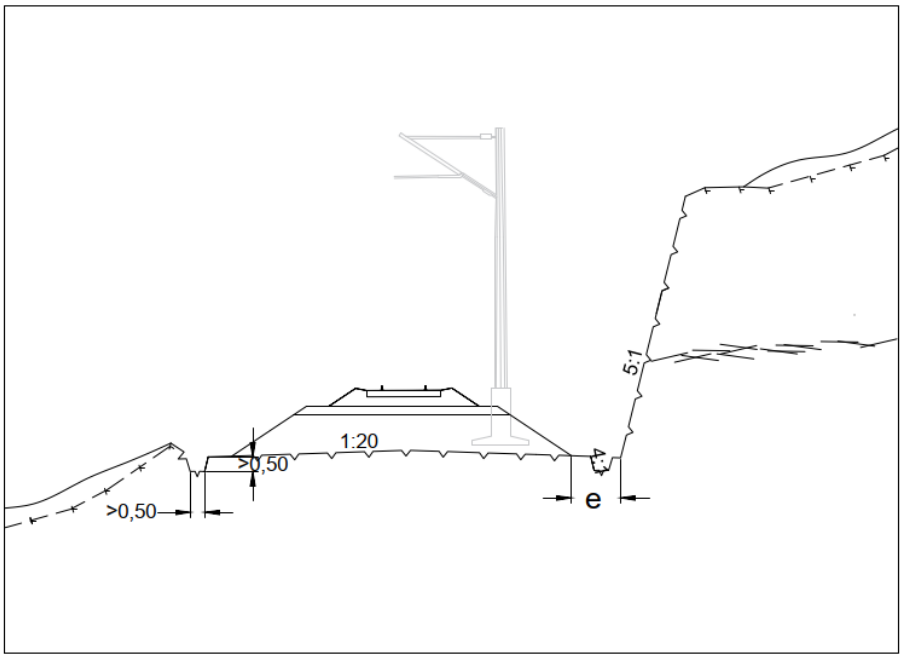
Lahtine kraav on kuivenduse toimimise seisukohalt kõige kindlam ja hoolduskuludelt soodsaim lahendus. Kraavile tuleb piisavalt ruumi varuda juba raudteeprojekti koostamisel. Kraavi paigutamise nõuded on esitatud InfraRYL-i punktis 14340. Külgkraavide nõlvakalle on 1:2, kui projektis pole ette nähtud teisiti. Nõrkade pinnastega aladel tuleb kraavi lubatud sügavust ja nõlvakaldeid kontrollida püsivusarvutustega. Arvutustulemuste põhjal võib osutuda vajalikuks asendada lahtine kraav dreeni, külgkraavitruubi või muu rajatisega.

Raudteekonstruktsioonis jäetakse muldkeha nõlva jala ja külgkraavi nõlva ülaserva vahele vähemalt 2 m laiune berm. Ka pinnasesüvendis on berm vajalik, kui kraavi põhi ulatub alusehitise alapinnast allapoole.



Joonis 36. Külgkraavide paigutus pinnasesüvendis ja pinnasmuldkeha juures

Pinnasesüvendi nõlva ülaserva võib vajaduse korral rajada nõlvapealse kraavi. See on eriti tähtis, kui maapind nõlva kohal langeb raudtee poole või aluspinnase kihid kalduvad raudtee all selle suunas. Tuleb siiski arvestada, et pinnase kihilisuse tõttu võib vesi voolata sügavamal mööda tiheda pinnasekihi või kalju pinda. Nõlva ja kraavi erosioonikaitse projekteeritakse juhtumipõhiselt, vt punkti 4.6. Kaablikaevud kuivendatakse külgkraavi suunatud väljavoolutoruga.



Joonis 37. Külgkraavide paigutus kaljusüvendis ja muldkeha juures

Joonise 37 mõõde e on vähemalt 1,5 m (raudteenõlva berm + kraavi laius), kuid vähemalt RATO 3 tüüpristlõigete kohane.

Kui kaljusüvendis on oht, et ülalt tulev vesi ei mahu mööda külgkraavi ära voolama, tuleb esmase meetmena laiendada kaljusüvendit ja külgkraavi põhja 1…2 m võrra. Kalju peale raiutav nõlvapealne kraav

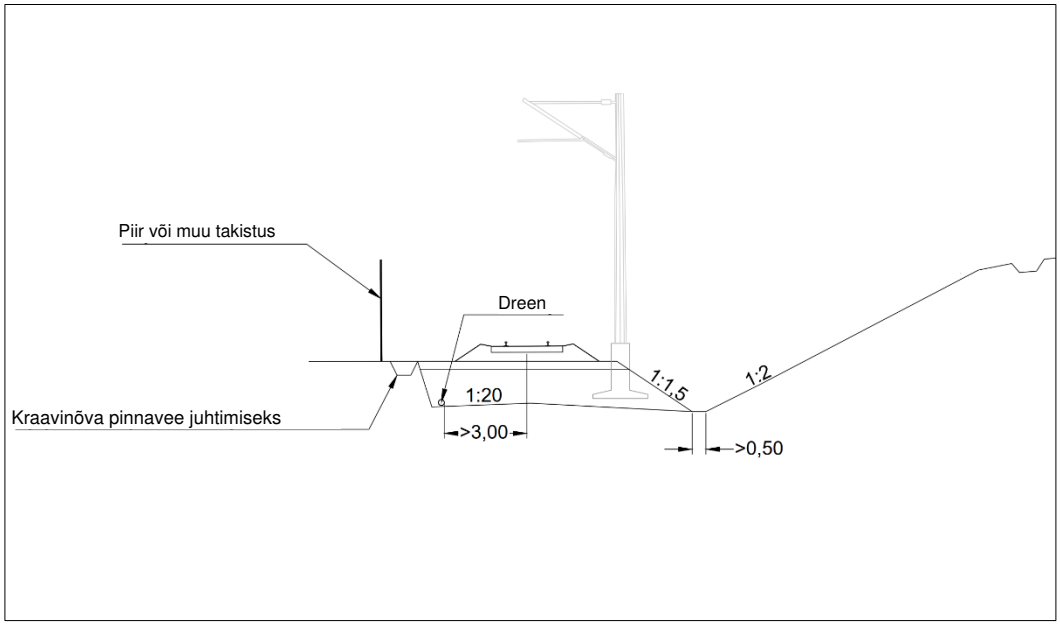
võib põhjustada kaljunõlva varingu, mistõttu tuleb kaljuraie ja võimalik tugevdamine projekteerida. Vajaduse korral võib kalju peale rajada betoonist tõkke, et takistada vee valgumist mööda kaljupinda raudteesüvendisse. Projektjoone kumera murde kohal, kus raudtee pikikalle on pikalt peaaegu 0,0 %, tuleb külgkraavi languse tagamiseks selle sügavust kohati joonisel 37 näidatuga võrreldes suurendada; vastavalt suureneb ka mõõde e.

Raudtee külgkraavide ja pinnasesüvendi kraavide pikikalle on vähemalt 0,4 % ning erandjuhtudelgi vähemalt 0,1 %. Kaljusüvendis on kraavi väikseim lubatud pikikalle 0,3 % (erandina 0,2 %). Kraavi rööbasteepoolse nõlva soovituslik kalle kaljusüvendis on 4:1.

Lahtise kraavi erosioonikaitse projekteeritakse punkti 4.6 järgi.

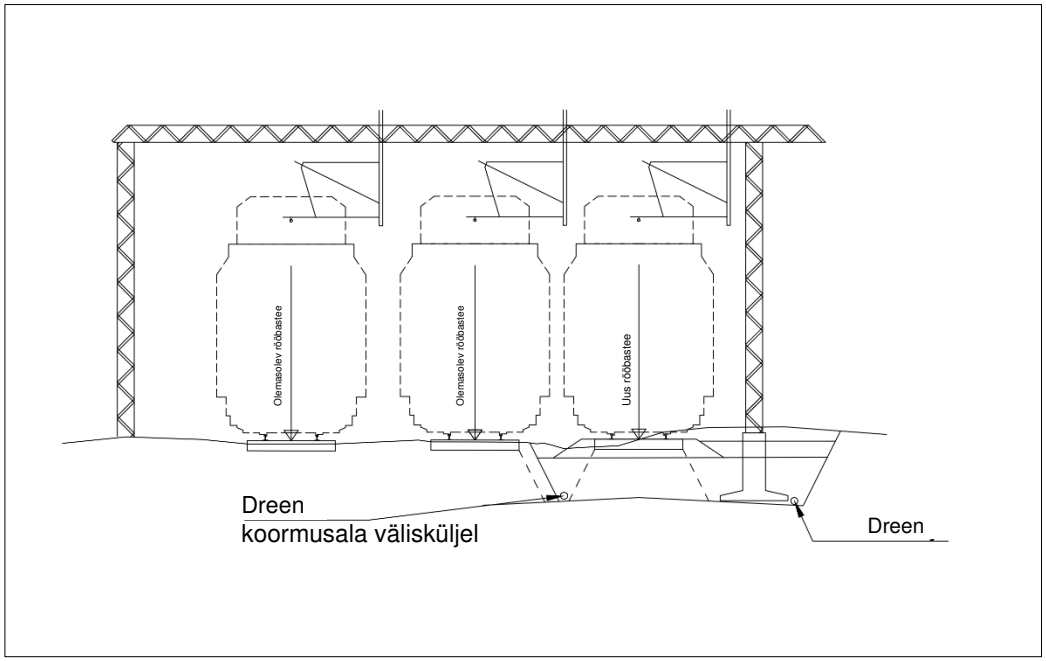
Dreenid

Dreenide vähim kaugus rööbastee teljest on 3 m, et kontrollkaevud ei satuks raudtee ossa, mis tuleb hoida kuivendusrajatistest vabana. Kui dreenid asuvad kontaktvõrgumastidega samal pool, tuleks need paigutada rööbastee teljest vähemalt 4 m kaugusele. Nii välditakse mastivundamentide ja dreenide kokkupuutumist ning hõlbustatakse dreenide hooldust. Kui dreeni pikikalle on alla 0,4 % või pikkus üle 200 m, tuleb kasutada ühendatud dreeni- ja sademeveetorustikku. Üle 400 m pikkuste dreenide korral kasutatakse lisaks eraldi sademeveetorustikku. Dreenid varustatakse kontrolltorude või -kaevudega vähemalt iga 50 m järel. Dreenitorude ja kaevude materjalinõuded on esitatud InfraRYL-is.



Joonis 38. Dreen kitsa raudteeala korral

Joonise rakendamisel tuleb tagada, et kõrvalkinnistult ei juhitaks vett raudteekonstruktsiooni.



Joonis 39. Uus rööbastee pinnasekünas. Dreenide paigutus kontaktvõrgu suhtes.

Truubid

Raudteeprojekti kuuluvate truupide avad dimensioneeritakse 5. peatüki järgi. Raudteetruubi väikseim lubatud siseläbimõõt on 800 mm, kuid hoolduse seisukohalt on soovitatav vähim läbimõõt 1000 mm. Uued raudteetruubid tuleb projekteerida vähemalt 1400 mm kattepaksusega. Eriti avatud kaevikusse paigaldamisel tuleb tagada, et raudteele ei tekiks kahjulikku konstruktsiooni järsku muutust. Seda saab leevendada üleminekukiiludega. Üleminekukiilude sügavused, kalded ja materjalid on esitatud InfraRYL-is.

Raudtee külgkraavi rajatakse külgkraavitruup kohtadesse, kus on vaja pääseda raudteele, näiteks turvanguseadmete kappide juurde.

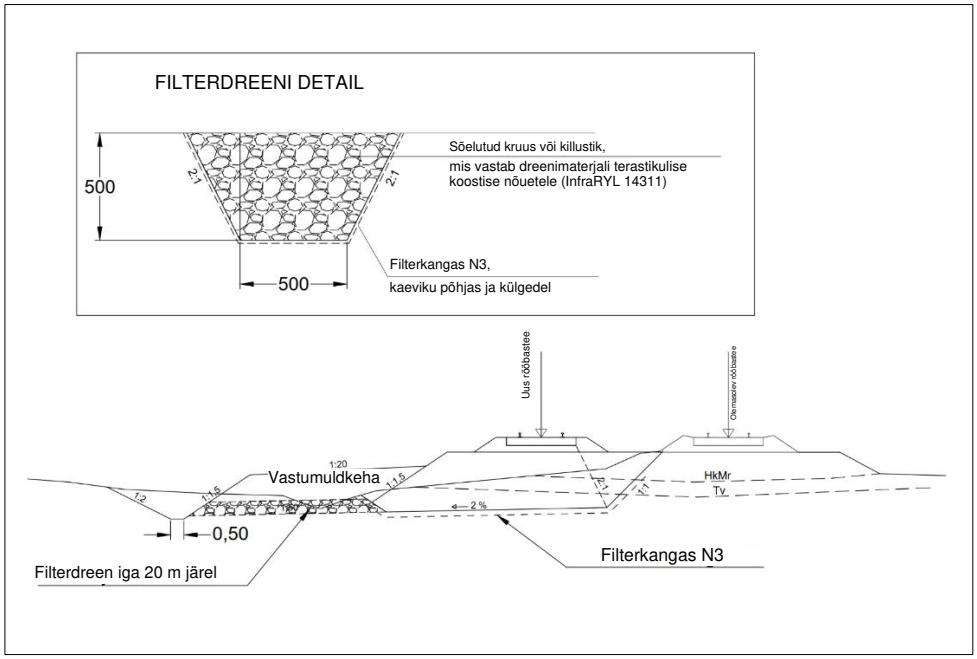
Raudteekonstruktsioonides lubatud truubimaterjalid ja nõuded on kirjeldatud InfraRYL-is.

8.1.4 Kaablitrassid ja -kaevud

Kaablikaevud on sageli vett täis, eriti jaamateedel, sest kuivendust ja kaablitrasse projekteerivad tihti eri osapooled ning lahendusi ei pruugita kooskõlastada. Sademe- ja sulavesi pääseb mööda kaablirenne hõlpsasti kaablikaevudesse, kust vee äravool pole korraldatud. Kui kaev asub muldkeha servas, tuleb sellest paigaldada väljavoolutoru külgkraavi. Toru otsa paigaldatakse 10 × 10 mm silmaga võrk või kergesti väljapoole avanev klapp, et närilised ei pääseks nii hõlpsasti kaevu kaableid kahjustama. Rööbasteede vahel asuvad kaevud tuleks ühendada dreenidega nii, et vesi voolaks kaevust eemale.

8.1.5 Vastumuldkeha alad

Raudteekonstruktsiooni kuivendus tuleb tagada ka vastumuldkeha alal. Kui vastumuldkeha ulatub konstruktsioonikihtide tasemeni, tuleb see rajada vett läbilaskvast materjalist või teha läbi vastumuldkeha iga 20 m järel filterdreenid või samaväärne rajatis, mille kaudu raudteemuldkeha saab kuivendada. Kui vastumuldkeha asub mõlemal pool raudteed, paigutatakse filterdreenid üksteise suhtes nihutatult, vaheldumisi mõlemale poole raudteed 10 m vahedega.



Joonis 40. Filterdreeni põhimõttelahendus vastumuldkeha alal

8.2 Alade kuivendus

8.2.1 Jaamateede kuivendus

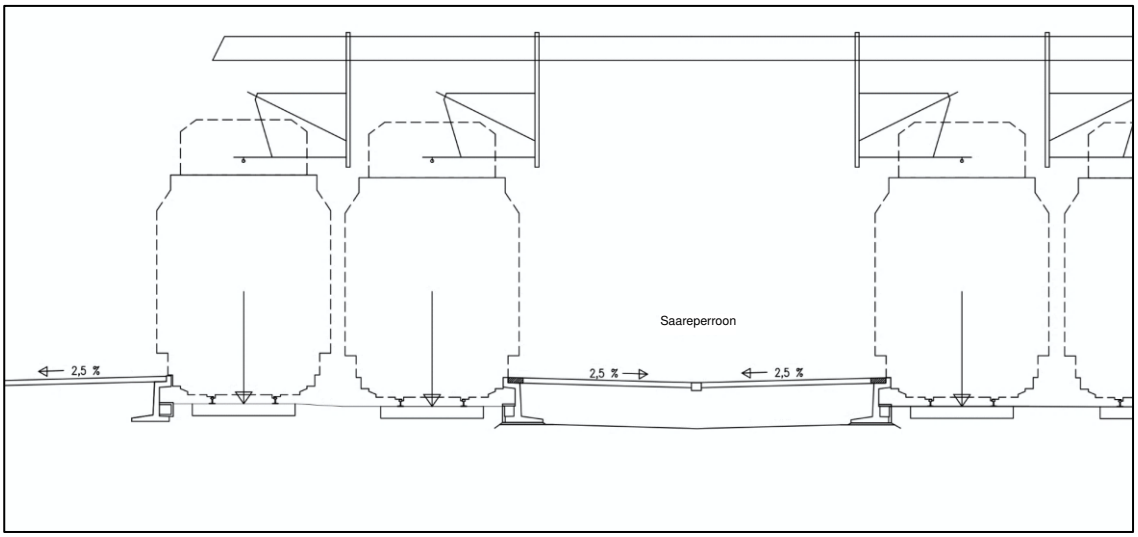
Jaamateede kuivendus tuleb üldjuhul lahendada drenaaži ja sademeveekanalisatsiooniga, sest lahtistele kraavidele pole ruumi.

Kuivenduse projekteerimisel tuleb jaamateedele varuda ruumi lume jaoks ning kavandada sulavee äravooluteed. Lume ladustamisaladel võib vaja minna sulavett koguvaid restkaanega sademeveekaevusid. Mujal jaamateedel pole eraldi sademevee kogumise süsteemi tavaliselt vaja, sest pinnakihid on vett läbilaskvast materjalist. Projekteerimisel tuleb pöörata tähelepanu dreenide hooldatavusele jaamateede kitsastes oludes.

Ohtlike veoste jaamaparkides tuleb kuivendussüsteem projekteerida nii, et õnnetuse korral saaks kustutusvee ja dreenidesse sattunud võimalikud saasteained koguda eraldi basseini, kust need vajaduse korral paakautoga nõuetekohasesse käitlusse veetakse. Vajaduse korral rajatakse ohtlike veoste rööbasteedele põhjaveekaitsekonstruktsioon. Vettpidava kihi võib teha näiteks vettpidavast asfaltbetoonist kandvale aluspinnasele. Vettpidava kihi kõrgusasend valitakse juhtumipõhiselt.

8.2.2 Perroonid

Väylävirasto juhend RATO 16 nõuab perroonide pindkuivenduse tagamist perrooni pinna kaldega raudteest eemale. Pinnavesi juhitakse kaevude või rennkuivenduse kaudu sademeveekanalisatsiooni.



Joonis 41. Perrooni pealispinna kalle.

Liftišahtide ja läbipääsutunnelite treppide vundamendid kuivendatakse dreenidega, millest vesi juhitakse sademeveekanalisatsiooni. Kui isevoolne äravool pole võimalik, tuleb vesi juhtida pumplasse.

8.2.3 Puidu laadimisalade kuivendus

Taust

Puidu laadimisala sõiduteede ja laoplatside pindkuivendust on keeruline korraldada, sest rööbastee geomeetria tõttu peavad alad olema peaaegu horisontaalsed. Suurt põikkallet ei saa kasutada ka sõiduteedel, et puiduveokid ei libiseks talvel teelt kõrvale. Puidu laadimisalade kuivendussüsteemide tööd häirivad puidult eralduvad koorejäätmed, mis ummistavad süsteeme ning põhjustavad sõiduteede pehmenemist ja roobaste teket, halvendades seeläbi pindkuivendust.

Killustikkattega alade probleem on koorejäätmete kerge segunemine killustikuga, mistõttu pinnakiht pehmeneb, kaotab kandevõimet ja muutub kuivenduse jaoks väga ebatasaseks. Pinnakihti tuleks korrapäraselt vahetada, kuid eemaldatud materjalile on raske kasutust leida. Sellest seisukohast on soovitatav kattega laadimisala või vähemalt kattega sõiduteed. Katte rajamine eeldab pakse konstruktsioonikihte nii kandevõime kui ka külmakindluse tagamiseks. Dimensioneerimisjuhised on esitatud juhendis „Teekonstruktsiooni projekteerimine". Katmine hõlbustab ka pinnavee ärajuhtimist, sest pind on tasane. Kattega pindadelt kandub kuivendussüsteemi väga vähe liiva ja kruusa. Ärajuhitavas vees on peale koorepuru sageli ka puukoorest eraldunud männiõli ja muid õlisid. Vooluhulga tippude ühtlustamiseks ja veest lisandite eraldamiseks võib vaja minna 2. peatükis kirjeldatud meetmeid, muu hulgas selitamist enne sademevee juhtimist veekogusse.

Kuivenduse projekteerimispõhimõtted

Kui kuivendus kavandatakse sademeveekaevudega, tuleb tagada kaevude piisav arv ja otstarbekas paigutus. Asfaltkattega alal peab olema vähemalt üks kaev 600 m² ning killustikkattega alal üks kaev 1000 m² kohta. Kaevude ja torustiku ummistumise vältimiseks tuleb arvestada süsteemi korrashoiu ja hooldamise võimalustega. Rööbasteed kuivendatakse dreenidega, mis ühendatakse sademeveekaevudega. Kuivendussüsteemi on vaja õlipüüdurit, et eraldada sademeveest puidult eralduv männiõli ja vaik.

Toru- või filterdreenidel põhineva kuivendussüsteemi korral projekteeritakse laadimistee pikisuunalised dreenid, mis ühendatakse risti läbi laadimisala kulgevate toru- või filterdreenidega. Põikdreenid juhitakse külgkraavi. Projekteerimislahendustes tuleb arvestada ka toru- ja filterdreenide korrashoiu ning hooldamise võimalustega. Laadimisrööbastee kuivenduse võib ühendada ala kuivendussüsteemiga või kavandada eraldi toimiva süsteemina.

Tundlikus keskkonnas tuleb alalt ärajuhitav sademevesi filtreerida või selitada viivitusrajatise abil.

8.3 Raudtee kuivenduse parandamine

Kui olemasoleva raudtee kuivenduses esineb korduvaid probleeme, tuleb esmalt välja selgitada nende põhjused. Uurimise käigus tuleb teha põhjalik välivaatlus, kaardistada raudtee külg- ja äravoolukraavid piisavalt pikal lõigul ning kontrollida piirkonna truupide ja võimalike dreenide seisukorda, et saada tervikpilt.

Kuivenduse parandamiseks piisab sageli kraavide puhastamisest ja dreenide läbipesust. Kui kuivenduse mittetoimimise põhjus on raudteemuldkeha vastu rajatud vastumuldkeha või tee, saab kuivendust parandada raudteega rööbiti kulgeva dreeni või vett tõkestavat konstruktsiooni läbivate filterdreenidega punkti 8.1.5 kohaselt.

8.4 Rekonstrueeritava raudtee kuivendus

Raudtee rekonstrueerimise all mõeldakse siin ühe või mitme lisarööbastee ehitamist, aluspinnase tugevdamist või raudtee pealisehitise uuendamist hoolduse või teljekoormuse või kiiruse suurendamise käigus.

Raudtee rekonstrueerimine ei tohi halvendada muldkeha kuivendust. Tööd tuleb esmajoones kavandada nii, et nii olemasolevaid kui ka uusi rööbasteid saaks kuivendada lahtiste kraavidega konstruktsioonikihtide alapinna tasemeni. Vett läbilaskva aluspinnase korral võib kraavide kõrgustasemest kõrvale kalduda. Kui ala on ulatuslikult tasane soomaa või samalaadne ning looduslik põhjaveetase asub raudtee suhtes kõrgel, pole raudteekonstruktsiooni kuivendamine soovitud sügavuseni võimalik. Kui kogu konstruktsioonikihtide paksuse kuivendamine pole tehniliselt ja majanduslikult võimalik või otstarbekas, vt punkti 8.1.1.

9 Kõrvalalade maakasutuse seire ja arvamused planeeringute kohta

Tee või raudtee valdaja peab jälgima maakasutuse arengut ning vajaduse korral arutama seda planeeringu koostajaga.

Näiteks järgmised maakasutuse muutused võivad suurendada vooluhulka, eriti tulvavee tippe, tee külgkraavides ja truupides:

- tee lähedusse rajatakse kaubanduskeskus, liiklusteenindusala, bussidepoo või muu suurem kattega ala, mille vesi kavatsetakse juhtida viivitusrajatisteta tee kuivendussüsteemi;
- tänav on projekteeritud langusega maantee poole, nii et üleujutuse korral voolaks vesi maanteele;
- uue planeeringu tingimustes pole piisavalt arvestatud paduvihmadest tingitud vooluhulkade ja üleujutustega: viivitusbasseinide mahutusvõime on ebapiisav ning vooluhulgad nõuavad olemasoleva tee või raudtee truupide suurendamist;
- tee lähedal asuv soo või mets kuivendatakse ning vesi juhitakse viivitusrajatisteta tee kuivendussüsteemi;
- teest või raudteest kaugemal, väljaspool planeeringuala, on märgata muutusi, mille tõttu sademevee hulk kasvab ja vesi hakkab voolama tee või raudtee poole;
- äravoolukraav, kuhu maantee vesi juhitakse, viiakse maakasutuse muutumise tõttu torusse ning toru aladimensioneerimine põhjustaks vee tõusu teele.

Tee või raudtee valdaja peab osalema planeeringutingimuste koostamises juba planeerimise algjärgus, et saavutada seaduse eesmärgid valdaja jaoks võimalikult soodsalt ja tõhusalt:

- planeeringutingimustes ei nõuta truupide dimensioneerimist äärmusolude järgi, vaid arvestatakse olemasolevate teede ja raudteede kuivendusrajatiste toimimist ning nende mõõtmete piisavust;

- optimeeritakse teede, raudteede ja nendega seotud kuivendusrajatiste ruumivajadus;
- optimeeritakse kuivendusrajatiste ja -seadmete ehitus- ning kasutuskulud, arvestades võimaliku üleujutusega seotud riske;
- sademeveeuuring koostatakse planeerimisjärgus piisava täpsusega, et selguks planeeringujärgse olukorra mõju ja olemasolevate kuivendussüsteemide piisavus.

10 Uuringud, ehitamise aeg, hanked ja dokumenteerimine

10.1 Kuivenduse projekteerimise väliuuringud ja lähteandmed

Kuivenduse projekteerimise väliuuringud on tihedalt seotud tee- või raudteeprojekti muude väliuuringutega. Suurte rajatiste korral, näiteks nõrkade pinnaste tugevdamisel või läbipääsutunnelite rajamisel, mõjutab kuivendus ühe tegurina tee plaani ja pikiprofiili täpsustamist. Enamiku kuivenduslahenduste olude ja maastiku kohta kogutakse andmeid siiski etapis, kus trass on lõplikult määratud ning projekteeritakse üksnes üksikasju.

Aastaaeg mõjutab väliuuringute ajastust muu hulgas nii, et kevadist veerohkust kasutatakse eeskätt olemasolevate teede kuivenduse parandamisvajaduse hindamiseks. Uute teede korral on kevad soodne peamiselt veetasemete vaatlemiseks nii põhjavees kui ka avaveekogudes. Muud väliuuringud võib sama hästi teha muul ajal, kui maapind pole külmunud.

Kuivenduse projekteerimisele iseloomulikud väliuuringud ja kogutavad lähteandmed on järgmised:

- valgalade suuruse määramine (punkt 3.2);
- maastiku tüübi ehk äravooluteguri määramine aladel, kust kogunev sademevee vooluhulk võib saada dimensioneerimisel määravaks (punkti 3.3.2 tabel A1);
- nõlvapealsete kraavide vajaduse hindamine ja asukoha määramine (punkt 4.5.8);
- põhjaveeuuringud (põhjaveetase ja vooluhulga suurusjärk) tulevastel süvendilõikudel, külgkaldega maastikul ning trassi madalates kohtades;
- tee läheduses asuvate tarbeveekaevude uurimine (tootlikkus ja vee kvaliteet enne ning pärast ehitamist);
- dreenide ja kanalisatsioonitorude väljavoolukohtade täpsustamine suhteliselt tasasel maastikul;
- allikate kaardistamine (need võivad olla kaitstavad või nõuda tee või raudtee kuivenduses erilahendusi);
- truupide vajaduse hindamine (punkt 5.2);
- truubikohtade ja väikeste sildade asukohtade uuringud;
- äravoolukraavide kaardistamine piisavalt pikalt nii üles- kui ka allavoolu;
- pinnase veejuhtivuse määramine sügavkuivenduse vajaduse ebaselguse korral, et saada lähteandmed lahenduse valimiseks;
- pinnaseandmete kogumine kaevikute püsivuse kontrollimiseks ning kaevatavuse uuringud tõenäoliste dreeni- ja kanalisatsioonitrasside ning sügavate äravoolukraavide kohal, kui need ei sisaldu muudes pinnaseuuringutes;
- ala erosioonitundlikkuse hindamine;
- sademevee käitlusmeetodite ja -süsteemide, näiteks biofiltratsioonialade ning viivitus- ja neutraliseerimisbasseinide toimimise uuringud, muu hulgas vee kvaliteedi ja koguse seire abil.

Suurte sildade asukohauuringud ($F > 200$ km^2) tehakse nende mahu tõttu tavaliselt eraldi uuringutena (punkt 4.4.2).

Uuringute maht sõltub peamiselt sellest, kas tulemused võimaldavad valida eri lahenduste vahel. Näiteks kõrgete muldkehade korral pole dreenimisega seotud uuringud otstarbekad. Kõigis pinnasesüvendites tuleb aga välja selgitada põhjaveetase, selle alanemine ja nõrgvee hulk, et määrata süvendinõlvade tugevdamise vajadus. Projekteerimis-ehitushangetes tuleb uuringud teha juba teeprojekti etapis. Kui koostatakse tööprojekt, võib osa uuringuid jätta sellesse etappi.

10.2 Ehitamise mõju projekteerimisele

Kuivenduse üksikasjade projekteerimisel tuleb võimaluse korral arvestada ehitusoludega, näiteks pinnasest, aastaajast ja tööde järjekorrast tulenevate teguritega. Samuti tuleb arvestada ehituse käigus tekkiva kuivenduse muutmise või täiendamise vajadusega. Ehitusaegne sademevesi sisaldab palju heljumit ja toitaineid ning muid kahjulikke aineid. Ehitusplatside sademevee käitlusele ja puhastamisele tuleb pöörata erilist tähelepanu juba projekteerimisel.

Pinnaseolud, eriti nõrkade pinnastega aladel, võivad ka tööde ajal tingida muudatusi järgmistes küsimustes:

- külgkraavide asukoht ja kuju (punkt 4.5.3);
- äravoolukraavide nõlvakalle ja kindlustamise vajadus;
- truupide asukohtade täpsustamine;
- truubi või kanalisatsioonitoru vajumisest tingitud vajadus suurendada toru pikikallet;
- tee muldkeha vajumisest tingitud ajutiste kraavide vajadus.

Ehitamise aeg on oluline eeskätt seetõttu, et nõrkadel pinnastel ja voolavates pinnaseliikides (Si, SiMr) võivad ehitusolud kevadel või tugevate sügisvihmade ajal märgatavalt halveneda ning nõuda lisakraave või muid ajutisi lahendusi. Ehitusaegne olukord võib muu hulgas nõuda drenaaži mahu suurendamist.

Tööde ajalist järjekorda arvestatakse kuivenduse projekteerimisel nii, et lisatöid, ajutisi lahendusi ja eritehnikat oleks vaja võimalikult vähe. See puudutab eriti drenaaži- ja kanalisatsioonitöid ning teisalt teekatte rajamise etappi.

Tee ehitusaegne kuivana hoidmine eeldab igas tööetapis piisavat põikkallet (3 %). Kobedate nõlvade uhtumist vee kogunemiskohtades saab enne lõplike rennide rajamist vältida näiteks kruusa, kivipuiste või muu ajutise kindlustusega.

Ehitusplatsil ja läbi selle voolava vee juhtimine kuulub ehitustööde korralduse juurde. Teede ja raudteede tööprojektides on kavandatud lõpliku olukorra kuivenduslahendused. Ehituse ajal võib olla vaja ajutisi kraave ja truupe, et juhtida läbi ehitusplatsi voolavat vett. Töövõtja projekteerib ja rajab need, sobitades lahendused tööetappide, tegevuse ja muu ehituskorraldusega.

Kui tee ehitatakse etappide kaupa, võib olla otstarbekas rajada järgmised kuivendusrajatised juba esimeses etapis lõplikku asukohta ja ulatuses:

- kõik kanalisatsioonitorud ja muud tehnovõrgud, mille hilisem paigaldamine nõuaks teekatendi lõhkumist;
- nõrkadele pinnastele paigaldatavad truubid, kui ka hilisemale koormusele vastava muldkeha saab rajada lõplikus laiuses;
- muldkehalõikudele kavandatavad võimalikud suuremad külgkraavid.

Teeprojekti etapis tuleb reserveeritavate teealade ja pinnase ladestusalade puhul arvestada võimalike veekäitluse erilahenduste ning nende hooldusjuurdepääsude ruumivajadusega. Sellised lahendused on muu hulgas viivitus- ja neutraliseerimisbasseinid ning vee juhtimine neisse, õlieraldussüsteemid, juurestikpuhastid ning tunnelite sademevee, kustutusvee ja pesuvee kogumise süsteemid.

10.3 Kuivendussüsteemi teostusdokumentatsioon

Valminud kuivendusrajatised tuleb teostusmõõdistada ja võimalikud muudatused projekti kanda. Sel viisil koostatud joonised säilitatakse Väylävirasto arhiveerimisjuhendi järgi. Teostusandmeid vajatakse hooldamisel ning hiljem remondi ja muudatuste projekteerimisel.

Kuivenduse infomudel tuleb koostada taristu infomudelite üldnõuete järgi. Otstarbekas modelleerimistäpsus võidakse kokku leppida projektipõhiselt.

Taristu infomudeli dokumentatsioon on modelleerimise, kvaliteeditagamise ja üleandmisandmestiku oluline osa. Selle eesmärk on kirjeldada ja selgitada infomudeli andmete taaskasutamist. Dokumentides kirjeldatakse sisu, kvaliteeti, lähteandmete metaandmeid ning muud projekti seisukohalt olulist infomudelitega seotud teavet, näiteks seotud projektide kooskõlastamise taset, kui projektid on ajaliselt eri etappides.

Kõigis taristu infomudeli projektides tuleb koostada teabehalduskava, lähteandmete loend, andmestike loend, infomudeli seletuskiri ja dokumenteeritud sisemine vastuvõtukontroll. Olenevalt projekti suurusest ja laadist võib need dokumendid osaliselt või täielikult ühendada. Suurte projektide korral on mahuka teabe haldamiseks ja mõistmiseks otstarbekas koostada eraldi dokumendid, väiksemates projektides võib infomudeli seletuskirja ja sisemise vastuvõtukontrolli esitada samas dokumendis. Dokumentatsiooni eesmärk on aidata andmete järgmisel kasutajal mõista nende sisu ja võimalikke kõrvalekaldeid valdkonna üldjuhistest või -nõuetest.

Projektid arhiveeritakse Väylävirasto Velho-süsteemis selle registri juhiste järgi. Raudteetruupide andmed salvestatakse ka insenerrajatiste registrisse.

10.4 Kuivenduse projekteerimine protsessi eri etappides

10.4.1 Maakasutuse seire

9. peatükis on kirjeldatud, kuidas arvestada tee või raudtee ümbruse maakasutuse muutumist kuivendusrajatiste projekteerimisel. Juhised on rakendatavad ka raudteekeskkonnas. Uue raudtee projekteerimisel tuleb selgitada ümbritsevate alade maakasutuse mõju kuivendusele. Kui olemasoleva raudtee läheduses ehitatakse või muudetakse muul viisil kuivendustingimusi, vastutab mõju väljaselgitamise eest vastava tegevuse elluviija. Esmane kontaktisik on raudtee haldur.

Kasutatud kirjandus

- Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2016. Sildade ja truupide avade dimensioneerimine. Juhend 4/2016. ISBN 978-952-314-430-9.
- Kuntaliitto 2012. Sademevee käsiraamat. Helsingi 2012. ISBN 978-952-213-896-5.
- Liikennevirasto 2010. Teemuldkehade ja -süvendite projekteerimine. Liikennevirasto juhendid 9/2010. Helsingi 2010. ISBN 978-952-255-028-6.
- Liikennevirasto 2010. Raudteevõrgu põhjaveealade riskijuhtimine. Helsingi 2010. ISBN 978-952-255-596-0.
- Liikennevirasto 2011. Maastikuandmete hankimine, tegevusjuhised, pinnaseandmed. Liikennevirasto juhendid 23/2011. Helsingi 2011. ISBN 978-952-255-085-9.
- Liikennevirasto 2013. Tee ristlõike projekteerimine. Liikennevirasto juhendid 29/2013. Helsingi 2013. ISBN 978-952-255-335-5.
- Liikennevirasto 2013. Tee plaani ja pikiprofiili projekteerimine. Liikennevirasto juhendid 30/2013. ISBN 978-952-255-340-9.
- Liikennevirasto 2014. Terastorust sillad. Projekteerimisjuhend. Liikennevirasto juhendid 10/2014. Helsingi 2014. ISBN 978-952-255-428-4.
- Liikennevirasto 2014. Insenerrajatiste projekteerimise lähteandmete juhend. Liikennevirasto juhendid 21/2014. Helsingi 2014. ISBN 978-952-255-469-7.
- Liikennevirasto 2018. Teekonstruktsiooni projekteerimine. Liikennevirasto juhendid 38/2018. Helsingi 2018. ISBN 978-952-317-632-4.
- Liikennevirasto 2018. Raudteetehnilised juhendid (RATO), 3. osa. Raudtee konstruktsioon.
- Liikennevirasto juhendid 13/2018. 978-952-255-454-3.
- Rakennustieto. InfraRYL Net teabeteenus. www.rakennustieto.fi.
- Ratahallintokeskus 2006. Truupide remondijuhend (RUMKO). Helsingi 2006.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 1993. Reoveepumplate projekteerimis- ja hankejuhend. RIL 102-1994.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003. RIL 124-1 Veevarustus ja kanalisatsioon I. Vammala 2003. ISBN 978-951-758-503-3.
- Suomen ympäristökeskus 2008. Paduvihmad ja asulate üleujutused (RATU). Suomen ympäristö 31/2008. Helsingi 2008. ISBN 978-952-11-3211-7.
- Tiehallinto 2001. Teeäärse keskkonna ohutumaks muutmine. TIEH 2100005-01. Helsingi 2001. ISBN 951-726-685-5.
- Tiehallinto 2003. Loomade läbipääsud üle teeala. TIEH 3200824. Helsingi 2003. ISBN 951-803-103-7.
- Tiehallinto 2005. Konstruktsiooni parendamise projekteerimine. TIEH 2100035-05. Helsingi 2006. ISBN 951-803-555-5.
- Tiehallinto 2005. Väikese liiklusega teede kuivendus, eripärad ja korrastamine. TIEH 3200979v. Helsingi 2005. ISBN 951-803-652-7.
- Väylävirasto 2020. Tee- ja raudteesüvendite projekteerimisjuhend. Väylävirasto juhendid 35/2020. Helsingi 2020.
- Väylävirasto 2020. Põhjavee kaitse maanteedel. Väylävirasto juhendid 19/2020. Helsingi 2020.
- Väylävirasto. Sildade remont (SILKO).



Väylävirasto
Trafikledsverket

www.vayla.fi