

## Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu





# Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu

Liikenneviraston ohjeita 5/2013

Liikennevirasto  
Helsinki 2013

*Kannen kuva: Antero Nousiainen*

Verkkajulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-250-1

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Väylätekniikkaosasto

Vastaanottaja

Liikennevirasto, investointi- ja kunnossapitotoimiala  
ELY-keskukset, Liikenne- ja infrastruktuuri-vastuualue

Säädösperusta  
Maantieläki 109 §

Korvaa/muuttaa  
Teiden suunnittelu IV, Tien rakenne 4, Kuivatus, TIEL 2140005

Kohdistuvuus  
Liikennevirasto  
ELY-keskukset, L-alue

Voimassa  
1.4.2013 - toistaiseksi

Asiasanat

maantiet, rautatiet, kuivatus, rummut

## Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu

Tämä ohje korvaa ohjeen Teiden suunnittelu IV, Tien rakenne4, Kuivatus, TIEL 2140005. Tätä ohjetta käytetään suunniteltaessa teiden ja rautateiden kuivatusta ja arvioitaessa väylien välittömään läheisyyteen rakennettavien uusien alueiden vaikutusta maanteiden ja ratojen kuivatusjärjestelmään. Ohjeella tarkennetaan Kuntaliiton Hulevesioppaan soveltamista maanteiden kohdalla. Ohjetta voidaan käyttää laatuvaatimuksena myös urakassa, joka sisältää suunnittelun. Ohje ei sisällä kuivatustarvikkeiden laatuvaatimuksia, vaan ne on esitetty julkaisussa InfraRYL.

Tässä ohjeessa on otettu huomioon, mitä ohjeissa Tierakenteen suunnittelu, Rakenteen parantamisen suunnittelu, Tien poikkileikkauksen suunnittelu ja Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu on esitetty liittyen tierakenteiden kuivatukseen ja tieluiskien tutkimuksiin ja eroosiosuojaustarpeen määrittämiseen.

Ylijohtaja

  
Raimo Tapio

Tekninen johtaja

  
Markku Nummelin

LISÄTIETOJA  
Sami Petäjä  
Liikennevirasto  
puh. 020 637 3585

## Esipuhe

Ohjeen kirjoittamisesta ovat vastanneet Sito Oy:stä Taina Rantanen ja Miia Kari. Ohje on tehty Liikennevirastosta Sami Petäjän, Kari Lehtosen, Tuomo Kallionpään ja Tuomo Viitalan ohjauksessa. Hulevesien hallinta-osion ja rumpuaukon mitoituksen sisältöä on kommentoitu työn aikana SYKEssä ja työtä tehdessä ovat olleet käytössä luonnokset Kuntaliiton Hulevesioppaasta ja SYKE:n Silta ja rumpulausunnot -oppaasta. Kuivatuksen suunnittelua ja kunnossapitoa säätelevää lainsäädäntöä koskevaa kappaletta on kommentoinut Liikennevirastosta lakimies Sari Lajunen, lisäksi ohje-luonnos on ollut kommenttikierroksella ELY-keskuksissa, SYKEssä ja Kuntaliitossa. Destia Oyn asiantuntijat ovat osallistuneet ohjeen viimeistelyyn.

Merkittävimmät muutokset aiempaan ohjeeseen nähden:

- Hulevesien hallinta on teiden ja ratojen kuivatuksen liittyen kokonaan uutena asiana. Se perustuu lakiin tulvariskien hallinnasta ja asiaa on tarkemmin kuvattu Kuntaliiton Hulevesioppaassa.
- Rumpu- ja silta-aukkojen sekä viemäreiden mitoitusvirtaaman laskemisen ohjeistusta on selkeytetty ja mitoittavan vesimäärän toistuvuuteen on uudet taulukot, joissa on otettu huomioon muuttuneet ilmasto-olosuhteet.
- Eroosiosuojauksesta on tehty oma kappaleensa, joka nojautuu ohjeeseen Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu
- Uutena kappaleena on eläinten huomioon ottaminen rumpua suunniteltaessa: sijoituspaikka, koko, rumputyypit, alueen eliöstö jne.

Helsingissä maaliskuussa 2013

Liikennevirasto  
Väylätekniikkaosasto

### Korjaus ohjeeseen:

12.8.2013 korjattu kuva 6 (s. 34).

Pysty akselin yksikkö on

$\frac{L}{s \cdot km^2}$

## Sisällysluettelo

TÄRKEIMMÄT HYDROLOGISET KÄSITTEET .....	8
1 YLEISTÄ.....	10
1.1 Kuivatuksen tavoitteet ja menetelmät .....	10
1.2 Kuivatuksen suunnittelun ja ylläpidon ohjeet .....	10
1.3 Kuivatuksen liittyminen muuhun suunnitteluun.....	11
1.3.1 Suunnitteluvaiheiden yhteensovittaminen .....	11
1.3.2 Olosuhteiden ja riskien tunnistaminen.....	12
1.4 Miten lainsäädäntö ohjaa kuivatuksen suunnittelua ja kunnossapitoa.....	13
1.4.1 Keskeisin lainsäädäntö .....	13
1.4.2 Laskuojien rakentaminen ja kunnossapito.....	14
1.4.3 Majavan padon purkaminen tienpidossa .....	14
2 HULEVESIEN HALLINTA.....	16
2.1 Perusteet.....	16
2.2 Huleveden hallintatarpeen arviointi .....	16
2.2.1 Tulvahuippujen rajoittaminen ja suodatustarve .....	16
2.2.2 Kaksikerroksinen oja .....	18
2.2.3 Biosuodatusalue.....	19
2.2.4 Viivytyks- ja -laskeutusaltaat.....	20
2.2.5 Toimenpiteet pohjavesialueilla .....	21
2.2.6 Imeytysmenetelmän käyttö.....	22
2.3 Tulvariskien hallinta .....	23
3 KUIVATUSRAKENTEIDEN MITOITUKSEN PERUSTEET .....	25
3.1 Kokemusperäinen mitoitus .....	25
3.2 Mitoitusvirtaama .....	25
3.3 Valuma-alueen koon määrittäminen .....	26
3.4 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 1: Rankkasade.....	28
3.4.1 Mitoituskaava.....	28
3.4.2 Valumakertoimen $\Psi$ määrittäminen.....	28
3.4.3 Mitoitussateen rankkuuden määrittäminen .....	29
3.4.4 Mitoitussateen kesto-aika.....	30
3.4.5 Mitoitusvirtaaman toistuvuus.....	30
3.5 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 2: Lumen sulamisvirtaama .....	33
3.5.1 Laskentakaava .....	33
3.5.2 Kevätylivaluman $H_q$ määrittäminen .....	33
3.5.3 Järvisyys-, metsäojitus- ja peltoisuuskerroimet.....	35
4 PINTAKUIVATUKSEN SUUNNITTELU .....	37
4.1 Yleistä.....	37
4.2 Avouoman mitoitus.....	37
4.2.1 Avouomien hydraulinen mitoitus.....	37
4.3 Pintakaltevuuksien järjestely .....	39
4.3.1 Ajoradan ja pientareen kaltevuudet.....	39
4.3.2 Liittymien kaltevuusjärjestelyt .....	40
4.3.3 Kevyen liikenteen väylät .....	41
4.3.4 Keski- ja välialueet.....	43
4.3.5 Väylän käyttäjiä palvelevat alueet .....	48
4.4 Siltoihin liittyvä kuivatus.....	49

4.4.1	Yleistä .....	49
4.4.2	Siltapaikkojen tutkimukset.....	50
4.4.3	Tulopenkereen ja sillan yhteiskuivatus.....	50
4.4.4	Alittava tie.....	50
4.5	Sivu-, leikkaus- ja laskuojat.....	53
4.5.1	Yleistä .....	53
4.5.2	Sivuojan tarve .....	53
4.5.3	Sivu- ja leikkausojan sijainti .....	54
4.5.4	Sivuojan syvyys.....	55
4.5.5	Sivuojan muotoilu .....	55
4.5.6	Sivuojan pituuskaltevuus.....	56
4.5.7	Laskuojat.....	56
4.5.8	Niskaajat ja koururakenteet .....	57
4.6	Erosiosuojaus.....	60
4.6.1	Erosiosuojaustarpeen määrittäminen.....	60
4.6.2	Erosiosuojauksen suunnittelu .....	61
4.7	Sadevesiviemärit .....	61
4.7.1	Käyttökohteet.....	61
4.7.2	Kaivojen ja viemärien sijainti .....	62
4.7.3	Kaivot .....	63
4.7.4	Sadevesiviemärin mitoitus .....	64
4.7.5	Sadevesiviemärin asennussyvyys .....	64
4.8	Pumppaamot .....	65
4.8.1	Yleistä .....	65
4.8.2	Mitoitus .....	66
4.8.3	Sijoittaminen.....	66
4.8.4	Pumppaamon varusteiden vähimmäisvaatimukset .....	66
5	RUMMUT .....	68
5.1	Yleistä .....	68
5.2	Rumpujen tarve ja sijoitus .....	69
5.3	Rumpujen pituus ja päätyviisteet.....	71
5.4	Rummun mitoitus.....	73
5.4.1	Mitoituksen tavoitteet .....	73
5.4.2	Rummun pohjan korkeuden määrittäminen.....	73
5.4.3	Rummun pituuskaltevuuden määrittäminen.....	75
5.4.4	Rumpujen vähimmäiskoko.....	76
5.4.5	Rumpuaukon koon mitoitus .....	77
5.4.6	Mitoituspäätös ja rummun aiheuttaman päädöksen määrittäminen.....	78
5.5	Nykyisen rummun uusiminen.....	80
5.6	Pienten silta-aukkojen mitoitus.....	81
5.7	Eläinten huomioon ottaminen rumpujen sijoitusta ja rumpuaukkojen kokoa määrittäessä.....	89
5.7.1	Yleistä .....	89
5.7.2	Eläinten kulkujärjestelyt väyläalueen poikki .....	90
6	SYVÄKUIVATUKSEN SUUNNITTELU .....	91
6.1	Yleistä .....	91
6.2	Vajovedet .....	92
6.3	Pohjavedet .....	94
6.4	Ojatyypin valinta .....	96



6.5	Sala- ja suoto-ojat.....	97
6.5.1	Sala- ja suoto-ojan rakenne .....	97
6.5.2	Salaojan sijainti.....	99
6.5.3	Laskuputket ja kaivot.....	100
6.5.4	Jäätymiskosten torjunta.....	100
6.5.5	Ruostetukosten torjunta .....	101
6.5.6	Peltosalaojien järjestely.....	102
7	LUMEN JA ROUDAN VAIKUTUS TIEN KUIVATUKSEN TOIMIVUUTEEN .....	104
7.1	Yleistä.....	104
7.1.1	Maan jäätymisen vaikutus tien kuivatuksessa putkien syvyysijaintiin .....	105
7.1.2	Maan jäätymisen vaikutus radan kuivatuksessa putkien syvyysijaintiin .....	105
7.2	Rumpujen aukipitäminen sulamisvaiheessa.....	106
8	KAAVALAUSUNNOT JA MUU MAANKÄYTÖN VALVONTA.....	107
9	KUIVATUSSUUNNITTELUN KENTTÄTUTKIMUKSET .....	111
9.1	Rakentamisen vaikutus suunnitteluun.....	112
	LÄHDELUETTELO .....	113

## Tärkeimmät hydrologiset käsitteet

Kuivatuksen suunnittelun tärkeimpiä hydrologisia käsitteitä ovat:

**Hulevesi** on rakennetuilla alueilla syntyvää maan tai liikenneväylien pinnalta, rakennusten katolta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- ja sulamisvettä.

**Sadanta** on aikayksikössä tietyllä alueella sataneen veden tai lumen määrä, yksikkönä mm/h (tai mm/vrk, mm/v). Lumena tuleva sadanta sekä lumipeite tiettyä ajankohtana muunnetaan lumen vesiarvon avulla millimetreinä ilmoitettavaksi sademääräksi.

**Sateen rankkuus** on lyhyenä aikana tietylle pienehkölle alueelle sataneen veden määrä, yksikkönä mm/min, mm/h tai l/s ha. Yksikkö 1 mm/h vastaa 2,78 l/s ha.

**Vesiarvo** ilmaisee, montako mm vettä tietty lumikerros vastaa.

**Valunta** on se osa sadannasta, joka päätyy vesiuomiin, yksikkönä on mm/h (tai mm/vrk, mm/v). Muu osa sadannasta haihtuu kasveista ja maan pinnalta tai se imeytyy maahan ja lisää maaperän kosteutta. Valunnan muodostumiseen vaikuttavat maanpinnan kaltevuuden ja maaperän ominaisuuksien lisäksi mm. sateen intensiteetti ja kesto, sadetta edeltävän kuivan ajan pituus sekä läpäisemättömän pinnan osuus koko valuma-alueesta.

**Valuma (q)** on sekunnissa tietyltä alueelta valuvan veden määrä pinta-alayksikköä kohti, yksikkönä l/s ha tai l/s km<sup>2</sup>.

**Ylivaluma (Hq)** tarkoittaa jonkin ajanjakson suurinta valumaa. Merkintä Hq 1/10 tarkoittaa tietyllä alueella keskimäärin kerran 10 vuodessa esiintyvää ylivalumaa.

**Valuma-alue** on se maastoalue, jolta vedet kerääntyvät tiettyyn uoman kohtaan, yksikkönä ha tai km<sup>2</sup>. Valuma-alueen rajoina ovat vedenjakajat.

**Virtaama (Q)** on uoman poikkileikkauksen läpi kulkevan vesimäärän tilavuus aikayksikössä (m<sup>3</sup>/s). Keskivirtaama (MQ) on tietyn havaintojakson keskimääräinen virtaama ja ylivirtaama (HQ) tarkoittaa havaintojakson suurinta virtaamaa, esim. merkintä HQ 1/5 tarkoittaa tietyssä uomankohdassa keskimäärin kerran viidessä (5) vuodessa esiintyvää ylivirtaamaa. Virtaama lasketaan kertomalla valuma valuma-alueen pinta-alalla.

**Alin vesi (LW)** on tietyn ajanjakson matalin vedenkorkeus.

**Keskivesi (MW)** on tietyn ajanjakson tasaisin aikavälein, tavallisesti kerran vuorokaudessa mitattujen vedenkorkeuksien keskiarvo.

**Ylin vesi (HW)** on tietyn ajanjakson suurin vedenkorkeus.

**Märkäpiiri (P)** on veden ja poikkileikkauksen seinämän kosketuspinnan pituus eli veden poikkileikkauksen muodostama piiri vähennettynä vedenpinnan leveydellä.

### Lyhenteet

**A** on veden poikkipinta-ala (m<sup>2</sup>) uomassa tai putkessa

**R** on hydraulinen säde (m),  $R=A/p$

**J** on uoman pituuskaltevuus

**n** on uoman tai putken seinämän hankauskerroin

**k** on mitoitusvirtaaman laskemisessa käytetty korjauskerroin, joka koostuu järvisyydestä ( $k_J$ ), metsäojituksen osuudesta ( $k_M$ ) ja pellon osuudesta ( $k_P$ )

### Muut määritelmät

**Maantierummulla** (aiemmin päätierumpu) tarkoitetaan maantien alittavaa rumpua, jonka vapaa-aukko on  $\leq 2,0$  m.

**Ratarummulla** tarkoitetaan rautatien alittavaa silta- tai putkimaista rakennetta, jonka vapaa-aukko on  $\leq 2,0$  m.

# 1 Yleistä

## 1.1 Kuivatuksen tavoitteet ja menetelmät

Kuivatuksen suunnittelu on osa maantie- ja ratarakenteen suunnittelua. Kuivatuksen tehtävänä on poistaa vesi väylien pinnoilta ja rakenteista. Samalla parannetaan rakenteiden kantavuutta ja pienennetään niiden routivuutta.

Kuivatus jaetaan pintakuivatukseen ja syväkuivatukseen. Pintakuivatuksen avulla saadaan väylän pinnalle kertyvä sekä mahdollinen väylän ympäristöstä tuleva hulevesi poistetuksi sivuojiin, hulevesikaivoihin tai koururakenteisiin. Pintakuivatuksen avulla estetään veden kulkeutuminen haitallisesti rakenteen läpi. Syväkuivatuksella estetään veden jääminen väylän alusrakenteeseen, jossa se heikentää rakenteen kuormituskestävyyttä ja mahdollistaa routimisen.

Pintakuivatukseen käytetään sivu-, niska- ja laskuojia, hulevesiviemärointiä ja koururakenteita. Syväkuivatus hoidetaan yleensä salaojien avulla. Syvät avo-ojat ovat riittävä menetelmä syväkuivatukseen ainoastaan silloin, kun maalaji on karkearakeista hiekka- tai soramoreenia.

Pintakaltevuuksilla sekä avo-ojien luiskilla ja niiden muotoilulla on maanteillä ja kevyen liikenteen väylillä kuivatuksen toimivuuden lisäksi tärkeä vaikutus liikenteellisiin ominaisuuksiin, liikenneturvallisuuteen ja ulkonäköön. Kun arvioidaan vaihtoehtoisia kuivatusjärjestelmän toteuttamisratkaisuja, esimerkiksi rakennetaanko avo-oja vai sadevesiviemärointi, pitää sekä hyötyjen että haittojen arvioinnissa ottaa huomioon kaikki kustannukset, kunnossapidon vaikeus ja ne näkökohdat, joita ei voida suoraan mitata rahassa: liikenneturvallisuus ja ulkonäkö.

Kuivatusta suunniteltaessa on huolehdittava siitä, että geotekniikkaan, siltoihin sekä laitteiden ja johtojen sijoitukseen ja siirtoihin liittyvät kysymykset selvitetään riittävän ajoissa.

## 1.2 Kuivatuksen suunnittelun ja ylläpidon ohjeet

Maanteiden ja rautateiden rakenteen mitoitusohjeissa **Tierakenteen suunnittelu** ja **Ratatekniset ohjeet osa 3 (RATO3)** on esitetty tarkemmin kuivatuksen vaikutus rakenteen kuormituskestävyyteen sekä esitetty, miten routimisen rajoittaminen vaikuttaa kulloinkin tarvittavaan kuivatussyvyyteen. Ohjeessa **Rakenteen parantamisen suunnittelu** on kuvattu, missä tilanteissa parannettavan tien kuivatukseen pitää tehdä muutoksia ja miten vanhan ja uuden kuivatusjärjestelmän yhteistoiminta varmistetaan siinä tapauksessa, kun rakennetaan lisäkaistoja, levennetään tietä tai parannetaan suuntausta.

Hulevesien hallinnan kokonaisvaltaista suunnittelua käsitellään tarkemmin Kuntaliiton **Hulevesioppaassa**.

Julkaisussa **InfraRYL** on esitetty sivuojien ja muiden kuivatusjärjestelmän osien rakentamisessa käytettävät työmenetelmät, asennustarkkuus sekä putkien asennuksessa käytettävien materiaalien laatuvaatimukset ja laadun toteaminen. Erityisesti rakenteen parantamisen suunnittelussa on tarpeen tehdä yleisten ohjeiden lisäksi työkohtainen työselitys, sillä olemassa oleva tie varusteineen asettaa rajoituksia eri menetelmien käytölle.

Teiden kuivatusjärjestelmien hoidon ja ylläpidon vaatimustaso on määritetty hoidon ja ylläpidon tuotekorteissa. Ratojen rumpujen tarkastus- ja korjaamistoimenpiteet on esitetty **RUMKO** -ohjeessa.

Tien sivuojien, laskuojien ja rumpujen päätyluiskan muotoilun vaikutus suistumisturvallisuuteen on esitetty ohjeessa **Tien poikkileikkauksen suunnittelu**.

Kuivatuksen suunnittelua palvelevien tutkimusten hankinnassa noudatetaan ohjetta **Maastotietojen hankinta, toimintaohjeet, maaperätiedot**. Avo-ojien eroosiosuojaustarpeen määrittely on kuvattu ohjeessa **Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu**.

## 1.3 Kuivatuksen liittyminen muuhun suunnitteluun

### 1.3.1 Suunnitteluvaiheiden yhteensovittaminen

Kuivatuksen suunnittelu on osa tie- ja ratasuunnittelua. Kuivatusratkaisut määritetään alustavasti yleissuunnitteluvaiheessa ja ne tarkentuvat suunnittelun edetessä. Kuivatussuunnitelman asiakirjat laaditaan pääosin yhtäaikaaisesti muun suunnittelun kanssa. Mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on ratkaistava ne kuivatusjärjestelyt, jotka vaikuttavat olennaisesti tie- tai rata-alueeseen, suunnitelman hallinnolliseen käsittelyyn, hankkeen massatalouteen ja esimerkiksi rakennemateriaaleihin ja -mitoitukseen. Keskeisimpiä vaikutuksia aluetarpeeseen on lähinnä seuraavilla tekijöillä:

- pinta- ja syväkuivatusmenetelmän valinta (sivuoja vai viemäri vai salaoja)
- tien sisäluisikan kaltevuus ja sivuojan syvyys
- laskuojat, jotka vaativat suurehkoja kaivu- tai muutostöitä tai laskujohdot silloin, kun riittävän viedon saaminen avo-ojiin vaatisi liian suuria kaivuja

Rumpujen ja mahdollisten putkisiltojen mitoituksen tekee väylän suunnittelija joko laskemiensa lähtötietojen tai ELYltä hankkimansa lausunnon pohjalta tätä ohjetta noudattaen.

Alueellisilla kuivatustarkasteluilla tarkoitetaan, että maantie- tai ratarummun kokoon vaikuttavia asioita tarkastellaan ja tehtyjä tai tekeillä olevia suunnitelmia selvitetään laajemmalta alueelta, kuin esimerkiksi tie- tai ratasuunnitelman kartassa on näkyvisä. Rummun mitoitukseen voivat vaikuttaa kauempana olevan kaava-alueen muutokset tai uusi kaava, peltojen salaojitukset, metsien ja soiden ojitukset.

### 1.3.2 Olosuhteiden ja riskien tunnistaminen

Ojan muotoa ja pituuskaltevuutta suunniteltaessa pitää tunnistaa olosuhteet: ojan pituuskaltevuus ja maalaji vaikuttavat avo-ojien liettymisnopeuteen ja eroosioherkkyyteen, kuten on kuvattu tarkemmin ohjeessa **Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu**. Teiden ylläpito-hankkeissa ojasyvyyttä määritettäessä ja ojituksen ajoitusta suunniteltaessa pitää selvittää väylän ylläpidosta vastanneilta henkilöiltä alueellinen tai väyläkohtainen kokemusperäinen tieto kuivatuksen toimimisen ongelmakohtista esimerkiksi seuraavasti:

- onko ojituskierto ollut jollakin kohteella liian pitkä
- onko jollakin kohteella normaalia useammin perkaustarvetta
- onko tiedossa helposti liettyviä maalajeja (siltti ja silttimoreeni)
- onko luiskia jätetty liian jyrkiksi tai oja kaivamatta liian kapean tiealueen tai luiskassa sijaitsevan kallion vuoksi.

Samoin tulee tarkistaa tulvariskikohteet. Uusien väylien ojasyvyyttä suunniteltaessa voidaan saman alueen nykyisten väylien luiskien kunnosta päätellä mm. eroosioriski.

Tie- ja rataleikkauksien ja alikulkujen rakentaminen voivat vaikuttaa merkittävästi pohjavesisuhteisiin jos maaleikkaus ulottuu hyvin vettä läpäiseviin kerroksiin ja kuivatustaso ulottuu pohjavesipinnan alapuolelle. Pohjaveden alenemisen mahdolliset haitat ja riskit ympäristölle arvioidaan laajojen pohjatutkimusten ja riittävän pitkäaikaisen mittauksen perusteella. Laajoissa leikkauksissa pohjaveden pinnan tarkkailuun pitää tehdä suunnitelma.

On myös huomioitava, että pohjaveden pilaaminen on kielletty ympäristönsuojelulaila ja pohjaveden muuttaminen vaatii vesilain mukaisen luvan. Pohjaveden alenemisella voi olla vaikutuksia mm:

- kaivojen kuivumiseen
- tie- ja ratapenkereiden painumiseen
- rakennusten ja kunnallistekniikan putkien painumiseen
- puupaalujen lahoamiseen
- vedenottamojen antoisuuteen
- vesiolosuhteiden muutoksille alttiiden kasvustotyyppien elinvoimaisuuteen

Suunnittelun aikana etenevässä riskianalyysissä pitää esittää toimintamalli eri riskien realisoitumisen varalle.

Jo suunnittelun alkuvaiheessa tulee selvittää väylän varrella sijaitsevien hulevesien purkuvesistöjen tila: muun muassa vesistön herkkyys ja muu käyttö voivat vaikuttaa tarvittaviin suunniteltaviin hulevesien puhdistustoimenpiteisiin.

## 1.4 Miten lainsäädäntö ohjaa kuivatuksen suunnittelua ja kunnossapitoa

### 1.4.1 Keskeisin lainsäädäntö

Tärkeimmät lait, jotka koskevat kuivatuksen suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa ovat laki tulvariskien hallinnasta, vesilaki ja ympäristönsuojelulaki sekä maantielaki ja ratalaki. Tähän ohjeessa on esitetty listauksena näistä laista keskeisin kuivatuksen suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa koskeva lainsäädäntö 1.12.2012:

Laissa tulvariskinen hallinnasta (620/2010) ja sen perusteella annetussa valtioneuvoston asetuksessa (659/2010) säädetään tulvariskien hallinnan järjestämisestä. Lain tarkoituksena on vähentää tulvariskejä, ehkäistä ja lieventää tulvista ihmisen terveydelle, infrastruktuurille, taloudelliselle toiminnalle ja ympäristölle aiheutuvia vahingollisia seurauksia sekä edistää varautumista tulviin. Lain tavoitteena on myös ohjata kuivatuksen suunnittelua tulvahuippujen pienentämisen suuntaan.

Uusi vesilaki (587/2011) tuli voimaan 1.1.2012.

Vesilaissa on säännöksiä, jotka koskevat:

- **veden ottamista:** ilmoitusvelvollisuus, kun otettava määrä yli 100 m<sup>3</sup>/d on etukäteen ilmoitettava valtion valvontaviranomaisille (koskee esimerkiksi koepumppaustilanteita).
- esimerkiksi **veden korkeutta, syvyyttä tai veden juoksua** ei saa muuttaa ilman ympäristölupaviranomaisen vesilain mukaista lupaa esimerkiksi väliaikaisilla tulva-altailla, jos yksityinen maanomistaja ei ole antanut padotukseen lupaa. Yleisillä alueilla vesilain mukainen lupa on haettava aina, kun padottaminen aiheuttaa haittaa yleiselle edulle, kuten haitalliset muutokset arvokkaille luontokohteille tai kalastolle.
- Erikseen on selvitettävä luvanvaraisuus silloin, kun toimenpiteet koskevat **puroa tai noroa**. Uuden vesilain (1.1.2012) myötä osa noroista on jatkossa puroja. Puron uoman luonnontilaa vaarantaviin vesitaloushankkeisiin tarvitaan aina lupa. Noron, ojan tai altaan omistaja ei saa estää tai muuttaa veden vapautta juoksua uomassa alapuolella olevan vahingoksi ilman tämän suostumusta.
- sillan rakentamiseen joen, meren tai järven yleisen kulku- tai uittoväylän yli tarvitaan aina alueellisen ympäristöviranomaisen lupa
- sillan tai rummun tekemiseen ojan tai vastaavan vesiuoman ylitystä varten ei tarvita erityistä lupaa, mutta siitä ei saa aiheutua haittaa ylä-puolisen alueen maan kuivatukselle eikä uoman kunnossapidolle

Ympäristönsuojelulain mukaan pohjaveden pilaamiskielto on ehdoton. Lain mukaisia valvontaviranomaisia ovat alueellinen ympäristöviranomainen ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Jos pohjavesi on pilaantunut, voi ympäristöviranomainen määrätä puhdistamisesta vastuussa olevan selvittämään pilaantuneen alueen laajuuden ja puhdistamistarpeen. Kaivoveden laadun huonontuminen on esimerkki ympäristönsuojelulain mukaan käsiteltävästä asiasta.

Lisäksi on otettava huomioon, mitä lainsäädäntö määrää kuivatusjärjestelyjen ulottamisesta toisen maalle sekä maanomistajalle aiheutetun vahingon korvaamisesta.

#### 1.4.2 Laskuojien rakentaminen ja kunnossapito

Laskuojien rakentamista ohjaavat maantie-, rata- ja vesilaki seuraavasti:

- Tie- ja ratasuunnitelmassa on osoitettava laskuojaksi tarvittava alue ja tämän seurauksena on tarpeen perustaa oikeus laskuojan pitämiseen toisen maalla. Rasite on voimassa, kunnes sen kumoamisesta erikseen päätetään.

#### Kunnossapito

Laskuojien kunnossapitoon pitäisi panostaa nykyistä enemmän, sillä laskuojien huono toiminta vaikuttaa pahimmillaan laajasti koko väylän kuivatuksen toimimiseen. Ojitus on toteutettava ja kunnossapidettävä siten, ettei toimenpiteistä aiheudu toiselle kuuluvalla alueella vahingollista vettymistä tai muuta edunmenetystä.

Väylänpitäjän kunnossapito-oikeus ja -velvoite vesilain mukaan:

- tienpitäjän tai radanpitäjän ei tarvitse ilmoittaa ojituksesta vesilain (VL 5:6§) mukaisesti, mikäli ojituksesta on määrätty tiesuunnitelmassa tai ratasuunnitelmassa. Vesilaki ei velvoita hankkeesta vastaavaa hakemaan uutta lupaa tai lupamääräyksen tarkistamista aiemman vesilain (264/1961) mukaan luvitetulle hankkeelle. Uudistus ei myöskään vaikuta aiemman lainsäädännön nojalla myönnettyihin lupiin ja oikeuksiin eli ne ovat sellaisenaan voimassa.
- ojitus on toteutettava ja kunnossapidettävä siten, ettei toimenpiteistä aiheudu toiselle kuuluvalla alueella vahingollista vettymistä tai muuta edunmenetystä.
- yli 500 m<sup>3</sup>:n ruoppaus edellyttää aina aluehallintoviraston lupaa. Alle 500 m<sup>3</sup>:n ruoppauksesta on tehtävä ilmoitus elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle (ELY).
- Vähäisestä ojitamisesta ei tarvitse tehdä ilmoitusta
- Ojituksen luvanvaraisuudesta säädetään seuraavaa: Ojituksella sekä ojan käyttämisellä ja kunnossapidolla on oltava vesilain mukainen lupa, jos se voi aiheuttaa ympäristönsuojelullaista tarkoitettua pilaantumista vesialueella tai vesilain 3 luvun 2§:ssa tarkoitettuja seurauksia, jollei kysymys ole yksinomaan puron yläpuolisella alueella suoritettavan ojituksen aiheuttamasta puron virtaaman muuttamisesta
- Jos ojan perkaaminen toisen alueella sopimalla tai neuvottelemalla ei tuota tulosta, niin vesilain nojalla (VL 14:4§) kunnan ympäristönsuojeluviranomainen voi määrätä kunnostamaan ojan vesilain vastaisena (VL 5:8§).

#### 1.4.3 Majavan padon purkaminen tienpidossa

Majavien maantie- tai ratarumpuihin tai väylän välittömään läheisyyteen rakentamat padot aiheuttavat vedenkorkeuden paikallista nousua ja voivat siten aiheuttaa myös vahinkoa tai haittaa väylän käytölle ja riskiä liikenneturvallisuudelle. Nykyinen lainsäädäntö ei anna oikeutta purkaa majavapatoja, sillä Suomessa esiintyvät euroopanmajava ja kanadanmajava ovat rauhoitettuja lajeja. Euroopanmajavan suomalainen kanta sisältyy myös EU:n luontodirektiivin lajistoon.

Padon purkamisen edellytykset riippuvat vuodenaikasta. Majavanpadon purkaminen kesäaikaan 15.6.–30.9. vaatii maanomistajan luvan. Aikavälillä 1.10.–14.6. edes riistakeskuksella ei ole oikeutta myöntää lupaa padon tai pesän purkuun. Tällöin ainoaksi vaihtoehdoksi jää Metsästyslain mukaan majavayhdyskunnan metsästäminen ja padon purkaminen vasta metsästyksen päätyttyä. Maantielain perusteella padon aiheut-



taman tulvaveden ollessa ”liikennettä välittömästi uhkaava vaara”, voidaan pato purkaa välittömästi. Jo havaittujen ongelmatilanteiden helpottamiseksi ollaan Metsästyslakiin tekemässä muutosta (2012 tilanne).

## 2 Hulevesien hallinta

### 2.1 Perusteet

Euroopan Unioni määräsi direktiivin tulvien arvioinnista ja hallinnasta ja direktiivin perustuen Suomessa tuli 24.6.2010 voimaan laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) ja 7.7.2010 valtioneuvosten asetus (659/2010). Direktiivin ja sittemmin lain tarkoituksena on vähentää ja hallita tulvista ihmisen terveydelle, ympäristölle, infrastruktuurille ja omaisuudelle aiheutuvia riskejä, vahingollisia seurauksia ja edistää tulviin varautumista. Lain tarkoituksena on myös sovittaa yhteen tulvariskien hallinta ja vesistöalueen muu hoito huomioimalla vesivarojen kestävä käyttö ja suojelun tarve. Tavoitteiden mukaista olisi, että

- veden virtaushuippuja ei kasvateta lisäämällä vesitiiviitä rakenteita, ellei samalla rakenneta imeytykseen tai viivytykseen tarkoitettuja rakenteita
- suurimmat virtaushuiput saadaan hallintaan niin, etteivät ne aiheuta tulvia tai eroosiota eivätkä samalla lisää tarvetta kasvattaa alapuolisten kuivatusjärjestelmien kapasiteettia
- pohjaveden muodostumista ei rajoiteta vesitiiviillä rakenteilla
- veden virtaushuippuja ei kasvateta ojittamalla soita tai metsäalueita niin, että niiden vedet lisäävät purkuvesistön tulvariskiä
- pohjavettä tai pintavesistöjä ei pilata johtamalla niihin likaantuneita vesiä, vaan veden muuttumattomuudesta huolehditaan rakentamalla suodatusrakenteita.

Tulvariskien hallintalain noudattamisen mukaisista toimenpiteistä hyötyvät alapuolisten vesistöjen varren maanomistajat ja asukkaat sekä nykyisten väylien rumpujen ja hulevesiviemäreiden omistajat (lähinnä kunnat ja liikenneväylien omistajat). Lain seurauksena lisäkustannuksia syntyy uusien asuntoalueiden, tehtaiden, kauppakeskusten ja liikenneväylien rakentajille sekä soiden ja metsäalueiden kuivattajille. Taajamien osalta lain soveltamista koskevia säädöksiä ovat Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (22§).

Taajamien ulkopuolella sijaitsevien maanteiden ja ratojen osuus hulevesien hallinnasta on vähäistä. Sen sijaan jos hallintaa ei ole toteutettu suunnitelmallisesti, hulevesistä syntyy haittoja nykyisille väylille tulvien seurauksena syntyvinä liikennekatkoina, väylien sortumina ja eroosiona. Tässä ohjeessa esitetään lain soveltamisohjeet kaava-alueiden ulkopuolella sijaitsevien liikenneväylien kuivatuksen suunnittelussa.

### 2.2 Huleveden hallintatarpeen arviointi

#### 2.2.1 Tulvahuippujen rajoittaminen ja suodatustarve

Väylän suunnittelijan ja tienpitäjän tekemä hulevesien hallintatarpeen arviointi jakaantuu seuraavien toimenpiteiden tarpeellisuuden arviointiin:

1. Onko tarpeen vähentää tulvahuippuja viivyttämällä veden virtausta tai imeyttämällä osa vesistä maaperään ja pohjaveteen?

2. Onko tarpeen rajoittaa vesistön kuormitusta suodattamalla vettä tai johtamalla purkuvedet uutta reittiä esimerkiksi kosteikon kautta muuhun vesistöön?
3. Onko tarpeen estää pohjaveden kertymisen väheneminen ja pohjavesipinnan lasku imeyttämällä liikenne-alueen vedet pois johtamisen sijasta?

Taajamissa riskitarkastelut kuuluvat kaavoitusvaiheeseen ja väylänpitäjän on syytä olla yhteydessä kaavoittajaan, jotta osataan mahdollisimman aikaisin ennakoida suunniteltujen toimenpiteiden vaikutukset olemassa olevalle väyläverkolle ja suunnitella niiden hallitsemiseksi tarvittavat toimenpiteet.

Tulvahuippujen rajoittamistarve on selvitettävä ainakin seuraavissa tapauksissa:

1. Vesitiiviiden pintojen pinta-ala lisääntyy tai laskuojan tai lammen purkuuoman virtaamat kasvaisivat huomattavasti
2. Vedet on tarkoitus johtaa olemassa olevaan hulevesiviemäriin. Tällöin voi melko pienikin tiiviiden pintojen lisäys saada aikaan viemäriin kapasiteetin ylittymisen.
3. Purkuvesistö on jo ennestään tulvimis- ja eroosioherkkä
4. Viivytyksratkaisuja voidaan tarvita jo toteutuneiden tulvaongelmien ratkaisemiseen, vaikka tiiviiden pintojen lisäys olisi pienikin.

Hulevesien suodattamista tarvitaan, mikäli kohdat 1 ja 2 täyttyvät yhtäaikaaisesti:

1. tien liikennemäärä on yli 15 000 ajon/vrk, jolloin vedessä on yleensä runsaasti raskasmetalleja ja muita epäpuhtauksia. Suodatustarve voi esiintyä pienemmälläkin liikennemäärällä, kun liikennealueen vedet ovat erityisen sameita ja laskuoja purkuvesistöön on lyhyt
2. vesiä ollaan johtamassa ympäristöolosuhteiden muutoksille herkkään vesistöön. Herkkiä vesistöjä ovat kirkasvetiset lammet ja purot hiekka- ja sora-alueilla, kalatalouden kannalta merkittäviksi todetut purot, vähävetiset norot, lammet ja kapeat järven lahdet, erityinen pienialainen suojelukohde

Rakentamisen aikaisten hulevesien suodattamistarve pitää selvittää silloin, kun vedet ovat purkautumassa herkkään vesistöön, sillä rankkasateiden liettävä vaikutus ja tulvien aiheuttamat poikkeustilanteet voivat aiheuttaa kiintoaines- ja ravinnepäästöjä. Suodattamiseen tarvittavien rakenteiden vaatimaan tilaan tulee varautua jo tiesuunnitelmassa.

Suodatus voi olla tarpeen myös ennen hulevesien imeyttämistä imeytyspaikan tukkeutumisen estämiseksi ja vesien puhdistamiseksi.

Liikennealueilta tulevien hulevesien yleisimpiä haitta-aineita ovat kiintoaines, metallit, kloridit, öljyt, rasvat, sekä muut orgaaniset yhdisteet kuten PAH -aineet. Muita hulevesissä esiintyviä aineita ovat mm. VOC -yhdisteet ja halogenoidut hiilivedyt. Talviaikoina hiekoitushiekka, lumen auraus ja nastarenkaiden käyttö lisäävät tiepintojen kulumista, mikä kasvattaa kiintoaines- ja muita haitta-ainepitoisuuksia maanteillä. Myös liikenteen määrä ja ajonopeudet vaikuttavat hulevesien haitta-ainehuuhtoumiin sekä niiden kulkeutumisen etäisyyteen ajoradasta. Hulevesien sisältämiä pohjaveden laatua vaarantavia aineita ovat mm. liukkauden torjunta-aineet ja bensiniin lisäaine metyyliitertiäärinen butyylietteri (MTBE). Tiesuolan (NaCl) käyttö liukkauden torjunta-aineena on tunnettu uhka pohjavesialueilla, sillä vesiliukoinen suola kulkeutuu erittäin helposti, eikä maaperä ehdi sitä pidättämään. Lisäksi tiesuola sekä muutkin haitta-aineet saattavat edistää maaperässä olevien luonnollisten tai ihmisen toimin-

nasta peräisin olevien haitta-aineiden lähtemistä liikkeelle, jolloin mm. metallien kulkeminen vesistöön lisääntyy.

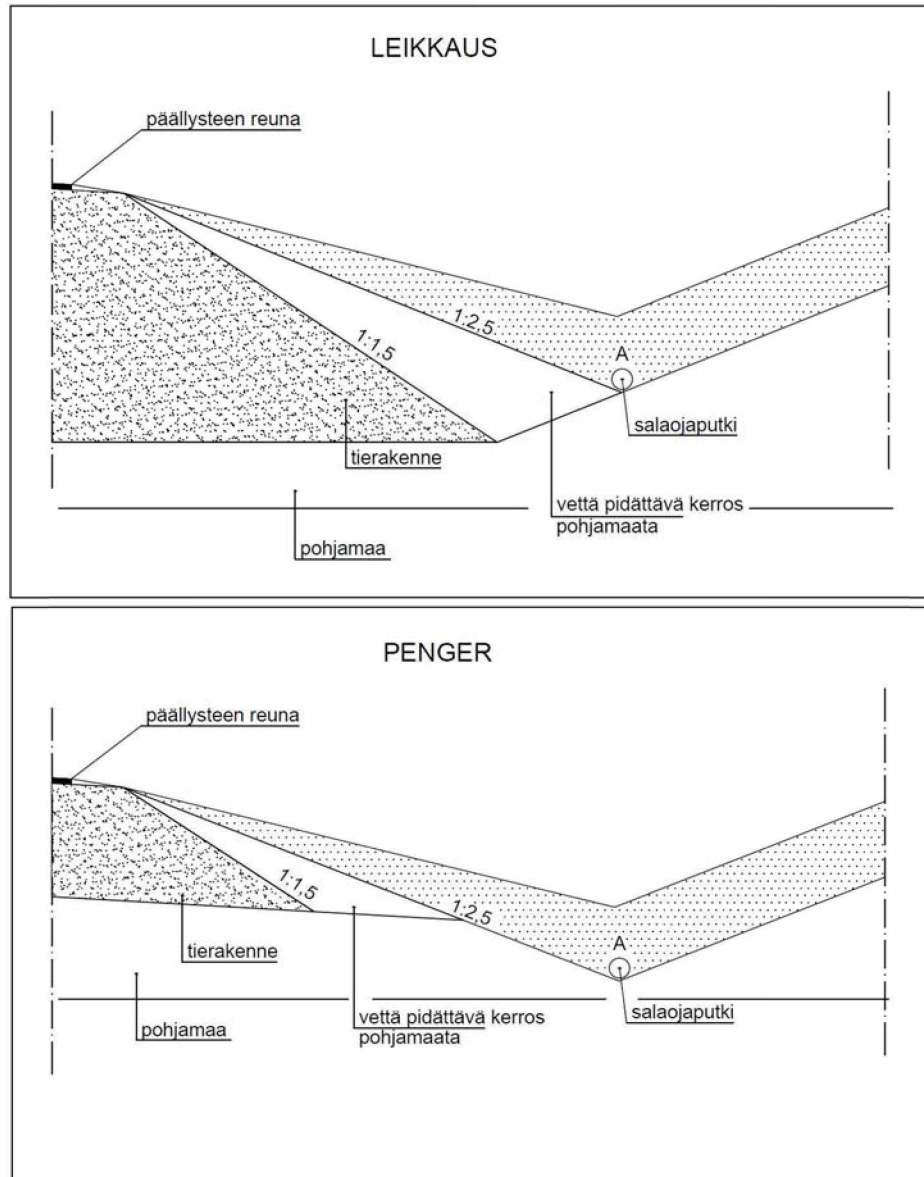
Suodatus on perinteisesti toteutettu laskeutusaltaalla, jossa veden virtausnopeus hidastetaan riittävän pitkän matkan avulla riittävän alhaiseksi. Viivytyksen toteuttamisesta viivytyksaltaalla on yksi esimerkki kuvassa 3. Laskeutuksen ja viivytyksen yhtäaikainen toteutuminen vaatii huolellista suunnittelua ja lietteen ajoittaista poistamista. Altaat eivät välttämättä toimi talvella oikein, jos vesi alkaa virrata jääkannen päällä. Altaita koskevia ohjeita on esitetty kohdassa 2.2.4.

Suodatus ja viivytykset voidaan usein toteuttaa helpommin kaksikerroksisella sivuojalla tai biosuodatuskentällä. Näitäkään ei aina tarvita, jos riittävän suolattomat vedet imeytetään pohjavedeksi sopivassa paikassa riittävän paksun maakerroksen läpi. Asiaa on käsitelty tarkemmin kohdassa 2.2.5.

### 2.2.2 Kaksikerroksinen oja

Maantiehen rakennettavassa kaksikerroksisessa ojassa pohjamaan päällä on vettä läpäisevä noin 0,3–0,8 m:n vahvuinen suodatuskerros ja ojan pohjalla salaojaputki, jonka ympärillä on tarvittaessa salaojasora. Tarvittaessa suodatuskerroksen pinta korvataan 0,1 m paksuisella kasvualustalla, johon kylvetään paikkaan sopiva nurmi. Hulevesi suodattuu nurmen juuristossa ja suodatuskerroksessa ennen kuin se päätyy salaojaan, josta se virtaa viivytettynä ja suodatettuna purkuvesistöön. Tämä koskee erityisesti sateen alussa virtaavia likaisimpia vesiä. Rankan sateen aikainen myöhempi, yleensä puhtaampi sadevesi virtaa ojan pinnassa. Jos pohjamaa on vettä läpäisevää, osa suodatuskerrokseen imeytyneestä vedestä imeytyy suodatettuna pohjaveiteen.

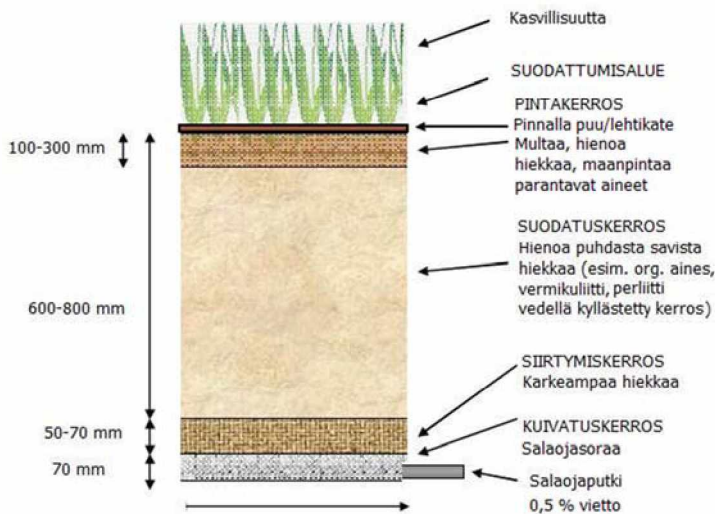
Ratkaisu ei välttämättä vaadi tavanmaista leveämpää sivuojaa. Suodatinkerroksen vettä läpäisevä materiaali on tavallisesti hiekkaa tai moreenia, jonka hienoainespitoisuus on 6...20 %. Kerroksen vähimmäispaksuus on 0,5 m, kun ojaan kallistetun päällysteen leveys on enintään 5 m ja 0,7 m, kun ojaan kallistettu päällysteen osa on leveämpi. Leikkauspohjan muotoilussa, luiskatäytön materiaalivaatimuksissa ja rakenteen kuivatustarpeen arvioinnissa noudatetaan **Tierakenteen suunnittelu**-ohjetta.



Kuva 1. Kaksikerroksisen sivuojan rakenne.

### 2.2.3 Biosuodatusalue

Biosuodatusalue toimii samalla periaatteella kuin kaksikerroksinen oja. Alue on kuitenkin leveämpi eikä välttämättä tien vieressä. Leveällä alueella on mahdollisuus toteuttaa rakenne useampana kerroksena.



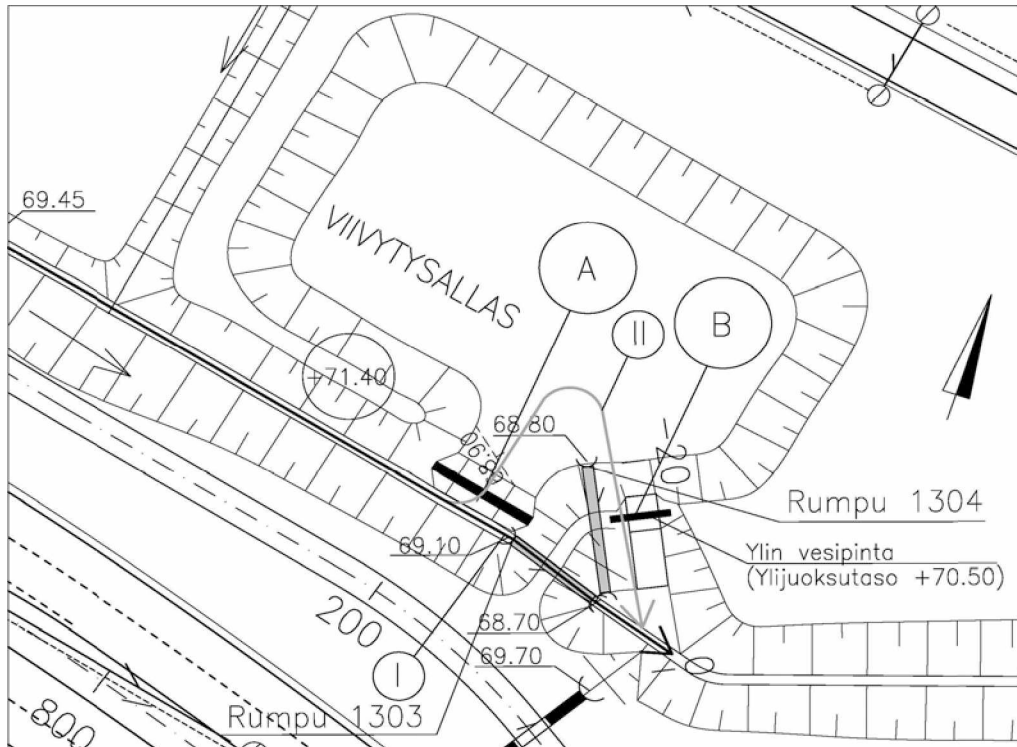
Kuva 2. Esimerkki biosuodatusalueen rakenteesta (kuva SYKE)

Biosuodatusalueiksi soveltuvat kaikki tien varsien painanteet ja ajoratojen väliset viheralueet, kun varmistetaan, että ei ole riskiä veden päätyemisestä väylärakenteisiin. Biosuodatuksessa voidaan hyödyntää pensaita, puita ja muuta kasvillisuutta ja niiden tuottamaa maaperän mikrobitoimintaa paremmin kuin kaksikerroksisessa ojassa. Kasvillisuus tehostaa imeytymistä sekä haihduttaa hulevesiä. Kasvillisuuden sijaan vaihtoehtona on myös lisätä painanteen pintaan puukatekerros, jolloin tehostetaan puhdistustoimintaa. Kasvillisuuden tulee olla kosteassa viihtyvää ja monilajista, kerroksellista ja korkeudeltaan vaihtelevaa. Helposti juuriaan syvälle levittäviä kasveja ei saa istuttaa salaojien kohdalle, sillä ne saattavat tukkia salaojan. Salaojituksella estetään pitkäaikainen lammikoituminen ja edistetään puhdistustoimintaa talviaikaan. Salaojien puhdistamista varten tarvitaan huoltoputki.

#### 2.2.4 Viivytytys- ja -laskeutusaltaat

Viivytyksaltaan suunnittelun lähtökohdaksi on, että suurempien rankkasateiden ja sulamiskauden vedet tulevat altaaseen, josta ne virtaavat pois ahtaamman putken tai uomien kautta. Vähäisempien sateiden vedet mahtuvat virtaamaan sellaisenaan altaan läpi tai ohi. Suuremmat altaat mitoitetaan niin, että viiden tai kymmenen vuoden välein toistuvan sateen vedet mahtuvat altaaseen. Käytävissä olevasta tilasta riippuen on suositeltavaa tehdä useampia pienempiä altaita, jotka mitoitetaan kolmen tai viiden vuoden välein toistuvan sateen mukaan.

Laskeutusallas suunnitellaan niin leveäksi ja syväksi, että veden virtausnopeus laskee niin pieneksi, että maa- ja likahiukkaset laskeutuvat altaan pohjaan, josta ne tarvittaessa kerätään pois. Altaan tulee olla riittävän pitkä. Mitoitus on esitetty ohjeessa **Pohjaveden suojaus tien kohdalla**.



Kuva 3. Esimerkki moottoritien rampin välialueelle toteutetusta virtaamia tasaa- vasta viivytysaltaasta, viivytysaltaan toiminta: Ojan vesipinnan noustes- sa vesi pääsee viivytysaltaaseen ojan reunalla olevan padon A yli. Kun virtaamat pienentyvät, altaan vesipinta laskee. Kun virtaamat ovat suu- ria ja allas täyttyy, altaaseen rakennettu ylijuoksutuspato B päästää ve- det ohitseensa ojaan. Musta vahvistettu nuoli kuvaa veden ensisijaista (I) kulkureittiä suoraan rummun 1303 kautta. Harmaa nuoli esittää veden reittiä ylivirtaaman aikaan viivytysaltaan kautta. Rumpua 1304 tarvi- taan, kun allas halutaan tyhjentää kokonaan.

Viivytysaltaille ja biosuodatusalueille tulee laatia kunnossapitoa varten ohjeet ja määrittää kunnossapidon vastuutahot, jotta taataan järjestelmien pitkäaikainen toi- mivuus.

### 2.2.5 Toimenpiteet pohjavesialueilla

Pohjaveden suojauksen tarpeellisuus määritetään maantieverkolla **Pohjaveden suo- jaus tien kohdalla** -ohjeen avulla. Rataverkolla pohjavesisuojauksen tarpeellisuuden arviointi perustuu pohjavesialueiden valtakunnallisen riskikartoituksen mukaiseen arvoluokitukseen ja tapauskohtaiseen riskianalyysiin, joka tehdään yhdessä alueelli- sen ympäristöviranomaisen (ELY:n) kanssa. Pohjavesisuojauksen ollessa tarpeellinen, tulee suojaus ulottaa koko ratarakenteen alle, kuten on esitetty ohjeessa **Rataverkon pohjavesialueiden riskienhallinta**.

Pohjavesialueella toimenpiteet riippuvat pohjavesialueen merkityksestä ja tieltä tule- vien vesien laadusta. Mikään ratkaisu ei ole ongelmaton:

- jos tehdään luiskatiiviste, pohjaveden kertyminen vähenee
- jos ei tehdä luiskatiivistettä, veden suolat ja onnettomuuden seurauksena syntyvät päästöt voivat päästä pohjaveteen.

### 2.2.6 Imeytysmenetelmän käyttö

Jos maantien hulevedessä ei ole pohjavesiesiintymän sietokykyyn nähden liikaa klorideja, hulevesi voidaan tarvittaessa imeyttää, kun se suodatetaan. Ohjeessa **Pohjaveden suojaus tien kohdalla** on kuvattu tarkemmin, mikä on liian suuri suolarasitus. Liikaa suolaa sisältäviä vesiä ei imeytetä, vaan luiskat tiivistetään edellä mainitun ohjeen mukaisesti. Kun vettä imeytetään pohjaveteen, tien tasausviiva pidetään mahdollisimman ylhäällä, jotta suodattavasta maakerroksesta saadaan riittävän paksu.

Jos säiliöauto-onnettomuusriski on pieni, ja suola korvataan haitattomammalla aineella kuten kaliumformiaatilla, vedet voidaan imeyttää. Kaliumformiaatin käyttö toteutetaan Liikenneviraston ohjeiden mukaisissa tapauksissa. Kaliumformiaatin vaikutuksista on tietoa myös ympäristöhallinnon sivuilla.

Vedet suodatetaan ennen pohjaveteen imeyttämistä tai johtamista herkkään vesistöön kohdan 2.2.2, 2.2.3 tai 2.2.4 mukaisesti. Myös viivytys voi olla tarpeen. Kaksikerroksisen ojan käyttö pohjavesialueella on helppoa, kun pohjavesisuojausten suoja-verhoukseksi valitaan suodatuskerroksen vaatimukset täyttävä materiaali.

Vettä voi olla tarpeen imeyttää pohjamaahan muillakin kuin pohjavesialueiksi merkityillä alueilla, jos pohjavesipinnan lasku aiheuttaa kappaleessa 1.3.2 todettuja riskejä. Imeytystarve tarkistetaan myös silloin, kun vettä läpäisevälle maalle rakennetaan uusi tie tai olemassa olevalle väylälle rakennetaan lisäkaistoja ja vesitiiviit päällysteet vähentävät huleveden imeytymistä pohjavedeksi (kappale 1.3.2). Imeyttämismenetelmien soveltuvuus pitää selvittää ennen imeytyksen suunnittelua.

Imeytys edellyttää hulevesien riittävää puhdistamista suodatusratkaisuja käyttäen. Suurin osa hulevesien kuljettamista haitta-aineista on sitoutuneena kiintoaineeseen. Tämän takia näiden haitta-aineiden poistaminen on suhteellisen helppoa esimerkiksi laskeuttamalla ja suodattamalla. Iso osa kiinteästä lika-aineesta saadaan sitoutumaan ojaluisien pintaverhoiluun. Sen sijaan suolaa ei ole mahdollista suodattaa pois hulevedestä eli jos suolan käyttö on säännöllistä, ei imeyttäminen tule kyseeseen.

Likaantumisriskien pienentämiseksi vedet voidaan imeyttää tien luiskien sijaan myös etäämpänä tiestä esimerkiksi pohjavesialueen reunassa. Tällöin imeytysrakenteiksi voidaan suunnitella sorasaartoja, kivipesiä ja imeytyspainanteita, kuten biosuodatusalueita. Imeytettäessä on aina varmistettava, ettei vesiä johdeta väylärakenteisiin. Imeytysrakenteisiin, etenkin kaivantoihin, tulee liittää esikäsittely kiintoaineen pidättämiseksi, jotta varsinainen imeytymisrakenne ei tukkeudu. Kasvillisuuden peittämät biosuodatusalueet kuten luiskanurmetus, pensasistutukset, eivät vaadi esikäsittelyä.

Väylän sijoittamista maaleikkaukseen ei pidä riskistä huolimatta tarpeettomasti välttää, sillä leikkauksen etuna on, että se vähentää tehokkaasti liikenneväylältä kantautuvaa melua ja leikkaukseen rakennettu tie on suistumisen kannalta muita tasausvaihtoehtoja olennaisesti turvallisempi.



## 2.3 Tulvariskien hallinta

Suurimpien vesimäärien hallittua purkupaikalle johtamista varten suunnitellaan tulvareittejä. Tulvareittitarkastelussa selvitetään huleveden kulkureitit tilanteessa, jossa hulevesijärjestelmien kapasiteetti on ylittynyt. Tulvareittien suunnittelu on osa alueellista kuivatussuunnitelmaa ja se tehdään yhteistyössä kaavoittajien ja ELYn kanssa.

Tulvareittien mitoituksessa käytetään selvästi harvemmin toistuvia rankkasadetilanteita kuin hulevesiviemäriverkoston tai hulevesien hallintajärjestelmien mitoituksessa. Hyväksyttävä tulvimisen toistuvuus valitaan kohteen riskitason perusteella – esimerkiksi kerran 100 tai 200 vuodessa. Tulvareittiä määritettäessä kartoitetaan reitin vaikutusalueen liikenneverkko: tiestön merkittävyys, onko sortumariskiä ja onko kiertomahdollisuutta tulvatilanteessa.

Ilmastonmuutoksen erilaisten säätelijöiden vaikutuksista merkittävimpiä tie- ja rata-verkon kannalta ovat vesistötulvat ja meritulvat sekä niiden aiheuttamat penkereiden ja siltojen sortumat. Erilaisiin liikenneverkon toimintaa uhkaaviin tulva- ja sortumatilanteisiin pitää varautua luokittelemalla ja kartoittamalla riskit eri tulva- ja sortumatyypeille, tietojen käytettävyyden ja päivitysten vuoksi ne pitää myös viedä rekisteriin.

TULVIMISTYYPIT*)	
T1	<b>Vesistötulva:</b> jokien, järvien tai muiden sisävesien aiheuttama tulva
T2	<b>Meritulva:</b> tuulen aiheuttama merivedennousu
T3	<b>Rumpu- tai silta-aukon padotus:</b> aukon alimitoituksesta tai liettymisestä johtuva tukos
T4	<b>Hulevesitulva:</b> viemärin, rummun tai pumppaamon kapasiteetin riittämättömyys tulvatilanteessa
T5	<b>Jäätymistukoksesta aiheutuva tulva:</b> rummun tai silta-aukon jäätyminen
SORTUMATYYPIT	
S1	Sortuma virtauseroosiona tai tierungon/maapohjan kantavuuden heiketessä tulvan vuoksi
S2	Veden virtauksesta johtuva eroosio tien läheisyydessä aiheuttaa sortuman; vesi ei nouse tielle (liukupintasortumat)
S3	Vettyminen aiheuttaa tien kantavuuden menetyksen; vesi ei nouse tielle (rankkasadetulvat, pohjaveden kohoaminen, pumppaamovikojen ja rumputukosten aiheuttamat)
S4	Sillan sortuma tulvan vaikutuksesta (veden nousu tai joen pohjan jäätyminen aiheuttama nousu)

\*)Tulvariskin peruste (ja samalla todennäköisyys, luokka 3 todennäköisin)

3 = historiatieto ja ennustetieto

2 = historiatieto (ilmoitus- tai kokemustieto)

1 = ennustetieto (tulvavaarakartta tms. analyysi)

Tulvakohdan kierrettävyys

9 = selvittämättä

4 = varareitti on olemassa

3 = varareitti on olemassa, mutta jää tulvan alle

2 = varareittiä ei ole määritetty

1 = varareitti ei ole mahdollinen

Tulvariskiä arvioitaessa voidaan käyttää seuraavia lähtötietoja: tulvavaarakartoitus-tiedot, Tulvatietojärjestelmä, Tierekisteri, Siltarekisteri, LK- tietokanta, Maastotieto-kanta, Maalajitiedot, SLICES- maankäyttö ja Liikenneviraston Paikkatietojärjestelmä. Maan- ja vesistönkäyttö selviää yleensä peruskartoista. Yksityiskohtaisen tiedon saa yleis-, asema-, yms. kaavoista ja muista maankäyttösuunnitelmista. Parhaan käsityk-sen saa tutustumalla maastossa silta- tai rumpupaikan ympäristöön.

## 3 Kuivusrakenteiden mitoituksen perusteet

### 3.1 Kokemusperäinen mitoitus

Pienillä valuma-alueilla kuivusrakenteet voidaan mitoittaa suoraan ilman virtaamalaskelmia mm. seuraavissa tapauksissa:

- Viemäröinnin mitoitus, kun valuma-alue on pienempi kuin 0,5 ha
- Sivu- ja laskuojien sekä rumpujen mitoitus kun valuma-alue on pienempi kuin 5 ha. Rumpukoko määritetään yleensä suoraan taulukosta 5. tai 6. Vain poikkeustapauksissa rumpukoon määrittäminen pitää perustua virtaamalaskelmiin, luku 5.4.
- Jos valuma-alue on hyvin pieni (< 1 ha), uoman mitoitus ei perustu virtaamaan vaan mahdolliseen ympäristön kuivustarpeeseen sekä työtekniikkaan ja helppoon kunnossapidettävyyteen. Lisäksi on otettava huomioon uoman vaikutus liikenneturvallisuuteen sekä uoman ulkonäkö.
- Kourujen tai niskaojien mitoitus
- 2-ajorataisten teiden keskialue- tai välialueojien mitoitus.

Kokemusperäisessä mitoituksessa arvioidaan ensin nykyisten rumpukokojen riittävyyttä ja arvioidaan tulevaisuuden mahdollisten suurempien virtaamien vaikutusta rumpukoon suurentamistarpeeseen. Kokemusperäistä mitoitusta käytettäessä on siksi tarkastettava, miten virtaaman kasvaminen 20 %:lla aikaisempaan tilanteeseen verrattuna vaikuttaisi rumpuaukon riittävyyteen. Rumpukokoa valittaessa käydään lisäksi läpi liikennekeskusten raportit, löytyykö niistä mainintaa ”vettä tiellä” ja ”liikenne katkaistu”. Myös ympäristöviranomaisilla on tietoja veden ulottumisesta asutukseen saakka ja ylipäättään tulvariskeistä. Havaitut tulvat otetaan huomioon uusien rumpu- ja silta-aukkojen mitoittaessa, samoin nykyisten kokojen riittävyyttä arvioidaessa. Kokemusperäistä mitoitusta käytetään, kun päätetään nykyisen rummun sujutusmahdollisuudesta tai nykyiselle väylälle uuteen sijaintipaikkaan tulevan rummun kokoa. Kokemusperäisen mitoituksen käytöstä on esitetty tarkemmat ohjeet luvuissa 4. ja 5.

### 3.2 Mitoitusvirtaama

Kuivusrakenteet mitoitetaan joko kokemusperäisen mitoituksen (luvut 3.1, 5. ja 6.) tai laskennallisen mitoituksen (luvut 3.3–3.5, 4. ja 5.) perusteella. Laskennallinen mitoitus on lähtökohtaisesti tarkoitettu uusille väylille neitseellisessä maastossa.

Kuivusrakenteen; avo-ojien, rummun, silta-aukon, putken, tai pumppaamon mitoitusvirtaamana käytetään ylivirtaamaa (HQ), jonka esiintymistodennäköisyys valitaan mitoitettavan rakenteen yläpuolisen maankäytön ja tulvauhan alaisen kohteen tai liikenneväylän luokituksen perusteella. Mitä merkittävämpi maankäyttömuoto tai mitä tärkeämpi liikenneyhteys on ja mitä suuremmat tulvavahingot voisivat olla, sitä harvemmin esiintyvä ylivirtaama on valittava.

Mitoitettaessa rumpua, silta-aukkoa, putkea tai pumppaamoja mitoitusvirtaaman laskeminen aloitetaan valuma-alueen pinta-alan määrittämisellä, luku 3.3. Mitoitusvirtaama voidaan laskea kahdella eri tavalla:

- laskentatapa1: kesäkauden rakkasateiden perusteella, luku 3.4
- laskentatapa 2: lumen kevätsulamisen perusteella, luku 3.5

Mitoitusvirtaaman laskentatapa määräytyy käytännössä valuma-alueen pinta-alan ja maankäytön mukaan, taulukko 1. Rajatapauksissa virtaamalaskelmat tehdään kummallakin laskentatavalla. Kuivatusrakenteet mitoitetaan suuremman mitoitusvirtaaman mukaan.

Taulukko 1. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta valuma-alueen koon perusteella.

Valuma-alueen ala (ha)	Mitoitusvirtaaman laskentavan määritys
< 10	rankkasade
10...100	rankkasade tai lumen sulaminen ..... rakennetuilla ja viemäroidyillä alueilla usein rankkasade
> 100	lumen sulaminen ----- rakennetuilla ja viemäroidyillä alueilla kuitenkin usein rankkasade

### 3.3 Valuma-alueen koon määrittäminen

Mitoitusvirtaaman laskeminen aloitetaan sekä laskentatavassa 1. (rankkasade) että laskentatavassa 2 (lumen sulaminen) valuma-alueen pinta-alan määrittämisellä. Valuma-alueet määrittelyä varten on tunnettava väylän linjaus, rumpujen sijainti ja taksauksen vaikutus sivuojiin. Nykyisestä viemäriverkosta on tunnettava putkiston yleissijainti ja kapasiteetti.

Valuma-alue määritetään seuraavin vaihtoehtoisin menetelmin:

- **Hyvin suurten valuma-alueiden** (pinta-ala  $F$  suurempi kuin 100 km<sup>2</sup>) tiedot saadaan useimmiten alueelliselta ympäristöviranomaiselta (ELY:ltä). **Suurten valuma-alueiden** ( $F = 1...100$  km<sup>2</sup>): pinta-ala määritetään esim. peruskartan 1:25 000 avulla, jollei tietoja saada ympäristöviranomaiselta.
- **Pienten valuma-alueiden** ( $F = 1...100$  ha): pinta-ala määritetään peruskarttaa suurempimittakaavaisten karttojen avulla tai laserskannatusta mallista, mikäli sellainen on käytettävissä. Etenkin tasankoalueilla tilanne on syytä tarkistaa maastokatselmuksella.

- **Hyvin pienten valuma-alueiden** ( $F < 1$  ha): pinta-ala todetaan silmämääräisesti maastossa tai suunnitelmakartan avulla.

Valuma-alueen suuruuden määrittämisessä riittää yksinkertainen pinta-alalaskelma. Valuma-alue määritetään kartan avulla seuraavassa järjestyksessä:

1. Todetaan tutkittavan uomankohdan tai purkautumispisteen oma korkeus. Valuma-alue käsittää tätä korkeammalla olevan maaston osan.
2. Valuma-alueen rajat koostuvat purkautumispistettä lähinnä sijaitsevista vedenjakajista. Selviä vedenjakajakohtia ovat kukkulat ja pienemmätkin kohoumat. Väli- maaston vedenjuoksua arvioidaan korkeuskäyrien avulla. Kussakin maaston pisteessä vesi valuu suurimman kaltevuuden suuntaan eli yleensä kohtisuoraan korkeuskäyriä vastaan. Lisäviitteitä saadaan kartan vesiväylistä, teistä ja muista maastomerkinnöistä.

## 3.4 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 1: Rankkasade

### 3.4.1 Mitoituskaava

Lyhytaikaisen sateen aiheuttama mitoitusvirtaama lasketaan kaavalla:

$Q = \Psi \cdot F \cdot i$	{1}
jossa	
Q = virtaama (l/s),	
$\Psi$ = valumakerroin (-), luku 3.4.2	
F = valuma-alueen pinta-ala (ha), luku 3.3	
i = mitoitusasteen rankkuus (l/s*ha), kuva 5.	

Tämän laskentakaavan lisäksi mitoitusvirtaaman tarkempaan laskemiseen on olemassa ohjelmia, jotka ottavat huomioon valuma-alueen muodosta riippuvan viipymän ja varastoitumisen. Vesimääriä pyritään pienentämään kappaleessa 2 esitettyllä huleveden hallinnalla.

### 3.4.2 Valumakertoimen $\Psi$ määrittäminen

Valumakerroin  $\Psi$  (vaihtelualue on 0...1) kuvaa pintavalumaksi päätyvän sateen osuutta ja ilmaisee, kuinka suuri osa sadannasta on avo-uomia, putkia tai pumppaamoja mitoitettaessa otettava huomioon. Valumakertoimen suuruus riippuu ensisijaisesti valuma-alueen pinnan vedenläpäisevyydestä ja sileydestä, mutta myös alueen kosteusvajauksesta sateen alkaessa sekä sateen kestoajasta ja rankkuudesta. Näistä syistä valumakerroin ei ole vakio vaan vaihtelee saman alueen eri kohdilla ja toisaalta saman sadekuuronkin aikana. Kuivatusjärjestelmän suunnittelussa varaudutaan kuitenkin epäedullisiin tilanteisiin, jolloin maaperä on jo mahdollisimman märkä tai keväällä vielä osittain jäässä. Taulukossa A1 esitetään valumakertoimen ohjearvoja erilaisille pinnoille, kun sadetta on tullut jo jonkin verran (muutama mm)

Rationaalinen menetelmä ei ota huomioon maaston kaltevuudesta tai ojien ja painanteiden varastoimisen aikaan saaman viipymän vaikutusta. Näiden vaikutus pitäisi osata arvioida valumakertoimen suuruutta määritettäessä. Valumakerrointa käytetään vain vesisateesta aiheutuvaa valumaa laskettaessa.

Taulukko A1. Valumakerroin määrittäminen

Pinnan tyyppi	Valumakerroin $\Psi$
katto	0,80...1,00
asfalttipäällyste	0,70...0,90
tien nurmetettu luiska	0,40...0,60
avoin kalliomaasto	0,30...0,50
soratie, soraluiska	0,20...0,50
nurmipintainen piha, puisto	0,10...0,40
niitty, pelto, puutarha	0,10...0,30
suo	0,05...0,15
kumpuileva sekametsä	0,05...0,20
tasainen metsämaasto	0,10...0,10
tasainen sorakenttä	0,00...0,05

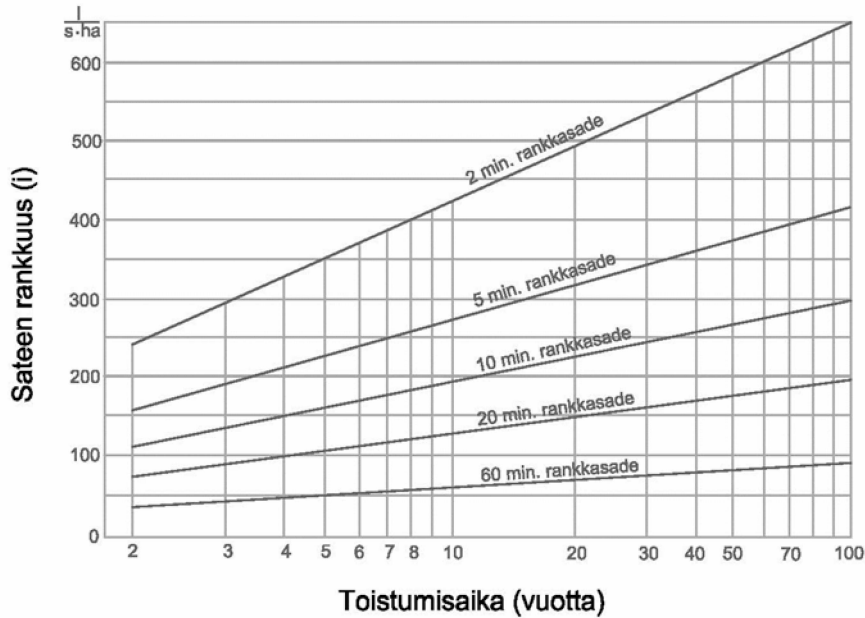
Taulukon A1 lukuarvojen vaihtelualueita käytetään siten, että pienimmät arvot esiintyvät lyhytaikaisissa sateissa (sulan maan aika) ja alueilla, joiden kaltevuus on pieni, mutta pinta sisältää notkoja ja muita epätasaisuuksia. Vastaavasti valumakerrointa suurentaa alueen kaltevuus ja sileäpintaisuus, jolloin maa imee vähemmän vettä sisäänsä. Etenkin metsämaastossa vaihtelut ovat suuret. Täysin läpäisemättömälle pinnalle  $\Psi = 1,0$

Jos valuma-alue koostuu olennaisesti erilaisista osista, lasketaan keskimääräinen valumakerroin pinta-alojen mukaan painotettuna keskiarvona esimerkin 1 mukaisesti. Valuma-alueen koon määrittäminen on esitetty kohdassa 3.3.

### 3.4.3 Mitoitussateen rankkuuden määrittäminen

Mitoitussateen rankkuus määritetään kuvan 4. nomogrammin avulla.

## Rankkasateen voimakkuus Suomessa



Kuva 4. Mitoitussateen rankkuus Suomessa.

Mitoitussateen rankkuuden määrittämistä varten on valittava

- sateen kestoaja, taulukko B1
- mitoitusvirtaaman toistuvuus (toistumisaika), taulukko C1

### 3.4.4 Mitoitussateen kestoaja

Taulukossa B1 annetut **mitoitussateen kestoajat** ovat ohjeellisia. Mitä pidempi on sateen kestoaja, sitä pienempi on sen keskimääräinen rankkuus, ks. kuva 4. Kestoaja valitaan siten, että valuma-alueen laidoillekin satanut vesi ehtii purkautumiskohtaan eli kestoaja suurenee valuma-alueen koon kasvaessa.

Taulukko B1. Mitoitussateen kestoajan määrittäminen

Valuma-alue F (ha)	Mitoitussateen kestoaja (min)
< 2	5
2...5	10
5...20	20
20...100	60

### 3.4.5 Mitoitusvirtaaman toistuvuus

Laskennallisessa mitoituksessa mitoitusvirtaaman toistuvuudella tarkoitetaan, kuinka usein mitoitusvirtaama esiintyy. Esimerkiksi 1/10 tarkoittaa sitä, että virtaama esiintyy keskimäärin 10 vuoden välein.



Taulukossa C1 ja D1 on esitetty arvot **mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinnalle** laskennallisessa mitoituksessa. Taulukko on jaettu minimi- ja tavoitearvoon. Arvot ovat ohjeellisia.

*Taulukko C1. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta, laskentatapa 1 (rankkasade)*

Ylittävä väylä	HQ:n toistumisen tiheys	
	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie, moottoritie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/10
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/5
Seututie	1/10	1/5
Yhdystie	1/5	1/2
Yksityistiet	1/2	1/1

Taulukon C1 soveltamisohjeita:

1. Uusien väylien rumpujen mitoituksessa ja tilanteen salliessa tai olosuhteiden muuttumisen sitä vaatiessa, myös nykyisten väylien rumpuja uusittaessa käytetään tavoitearvoa.
2. Tavoitearvoa pienempi mitoitus voi tulla kysymykseen, jos tasausviiva tai muu syy nostaisi kustannuksia huomattavasti tai ympäristön rakenteiden kannalta mahdottomaksi ja veden pinnan nousun seurauksena syntyvät riskit eivät olisi erityisen suuret.
3. Nykyisiä rumpuja uusittaessa tai rakennettaessa toinen väylä vanhan väylän viereen voidaan käyttää nykyistä mitoitusta, jos se on osoittautunut riittäväksi ja voidaan arvioida, että 20 % nykyistä suurempivesimäärä mahtuisi rummista. Tällöinkään ei saa alittaa laskennallisen mitoituksen minimiarvoa.
4. Jos tavoitearvo on helppo saavuttaa rummun uusimisen yhteydessä, on suositeltavaa valita tavoitearvo. Tavoitearvo perustuu SYKE:n Silta- ja rumpulausuntojen opas -luonnoksessa esitettyihin perusteisiin.

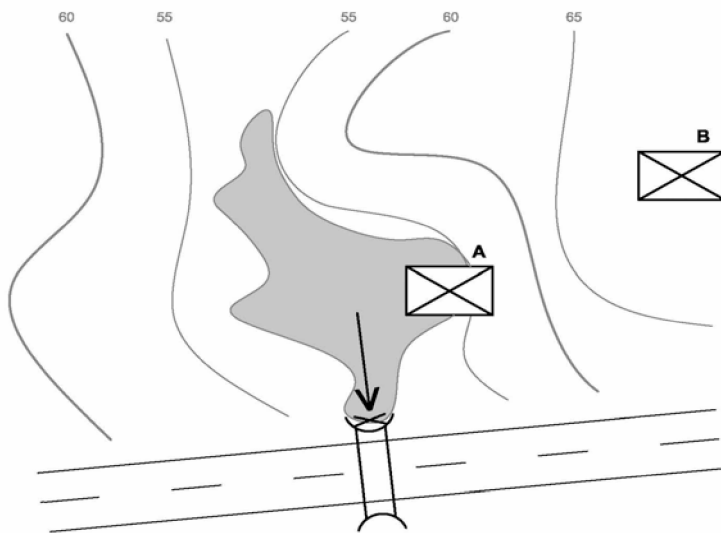
Sadevesiviemäriä mitoitettaessa tavoitearvo on 1/10, minimi 1/5, ajokaistojen osalta tavoitearvo on taajamien pääväylillä 1/20, minimi 1/5. Viemäriverkoston myöhemmät laajennukset otetaan kuitenkin huomioon.

Rautateiden ja moottoriteiden silta-aukot ja rummut mitoitetaan ylivirtaamalla HQ1/100, jotteivät suurten tulvien aikana liikenneyhteydet katkea tie- tai ratarakenteiden sortumisen takia. Suurten satamien ja liikenneterminaalien liikenneyhteydet rinnastetaan valta- ja kantateihin. Olemassa olevien ratarumpujen koko voi rumpua uusittaessa säilyä entisellään, mikäli kohteella ei ole havaittu tulvimisongelmia.

Taulukkoa D1 noudatetaan, kun on riski veden nousemiselle arvokkaille alueille. Rakenusten korkeusaseman vaikutusta riskinarviointiin on havainnollistettu kuvassa 5. Taulukko pohjautuu suoraan SYKE:n Silta- ja rumpulausuntojen opas -luonnokseen.

Taulukko D1. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta mitoittaessa rumpua, kun on todettu riski veden nousemiseen tulvimistilanteessa rakennukseen saakka.

Sillan tai rummun ylävirranpuoleinen tulvauhan alainen kohde	HQ:n toistuvuus
Taajama, merkittäviä rakennuksia tai rakenteita	1/100
Erityisen arvokkaita asuin- tai hoitokäytössä (sairaalat, hoitolaitokset) olevia rakennuksia tai vaikeasti evakuoitavia kohteita.	1/250*
*)Mitoitussadetta ei ole esitetty kuvassa 6, vaan se on määritettävä paikallisesti tarkempien tietojen pohjalta. Tietoja voi kysyä paikalliselta ELY-keskukselta.	



Kuva 5. Taulukkoa D1 sovellettaessa vain mahdollisen tulvan vaikutuspiirissä olevat rakennukset (A) otetaan huomioon. Selvästi vesiuomaa korkeammalla olevat rakennukset (B) eivät vaikuta mitoittamiseen.

Pumppaamon mitoituksen vesimääriä arvioitaessa tehdään arviointi, miten laajalle alueelle vesi nousee silloin, kun pumppaamo ei toimi ja mitä haittoja tulvimisesta on.

#### Esimerkki 1.

Kantatien laskuojan valuma-alue ( $F = 18$  ha) käsittää tasaista sekametsää 13 ha ja peltoa 5 ha. Harvoin esiintyvistä tulvista ei tien lähistöllä todennäköisesti synny olennaista haittaa. Kuinka suuri on rankkasateen aiheuttama mitoitusvirtaama?

Ratkaisu: Arvioidaan sekametsän valumakerroimeksi  $\psi_1 = 0,07$  (taulukko 1; maaston tasaisuus pienentää valumakerrointa) ja pellon  $\psi_2 = 0,15$ . Keskimääräinen valumakerroin on silloin:

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

Mitoitussateen kestoajaksi otetaan pinta-alan perusteella 20 min. Tien luokan ja vähäiseksi arvioidun tulvahaitan perusteella oletetaan toistumisajaksi 2 vuotta. Kuvasta saadaan mitoitusateen rankkuudeksi  $i = 73 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ . Virtaaman suuruudeksi muodostuu:

$$Q = 0,09 \cdot 18 \cdot 73 \text{ l/s} = 120 \text{ l/s}$$

Jos laskelmaan sisältyy epävarmuutta (lähinnä valumakertoimen osalta), voidaan käyttää vaihtoehtoisia lukuarvoja. Pienet erot eivät useimmiten muuta itse rakennetta.

## 3.5 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 2: Lumen sulamisvirtaama

### 3.5.1 Laskentakaava

Lumen ja rännän sulamisesta syntyvä ylivaluma määritetään suoraan valuma-alueen koon perusteella. Lumen sulamisen tuottama ylivirtaama on mitoittettava yleensä aina, kun valuma-alue on suurempi kuin 100 ha (1 km<sup>2</sup>), lukuun ottamatta rakennettujen alueiden viemärintiä. Jos alueen valumakerroin on pieni (esim. metsämaastossa), voi mitoitusvirtaama syntyä lumen sulamisesta jo huomattavasti alle 100 ha pinta-alalla.

Lumen sulamisen tuottama virtaama lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot H_q \quad \{2\}$$

jossa

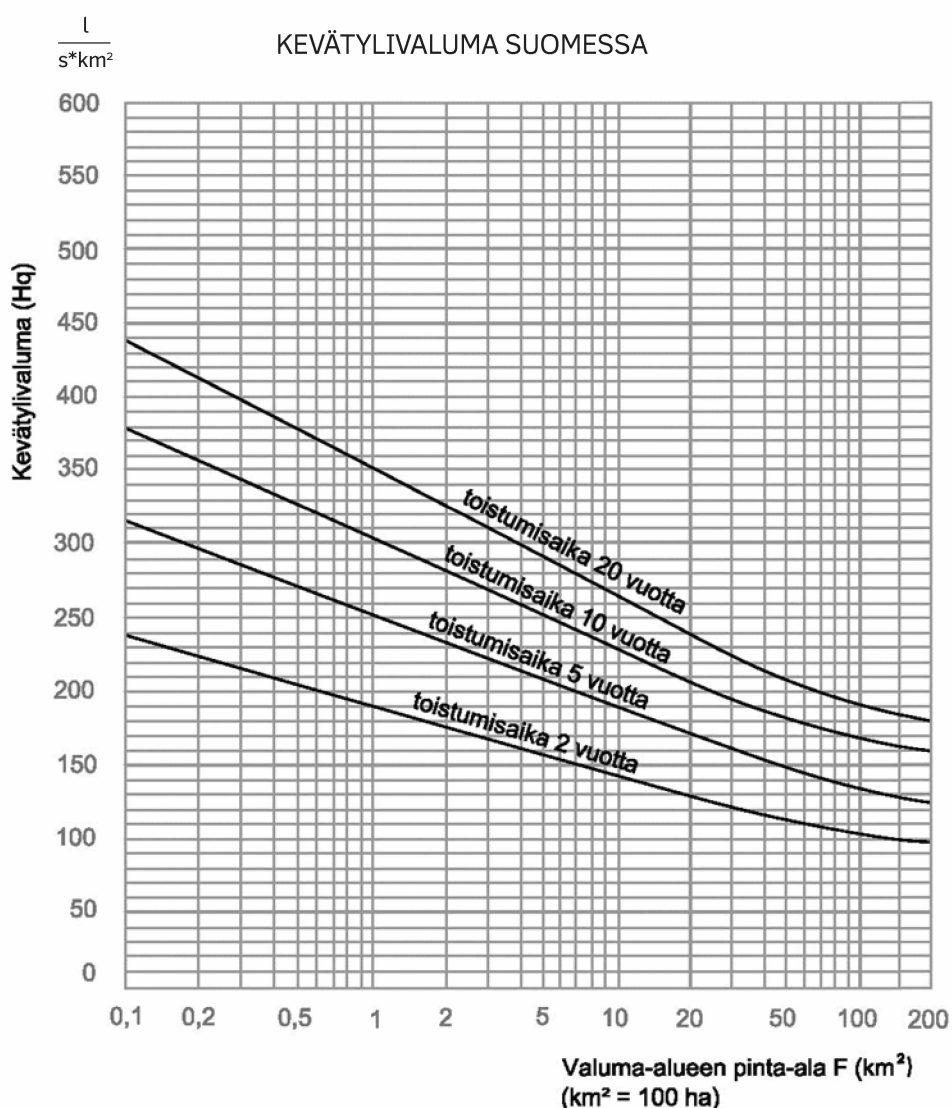
Q = virtaama (l/s),  
k<sub>J</sub> = järvisyyskerroin (-),  
k<sub>M</sub> = metsäojituskerroin (-)  
k<sub>P</sub> = peltoisuuskerroin (-),  
F = valuma-alueen pinta-ala (km<sup>2</sup>),  
H<sub>q</sub> = kevätylivaluma (l/s · km<sup>2</sup>)

Valuma-alueen koko F määritetään kohdan 3.3 mukaisesti ja sen pinta-ala ilmaistaan käytännöllisimmän km<sup>2</sup>:na.

### 3.5.2 Kevätylivaluman H<sub>q</sub> määrittäminen

Kevätylivaluma H<sub>q</sub> määritetään kuvan 6. avulla ottamalla huomioon:

- valuma-alueen koko
- ylivaluman todennäköinen esiintymistäajuus.



Kuva 6. Lumen sulamisen aiheuttama kevätylivaluma. Pohjois-Pohjanmaalla ja Lapissa Hq kerrotaan kertoimella 1,3.

Taulukko A2. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta laskentatavassa 2 (lumen sulaminen).

Suunnittelukohte	HQ:n toistuvuus	
	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/20
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/10
Seututie	1/15	1/5
Yhdystie	1/10	1/5
Yksityistiet	1/2	1/1

Kerran 50 vuodessa toistuva kevätylivaluma on 10 % suurempi kuin kerran 20 vuodessa toistuva. Vastaavasti kerran 100 vuodessa toistuva kevätylivaluma on 15 % suurempi kuin kerran 20 vuodessa toistuva..

Jos mahdollinen kevättulva aiheuttaa pitempiaikaisen ja usein suuremman haitan kuin kesän rankkasade, otetaan kevätylivalumalle pitempi toistumisaikaväli. Se voi olla tien tai radan ja sen ympäristön merkityksestä riippuen 2...20 vuotta taulukon A2 mukaisesti. Tavoitearvo on määritetty vastaavasti kuin taulukossa C1 eli arvo perustuu SYKEN Silta- ja rumpulausuntojen oppaaseen. Putkisiltoja ja tärkeitä maantierumpuja mitoitettaessa käytetään yleensä toistumisaikaa 20 vuotta kuvan 6. mukaisesti.

### 3.5.3 Järvisyys-, metsäojitus- ja peltoisuuskertoimet

Lumensulamisesta aiheutuvaa mitoitusvirtaamaa laskettaessa kevätylivalumaa korjataan järvisyydestä, metsäojituksesta ja peltoisuudesta johtuvilla kertoimilla.

Jos valuma-alueen järvisyysprosentti (järvipinnan osuus koko valuma-alueesta) on suurempi kuin 1 %, kevätylivaluma pienentyy taulukossa B2 esitetyn järvisyyskerroimen  $k_J$  mukaisesti.

Taulukko B2. Järvisyyskerroin

Järvisyysprosentti (%)	Kerroin $k_J$
1	1,0
5	0,7
10	0,4
15	0,3
20	0,2

Jos alueella on tai sille on suunniteltu metsäojituksia, joiden hyötyala käsittää vähintään 10 % koko valuma-alueesta, kevätylivaluma suurentuu taulukossa C2 esitetyn metsäojituskertoimen  $k_M$  mukaisesti.

Taulukko C2. Metsäojituskerroin

Metsäojitusalan osuus koko valuma-alueesta (%)	Kerroin $k_M$
< 10	1,00
10	1,05
20	1,10
30	1,15
40	1,20
50	1,25

Jos valuma-alueesta vähintään 50 % on peltoa, kevätylivaluma suurentuu taulukossa D2 esitetyn peltoisuuskertoimen  $k_P$  mukaisesti.

Taulukko D2. Peltoisuuskerroin

Pellon osuus koko valuma-alueesta (%)	Kerroin $k_P$
< 50	1,0
50	1,1
60	1,2
70	1,3
80	1,4
90	1,5
100	1,6

Näissä olosuhteissa mitoitusvirtaama syntyy lumen sulamisesta. Lähtötaksumat vaikuttavat tuntuvasti kummankin virtaamalajin lukuarvoihin. Esimerkissä 2 on esitetty, miten mitoitusvirtaama valitaan rumpuaukon, viemärin tai pumppaamon mitoittamista varten. Olemassa olevilla teillä suositellaan mitoitusta tehtäessä hyödyntämään kokemuseräistä tietoa: nykyisten rumpujen aiheuttamista tulvista ja tulvimi-sesta aiheutuneista vahingoista sekä nykyisen kunnossapitotarpeen määrästä.

### Esimerkki 2.

*Pohjois-Suomessa sijaitsevan järvettömän peltoalueen valtaojan valuma-alue on tielinjan kohdalla suuruudeltaan 0,55 km<sup>2</sup>. Kumpi aiheuttaa mitoitusvirtaaman: lumen sulaminen vai kesän rankkasade?*

*Lumen sulamisen ylivaluma saadaan kuvasta 6 kun toistumisajaksi otetaan pellon tasaisuuden vuoksi 10 vuotta:  $Hq = 1,3 \cdot 320 = 420 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . Ylivirtaama lasketaan kaavalla:*

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot Hq \\ = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 0,55 \cdot 420 \text{ l/s} = 370 \text{ l/s}$$

*Tarkistuslaskenta rankkasateen perusteella:*

*Rankkasateen toistumisajaksi voitaneen sallia pienempien häittojen vuoksi 2 vuotta ja kun kestoajaksi otetaan pinta-alan perusteella 60 min, saadaan kuvasta 4 sateen rankkuudeksi  $i = 34 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ . Valumakertoimeksi arvioidaan taulukosta 1:  $\Psi = 0,15$ . Sateen tuottamaksi ylivirtaamaksi muodostuu:*

$$Q = \Psi \cdot F \cdot i = 0,15 \cdot 55 \cdot 34 \text{ l/s} = 280 \text{ l/s}$$

*Myös riskianalyysin perusteella todettiin, että laskentatavaksi valitaan suuremman virtaaman antava sulamisvirtaama (laskentatapa 2).*

## 4 Pintakuivatuksen suunnittelu

### 4.1 Yleistä

Pintakuivatuksella estetään veden keräytyminen tien tai radan pinnalle ja vierialueille ja poistetaan sinne jo kertyneet vedet. Käytettävät keinot ovat maantien ja kevyen liikenteen väylän riittävästä sivukaltevuudesta huolehtiminen, sivuojien vietto ja rumpujen kunnossa pitäminen.

Ympäristön kuivatus ei samalla saa huonontua tai vaikeutua. Pintavesien poisto edellyttää riittävän suuria sivukaltevuuksia, koska päällysteen kuluminen, uudelleenpäällystykset, tien painuminen sekä tien reunoille ja ojiin kertyvä hiekka, kasvillisuus ja muut tukokset huonontavat kuivatustehoa vuosien mittaan. Kaikkien kuivatusjärjestelyjen tulisi olla toimintavarmoja ja vähähoitoisia sekä soveltua koneelliseen kunnossapitoon.

Pintakuivatuksen toimivuuden tärkeys on korostunut lähivuosina sulan kauden pitkitymisen myötä. Jos päällystetyllä tiellä ei ole riittävä sivukaltevuutta, on helposti seurauksena päällysteen reikiintyminen. Sorateillä heikko sivukaltevuus edistää pintakelirikkoa. Mikäli teiltä ei poisteta reunapalteleita, lumet kerääntyvät tien reunalle ja aiheuttavat sulana aikana vesien lammikoitumista.

### 4.2 Avouoman mitoitus

#### 4.2.1 Avouomien hydraulinen mitoitus

Hydraulisella mitoituksella tarkistetaan, että aiottu uoman koko on vesimäärien kannalta sopiva. Toissijaisena tietona saadaan virtauksen nopeus uomassa.

Mitoituslaskelmien tarve riippuu lähinnä valuma-alueesta kohdan 3.1. mukaisesti.

Hydraulinen mitoitus tapahtuu kaavalla

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

jossa

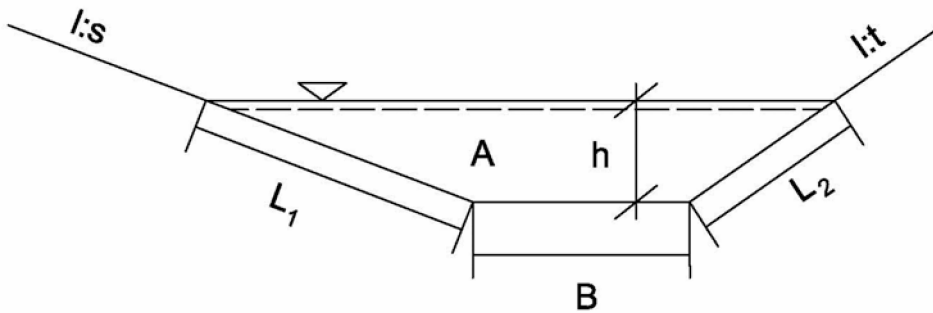
- Q = virtaama (m<sup>3</sup>/s)
- A = veden poikkipinta-ala (m<sup>2</sup>)
- R =hydraulinen säde (m)
- J = uoman pituuskaltevuus (-)
- n = uoman seinämän hankauskerroin (-).

Hankauskerroin n riippuu uoman seinämien sileydestä ja tasaisuudesta sekä veden syvyydestä. Laskelmissa voidaan käyttää taulukon 2 mukaisia likimääräisarvoja. Hankauskerroin on sitä suurempi, mitä karkeampi on uoman pinta ja mitä pienempi on sen vesisyvyys.

Taulukko 2. Virtauslaskelmissa käytettäviä hankauskertoimien arvoja.

UOMAN LAATU	HANKAUSKERROIN
sora ja hiekka	0,020...0,030
savi ja siltti	0,025...0,040
tasainen ruoholuiska	0,040...0,070
epätasainen ruoholuiska	0,070...0,120
luonnonuoma, paljon kasvillisuutta	0,080...0,150
asfalttipinta	0,013...0,016
betonikouru	0,013...0,018

Hydraulinen säde  $R$  tarkoittaa veden poikkipinta-alaa jaettuna märällä piirillä  $= A/P$ . Aivan matalassa uomassa, esimerkiksi tien pinnalla hydraulinen säde vastaa likimain veden syvyyttä.

Kuva 7. Hydraulisen säteen ( $R$ ) ja märkäpiirin ( $P$ ) laskeminen avouomassa.

Hydraulinen säde

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

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

Jos  $B = 0$  ja  $t = s$ , saadaan

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

Märkäpiiri  $P$  voidaan myös mitata uoman poikkileikkauksesta.

Kun hydraulisen mitoituksen kaavassa veden syvyys  $h$  vaikuttaa sekä poikkipinta-alaan  $A$  että hydrauliseen säteeseen  $R$ , yhtälö ratkaistaan käytännöllisimmin kokeilemalla eri vedensyvyyden arvoja. Jos on tarpeen laskea veden virtausnopeus, se saadaan kaavalla  $v = Q/A$ . Virtausnopeutta tarvitaan eroosioriskin määrittämisessä.



### Esimerkki 3.

*V-muotoisen ojan sisäluisikan kaltevuus on 1:6 ja ulkoluisikan 1:2. Pituuskaltevuus  $J = 1,5\%$  ( $= 0,015$ ) ja nurmetettavan ojanpohjan hankauskerroimeksi arvioidaan  $n = 0,050$ . Mitoitusvirtaama  $Q = 90$  l/s. Mikä on veden suurin syvyys ja virtausnopeus?*

#### **Ratkaisu:**

*Veden poikkipinta-ala  $A = 4 \cdot h^2$*

*Märkäpiiri  $P = h \cdot (\sqrt{1 + 6^2} + \sqrt{1 + 2^2}) = 8,32 \cdot h$*

*Hydraulinen säde  $R = \frac{A}{P} = 0,48 \cdot h$*

*1. koe:*

*Otaksutaan  $h = 0,30$  m. Tällöin  $A = 0,36$  m<sup>2</sup> ja  $R = 0,14$  m.*

*Mitoitusyhtälö antaa:  $Q = \frac{0,36 \cdot 0,14^{2/3} \cdot 0,015^{1/2}}{0,050} = 0,24$  m<sup>3</sup>/s*

*Laskettu virtaama on liian suuri, joten  $h$  täytyy pienentää.*

*2. koe:*

*Otaksutaan  $h = 0,20$  m. Tällöin  $A = 0,16$  m<sup>2</sup> ja  $R = 0,096$  m*

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

*Laskettu virtaama on hiukan liian pieni.*

*3. koe ja lopputulos:*

*Interpoloiden saadaan  $h = 0,21$  m, jolloin laskettu virtaama  $Q = 0,090$  m<sup>3</sup>/s = 90 l/s eli lähtötilanteen mukainen. Veden virtausnopeus  $v = Q/A = 0,090/0,17 = 0,53$  m/s.*

*Veden suurin syvyys jää varsin pieneksi (0,21 m), vaikka mitoitusvirtaama 90 l/s edellyttää useiden hehtaarien suuruista valuma-aluetta.*

## 4.3 Pintakaltevuuksien järjestely

### 4.3.1 Ajoradan ja pientareen kaltevuudet

Tien pintakaltevuuksien järjestelyllä pyritään satava tai sulava vesi poistamaan välittömästi tien pinnalta, jotta syntyvä vesikalvo ei muodostu haitallisen paksuksi. Kuivatuksen tulisi säilyä tyydyttävänä myös vuosien mittaan päällysteen urautuessa ja tien pinnan painuessa. Suoralla tien osalla käytetään eri päällystetyypeillä taulukon 3 mukaisia sivukaltevuuksia.

Taulukko 3. Ajoradan sivukaltevuus suoralla tiellä.

Päällystetyyppi	Sivukaltevuus %
AB, SMA, PAB-B	3,0
Valuasfaltti	3,0
Pintaukset	3,0
PAB-V	4,0
Sora	5,0

Pehmeikköosuuksilla tai muissa kohdissa, joissa tien tuntuva painuminen on todennäköinen, käytetään 0,5...1,0 prosenttiyksikköä suurempia sivukaltevuuksia kuin taulukossa 3. Tämä lisäys ei kuitenkaan koske päällystetyyppejä PAB-V eikä sorateitä.

Tietä uudelleen päällystettäessä voidaan käyttää 0,5...1,0 prosenttiyksikköä pienempiä sivukaltevuuksia kuin taulukossa 3, mikäli tämä pienentää massamenekkiä tai tuottaa muuta olennaista hyötyä. Sivukaltevuuden pienenemistä ei kuitenkaan sallita, jos se aiheuttaa vesien lätäköitymistä ja siitä aiheutuvan riskin liikenneturvallisuudelle.

Sivukaltevuuden määrittäminen kaarreosuuksilla sekä ohjeet pientareen sivukaltevuudesta on esitetty ohjeessa **Tien suuntauksen suunnittelu**.

Niissä kohdissa, joissa ajoradan kuivatus on lähinnä pituuskaltevuuden varassa, kuten kaarevuuden käännepeisteissä sekä reunatuen kohdalla, on pituuskaltevuuden tavoiteltava vähimmäisarvo 1,0 %, poikkeuksellisesti 0,5 %.

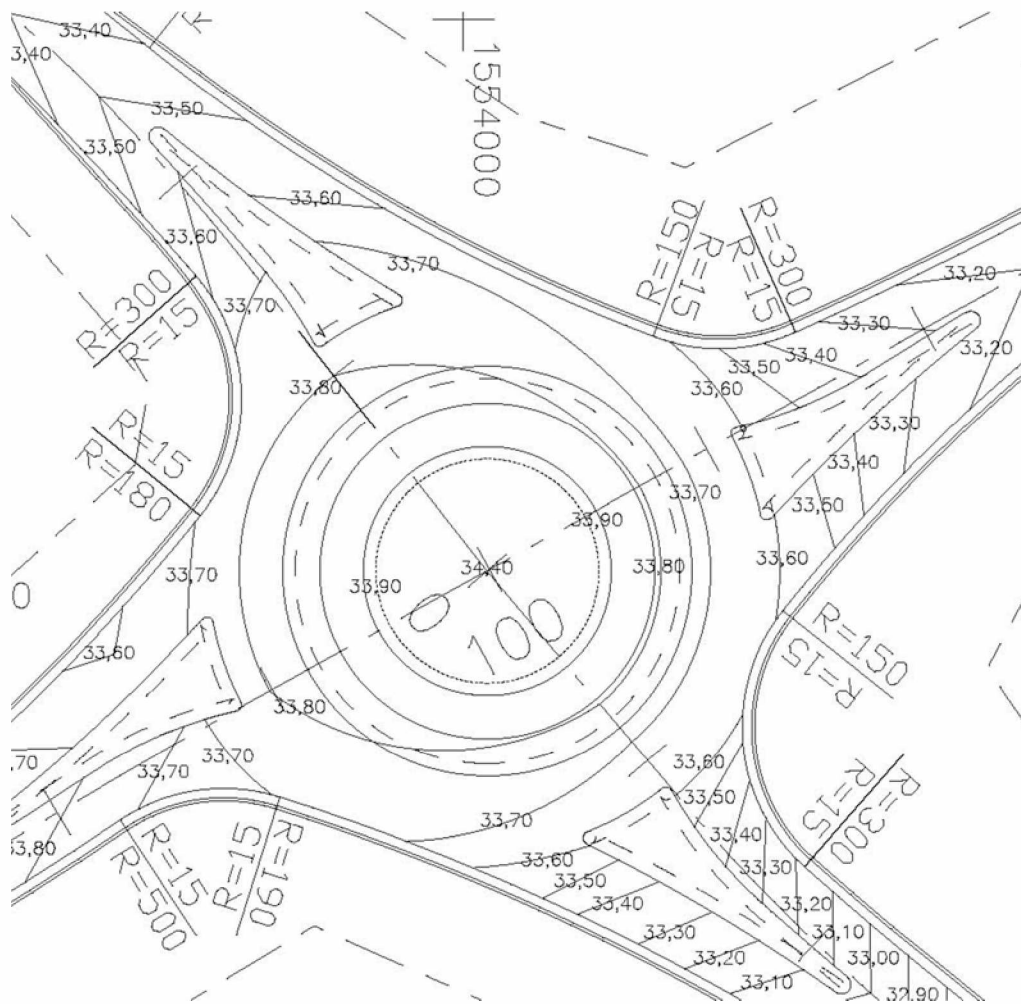
#### 4.3.2 Liittymien kaltevuusjärjestelyt

Liittymäalueilla on viettokaltevuuden tavoitearvo 2 % ja enimmäisarvo 5 %. Vähimmäisarvo saavutetaan pelkkien sivukaltevuuksien avulla, ellei kaarevuuden käännepeiste osu liittymäalueelle ja ellei ajoradan tai -kaistan reunassa käytetä reunatukea. Mikäli riittävän suuria viettokaltevuuksia ei voida muodostaa pintavesien johtamiseksi avo-ojiin, voidaan veden poistoon käyttää imeytyskaivoa tai kaivon lisäksi lyhyttä viemäröintiä.

Jos liittymäalue on laaja, selvitetään pintakuivatustilanne tarvittaessa korkeusviivojen avulla (kuva 8.). Ajoradan pinnan korkeusviivat merkitään liittymäpiirustukseen 0,1 m pystyväleihin. Jos kaltevuudet ovat hyvin pieniä, merkitään viivat 0,05 m välein. Veden valumissuunta on kohtisuoraan korkeusviivoja vastaan. Korkeusviivojen vaa-kaetäisyys osoittaa viettokaltevuuden suhteellisen suuruuden ja mahdolliset kuivatusvaikeudet.

Kanavoiduissa liittymissä on erityistä huomiota kiinnitettävä korotettujen liikennesaarekkeiden lähimmän ympäristön kuivatuksen. Vesi ei saa lätäköityä, vaan viettokaltevuutta on oltava 2 % ja veden on voitava purkautua tien reunan ylitse tai saarekkeen viereen tehtävän sadevesikaivoon.

Kuivatuksen kannalta on edullista, jos liittyvä tie on päätieta alempana. Jos sivutie viettää päätielle päin, pyrkii lumen sulamisvesi valumaan päätielle lumivallien estäessä veden poistumisen sivulle. Virtauksen katkaisemiseksi voidaan sijoittaa laakea kouru tai linjakuivatuskouru päätien suuntaisesti sivuohjauksen kohdalle tai rummun puuttuessa 5...10 m etäisyyteen päätien reunasta.



Kuva 8. Esimerkki liittymän tasauskuvasta. Jos kaltevuudet ovat hyvin pieniä, korkeusviivat piirretään 0,05 m:n välein.

#### 4.3.3 Kevyen liikenteen väylät

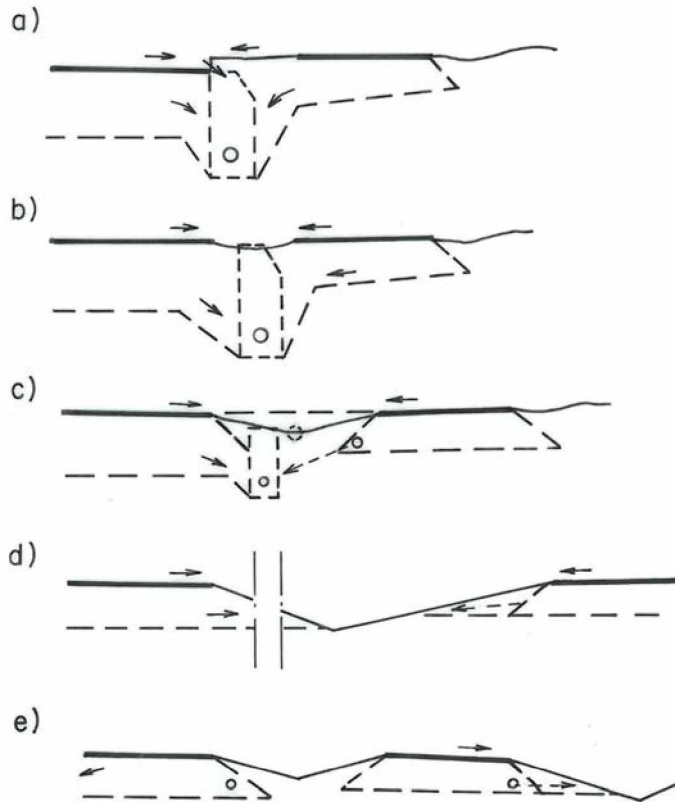
Taulukon 3 arvot sopivat myös kevyen liikenteen väylille. Routimattomalla pohjamaalla voidaan käyttää 0,5...1 % pienempää, pehmeikön päällystetyillä teillä 0,5...1 % suurempaa kaltevuutta.

Kevyen liikenteen väylien kuivatus on suositeltavaa hoitaa salaojain, sillä usein liian syviksi suunnitellut sivuojat saavat aikaan leveitä pituushalkeamia kapeiden väylien keskiosaan. Alikulkuihin johtavilla väylillä on suunnittelun aikana erityisen tärkeää määrittää tarkat maalajien rajat ja pohjaveden pinnan korkeus, jotta epätasaisen routimisen riskit saadaan mahdollisimman pieniksi. **Tierakenteen suunnittelu-** ohjeessa on tarkemmin kuvattu routimisen huomioon ottaminen kevyen liikenteen väylien rakenteen ja kuivatustason suunnittelussa.

Kevyen liikenteen teiden pintakaltevuuksina käytetään suunnilleen samoja arvoja kuin muilla teillä: asfalttibetonilla yleensä 3,0 % ja kivituhkalla 4 %. Pehmeiköillä ja koverissa taitteissa kaltevuutta suurennetaan 0,5...1,0 % -yksikköä ja routimattomilla

pohjamailla voidaan käyttää hiukan pienempää arvoa. Kaarre ei vaikuta sivukaltevuu-  
teen.

Kevyenliikenteen väylä tulee yleensä maantien viereen, ja väylien kuivatus on suunnit-  
teltava toimimaan yhdessä.



Kuva 9. Kevyen liikenteen kuivatusvaihtoehdot

a) Pintavedet johdetaan korotetulta jalkakäytävältä ja sen tasossa olevalta keskialueelta ajoradan sadevesiviemäriin. Ratkaisu sopii erityisesti taajamiin. Myös tontin reunalta valuu yleensä jonkin verran vesiä jalkakäytävälle, ellei jalkakäytävä ole hiukan tonttia ylempänä. Jalkakäytävän rakennekerroksista vajovedet valuvat viemäriin täytteen läpi salaojan kautta viemäriin.

b) Keskialueelta johdetaan erillisen kevyen liikenteen tien ja autotien pintavedet. Kappeilla (< 4 m) välialueilla ojanteen syvyys jää pieneksi. Tällöin vesi johdetaan pois kaivojen ja viemäriin kautta. Kaivovälistä tulee yleensä niin lyhyt, että tarvitaan viemäri koko matkalle. Rakennekerrokset a) multa, b) hiekka, jossa savea 5 % ja c) sora kuivatetaan viemäriin liitettyllä salaojalla. Lyhyillä tonttiliittymien väliin jäävillä välialueosuuksilla pintavedet voidaan johtaa kaivon sijasta sorasilmäkkeellä tai salaojalevyllä salaojaputkeen.

c) Keskialueelle johdetaan sekä kevyen liikenteen että autotien pintavedet. Pintakuivatuksen kannalta 0,5 m syvyinen välialueen ojanne on hyvä. Tällöin vedet voidaan johtaa tonttiliittymien tai kevyen liikenteen tien ali rummuin (yleensä 300 mm), jos ei haluta käyttää ulkonäkösysteistä kaivoa ja viemäriä. Rakennekerrokset kuivatetaan salaojin.

*d) Leveälle (> 10m) keskialueelle voidaan tehdä niin syvä oja, että teiden pintavedet ja rakennekerrosten vajovedet voidaan johtaa välialueelle. Välialueelta vedet johdetaan rumpujen kautta pois sopivissa kohdissa.*

*e) Ympäröivien peltojen kuivatus tai muu syy vaatii usein syvän sivuojan kevyen liikenteen väylän viereen. Jos kevyen liikenteen väylän ja ympäröivän maankäytön väliin tehdään syvä sivuoja tai penkereen luiska, voidaan ajoradan pintavedet johtaa reuna-tuen viereen kuten vaihtoehtoissa a tai keskialueelle, kuten vaihtoehtoissa b...d. Niistä vesi johdetaan kevyen liikenteen väylän ali viemäriin tai rummun kautta. Halkaisijaltaan pienen viemärin pituuskaltevuuden on oltava suuri (3...10 %) silloin, kun peitesyvyys on pieni, ettei putki jäätyisi. Kevyen liikenteen väylän rakennekerroksista vesi pääsee suoraan sivuojaan. Ajoradan rakenteesta vesi johdetaan salaojalla kevyen liikenteen väylän ali tai ajoradan toisella puolella olevaan sivuojaan.*

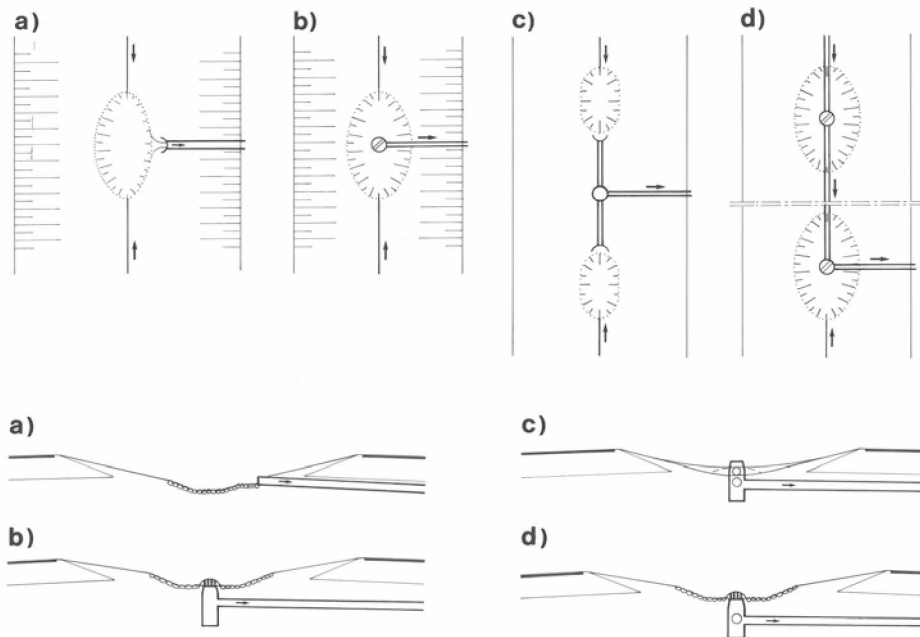
Kevyen liikenteen väylien alituksissa rummun halkaisija saa olla 200 mm, jos putki on lyhyt (< 6 m) ja pituuskaltevuus on vähintään 3 ‰. Yleensä suositeltava vähimmäiskoko on 300 mm. Valuma-alueen koko voi vaatia suuremmankin rummun.

#### 4.3.4 Keski- ja välialueet

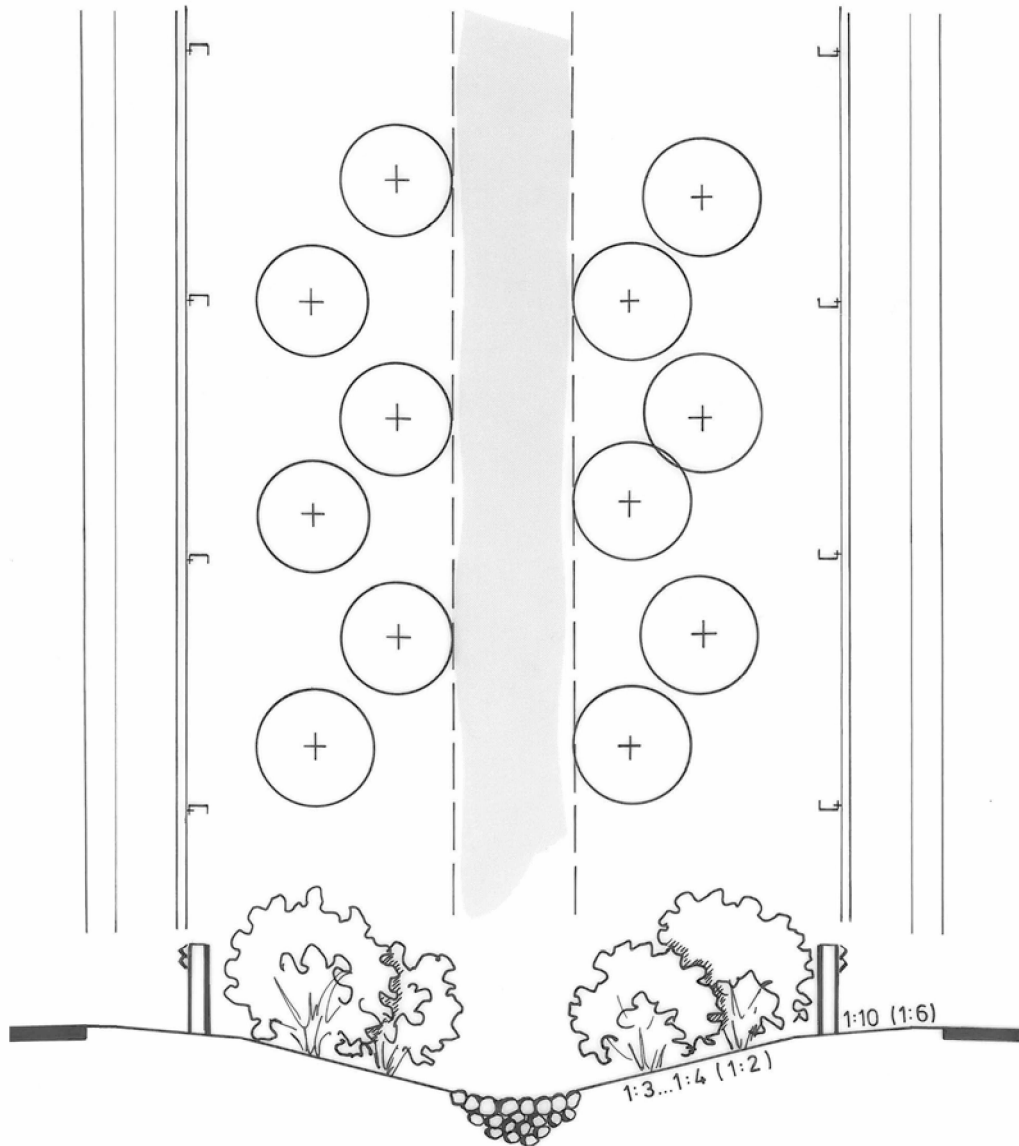
Keskialuetta käytetään vähentämään kohtaamisonnettomuuksia ja jäsentämään neli-kaistaisia teitä. Vaihtoehtoisesti käytetään keskikaidetta, jonka tilantarve ja samalla kunnossapitoalue on keskialuetta huomattavasti pienempi. Keskialueesta on kaksi perustyyppiä: korotettu ja korottamaton.

Korottamattomalla keskialueella on V-poikkileikkaus. Keskialue voi olla varustettu kaiteella tai ilman. Kaiteettomalla keskialueella luiskakaltevuus on 1:4...10. Luiskakaltevuudella 1:4 päästään 0,5 m ojasyvyyteen, kun keskialueen leveys on 4 m. Turvallisuuden ja ulkonäön kannalta luiskakaltevuus 1:6 on kuitenkin parempi, mutta 0,5 m ojasyvyyden saavuttamiseen tarvitaan 6 m levyinen keskialue. Pintakuivatuksen kannalta 0,5 m ojasyvyys on yleensä riittävä, sillä keväällä lumivallin paikalle syntyvä 0,3 m paksuinen jääkerros ei täytä koko ojaa. Alle 10 m keskikaistoilla vedet johdetaan keskialueelta kaivon tai puolirummun kautta suoraan ajoradan ali 50...100 m välein, tai keskialueelle tehdään viemäri. Vesien johtaminen viemäriin on tarpeen leikkauksissa, painuvilla pehmeiköillä ja erittäin kapeilla keskikaistoilla, joissa halutaan välttää tien alitusputkia.

Niillä osuuksilla, joiden pituuskaltevuus on > 3 ‰ ja joilla käytetään puolirumpuja, voi poistoputkien väli olla pidempi. Edellä suositeltua matalampaa ojaa voidaan käyttää vedenjakajapaikoilla sekä paikoissa, joihin ei kerätä lunta tai joissa kaivoväli on normaalia lyhyempi. Keskialueista lisää ohjeessa **Tien poikkileikkauksen suunnittelu**.



Kuva 10. Veden johtaminen keskialueelta: Leveältä (> 10 m) keskialueelta vesi poistetaan rummulla (a). Kapeammilta (< 10 m) keskialueilta vesi johdetaan kaivon (b) tai puolirummun (c) kautta.



Kuva 11. Kaiteellisella keskialueella käytetään kaiteen toiminnan varmistamiseksi ajoradan ja kaiteen välissä luiskakaltevutena 1:10. Jyrkempi kaltevuus aiheuttaa ongelmia kaiteen korkeuden valitsemisessa: Lumivalli ohjaa autot talvella normaalikorkuisen kaiteen yli. Ylikorkea teräskaide on pienille autoille vaarallinen. Jos keskialueelle istutetaan pensaita, voidaan kaiteiden välissä käyttää luiskakaltevutena 1:2...1:3. Pensaiden kohdalle kertyy lietettä noin 1 cm vuodessa, eikä ojaa voi perata pensaiden vuoksi. Tästä syystä pensaita ei saa laittaa keskiojanteeseen, vaan ojasta tulisi tehdä mahdollisimman syvä. Lisäksi ojan kohdalle tulisi jättää, vähintään metrin levyinen, pensaista vapaa kaistale. Pensaiden leviämistä on tarpeen rajoittaa esimerkiksi luonnonkivi- tai karkean sepeli-verhouksen käytöllä.

Vähintään 10 m keskialueilla 1:6 luiskakaltevuudella päästään tarvittaessa lähes 1 m ojasyvyyteen, mikä mahdollistaa veden johtamisen melko pitkiä matkoja keskialueella. Tällöin vesi poistetaan 100...500 m välein rummun tai pitkissä leikkauksissa viemärin kautta. Etäällä poistoputkista käytetään loivempaa luiskaa. Nykyisin kaiteen taakse tehdään 1:2:een luiskaus sekä puolen metrin tasanne.

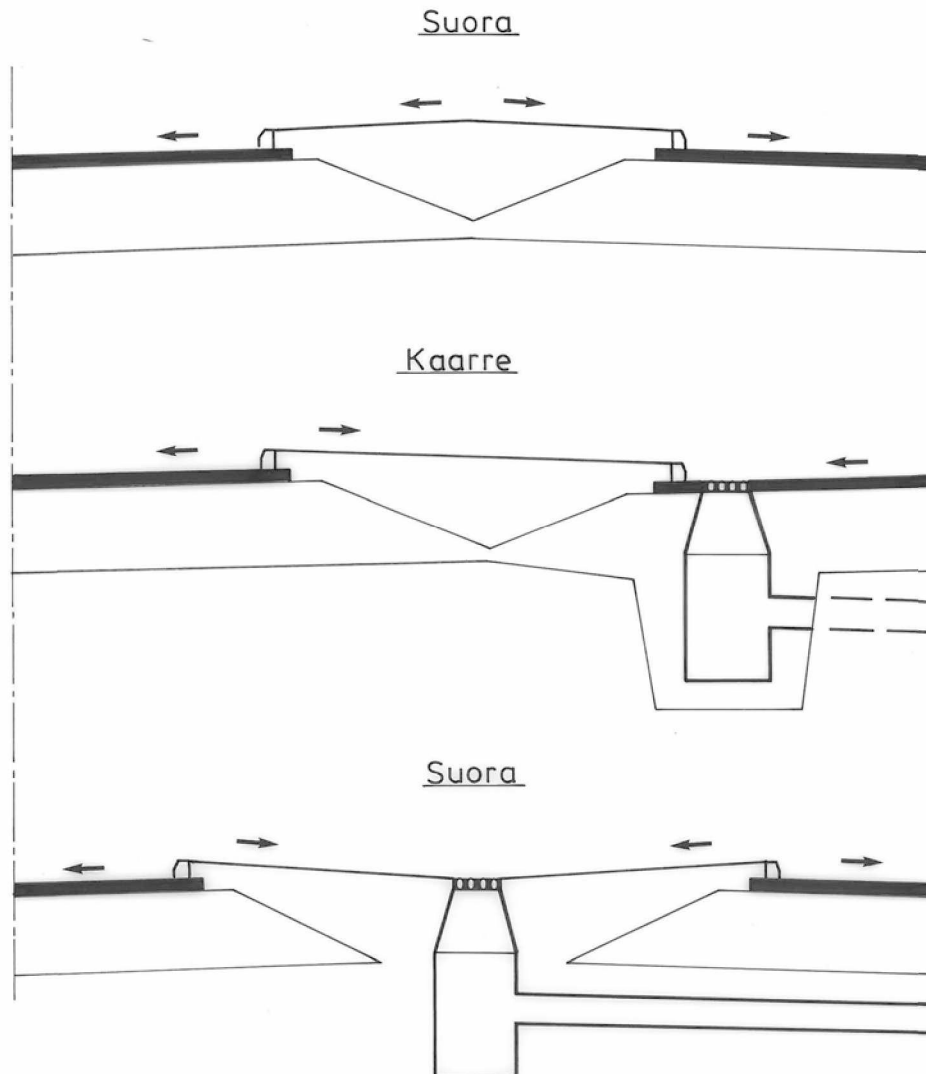
Keskialueiden ja muiden viheralueiden kaivoissa käytetään kupukantta. Lietetilan tulee olla suuri, kun kaivoja puhdistetaan harvoin.

Puolirummuissa keskialueelle tulevan putken halkaisija on ulkonäön ja turvallisuuden vuoksi 300 tai 400 mm ja pituuskaltevuus 1...5 ‰. Ajouradan alittavan putken halkaisija on 500 tai 600 mm. Kaivon tai puolirummun pään ympärille kaivetaan 0,2 m syvyinen laakea lieteallas.

Rakenteeseen tulevia epäjatkuvuuskohtia tulee välttää erityisesti olemassa olevilla väylillä. Putkilinja pyritään sijoittamaan vain yhdelle linjalle, jolloin putkilinjan sijaintia ei vaihdella tien puolelta toiselle.

Kun liittymien välialue on kapea ja liittymiä on runsaasti, kannattaa välialueelle rakentaa joko yhtenäinen viemäri tai salaoja. Liittymien välin voi myös täyttää maaineksilla, jotta vältetään liian syviltä kaivannoilta ja mahdolliselta tieltä suistuvan ajoneuvon törmäykseltä liittymärumpujen päihin.





*Kuva 12. Korotetulta keskialueelta vedet virtaavat ajoradoille, yksipuolisesti kallistetuissa kaarteissa vain ulkokaarten puoleiselle ajoradalle. Nurmetulle tai muulle leveälle korokkeelle voidaan tehdä painanne ja kaivo, joka vähentää vesien valumista ajoradalle. Korotettu keskialue sopii erityisesti taajamiin.*

Imeytyskaivoja voidaan käyttää louhepenkereellä tai vettä johtavassa maaperässä, ei kuitenkaan vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella. Imeytyskaivo on kaksiosainen: ensimmäiseen kerätään liete, toisen pohjan kautta vesi imeytyy alusrakenteeseen. Lisää erilaisista imeytysratkaisuista on kerrottu tämän ohjeen luvussa 2.

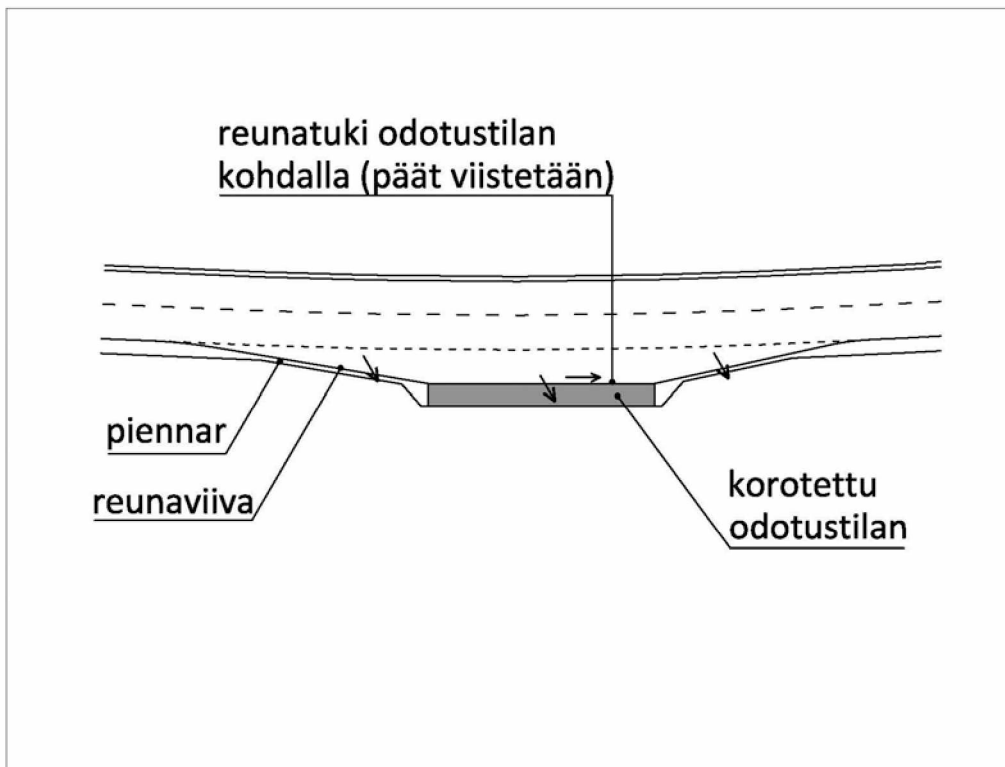
Tien käyttäjiä palveleva alue tai muu liitännäisalue erotetaan ajoradasta yleensä väli-alueella.

Tarkastuskaivojen liete kerätään ja viedään kaatopaikalle, kun tien KVL ylittää 15 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

#### 4.3.5 Väylän käyttäjiä palvelevat alueet

Tiehen välittömästi liittyvät tasanteet, kuten linja-autopysäkit ja ilman erotusaluetta (istutuksia ja reunakiviä) olevat pysäköintialueet kuivatetaan tasannetta ympäröivään sivuojaan. Tasanne tehdään tien keskilinjasta poispäin viettäväksi ja sen sivukaltevuus on yleensä yhtä suuri kuin viereisellä ajokaistalla.

Jos linja-autopysäkin odotustila tehdään korotettuna, reunatuki asennetaan vain odotustilan kohdalle (kuva 13). Jos tiessä on korotettu jalkakäytävä, reunatuki jatkuu yhtenäisenä myös pysäkin kohdalla. Viimeksi mainitussa tapauksessa pysäkin pinta tehdään joko ajoradalle tai pientareelle päin kaltevaksi riippuen ajoradan kuivatusjärjestelmästä.



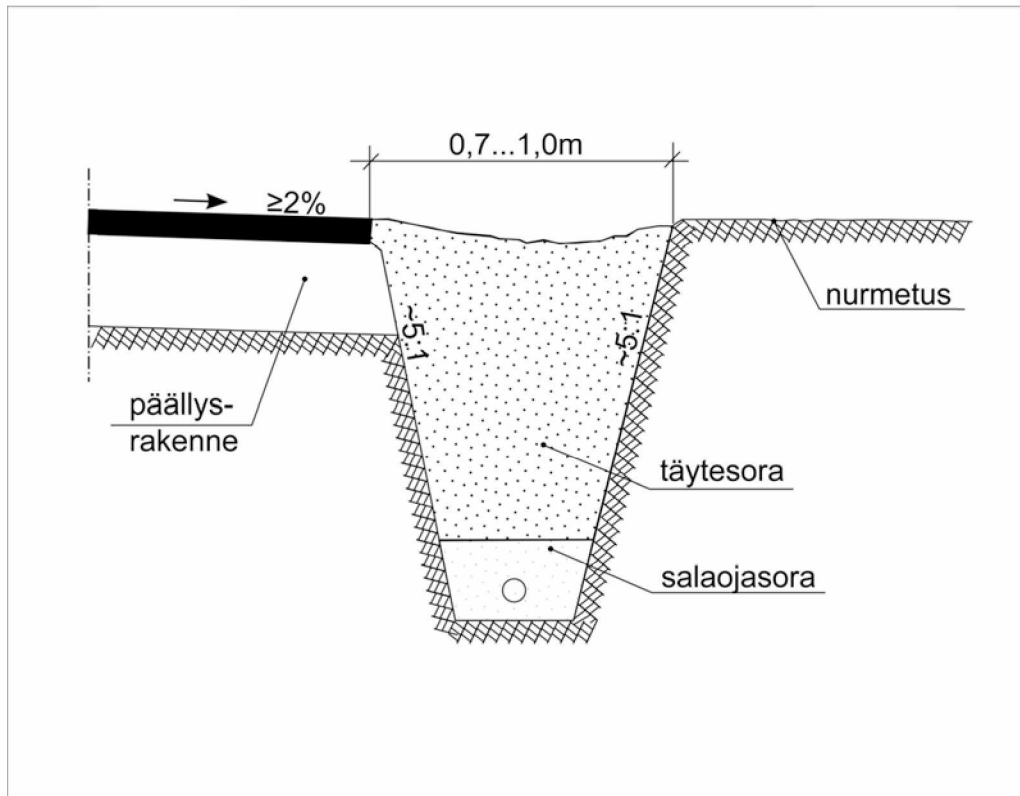
Kuva 13. Esimerkki korotetulla odotustilalla varustetun linja-autopysäkin pinta-kuivatuksesta. Nuolet osoittavat veden valumissuuntaa. Taajamassa reunatuki voi kiertää koko pysäkkitaskun.

Tien liitännäisalueiksi muodostetuilla levähdys-, pysäköimis-, ja muilla tienkäyttäjiä palvelevilla alueilla viettokaltevuuden tavoitearvo on 2 %. Sivukaltevuuden on myös yleensä oltava 2 %, mutta jos alueella on olennaisesti pituuskaltevuutta, voidaan sivukaltevuudesta vastaavasti tinkiä.

Liitännäisalue erotetaan ajoradasta yleensä välialueella, joka tiemaiseman vuoksi muotoillaan loivaluiskaiseksi pintavesiojaksi.

Sivukaltevuus suunnataan tiestä poispäin siten, että alueelta ei valu vettä itse tielle. Kaltevuus järjestetään, mikäli mahdollista, yhtäjaksoisena alueen reunalle asti. Jos alue on laaja, kuivatusta voidaan tehostaa vettä kokoavien kouruin (päällysteen levityksen yhteydessä tehtävin lautapainantein).

Jos tienkäyttäjiä palveleva alue sijaitsee ahtaassa leikkauksessa, tai pintavesien poisjohtaminen on muusta syystä vaikeaa, sijoitetaan liikennöitävän alueen matalimpiin kohtiin ritiläkantiset imeytyskaivot. Mikäli alueen sisäpuolella tapahtuva purku voidaan järjestää vähän liikennöitävään kohtaan alueen reunaosiin, käytetään imeytykseen (kuva 14) sorasaartoa. Sorasaarron pituus valitaan alueen kuivatustarpeen mukaisesti.



Kuva 14. Päällystettyyn alueeseen liittyvä sorasaarto. Myös täytesoran yläosaan voidaan sijoittaa putki.

Laiturialueet kuivatetaan joko pinnan tasausjärjestelyin ja sadevesikaivoin tai käytämällä linjakuivatusjärjestelmää. Linjakuivatusjärjestelmien osien kuormitusluokka määräytyy peitesyvyyden mukaan. Kourut varustetaan sulatuskaapeleilla.

## 4.4 Siltoihin liittyvä kuivatus

### 4.4.1 Yleistä

Siltoihin liittyvä kuivatus koskee toisaalta sillan kannen ja muun rakenteen kuivatus- ta, toisaalta liikennöitävän alueen kuivatus- ta sillan vaikutuspiirissä. Varsinainen sillan pintakuivatus hoidetaan riittävän pituus- ja sivukaltevuuden sekä sillan päällysrakenteeseen sijoitettavien hulevesiputkien avulla. Alikulkukäytävien yhteydessä on suunniteltava pintavesien poisjohtaminen hulevesiputkilla tai tarvittaessa kokonaisvaltaisella sadevesijärjestelmällä.

Tarkempia ohjeita on julkaisussa 1.601 Sillan ja siltapaikan kuivatus, **Siltojen korjaus (SILKO)**. Myös uusien siltojen kuivatus suunnitellaan **SILKO**- ohjeen mukaisesti.

#### 4.4.2 Siltapaikkojen tutkimukset

Varsinaisen siltasuunnittelun edellyttämät siltapaikkatutkimukset laaditaan ohjeen **Sillansuunnittelun lähtötiedot** mukaisesti. Jo selvitysten alkuvaiheessa on syytä tiedustella ELYstä mahdollista perusaineistoa (mm. vedenkorkeuksista ja virtaamista). Varsinaisista tutkimuksista, laskelmista ja erilaisten toimenpiteiden vaikutusten arvioinnista vastaa kuitenkin aina ensisijaisesti tiensuunnittelija.

Vesioikeuden lupa on haettava aina, kun suunnitellaan siltaa virtaavan vesistön yli, jossa voidaan kulkea soutamalla tai jonka keskivirtaama (MQ) on vähintään 2 m<sup>3</sup> /s sekä eräissä muissa vesilain 3. luvun 2...3§:ssä mainituissa tapauksissa. Ellei keskivirtaamaa saada ELYstä tai muusta asiakirja-aineistosta, se lasketaan kaavalla:

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

jossa

MQ = keskivirtaama (m<sup>3</sup>/s),  
F = valuma-alueen pinta-ala (km<sup>2</sup>),  
Mq = keskivaluma (l/s · km<sup>2</sup>).

Keskivaluma Mq on Suomen eri osissa n. 5...13 l/s · km<sup>2</sup>. Keskivirtaama MQ ylittää 2 m<sup>3</sup>/s valuma-alueen ollessa suurempi kuin 150...300 km<sup>2</sup>.

Valumatiedot on esitetty tarkemmin julkaisussa **RIL 124-1 Vesihuolto I**.

#### 4.4.3 Tulopenkereen ja sillan yhteiskuivatus

Veden virtaus tieltä sillalle on katkaistava silloin, kun tie viettää sillalle päin. Luiskasyöpymien välttämiseksi tämä tehdään yleensä tiekaiteen johteen alle sijoitetulla reunatuella. Reunatuon eteen sijoitetaan kaivot. Parannettaessa nykyistä tietä, jota ei levennetä merkittävästi, tulee kysymykseen myös luiskaan rakennettu kouru. Luiskakourun ongelmana on maan syöpyminen kourun vierestä. Jos sillalle viettävä tieosuus on lyhyt, riittää lyhyt (5 m) reunatuellinen osuus ja kouru, mutta ne tarvitaan myös sillan alapäässä.

Normaalisti sillan pintakuivatus suunnitellaan siten, että hulevedet kootaan hulevesikaivoon, josta vedet johdetaan umpiputkessa sivuojaan. Sillan kuivatuslaitteet suunnitellaan **Siltojen korjausohjeen (SILKO 1.601)** mukaisesti.

Jos tie viettää jyrkästi (2 %) kohti siltaa, silloin tien sivukaltevuus tai edellä esitetty järjestely eivät riitä poistamaan vettä tien pinnalta, vaan veden virtaus on katkaistava ennen sillan kantta. Tämä voidaan tehdä esim. liikuntasaumaan yhdistettävän poikittaisen linjakuivatuskourun avulla.

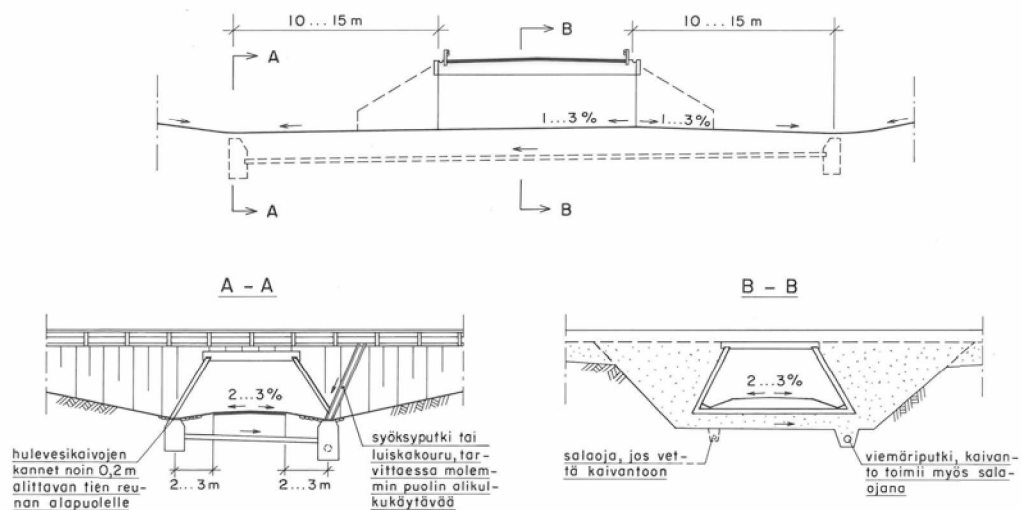
#### 4.4.4 Alittava tie

Kuivatuksen kannalta haasteellisia ovat erityisesti kahden tien risteyssiltojen, rautatien alikulkusiltojen ja kevyen liikenteen alikulkukäytävien siltapaikat. Alittavien teiden kuivatussuunnittelu tehdään alustavasti jo siltapaikan sijaintia sekä teiden pituusleikkausta ja korkeussijaintia suunniteltaessa. Tavoitteena on saada alittavan

tien tasausviiva niin korkealle, että pintavedet voidaan poistaa ilman pumppaamoja ja avouomille sekä viemäreille saadaan normaalit pituuskaltevuudet. Pumppaamo on tasaisessa maastossa välttämätön, mutta vaihtoehtona se on suositeltava vasta silloin, kun sen arvioidut vuotuis kustannukset (rakentaminen ja käyttö) muodostuvat selvästi pienemmiksi kuin tavanomaisen viettokuivatusjärjestelmän.

Siltapaikan tieleikkaukseen johdettavien vesien valuma-alue pyritään rajaamaan mahdollisimman pieneksi niskaojien, kourujen ja pinnanmuotoilujen avulla. Siltapaikan ulkopuolelta esim. ylittävän väylän sivuujissa siltapaikalle kulkeutuvat vedet tulee pyrkiä johtamaan ojajärjestelyillä siltapaikan ohi. Siltapaikan sivuuttavien ojien ja niskaojien sijoittamisessa tulee ottaa huomioon mahdollinen ojan tukkeutuminen esim. umpeenjäätymisestä (paantaminen) tai liettymisestä johtuen. Virtausnopeuteen ja sitä kautta mahdolliseen eroosioon tai liettymiseen ja toisaalta talvisaikaan suojaavan jää- ja lumikannen muodostumiseen voidaan vaikuttaa mm. ojan pituuskaltevuudella ja poikkileikkauksen pinta-alalla. Tarpeen mukaan on tieleikkaukseen mahdollisissa tulvimistilanteissa johtuvien vesien kululle järjestettävä ylivirtausputket, kourut tai eroosiosuojatut urat, jolloin vältetään virtaava veden aiheuttamilta eroosiovaurioilta ja alittavan tien kuivatusjärjestelmän tukkeutumiselta, ks. myös kohta 4.5.8.

Sade- ja hulevesivesiviemäröinnin osat on kuvattu **InfraRYL:n** osassa **31200**. Alikulun kuivatusvesien ohjaamiseen käytetään sadevesiviemäröintiä, kouruja ja matalia ojanteita. Matalat ojanteet toimivat useimmissa tilanteissa paremmin kuin reunakivellinen poikkileikkaus, koska reunakiveystä käytettäessä kunnossapito on vaikeampaa, pintavedet virtaavat ajoradalla ja vesien ohjaaminen on hankalaa.



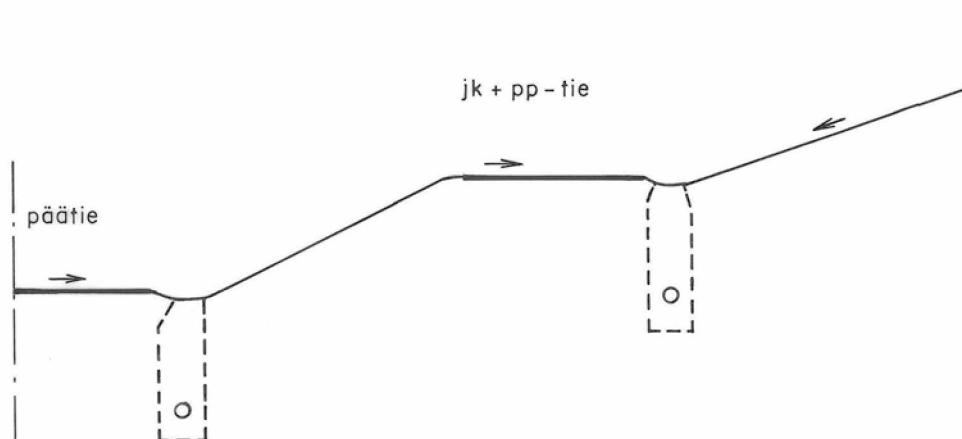
Kuva 15. Esimerkki alikulkukäytävän pintakuivatusjärjestelystä.

Alittavan tien tasausviiva tehdään sillasta pois päin kaltevaksi, jolloin tien alimmat kohdat sijoittuvat 10...15 m etäisyydelle sillan päästä varsinaisen alitusosan ulkopuolelle. Suunnittelussa on huolehdittava, että viemäröinnin mahdollinen jäätyminen tai tukkeutuminen ei saa tehdä alikulkua käyttökelvottomaksi. Viemärikaivot sijoitetaan tämän vuoksi alittavan tien reunasta 2...3 m ulospäin, jolloin mahdollinen lätkäyty-

minen ei heti haittaa liikennettä. Kaikissa tapauksissa on pinnan kaltevuuksilla varmistettava valuvien vesien ohjautuminen kaivoihin. Kaivojen sijoitusta ajoradalle tulisi välttää syntyvien epätasaisuuksien ja korjaustoimenpiteiden aiheuttamien kaivutöiden takia.

Painanteeseen sijoitetuissa kaivoissa tulisi käyttää kupukantta, joka ei tukkeudu yhtä helposti kuin tavallinen ritiläkansi. Kansistoihin voidaan asentaa myös lämmityskaapelit jäätyksen estämiseksi.

Alittava tie tehdään kaksipuoliseen sivukaltevuuteen, jolloin sulamisvesi ei virtaa ajoradan yli eikä haittaa liikenneturvallisuutta. Nousuramppien pintavedet johdetaan matalissa (0,2...0,3 m) painanteissa sadevesikaivoihin. Kun samassa leikkauksessa kulkee päätieta ylempänä kevyen liikenteen väylä, sen sivukaltevuus tulisi tehdä yksipuolisesti kaltevaksi päätiestä poispäin, jolloin luiskista valuvat vedet kootaan ylempänä olevaan sadevesiviemäriin.



Kuva 16. Kuivatusjärjestelyt tapauksessa, kun kevyen liikenteen tie on päätieta ylempänä.

Kevyen liikenteen alikulkujen ja risteyssiltojen alittavien teiden syväkuivatus tehdään kuten muillakin tien leikkausosuuksilla. Salaojituksen tarve riippuu lähinnä pohjavesipinnan tasosta ja pohjamaan routivuudesta. Pohjavesisuojausten yhteydessä tulee ottaa huomioon, ettei salaojitusjärjestelmällä imeytetä suojausten avulla talteen otettuja vesiä pohjaveteen. Yleensä tämä edellyttää erillistä salaoja- ja hulevesijärjestelmää.

Salaojat ovat erittäin tärkeitä silloin, kun pyörätie läpäisee vettä johtavia maakerroksia muuten routivassa pohjamaassa ja laskeutuu sillan alle. Kaivutyön yhteydessä todetaan salaojien tarve lopullisesti ja tarvittaessa suunnitelmaa tulee tarkistaa. Työnaikainen tilanne voi edellyttää luiskiin lisäsalaojitusta luiskasortumien ehkäisemiseksi, jos maalaji on eroosioherkkää ja suotautuvat vesimäärät todetaan suuriksi. Kun suunnittelu sisältää myös toteutuksen, pitää tiesuunnitelmassa varautua salaojiin sen hetkisen arvion mukaan.

Salaojien tarkastuskaivojen väli voi olla enintään 50 m.

Salaojien tekniset vaatimukset on esitetty **InfraRYL:n** osassa **14320**.

## 4.5 Sivu-, leikkaus- ja laskuojat

### 4.5.1 Yleistä

Tienkuivatuksen avouomia ovat sivuojat, laskuojat, niskaojat, keskialue- ja välialueojat sekä erilaiset kourut. Näitä kaikkia käytetään ensi sijassa pintakuivatukseseen. Sivuojat soveltuvat alemman luokan teillä ja kevyen liikenteen teillä myös syväkuivatukseseen, mutta korkealuokkaisilla teillä ja erityisesti taajama-alueilla on syvien (0,6 m) sivuojien käyttö rajoitettava mahdollisimman vähiin (esim. ympäröivän maaston kuivatuksen vaatiessa syvempää ojaa). Milloin syväkuivatusta tarvitaan pelkätään tien vuoksi, se hoidetaan pääsääntöisesti salaojin.

Kun tienkuivatuksen vesimäärät ovat laskuojia lukuun ottamatta yleensä pieniä, tarvitaan muiden ojien tai kourujen hydraulisia mitoituslaskelmia harvoin. Uomien suunnittelu ei sen vuoksi keskity vain koon määrittelyyn, vaan myös kustannusten minimointiin ja toisaalta uoman välillisten vaikutusyhteyksien huomioon ottoon. Näitä ovat luotettava toiminta, helppo kunnossapidettävyyys, uoman muotoilu ja muu ulkonäkö sekä vaikutus liikenneturvallisuuteen ja viereiseen maankäyttöön.

Sivuojan tehtävänä on koota tiealueen pintavedet ja johtaa ne laskuojaan tai muuhun purkukohtaan. Sivuojien huolellinen suunnittelu on tärkeätä siksi, että vedenpoiston lisäksi sivuoja vaikuttaa olennaisesti tien ulkonäköön, liikenneturvallisuuteen, tarvittavaan tiealueeseen, massakustannuksiin ja kunnossapitoon.

Suunnittelussa ratkaistaan seuraavat seikat:

- 1 Sivuojan tarve,
- 2 Sivuojan sijainti tien poikkileikkauksessa,
- 3 Sivuojan syvyys ja pituuskaltevuus (pituusleikkaus),
- 4 Sivuojan luiskat sekä muu muotoilu ja verhoilu.

Ojien eroosiosuojauksista on kerrottu kappaleessa 4.6.

**Tien poikkileikkauksen suunnittelu-** ohjeessa on esitetty mm.

- keskialueen vähimmäisleveys suistumisturvallisuuden kannalta,
- sivuojien ja luiskien muotoilu suistumisturvallisuuden kannalta

### 4.5.2 Sivuojan tarve

Sivuoja tarvitaan seuraavissa tilanteissa:

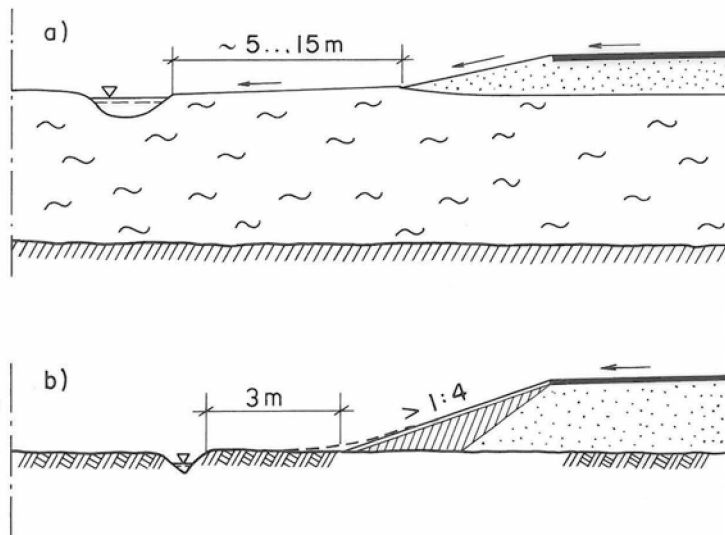
- Kaikilla leikkausosuuksilla.
- Matalilla penkereillä; ei kuitenkaan silloin, kun maa viettää selvästi tiestä poispäin
- Korkeammilla pengerosuuksilla, jos ympäröivä maasto viettää tielle päin tai ympäristö vaatii kuivatusjärjestelyjä esim. pellon tai metsän ojituksen vuoksi.

Sivuojaa ei tarvita pengerosuudella, jos vesi virtaa tieltä poispäin maastoon tai jos tieosuus viemäroidään. Tien ympäristö voi silti vaatia sivuojan.

Esimerkiksi ojavesiä voidaan johtaa pihojen tai yksityistieliittymien ohi käyttämällä upotettuja reunakiviä, soralla täytettyjä kaivantoja jne. Ojapainannetta voidaan käyttää vedenjakajien tai tiehen läheisesti rajautuvien piha-alueiden kohdalla, kun hulevesiä kertyy hyvin pieneltä alueelta.

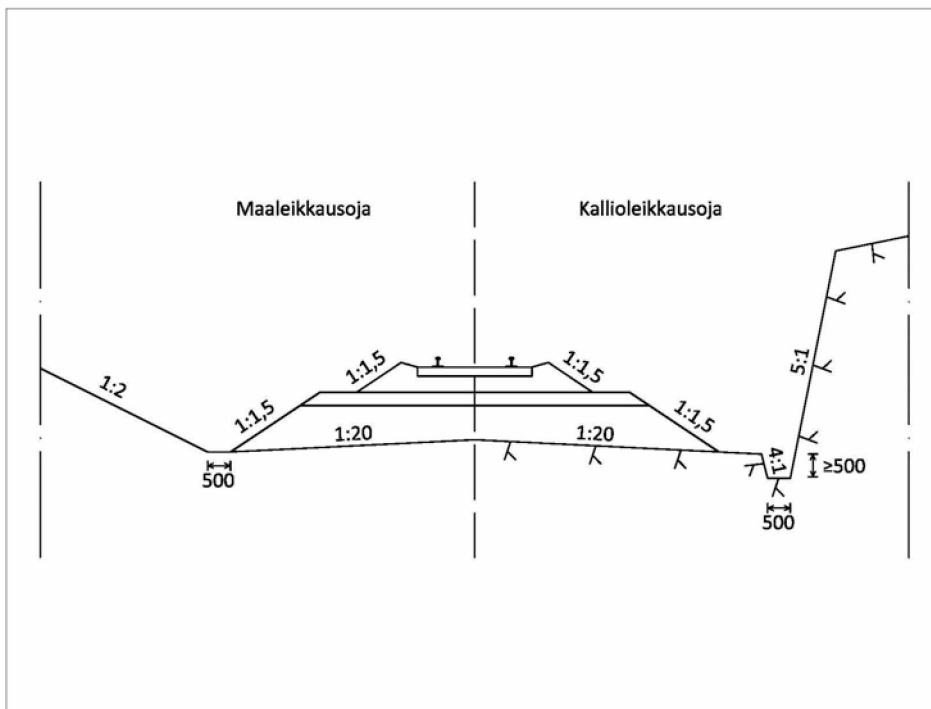
#### 4.5.3 Sivu- ja leikkausojan sijainti

Sivuoja tulee yleensä tien ulkoluiskan jatkeeksi. Valaistulla tiellä sivuojan pohja ei saa tulla valaisinpylväiden kohdalle. Erityistä huomiota suunnittelussa tulisi kiinnittää pituussuuntaisen vedenvirtauksen estämiseen tierungossa.



Kuva 17. Sivuojan sijainti a) pehmeiköllä ja b) korkean penkereen yhteydessä, mikäli tilaa on, mutta luiskaa ei kannata loiventaa.

Ratarakenteissa pengerialueen alareunan ja sivuojalueen yläreunan väliin jätetään aina molemmin puolin vähintään 2 m:n levyinen tasanne **InfraRYL:ssä** esitettyjen kuvien **14331:K1** ja **14331:K2** mukaisesti.



Kuva 18. Leikkausojan mitat ja muotoilu.



Rautatiealueen pintakuivatuksessa maaleikkaus- ja kallioleikkausojia tehdään kuvan 18. mukaisesti. Kallioleikkauksessa ojan raiteen puoleisen luiskakaltevuuden ohjearvo on 4:1.

Salaojitusta käytettäessä putket on sijoitettava siten, että ne ovat ratapölkkyjen päistä tehdyn 2:1 luiskauksen ulkopuolella. Radan kuivatustason ulottuessa alusrakenteen alapinnan alapuolelle sijoitetaan avo-oja tasanteen taakse vähintään 2 m:n etäisyydelle ratarakenteesta, mikä pitää ottaa huomioon haltuunottoalueessa.

#### 4.5.4 Sivuojan syvyys

Ojasyvyyttä ei pidä suunnitella automaattisesti aiempien samantyyppisten hankkeiden mukaiseksi, vaan olosuhteiden ja ympäristön ehdoilla. Sivuojen syvyys mitoitetaan erikseen kunkin jakson alussa ja lopussa (vedenjakajalla ja purkukohdassa). Ojasyvyudessa on huomioitava liettymisvara ja sen vaikutus kuivatuksen toimintaan. Kantavuuden edellyttämästä kuivatussyvyydestä voidaan tinkiä tapauskohtaisesti maalaji, ympäristö ja vesien valumamatka huomioiden.

**Tierakenteen suunnittelu** - ohjeessa on tarkemmin mm. siirtymäkiilojen kuivatuksesta, **Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu** - ohjeessa on käsitelty pengerrakenteen kuivattamista. Tierakennetta ei tarvitse kuivattaa pohjaan asti jokaisessa tien kohdassa. Lämpäiseissä tai salaojitetuissa kerroksissa veden voidaan antaa virrata myös tien pituussuunnassa paikkaan, josta se pääsee pois rakennekerroksista. **Infra-RYL:n** ohjeiden mukaisesti määritetään näiden purkuaukkojen tiheys ja tarvittaessa suunnitellaan niitä täydentäviä kuivatusrakenteita.

Vedenjakajakohdalla ja varsinkin pienipiirteisessä maastossa, jossa vedenjakajakohdan jatkeena on selvästi viettävä osuus, ojan syvyydeksi riittää 0,40 m, mutta suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös pohjamaan tyypistä riippuva liettyminen sekä muut kohteen ominaispiirteet. Ojien liettymisen erot pohjamaatyypeittäin on esitetty tarkemmin ohjeessa **Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu**

Ojasyvyyttä suunniteltaessa on tarkistettava, ettei veden viipymä aiheuta haittaa viereisen tien rakenteille. Vesi ei saa heikentää kantavuutta, aiheuttaa eroosiota, eikä vaikuttaa routimisolosuhteisiin. Rinteestä valuvan pohjaveden reitti tierakenteeseen katkaistaan syväsalaojalla.

Vedenjakajakohdalla ei tarvita myöskään liittymärumpua. Liittymärummun pienin halkaisijasuositus on kunnossapidon kannalta 300 mm.

#### 4.5.5 Sivuojan muotoilu

Ojamuotoilu ja luiskaus toteutetaan tieluokan asettamien vaatimusten mukaisesti. Myös kallioleikkaukselle on esitetty erilaiset vaihtoehdot ojamuotoilulle **Tien poikki-leikkauksen suunnittelu**- ohjeessa.

Tiesuunnitelmassa määritetyillä teillä (tavallisesti KVL < 1500 autoa/vrk tai nopeus-taso enintään 60 km/h) voidaan käyttää jyrkempää ojamuotoa: Sisäluiska 1:3, ulko-luiska 1:2, ojan pohjaa ei pyöristetä.

Nykyistä tietä levennettäessä luiskien tavoitekaltevuuksia tarvitsee noudattaa ainoastaan levennettävällä puolella.

#### 4.5.6 Sivuojan pituuskaltevuus

Sivuojan pituuskaltevuuden tulisi olla vähintään 0,4 % ja poikkeustapauksissakin vähintään 0,1 %. Jos ojan pituuskaltevuus jää tasaisessa maastossa alle 0,4 %, on lietymis- ja umpeenkasvuvaraa otettava jonkin verran tavallista enemmän.

Jyrkässäkin maastossa ei sivuojille voida määrittää varsinaista enimmäiskaltevuutta vaan ojan eroosiosuojaustarve tarkistetaan kohdan 4.6.1 mukaisesti.

#### 4.5.7 Laskuojat

Alueella, johon tie tai rata suunnitellaan, on tavallisesti ennestään laskuojia pelloilta, metsistä ja soilta. Kun tie rakennetaan risteävän laskuojan yli, rumpu tulisi tehdä vanhan laskuojan lähelle. Tällöin rummun kohdalle rakennettava siirtymäkiila ulottuu myös vanhan ojan päälle, mikä vähentää vanhan ojan täytöstä aiheutuvia routanousuja ja painumaeroja. Rummusta tehdään kuitenkin tietä vastaan kohtisuorempi. Jos risteävän ojan kohdalle ei rakenneta rumpua, oja tulisi täyttää ympäröivää maata vastaavalla täytteellä siten, ettei vesi pääse tihkumaan täytettyä ojaa pitkin.

Tietä risteävän laskuojan tai puron jyrkät luiskat ja vesi ovat tieltä suistuvalla autolle vaaralliset. Suistuvaan autoon törmäämisestä aiheutuvia vahinkoja voidaan vähentää pidentämällä rumpua, loiventamalla ojan luiskia tai sijoittamalla maavalli tai pienpuustoa ojan viereen tai käyttämällä tiekaidetta. Putkisiltojen kohdalla käytetään sil-lankaidetta.

Tiensuuntaisia laskuojia tai muita ympäristön kuivattamiseksi tarvittavia syviä ojia ei sijoiteta tien viereen kaiteettomilla osuuksilla. Syvä oja on kuivanakin tieltä suistuvalla autolle vaarallinen. Pehmeiköllä tien viereen sijoitettu syvä oja voi heikentää tienpenkereen vakavuutta. Vanhat valtaojat tulisi jättää entiseen paikkaan. Peltojen pirstoutumisen välttämiseksi oja voidaan tarvittaessa siirtää muualle kiinteistöjen tai maankäyttömuotojen rajalle tai se voidaan putkittaa. Laskuojaa ei saa sijoittaa tontille, varastopaikalle, uimarantaan, salaojitetulle pellolle tai vastaavaan paikkaan ilman maanomistajan lupaa. Laskuojaa ei myöskään tulisi sijoittaa pehmeikön heikoimpaan kohtaan.

Laskuojan pituuskaltevuuden tavoitearvo on n. 0,4 %, mutta tasaisessa maastossa on usein tyydyttävä huomattavasti pienempään keskikaltevuuteen. Suuremman lähtökaltevuuden saamiseksi ja kaivupituuden pienentämiseksi sijoitetaan rumpu mahdollisimman korkealle. Loivan laskuojan ja rummun tukkeutumista vähennetään määrittämällä ojan alkuosalle n. 20 m matkalla rummista lähtien suurempi kaltevuus (0,5...1 %) kuin muulle ojalle.

Laskuoja suunnitellaan kaivettavaksi alavirtaan niin pitkälle, että ojan pohja yhtyy luonnonuomaan. Ellei varsinaista luonnonuomaa ole (esim. ojitamattomalla suolla), laskuoja kaivetaan vain niin pitkälle, että rummun tai ojan liettymistä tien lähellä tai muuta välitöntä haittaa ei ole odotettavissa. Asiasta pitää kuulla maanomistajaa, jotta ei aiheuteta haittaa kolmansille osapuolille.

Kun laskuoja ja siihen liittyvä rumpu hyödyttävät tien lisäksi vaihtelevassa määrin myös ympäröivän maa-alueen kuivatusta, on pyrittävä sellaiseen mitoitukseen (pohjan korkeussijaintiin), joka kokonaisuuden kannalta on mahdollisimman edullinen. Tämä arvioidaan vertaamalla maankuivatuksen edellyttämiä lisäkustannuksia (raken-

taminen ja kunnossapito) siihen haittaan, joka maanomistajalle koituu, kun kuivatusjärjestelyt toteutetaan vain tienpidon vaatimusten mukaisessa laajuudessa.

Laskuojauoman koon tarkistus hydraulisin laskelmin on tarpeen valuma-alueen ylitäessä n. 20 ha. Uoman kokoa säädelään pohjan leveydellä; vähimmäisleveytenä on n. 0,5 m. Koko laskuoja tulee tarkistaa etenkin taajamissa niin pitkälle, että voidaan varmistua, ettei taajamaan synny laskuojan tai siihen liittyvien rumpujen ja viivytyskeinojen vähyden vuoksi tulvia.

Jos rakenteenparantamissuunnittelun yhteydessä ei tehdä tiesuunnitelmaa, pitää suunnittelijan hankkia laskuojien perkausluvut sekä muut laskuojiin liittyvät luvat.

Epäedullinen kaivua-jankohta laskuojilla kuten sivuojillakin on syksyllä tai aivan kesän lopulla. Ojien perkaaminen ja luiskien jyrkentäminen hienorakeisessa maassa lisää luiskan eroosioriskiä, kun toimenpiteen yhteydessä poistetaan luiskaa sitovaa kasvillisuutta. Eroosio on yleensä pahimmillaan perkaamista seuraavana keväänä, kun luiskamateriaalia sitova kasvillisuus ei ole ehtinyt kasvaa ojaluiskaan. Tämän vuoksi perkaus tulisi ajoittaa alkukesään, jolloin uusi kasvillisuus ehtii sitoa luiskan ennen talven tuloa. Eroosiosuojauksilla voidaan ehkäistä luiskien sortumista. Suositeltavaa olisi käyttää kasveja sisältäviä eroosiosuojia, kuten kookosmattoja. Kasvipeite pidättää myös huleveden sisältämiä haitta-aineita.

Tie- tai ratasuunnitelman kustannusarviossa on varauduttava siihen, että osa luiskista joudutaan varustamaan eroosiosuojauksilla, vaikka niiden yksityiskohtaista sijaintia ei ole selvitetty.

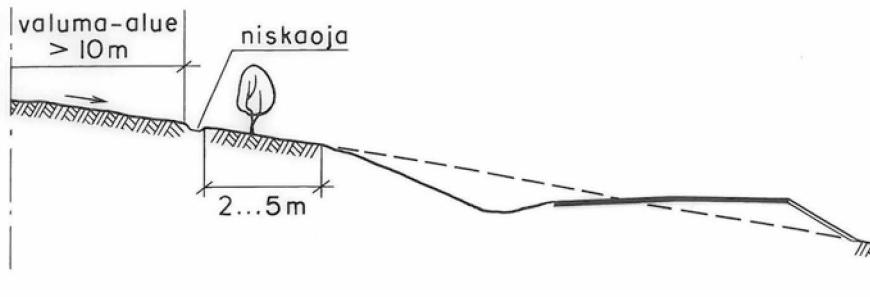
#### **4.5.8 Niskaojat ja koururakenteet**

Niskaojaa käytetään leikkausluiskan yläpuolisessa rinteessä kokoamaan sitä ylempänä olevan valuma-alueen vedet, jotta pintavesi ei syövyttäisi luiskaa. Niskaojaa ei tehdä jokaiseen maaleikkaukseen, vaan sen tarve riippuu lähinnä yläpuolelta valuvan veden määrästä.

Kalliroleikkauksissa ei käytetä niskaojaa, vaan kalliolta valuvat vedet johdetaan tavallisesti suoraan sivuojaan. Sivuojan syvyyttä ja leveyttä pitää tällöin usein suurentaa tien varjoisalla puolella, jotta kallioluiskaan ja ojan pohjaan kertyneet jääkerrokset eivät padota vettä tielle keväällä. Myös suoto-oja pitää tehdä leveämpänä ja ojaan tehdä tilavaraus auraslumille.

Niskaojan vedet puretaan maaston kaltevuuden mukaiseen suuntaan laskuojaan tai viistosti sivuojaan. Niskaojan syvyydeksi riittää 0,2...0,3 m ja pohjaleveydeksi työmenetelmän mahdollisesti edellyttämä vähimmäisleveys, ellei niskaojaan koota yläpuolisia vesiä.

Jyrkästi viettäviin niskaojan purkuojiin tarvitaan verhoilu tai kouru. Niskaojan sijoitukseen ja muotoiluun vaikuttaa sen näkyminen tielle tai ympäristöön. Tarvittaessa on niskaoja maisemoitava istutusten avulla.

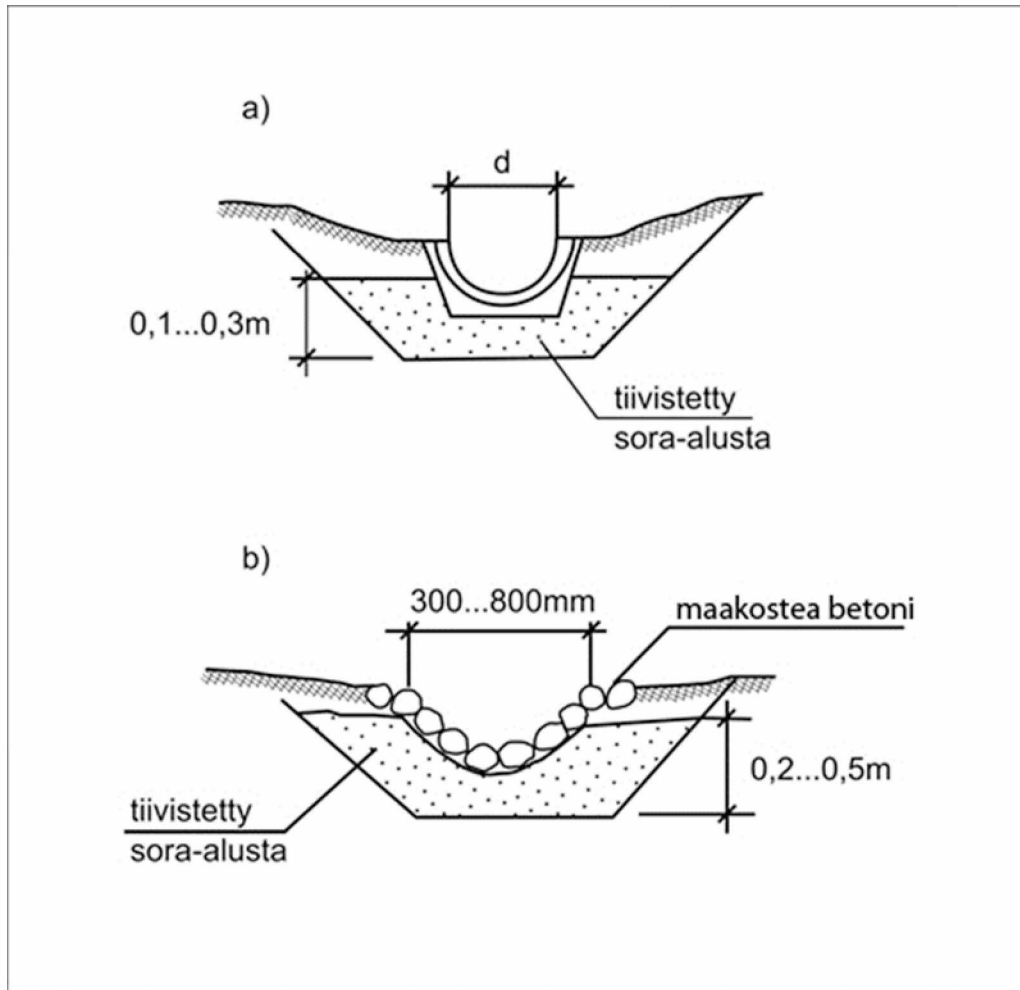


Kuva 19. Niskaojan sijainti maaleikkauksessa: niskaojat kaivetaan 0,2...0,5 m syviksi ja 0,4...0,8 leveiksi.

Luiskien syöpymsaltiluus riippuu vedennopeuden suhteesta pintamateriaalin ominaisuuksiin. Syöpyminen torjutaan lähinnä erilaisin verhouksin ja vahvistuksin, useimmiten käyttämällä riittävän tiivistä nurmetusta. Sen lisäksi on tietyissä tapauksissa tarpeen ohjata ja keskittää veden virtausta erityisin koururakentein. Ennen nurmetuksen juurtumista tarvitaan usein myös tilapäisvahvistuksia.

Pintavesikouruilla keskitetään veden virtaus jyrkissä luiskan tai uoman kohdissa ja estetään ympäristön syöpyminen. Poikittaiskourua tai putkea käytetään maaleikkausten ulkoluiskassa, jos niskaojan tai yläpuolisen ojan vettä ei voida johtaa sivuojaan asti sekä korkeiden penkereiden sisäluiskassa kohdissa, joihin vettä erityisesti kääntyy, kuten siltojen päissä ja mäkien alla.

Pitkittäistä kourua käytetään sivuojaan tai niskaojan purkautuessa jyrkästi laskuojaan ja joskus myös päällysteen reunalla suojaamassa korkeata pengertuiskaa.



Kuva 20. Poikkileikkaus a) betonisesta elementtikourusta ja b) kivetystä kourusta. Betonikouru vaatii erityisen huolellisen asennuksen. Kiveykset ja kourut on suositeltavaa asentaa aina maakosteaan betoniin. Maakostean betonikerroksen tulee olla paksuudeltaan vähintään 100 mm ± 20 mm, sementtimäärä on 250 kg/m<sup>3</sup> ja kiviaineksen raekoko 0/8 mm. Tarkemmat asennusohjeet ovat **InfraRYL**:ssä.

Kourun tarve ilmenee usein vasta rakentamisvaiheessa, kun sama kohta syöpyy toistuvasti. Suunnitelmaan lisätään tämän vuoksi tarpeelliset kourut ja alun perin suunniteltujen kourujen paikat täsmennetään rakennustyön aikana. Päällysteen reunaan sijoitettu kouru voi olla siihen ajaneelle vaarallinen, kun nopeudet ovat suuria. Myös jää ja roska tukkivat tiensuuntaisen kourun helposti.

Kourua voidaan käyttää myös korvaamaan sivuoja esimerkiksi parannettaessa taajamien teitä tai muissa vastaavissa paikoissa. Upotetuilla reunakivillä voidaan ohjata veden kulkua, jos on riski, että voimakkaasti pituuskaltevalla tiellä vesi ohjautuu tonttiliittymästä suoraan pihalle. Nurmetuksella tai kiveyksellä syöpymiä voidaan vähentää tehokkaasti ja ohjata vesi kulkemaan haluttua reittiä pitkin.

Vesiuoma kourun yläpäässä muotoillaan suppilomaiseksi ja riittävän laajaksi kiveyksen tai erityisten liitoselementtien avulla, jotta kaikki vesi kerääntyy kouruun eikä virtaa maaperää syövyttäen kourun sivulla. Tienpintaan liittyvissä kouruissa voidaan ohjausreunuksena käyttää ns. asfalttimakkaraa veden johtamiseksi kouruun tarvittavalta matkalta.

Kaivumassojen poisvienti ylläpitourakoissa pitää esittää jo suunnitelmissa, jotta läjitysmassat eivät luiskaan jätettäessä aiheuttaisi luiskan pyöristymistä. Parantamishankkeissa on myös huomioitava usein ns. ylimääräiset massat, jotka aiemmin ojaa kaivettaessa on jätetty tien vierialueelle. Nämä vierialueiden massat lisäävät kaivettavan materiaalin määrää.

Kun urakka sisältää myös suunnittelun (ST), kuivatusrakenteiden vaatima aluevaraus kannattaa ottaa mukaan jo tiesuunnitelmavaiheessa, jolloin myös kuivatuksen toteutusvaihtoehdot on otettava huomioon, kuten viivytyks- ja imeytysratkaisut. Viivytyks- ja imeytysvaihtoehdoista on kerrottu tarkemmin luvussa 2.

## 4.6 Eroosiosuojaus

### 4.6.1 Eroosiosuojaustarpeen määrittäminen

Eroosiosuojaustarve voi olla sekä sivu- että laskuojissa ja pitkissä penger- ja leikkausluiskissa. Suojaustarve tulee määrittää viimeistään rakennussuunnitteluvaiheessa. Vaativista kohteista laaditaan yksityiskohtaiset suunnitelmat. Kohteen vaativuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon suojattavan rakenteen lisäksi mm. mahdollisen eroosion aiheuttamat riskit tien tai radan käyttäjille, muille rakenteille ja ympäristölle. Tavanomaisista pintavesieroosiokohteista riittää eroosiosuojauksen tyyppin ja laajuuden määrittäminen. Ojaluiskissa kannattaa hyödyntää kasvillisuutta, koska juuret sitovat maaperää. Lisäksi kasvit pidättävät hulevesien sisältämää kiintoainesta, johon haitta-aineet ovat sitoutuneet. Myös ojaluiskan kaltevuus vaikuttaa eroosioherkkyyteen.

Alueen eroosioherkkyys tulee selvittää aina kohdekohtaisesti. Yleisesti alueen eroosioherkkyyteen vaikuttaa mm. maalaji, pintavesien valunta alueelle, pohjavedenpinnan korkeus ja virtaama sekä ilmasto-olosuhteet. Usein eroosiosuojauksen tarkempi suunnittelu, kuten materiaalit ja pinnan viimeistely, voidaan jättää rakennusvaiheeseen, kun pohjavesi- ja maaperäolosuhteet tunnetaan paremmin. ST-urakan asiakirjoissa eroosiosuojauksen vaatimat varaukset tulee kuitenkin olla määritettynä muita suunnittelu- ja urakkamuotoja tarkemmin.

Eroosiota aiheuttavia vauriotyyppejä ovat pintavesieroosio, pohjavesieroosio, virtaus-, aalto- ja jääeroosio. Pintavesieroosiossa pintaveden nopeus ylittää maalajille ominaisen kriittisen virtausnopeuden (Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu: kuva 8.5). Pohjaveden virtaus voi aiheuttaa pohjavesieroosiota luiskaan tai luiskan juureen.

Maalajin eroosioherkkyyteen vaikuttavat maalajin rakeisuus, lajittuneisuus ja tiiviys, rakeiden muoto ja paino sekä rakeiden väliset tartunnat, joita ovat mm. koheesiovoimat. Vesiolosuhteet sekä pintakasvillisuus vaikuttavat myös oleellisesti eroosioherkkyyteen. Pintavesien määrään ja korkeuteen vaikuttavat sääolosuhteet, vuodenaajat ja ympäristön rakennustoimenpiteet. Kohteen pinta- ja pohjavesien määrä sekä pohjavedenpinnan korkeusasema tulee selvittää mittauksin tai ne pitää pystyä arvioimaan kohtuullisen tarkasti.

Eroosiosuojaustarpeen ja kriittisen virtausnopeuden määrittäminen maalajeittain on kuvattu ohjeessa **Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu**. Myös erilaiset eroosio-tyypit on kuvattu kyseisessä ohjeessa. Eroosio lisää kiintoainespitoisuutta ja näin lisää myös rehevöittävien ravinteiden määrää vesissä.

#### 4.6.2 Eroosiosuojauksen suunnittelu

Luiskan pinnan eroosiosuojauksella estetään ympäristön valumavesien ja sateiden kuluttava vaikutus. Luiskan pinnan eroosiosuojaus voidaan toteuttaa ojituksen, kasvillisuuden tai pintaverhousten avulla. Ojituksella johdetaan ympäröivän maaston valumavesiä pois ja vähennetään luiskaan pinnalle valuvan veden määrää. Kasvillisuuspeitteellä puolestaan sidotaan pintakerroksia ja estetään niiden huuhtoutuminen valumavesien ja sateiden mukana. Kasvipeite myös puhdistaa ja käyttää osan vedestä hyväkseen, mikä ehkäisee luiskamateriaalin vettymistä sekä tukkeumien syntymistä ojissa. Pintaverhouksella, kuten esimerkiksi kivi- tai murskemateriaalista tehdyllä luiskan verhouksella suojataan eroosioherkät kohteet.

Eroosiosuojausta koskevat yleiset tekniset vaatimukset on esitetty **InfraRYL:n** osassa **22200** Luiskaverhoukset ja eroosiosuojaukset. Tarkemmin aiheesta on luvuissa **22220** Kiviheitokkeet, **22230** Kiviladokset, **22241** Eroosiosuojaverkot, **22242** Eroosiosuojakankaat, **22250** Luonnonmukaiset eroosiosuojaukset, **22291** Molskotti-, sepeli-, murske- ja soraverhoukset sekä **22291** Kivikoriverhoukset. Eroosiosuojausta koskevassa suunnitelmassa sekä työkohtaisessa työselostuksessa ja laatuvaatimuksissa esitetään näitä vaatimuksia täydentävät tai niistä poikkeavat vaatimukset.

Pohjavesieroosiosuojauksella estetään luiskan pinnan syöpyminen, pohjaveden suotoviivan yhtyminen luiskan pintaan ja huokospaineen nousu sekä hienoaineksen pois kulkeutuminen pohjamaasta. Eroosiosuojaurakenne myös kuivattaa luiskaa ja parantaa luiskan vakavuutta. Pohjavesieroosiosuojaus koostuu usein karkearakeisesta pintaverhouksesta ja hiekasta tai kankaisesta suodatinosasta sekä mahdollisesta salaojitukselta. Suojauksessa käytettävien materiaalien tulee täyttää niille **InfraRYL:ssä** esitetyt vaatimukset kohtien **22291.1** Molskotti-, sepeli-, murske- ja soraverhousten materiaalit sekä **22292.1** Kivikoriverhousten materiaalit.

## 4.7 Sadevesiviemärit

### 4.7.1 Käyttökohteet

Viemärointi on yksi tapa hoitaa pintakuivatusta ja sillä saadaan tehostettua myös syväkuivatusta, koska täyttömateriaali on vettä läpäisevää. Tienkuivatuksessa viemärointi tulee kysymykseen lähinnä seuraavissa tilanteissa:

- kun ulkonäkösyistä ei käytetä avo-ojaa
- kaksiajorataisten teiden keskialueella, kun vettä ei haluta (pehmeiköllä) tai voida (leikkauksessa) johtaa riittävän usein tien ali
- kun kuivatusta ei tilan puutteen vuoksi voida hoitaa avo-ojilla
- alikulkukäytävien, alikulkusiltojen ja toisinaan risteyssiltojen yhteydessä
- yksittäiskohteissa, joissa ei saada riittävää pintakaltevuutta tai vesiä ei muusta syystä voida johtaa pois.

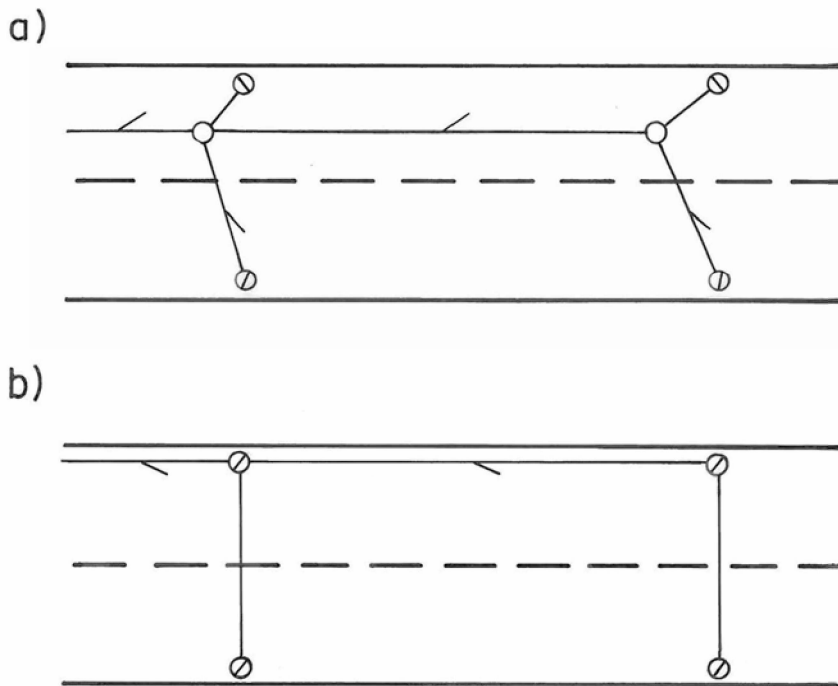
Sadevesijohtojen paikka valitaan siten, että kaivon kansista ja putkistojen erilaisista huoltotoista koituu mahdollisimman vähän haittaa liikenteelle.

#### 4.7.2 Kaivojen ja viemärien sijainti

Sadevesikaivot sijoitetaan tien pituussuunnassa

- ennen suojatietä, jolla taataan mahdollisimman hyvä käytettävyys tien ylittäjille
- saarekkeen alapäähän estämään veden virtaus tien yli
- liittyvän tien alapäähän estämään veden virtaus päätielle
- pehmeiköllä eniten painuvaan kohtaan tai ennen paalutettua viemäriä tai muuta painumatonta rakennetta
- riittävän etäälle valaisinpylväistä, portaaleista ja muista rakenteista
- siten, että veden virtausmatka on enintään 100 m.

Edellä esitetyn lisäksi on tarkistettava, ettei kaivoa kohti tule yli 600...800 m<sup>2</sup> päällystettyä pintaa. Vaihtelualueen yläraja koskee tapausta, jossa on suuri pituuskaltevuus tai leveä piennar ja täysikokoinen kaivonkansi.



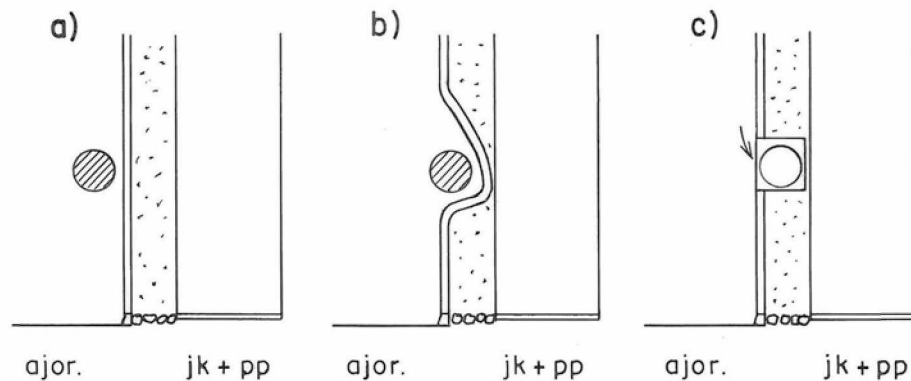
Kuva 21. Sadevesiviemärin runkovaihtoehdot.

- Hulevesiviemäri, jossa on erillinen runkolinja ja jossa ei ole hulevesikaivoja (suositeltava vaihtoehto).
- Hulevesiviemäri, jonka runkolinjassa on hulevesikaivoja. Tämä sallitaan enintään 150 m matkalla uuden hulevesiviemäriin yläpäässä, koska hulevesikaivoihin kertyvä liete voi tukkia runkolinjan kulkeutuessaan veden mukana. Tiedossa oleva hulevesiviemäriin jatkaminen otetaan huomioon.

Keskialueella vaihtoehdot ovat samat, mutta toinen kaivorivi puuttuu.

Sadevesiviemäriin vedet puretaan laajempaan viemäriverkkoon, ojaan tai syöpymiseltä suojattuun luiskaan.





Kuva 22. Kaivon sijainti poikkileikkauksessa.

a) Tavallisesti kaivot sijoitetaan aivan reunatuken viereen. Siinä ne kuitenkin häiritsevät pyöräilijöitä, jos pyöräilylle ei ole omaa väylää. Kapeilla ajoradoilla kaivon yli ajavat autot voivat aiheuttaa melua ja dynaamisia rasituksia kaivoon, tiehen ja pehmeiköillä viereisiin rakennuksiin.

b) Jos kaivo sijoitetaan reunatuesta muotoiltuun pussiin, häiriö liikenteelle vähenee. Kaivojen päältä on kuitenkin poistettava kevättalvisin lumi ja jää. Vaihtoehdossa a) kaivot aukeavat normaalin höyläyksen ja suojauksen ansiosta. Reunatuesta muotoiltu pussi voi häiritä tien aurausta.

c) Kitakaivolla voidaan välttää vaihtoehtojen a) ja b) ongelmat.

Paksurakenteisilla routamitoitetuilla teillä ja alueilla tai siellä, missä routanousut ja painumat ovat muutoin pieniä, viemäri voidaan sijoittaa vapaasti tien poikkileikkaukseen. Kaivoja ei kuitenkaan pitäisi sijoittaa ajourien kohdalle. Niillä teillä, joilla on riski epätasaiselle routimiselle, viemäri tulisi sijoittaa ajoradan ulkopuolelle, jossa routanousu- ja painumaeroista ei ole niin suurta haittaa.

Kaivojen sijoittamisessa ja rakennevalinnoissa on huomioitava tulevat uudelleenpäällystykset: kaivot tulee varustaa teleskooppikansistoilla ja sijoittaa niin, ettei niitä tarvitse siirtää päällystyksen yhteydessä.

#### 4.7.3 Kaivot

Sadevesikaivojen halkaisijaksi valitaan yleensä 800 mm, ellei esimerkiksi suuri putkikoko edellytä suurempaa kaivoa. Kaivossa on myös riittävä 300 litran lietepesä. Lietepesältään pienempiä kaivoja ei tulisi suunnitella ilman kunnossapitäjän suostumusta. Pienempi kaivokoko edellyttää usein toistuvaa lietteen poistoa. Halkaisijaltaan pienen kaivon rakentaminen voi olla perusteltua esimerkiksi pehmeiköllä.

Tasaisessa maastossa reunatuellisen tien kaivoväliä tihennetään ja kaivojen kohdalla käytetään suurempaa sivukaltevuutta kuin kaivojen välissä. Vaikka tasaus on lähes vaakasuora, saadaan 7 m levyiselle tielle noin 0,5 % pituuskaltevuus, kun kaivoväli on 30 m.

Tarkastuskaivoja tarvitaan putkien haarautumiin, alitusten kumpaankin reunaan, vaak- ja pystytaitteisiin sekä jyrkkiin alusrakenteen muutoskohtiin. Taitteita ja loivia

kaarteita voidaan toteuttaa useilla putkityypeillä ilman kaivoakin, mutta kaivo on suositeltavaa asentaa putken tarkastamista varten suorallakin osuudella 50...100 m välein. Myös tarkastuskaivoihin pitää tehdä lietepesä.

Kaikista kaivoista laaditaan kaivokortit, joista ilmenevät putkien tulo- ja lähtösuunnat ja korkeudet. Putkia varten tarvittavat liittymät tehdään yleensä tehtaalla kaivomateriaalista riippumatta.

Imeytyskaivo voi tulla kysymykseen läpäisevällä pohjamaalla tai penkereellä, kun vesien johtaminen muuten on hankalaa. Imeytyskaivoon ei tehdä pohjaa, vaan vesi valuu kaivon ala-osaan tehtyyn vähintään 0,5 m paksuiseen sora- tai sepelitäytteeseen ja siitä vähitellen maa-perään. Sadevedet tulisi johtaa imeytyskaivoon erillisen sadevesikaivon kautta.

Hulevesiviemäreiden materiaaleista ja asentamisesta on kerrottu tarkemmin **Infra-RYL:n** kohdassa **31200 Hulevesiviemärit**, imeytyskaivojen rakenteesta ja toteutustavasta kohdassa **31200.3.2.7**.

Kaikista kaivoista pitää laatia kaivokortit ja urakka-asiakirjoissa määrittää kaivojen tarkemmittaus sisällytettäväksi urakasta luovutettaviin tiedostoihin.

#### 4.7.4 Sadevesiviemärin mitoitus

Sadevesiviemärin mitoitusvirtaama lasketaan pääsääntöisesti kohdan 3.4 mukaan, sillä rankkasade on taajamissa lähes aina mitoittava. Veden nousu keski- ja välialueille voidaan sallia ajoittain. Sadevesiviemäreitä mitoittaessa on tärkeää varautua viemärin vaikutuspiiriin myöhemmin tuleviin liikenneväyliin ja toimintoihin.

Putken sisähalkaisija mitoitetaan Colebrookin nomogrammin avulla pituuskaltevuuden perusteella (**RIL 124-1 Vesihuolto I**). Mitoituksessa on mahdollista käyttää myös Manningin kaavaa tai nomogrammia.

Pienimmät putkikoot tulevat kysymykseen lähinnä salaojan jatkeena. Putkikoon ollessa 600 mm tai suurempi voidaan putkimateriaalista riippumatta käyttää enintään 10 % pienempää halkaisijaa.

Kun putken sisähalkaisija on 300 mm, tulisi viemärin pituuskaltevuuden olla vähintään 0,4 %; ehdoton vähimmäiskaltevuus on 0,3 %. Pituuskaltevuudella ei ole enimmäisarvoa. Muiden putkikokojen vähimmäiskaltevuudet saadaan valmistajien laatiemista nomogrammeista (jotka perustuvat Colebrookin -kaavaan), kun valitaan virtausnopeudeksi 1 m/s, ehdoton vähimmäisarvo on 0,8 m/s.

Putkimateriaalit ja niiden laatuvaatimukset on käsitelty tarkemmin julkaisussa **Infra-RYL:n** kohdassa **31200** (hulevesiviemärit). Pohjavesisuojausalueella edellytetään sadevesiviemäreiltä vesitiivyyttä.

#### 4.7.5 Sadevesiviemärin asennussyvyys

Sadevesiviemärin asennussyvyys valitaan pääsääntöisesti siten, että viemäri ei jäädy. Sijainti voi olla myös routarajan yläpuolella, jos jäätyminen estetään lämpöeristein. Jos roudattomaan asennussyvyyteen on mahdotonta päästä, saa viemäri jäätyä, mikäli jäätymisestä keväällä aiheutuva tulvahaitta on vähäinen.

Jos viemäri ei saa jäätyä, on johdon pienin asennussyvyys (= etäisyys maanpinnasta putken pohjaan) lumesta vapaana pidettävillä alueilla sama kuin siirtymäkiilasyvyys. Asennussyvyys vaihtelee siten eri osissa Suomea välillä 1,20...2,20 m, jos maaperä on kosteutta pidättävää hiekkaa. Muissa maa-aineksissa asennussyvyys saadaan seuraavien kertoimien avulla:

- louhe, karkea sora: 1,2 (...1,4)
- siltti, silttimoreeni: 0,85
- savi: 0,7.

Kallioliikkauskohteet suunnitellaan tapauskohtaisesti. Viemäriin syvyysrajainnoin voi määrätä myös purkuviemäriin tai mahdollisten salaojien korkeustaso.

Täysi lumipeite pienentää tarvittavaa asennussyvyyttä seuraavasti:

- Etelärannikko: 0,25 m, Porvoo- Vaasa väli
- Etelä- ja Keski-Suomi: 0,40...0,50 m,
- Pohjois-Suomi: 0,50...0,70 m

Täysi lumipeite tulee kysymykseen tien luiskissa sekä väli- ja keskialueilla, jos putkilinjan vaakaetäisyys paljaaseen tien pintaan on 1,2...2,0 m (Etelärannikko 1,2 m, Pohjois-Suomi 2,0 m). Kun tämä etäisyys on pienempi, on asennussyvyuden vähentämisen vastaavasti oltava pienempi. Putkilinjan ja paljaan tienpinnan välisen etäisyyden tulee kuitenkin aina olla vähintään sama kuin lumesta vapaalla alueella vaadittu asennussyvyys.

Tärkeissä kohteissa routarajan yläpuolelle sijoitettu sadevesiviemäri eristetään käyttäen InfraRYL:ssä esitettyjä materiaaleja. Vaakasuoran eristeen leveyden on tällöin oltava 2,0 m ja sen yläpinta sijoitetaan liikennöitävillä alueilla 0,7 m:n syvyyteen tien pinnasta. Lämpöeristeen reuna ei saa kuitenkaan aiheuttaa haitallisia routanousuroja tien pintaan.

#### Esimerkki 4.

*Kajaanissa sijaitseva sadevesijohto sijoitetaan lumesta vapaalla alueella 1,0 m:n syvyyteen. Maaperä on silttimoreenia. Kuinka paksu solumuovieriste tarvitaan?*

*Ilman eristettä olisi siirtymäkiilan vähimmäissyvyys hiekassa 1,9 m. Kun maaperä on silttimoreenia, tulee asennussyvyudeksi  $0,85 \cdot 1,9 \approx 1,65$  m. Korvattavan maakerroksen paksuus on  $1,65 - 1,00 = 0,65$  m, mitä vastaa solumuovieristeen paksuutena 1/10 eli 65 mm.*

## 4.8 Pumppaamot

### 4.8.1 Yleistä

Hulevesipumppaamon tarve määritetään maastonmuotojen, hulevesimäärien ja riskitarkastelun avulla. Ennen pumppaamon rakentamista selvitetään maaperäolosuhteet ja pohjaveden pinnan taso, jotta voidaan tarkistaa kaivannon tuentatarve sekä rakentamisen aikainen veden poisto kaivannosta ja pohjalaatan mitoitus nostetta vastaan.

#### 4.8.2 Mitoitus

Pumppaamo mitoitetaan rankkasateen aiheuttaman mitoitusvirtaaman perusteella. Mitoitussateen rankkuus, kestoaika ja toistuvuus valitaan sen mukaan, miten tärkeä kohde on kyseessä ja minkä verran voidaan tulvimista sallia. Sateen toistumisaika on yleensä 2...10 vuotta ja kestoaika valuma-alueen koon mukaan yleensä 5...10 minuuttia. Pohjavesivirtaaman osuus on yleensä alle 10 % mitoitusvirtaamasta. Jos pumppaamoon johdetaan vesiä esim. tien tai radan sivuojista, voidaan ko. vesien virtaamaa pumppaamoon rajoittaa padottamalla vedet sivuojiin ja rajoittamalla pumppaamoon johtavan putken kokoa. Padotusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mm. tie- ja ratarakenteiden kuivatus ja pohjavesisuojausalueilla suojausrakenteet.

Mitoitusvirtaaman suuruusluokka on:

- kevyen liikenteen alikuluissa 20...50 l/s
- keskiuudessa tieleikkauksessa 50...100 l/s
- moottoritien laajassa leikkauksessa tai päällystettyjen alueiden osuuden ollessa huomattavan suuri 100 l/s

Mitoitusvirtaaman laskenta on esitetty tarkemmin kohdassa 3.4.

#### 4.8.3 Sijoittaminen

Pumppaamo ja sen viereen tuleva keskus sijoitetaan yleensä alimman viemärikaivon lähistölle siten, että yläpuolinen laskuojaan johtava viettoviemäri tai poistoputki muodostuu suhteellisen lyhyeksi. Pumppaamoon pääsyn täytyy huoltoa varten olla helppoa, rakenteet eivät saa muodostua näkemäesteiksi eivätkä ne saa hallita maisemaa. Pumppaamo pyritään sijoittamaan maanpinnan suhteen mahdollisimman matalalle sekä routasuojan että ulkonäön vuoksi (ei "pumppaamokukkulaa"). Pumppaamon perustustyöt pitää suunnitella samalla, kun suunnitellaan sillan perustukset. Perustamista varten laaditaan selvitykset siitä, kuinka pumppaamo on mahdollista perustaa kyseiseen paikkaan.

Sadevesipumppaamo sijoitetaan tieleikkauksessa joko leikkauksen pohjalle, luiskaan tai luiskan yläpuolelle. Sijoitukseen vaikuttavat kunnossapidolliset, maisemalliset ja geotekniset näkökohdat. Eri sijoitustapojen hyviä ja huonoja puolia ovat mm:

- Leikkauksen pohjalla kaivon korkeus on pienin ja geotekninen vakavuus on hyvä. Tulvimistilanteessa laitteisto voi jäädä veden alle ja siksi ohjauskeskus tulee sijoittaa ylemmäs erilliselle jalustalle.
- Luiskaan sijoitettaessa kaivon korkeus on kohtuullinen ja jos huoltoyhteys voidaan tehdä luontevasti, voi sijoitus olla perusteltu. Huonoissa pohjaoloissa toispuoleinen maanpaino voi joskus aiheuttaa pumppaamon kallistumista.
- Lähinnä kunnossapidäjän vaatimuksesta pumppaamo voidaan sijoittaa luiskan yläpuolelle. Kaivon korkeus kasvaa tällöin huomattavasti.

#### 4.8.4 Pumppaamon varusteiden vähimmäisvaatimukset

Pumppaamon yksityiskohdat suunnitellaan yhteistoiminnassa tilaajan asiantuntijan sekä laitteiden valmistajien kanssa. Apuna voi käyttää julkaisua Viemärivereden pumppaamoiden suunnitteluohjeet (RIL 102). Alla on listattuna tiehankkeeseen soveltuvan pumppaamon ominaisuuksia, jotka tulee sisällyttää hankinta-asiakirjoihin.

Pumppaamoiden pitää sisältää vähintään seuraavat varusteet:

Pumppaamojen rakentamisessa huomioitava:

- keskukselta lähtevät kaapelit varustetaan vedonpoistoilla
- keskuksen ja kaivon väliset aukot tiivistetään
- pumppaamolle järjestetään huoltotie
- pumppaamo ja putkisto puhdistetaan ennen luovutusta tilaajalle
- loppupiirustukset sähkökuvista pumppaamon keskukseseen
- loppupiirustukset putkistojen ja kaivojen sijainnista pumppaamon keskukseseen
- sähkönsyötölle UPS varmennus sähkökatkojen varalta
- pumppaamojen ja hälytyslaitteiden käyttöönotto ja testaus

Pumppaamojen varusteet:

- pumput varustetaan uppoliittimin (varmennetaan liittimen nimitys)
- pumppujen kilvet kiinnitetään ohjauskeskuksen oviin
- pumppaamot ja keskuksat lukitaan lukkosarjalla
- pumppaamo varustetaan ulkopuolelle asennettavalla numerotunnuksella
- pumppaamo varustetaan hälytysjärjestelmällä (ala-asema)
- pumppaamo varustetaan kaukovalvontaan sopivalla pinnankorkeussäätimellä
- pumppaamo varustetaan kaukovalvontaa sopivalla ohjausyksiköllä
- pumppaamo varustetaan ylärajan pintavipalla
- pumppaamo varustetaan kiinteällä valaisimella
- pumppaamo varustetaan 1-vaihe- ja 3-vaihepistorasiolla (16/32 A)
- sähkökeskuksen tulee olla al-rakenteinen ja se varustetaan kiinteällä tuulihaalla sekä pitkäsulkijalla
- sähkökeskus varustetaan sinkki-oksidi ylijännitesuojilla ja mahdollisella lämmittimellä
- portaat/välitasot
- punainen hälytysvalo
- padotusventtiilit tarvittaessa

Pumppaamoissa käytetään aina uppopumppua ja pumppaamoille suoritetaan käyttöönottotarkastus ennen tilaajalle luovutusta.

## 5 Rummut

### 5.1 Yleistä

Rumpu on vapaalta aukoltaan alle 2 m levyinen putkirakenne, jonka avulla tie tai rata ylittää vesiuoman. Jos aukon leveys on > 2 m, nimityksenä on silta ja tarkemmin putkisilta, jos siltana toimii suurempi kuin 2 m putki.

Sijainnin mukaan rummut jaetaan kahteen pääryhmään:

- maantierummut/ratarummut: suunniteltavana tai parannettavana olevan tien tai radan alittava rumpu, vesiuomana tavallisesti laskuoja
- liittymärummut (sivuojarumpu): maantiehen liittyvän tien alittava rumpu, vesiuomana sivuoja

Tien kuivatusta suunniteltaessa on rumpujen osalta selvitettävä:

- rummun tarve ja sijoitus,
- rummun materiaali,
- rummun päiden muotoilu,
- rumpuaukon koko ja pohjan korkeusasema.

Alueellinen ympäristöviranomaisen (osa ELY -keskuksista) antaa pyynnöstä silta- ja rumpu-lausunnon, sillä rummun rakentaminen saattaa aiheuttaa muutoksia mm. ympäristöön tai kalastoon ja lisätä eroosion riskiä. Antaessaan lausunnon Y-vastuualue toimii samalla yleisen edun valvojana ja vesistöjen valvonnasta vastaavana viranomaisena. Lausunnon pitää sisältää:

- uomatiedot
- ympäristöön vaikuttavat tekijät
- sillan/rummun mitoitus tiedot
- aukkomitat
- tiedot siltaa ja rumpua koskevista rajoituksista.

Lausunnon avulla voidaan antaa suosituksia sillan tai rummun rakenteesta ja rakentamisesta. Siltojen ja rumpujen vesiaukkojen mitoituksia voivat tehdä henkilöt, joilla on riittävä koulutus ja jotka ovat perehtyneet vesiaukkojen mitoituksiin ja vedenvirtauslaskentaan. Alueelliseen kuivatukseen vaikuttavista rummuista tehdään aina lausunto.

Tarvittaessa on kuultava maanomistajia, kuntaa yms. sidosryhmiä. Ojitusyhtiö ei kuitenkaan saa estää maan kuivattamista, sillä suunnittelussa tulee huomioida ja vähentää yläpuolisten alueiden padotushaittoja. Taajamissa erityisesti kaava-alueella on kunnan kanssa selvitettävä tausta-alueiden kuivatustarpeet, jotka voivat vaikuttaa rummun kokoon ja korkeustasoon. Tieviranomaisen teettävä ja hyväksyttävä kaikki rumpusuunnitelmat ja vastaa suunnitelmissa esitetyistä ratkaisuksista hyväksynnän jälkeen. Mahdollisista haitoista ja niiden korvaamisesta on sovittava maanomistajan kanssa jo suunnitteluvaiheessa. Tien ja sen ympäristön väliset mahdolliset erisuunnittaiset näkökohdat tarkastellaan punnitsemalla riskien ja kustannusten suhdetta.

Rumpuputkien materiaalit on kuvattu InfraRYL:n kohdassa 14340.1. Ratapenkereen alla sallitaan vain betoni-, teräs- tai kivirummut. Muovin käyttö on sallittu vain radan sivuojarummuissa.

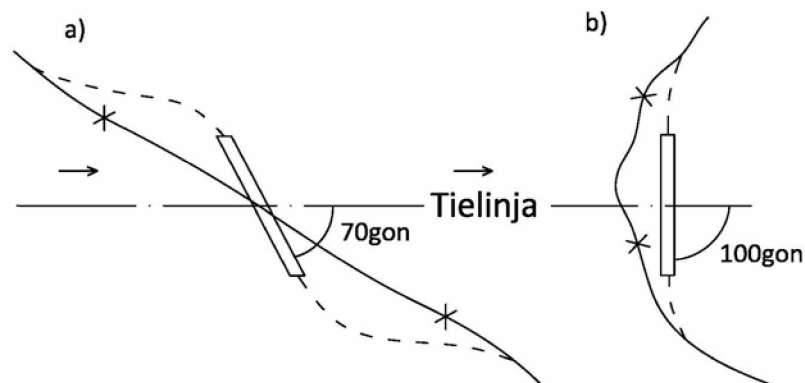
Koottavat aallotetut teräsputket on kuvattu julkaisussa **Teräsputkisillat (suunniteluohje)**.

## 5.2 Rumpujen tarve ja sijoitus

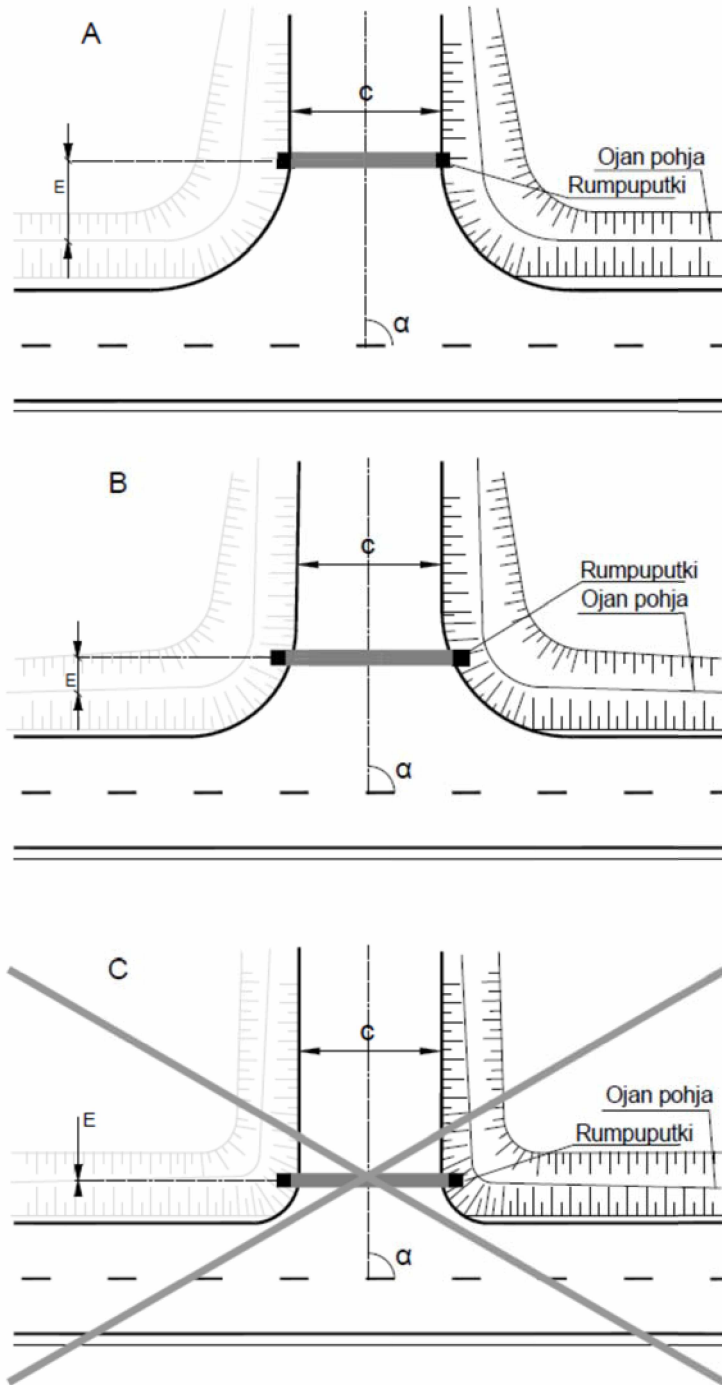
Maantierumpua käytetään, kun tielinja ylittää laskuojan tai muun vesiuoman, tai maastonokkelman edellyttäessä sivuojaviesien purkauttamista tiealueen ulkopuolelle. Kun rumpu ja laskuoja vaikuttavat välittömästi toisiinsa, ne suunnitellaan samanlaisesti kohdan 4.5.8 mukaisesti.

Rummun tarvetta ja paikkaa harkittaessa pyritään selviämään mahdollisimman harvoilla rummuilla. Joskus rummun rakentaminen voidaan välttää uoman siirrolla, pienten painanteiden muotoilulla tai sivuojarjestelyin. Normaalisti rummun sijoittamiselta voidaan välttyä kuitenkin vain tien tasauksen harjakohdissa.

Maantierumpu sijoitetaan maaston alimpaan kohtaan tai lähelle vanhaa uomaan siten, että rummun suunta ja sen perustaminen muodostuvat mahdollisimman edullisiksi. Rumpu sijoitetaan yleensä kohtisuoraan tielinjaa vastaan. Rumpu voidaan sijoittaa 70–130 gonin kulmaan tielinjaan nähden, jos maasto tai muut olosuhteet niin vaativat.



Kuva 23. Rummun sijoitus vinoon tai mutkaiseen uomaan. Suuntakulmana käytetään yleensä 70, 100 tai 130 gonia. Jos rumpua siirretään, rummun siirtymäkiila ulotetaan myös täytetyn ojan kohdalle. Ratarumpu tulee sijoittaa lähtökohtaisesti kohtisuoraan eli käyttäen suuntakulmaa 100 gonina.



Kuva 24. Liittymärummun sijoittaminen. Sivuohjarummun sijoituksesta on kerrottu tarkemmin ohjeessa

- A. Avaraksi muotoiltu liittymä, jossa suhteellisen lyhyt rumpuputki on sijoitettu ( $E=$ ) 4...6 m pois päin sivuojalinjasta. Ratkaisu mahdollistaa ajoneuvojen kääntymisen, on suistuvalla ajoneuvolla kohtuullisen turvallinen, koska rummun pää ja siihen liittyvä jyrkkä luiska on kaukana tiestä. Kun liittyvä tie viettää voimakkaasti pois päin maantiestä, tarvitaan joskus vaihtoehto B, jotta vedet saadaan ohjatuksi sivuoja-rumpuun.
- B. Avaraksi muotoiltu liittymä, jossa pitkä rumpuputki on sivuojan jatkeella. Ratkaisu mahdollistaa ajoneuvojen kääntymisen, mutta ei ole suistuvalla ajoneuvolle yhtä turvallinen kuin A, koska rummun pään kohdalla luiskaa on jyrkennettävä 1:3:sta.



- C. *Sivuojalinjaan on sijoitettu lyhyt rumpuputki. Tästä syytä liittyvän tien luiska on jyrkkä ja suistuvalla ajoneuvolle vaarallinen. Ojaan suistunut auto ei voi välttää törmäämistä. Lyhyt putki pakottaa tekemään liittymästä ahtaan. Perävaunullisella ajoneuvolla ei pääse kääntymään oikealle koukkaamatta vastaantulevan liikenteen ajokaistan kautta. Tämäkin heikentää liikenneturvallisuuksia. Ratkaisu sallitaan, kun maantien KVL on alle 1000 ajon/vrk, mutta ei ole silloinkaan suositeltava.*

Pehmeikköalueella rummun sijoittamiseen vaikuttavat mm. pohjamaan laatu, tiepenkerein perustamistapa, työnaikainen kuivatus ja nykyiset laskuojat. Sijoituskohtaa valittaessa on myös otettava huomioon mahdollisista uusista laskuojajärjestelyistä aiheutuvat kustannukset ja ympäristövaikutukset sekä vaikutukset tiepenkerein vakavuuteen. Ilman pohjanvahvistusta olevalla pehmeiköllä on usein edullista siirtää rumpu kantavalle pohjalle pehmeikön reunaan tai kohtaan, jossa pehmeikön syvyys on mahdollisimman pieni. Samoin kannattaa menetellä yleensä myös silloin, kun penkereen painumista nopeutetaan yliperikereen tai pystyjoituksen avulla tai kun pehmeiköllä suoritetaan massanvaihto pengertämällä tai osittain kaivamalla. Jos massanvaihto suoritetaan kaivamalla kantavaan pohjaan saakka, ei pohjamaa tai rakennustapa aiheuta rajoituksia rummun sijoitukseen.

Jos tasaisessa maastossa rumpu saa vettä eri aikoina sulavilta alueilta, rummun tulisi olla sula mahdollisimman aikaisin keväällä. Esimerkiksi valuma-alueen käsittäessä peltoa ja metsää tulisi rummun mieluiten sijaita pellon kohdalla.

Liittymärumpua käytetään, kun sivuojan virtaama (valuma-alue) ja maaperä sitä edellyttävät. Läheskään kaikki liittymät eivät tarvitse rumpua. Liittymään suunnitellaan rumpu niissä tapauksissa, jolloin maantiellä on sivuoja ja lisäksi sen valuma-alue on hyvin läpäisevässä maaperässä (Hk, Sr) vähintään 0,5...5 ha ja huonosti läpäisevässä maaperässä (Sa, Si, Mr) vähintään 0,1...0,5 ha. Näiden rajakokojen välialueella rummun tarve määräytyy veden varastoitumisaltaan suuruuden ja mahdollisen padotushaitan perusteella. Epävarmoissa tilanteissa on rumpu syytä rakentaa, mutta mahdollisimman pieniauukkoisena.

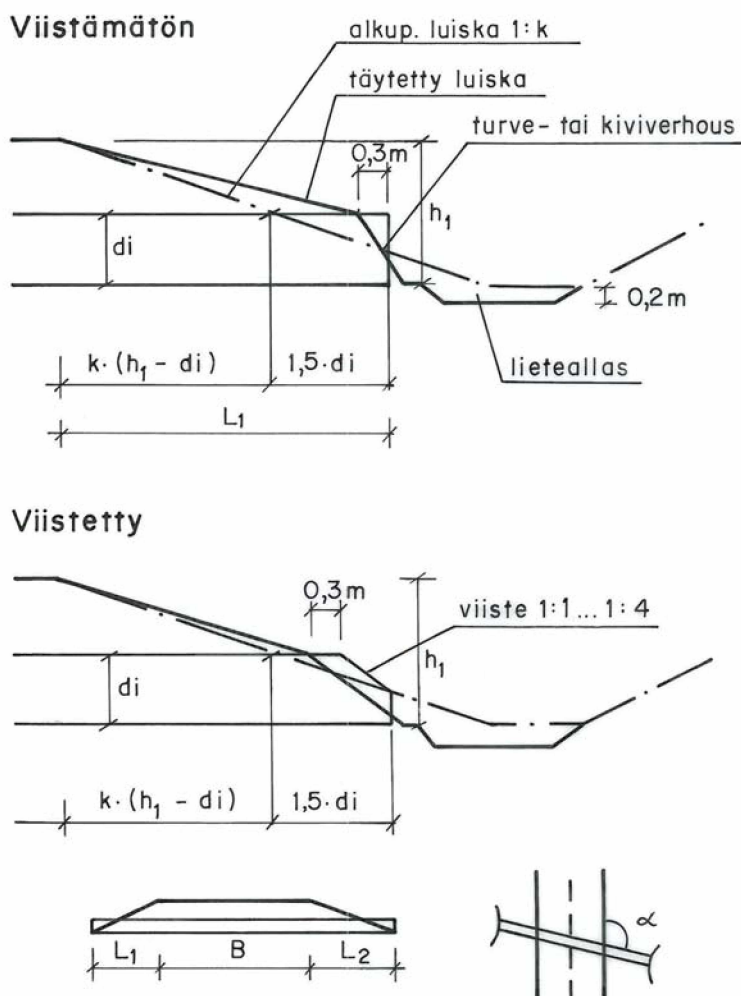
## 5.3 Rumpujen pituus ja päätyviisteet

Rummun pituudella tarkoitetaan ensisijaisesti putken pohjan keskilinjan pituutta (alapituus). Viistetyillä putkilla laen pituus (yläpituus) on pienempi.

Rummun kohdalla luiskaa täytetään siten, että rummun yläreuna näkyy 0,3 (± 0,1) m:n matkalta. Suurempi mitta huonontaa ulkonäköä ja auto voi tieltä suistuessaan törmätä rumpuun. Luiskan täyttö aloitetaan 5 m ennen rumpua.

Kuvassa 25 esitettyä pidempää rumpua ja loivempaa luiskaa voidaan käyttää, kun halutaan estää suistuvan auton törmäys tietä vastaan kohtisuoran ojan tai puron luiskaan.

Kaikki rummut, joiden halkaisija on  $\geq 800$  mm, on suositeltavaa rakentaa viistetyillä päillä. Tämä lisää liikenneturvallisuuksia tieltä suistumistilanteissa ja parantaa rummunkohdan ulkonäköä sekä vähentää luiskan tukemistarvetta. Massiivimuoviputket ja teräsputket voidaan viistää myös asennuksen jälkeen haluttuun kaltevuuteen. Viistetä ei aloiteta putken pohjasta vaan noin kolmanneskorkeudesta pohjan yläpuolelta.



Kuva 25. Rummun pituuden määrittäminen.

$$\text{Pituus} = L_1 + B + L_2 / \sin \alpha$$

$$L_1 = \text{putken pituus luiskassa 1} = k \cdot (h_1 - d_i) + 1,5 \cdot d_i$$

$$L_2 = \text{putken pituus luiskassa 2} = k \cdot (h_2 - d_i) + 1,5 \cdot d_i$$

B = tien leveys

$\alpha$  = tien ja putken välinen kulma

k = alkuperäinen luiskakaltevuus

Aallotettuja koottavia teräsrumpuja suunniteltaessa lasketaan tai määritellään ne tiedot, joita tilauslomake (**Teräsputkisillat**) edellyttää. Muista rummuista määritellään vastaavat, rumpuluettelossa tai rumpupiirustuksissa tarvittavat tiedot. Aukoltaan vähintään metrisen rummun perustiedot merkitään vedenkestävällä merkinnällä rummun yläreunaan sisäpuolelle (aukon koko, yläpituus ja teräsputkilla myös materiaalihahvuus).

## 5.4 Rummun mitoitus

### 5.4.1 Mitoituksen tavoitteet

Rumpujen mitoitus käsittää seuraavat osatehtävät:

- rummun pohjan korkeuden määrittäminen
- rummun pituuskaltevuuden määrittäminen
- rumpuaukon koon määrittäminen
- rummun aiheuttaman padotuksen määrittäminen

Rumpuputkien tekniset laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL:n osassa 1.

Vaihtoehtoiset käytännöt rumpujen mitoituksessa ovat:

- Suunnittelija saa lausunnon alueelliselta ympäristöviranomaiselta (ELYltä) ja noudattaa sitä mitoituksessa.
- Suunnittelijalla ei ole lausuntoa alueelliselta ympäristöviranomaiselta (ELYltä) ja hankkeen kuivatuksen suunnittelija mitoittaa rummun. Tällöin kannattaa arvioida ja selvittää olemassa olevien rumpujen koko ja toimivuus.

Rumpujen ja siltojen hydrologisen mitoituksen yleiset tavoitteet ovat:

- Silta tai rumpu ei saa aiheuttaa tulvanvaaraa yläpuoliselle alueelle eikä olla esteenä yläpuolisen alueen maankuivatukselle.
- Silta tai rumpu ei saa supistaa uomaa niin, että padotus aiheuttaa eroosiota uomassa tai väylien rakenteissa.
- Silta- ja rumpurakenteet ovat toimivia ja turvallisia myös suurten tulvien aikana.
- Silta- tai rumpurakenne ei saa estää kalojen tai muun eliöstön kulkua eikä vesiliikennettä tai muuta vesistön käyttöä.
- Mitoituksessa ja rakentamisessa otetaan huomioon ympäristönsuojelu, maisema ja luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteet.
- Sillan ja rummun vesiaukko suunnitellaan aina siten, että sen kunnossapito on mahdollista.

Kun eliöstön kulkuun halutaan kiinnittää erityistä huomiota, kannattaa rumpujen sijasta suosia siltoja tai maapohjaisia rumpuja. Tästä on kerrottu tarkemmin luvussa 5.7.

Jos rumpu- tai silta-aukkolausuntoa annettaessa on tiedossa mitoitukseen vaikuttavia muutoksia sillan tai rummun yläpuolisella valuma-alueella (esim. vettä läpäisevä mättömien alueiden osuuden lisääntyminen), nämä pitää ottaa huomioon vesiaukon mitoituksessa.

### 5.4.2 Rummun pohjan korkeuden määrittäminen

Rummun ja putkisillan korkeussijainti ilmaistaan kummankin pään sisäpohjan korkeuslukemana. Rumpuluettelossa ja rumpu- tai laskuojapiirustuksessa pitää esittää lisäksi pehmeiköllä tarvittava keskiosan korotus.

Pohjan korkeussijainti valitaan ottaen huomioon seuraavat tekijät:

- tarvittava peitesyvyys tien pinnan ja rummun laen välissä

- yläpuolisen maaston kuivatustarve
- rummun riittävä pituuskaltevuus sekä laskuojan (liittymärummuilla sivuojan) korkeussuhteet
- eliöstön kulku ja optimaalinen virtauksen poikkiala (rummun pohjan upotussyvyys noin 10 %). Tarkemmat ohjeet eläinten huomioon ottamisesta on esitetty kohdassa 5.7.

Maanteiden rumpujen peitesyvyyden raja-arvot eri rumputyypeille on esitetty julkaisun InfraRYL kohdissa 14341.3 (Betoniputkirumpujen tekeminen), 14342.3 (Teräsrumppujen tekeminen) ja 14343.3 (Muoviputkirumpujen tekeminen).

Laskuojan pohjan korkeus ja putken korkeus suunnitellaan samanaikaisesti. Uoman ollessa tarpeeksi syvä, rumpu asennetaan niin, ettei pohjan korkeus ylitä uoman pohjan (tasausviivan) korkeutta. Jos uoma ei ole tarpeeksi syvä ja putki joudutaan esim. yläpuolisen maaston tulevan kuivatustarpeen, eliöstön liikkumisen turvaamisen tai virtausalan suurentamisen vuoksi sijoittamaan huomattavasti ojan pohjaa syvemmälle, putken laki saa kevätyliveden (HW) aikana peittyä veden alle, ellei poikkeustapauksessa vesiliikenne muuta vaadi. Putken pää on kuitenkin verhoiltava erityisen huolellisesti.

Rummun korkeussijaintia valittaessa on otettava huomioon yläpuolisen maaston kuivatustarve ja mahdolliset tulevat kuivatushankkeet. Salaojitettu pelto edellyttää 1,4 m:n kuivatussyvyyttä, avo-ojitettu pelto noin 1,2 m ja metsämaa 0,9 m (taulukko 4). Lukemiin tulee normaalisti lisätä vielä 0,3 m:n liettymisvara sekä mahdollinen maan painuminen. Jos uoman läheisyydessä sijaitsevan alavan pellon korkeus ei nouse, kuivatussyvyyteen on lisättävä sivusuuntaisen etäisyyden mukaan 0,2 m/100 m.

Taulukko 4. Rummun pohjan tavoitesyvyys tulevan ojituksen varalta

Ojitettavan maaston tyyppi	Rummun pohjan syvyys maanpinnasta (m)
Pelto / viljelty maa	1,4...1,9
Niitty tai laidun	1,0...1,4
Metsä tai suo	0,8...1,3

Jos rummun yläpuolinen alue on jo ojitettu, määräytyy rummun pohja valtaojan pohjatason mukaan, kuten muissakin laskuojissa (huomioi tarvittaessa vesistöuoman vaikutus rummun upotuksessa). Jos rummun yläpuolisen alueen ojitus on todennäköinen, määräytyy rummun pohja tulevan, rummun kautta purkautuvan valtaojan pohjatason mukaisesti. Tämä arvioidaan lisäämällä tulevan salaojituksen imuoja-syvyyteen (tai vastaavaan avo-ojasyvyyteen) kokoojaojien ja valtaojan kaltevuuden vaatimat korkeuserot, laskuaukon sijainti 0,2 m valtaojan pohjan yläpuolella sekä mahdollinen painumavara.

Kuivatussyvyyden vaatimuksen on täyttyävä jatkossakin, sillä myös myöhemmissä ojitushankkeissa on rummun korkeus väylänpitäjän vastuulla. Epävarmojen kuivatustarpeiden noudattaminen sellaisenaan tuo usein tuntevia haittoja ja lisäkustannuksia muulle väylänpidolle (rummun rakentaminen ja kunnossapito on kalliimpaa, laskuojan ja sivuojien kaivumäärä saattaa lisääntyä olennaisesti). Tämän vuoksi on rummun korkeussijainnin tuottamia hyötyjä ja kustannuksia vertailtava koko laajuudessaan.

Jos maankuivatuksen hyöty on pieni verrattuna ojitus- ja rumputöiden tuomiin lisäkustannuksiin, on harkittava rummun sijoittamista korkeammalle ja haittakorvauksen maksamista maanomistajalle.

### 5.4.3 Rummun pituuskaltevuuden määrittäminen

Riittäväällä rummun pituuskaltevuudella (0,5–1 %) vähennetään liettymisvaaraa. Poikkeustapauksissa voidaan käyttää pienempää kaltevuutta. Ylisuurella 1...5 % kaltevuudella voidaan vähentää liettymis- ja jäätymistukoksia sekä painuvilla ja routivilla paikoilla putkien liikkeistä aiheutuvia haittoja. Tällöin on varmistettava, ettei kasvava virtausnopeus estä vesieliöstön liikkumista tai nopeuta putkipinnoitteen eroosiota. Eniten liettymistä vähennetään riittäväällä laskuojan vietoilla ja lietealtaalla rummun yläpäässä. Putkisillat sijoitetaan olosuhteiden sallimaan kaltevuuteen. Kuitenkin vesistöomaan sijoitettavilla rummuilla suositeltava pituuskaltevuus on enimmillään 0,5 % ja vain poikkeustapauksissa 1 %.

Vanhan laskuojan kaltevuus on usein tavoitearvoa (n. 0,4 %) pienempi. Ellei ojaa tarvitse kauttaaltaan syventää, sijoitetaan rummun yläpää likimain laskuojan pohjan tasoon ja sekä rummulle että laskuojalle rummun alapäästä lähtien n. 20 m matkalla annetaan 0,5...1 % vähimmäiskaltevuus. Tästä eteenpäin laskuojaa perataan vain niin pitkälle, että ojan pohja yhtyy vanhaan uomaan 0,1 % kaltevuudella. Näitä vähimmäiskaltevuuksia ei kuitenkaan voida soveltaa vesistörummuissa, jotka vaativat normaalia pienemmän kaltevuuden.

#### Esimerkki 5.

*Valtaojan pituuskaltevuus on 0,3 %. Sekä 16 m pitkälle rummulle että sen jälkeiselle laskuojaosuudelle 20 m:n matkalla pyritään antamaan 1,0 %:n kaltevuus. Kuinka pitkälle laskuojaa on perattava, jos rummun yläosa sijoitetaan laskuojan pohjan tasoon?*

*Ennen kaivutöitä on ojan pohja rummun alapäästä 20 m eteenpäin*

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

*(0,25 m) tavoitetasoa ylempänä. Jos tästä eteenpäin tyydytään esim. 0,15 % kaltevuuteen, tavoittaa perattava uoma alkuperäisen uoman (170 m:n) päässä.*

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

**Liittymärumpujen** pituuskaltevuus on sama kuin sivuojalla. Rummun sisäpohja yhtyy yleensä ojan pohjaan tai se voidaan vaihtoehtoisesti sijoittaa tätä 0,0...0,20 m alemmaksi lisäpeitesyvyyden saamiseksi. Leikkausosuudella tai sivukaltevan maaston ylärinteessä sijaitsevilla liittymillä pyritään mahdollisimman pieneen rumpukokoon ja peitesyvyyteen, jotta sivuojan syvyys pysyisi kohtuullisena. Jos tällaisissa tapauksissa sivuoja joudutaan tekemään syväksi, saattaa leikkauskustannukset ja haitat lisääntyä niin paljon, että kaivojen ja sukellusjohdon käyttö voi muodostua edullisemmaksi.

#### 5.4.4 Rumpujen vähimmäiskoko

Rumpuputkien minimikoko määräytyy yleensä kunnossapitönäkökohtien mukaan. Minimikoot (sisähalkaisijat, johon sallitaan 10 % alitus) ovat eri tapauksissa taulukon 5 mukaiset.

Taulukko 5. Rumpukoko tien tai liittymän mukaan

Tien tai liittymän tyyppi	Rummun Ø (mm)
kaksiajorataiset tiet	800
valta- ja kantatien alittava	600
kapeat yhdystien alittava (rummun pituus ≤ 10m)	400
liittymärummut, kun rummun pituus > 8 m tai kun liittymä tie on maantie tai siihen verrattava	400
liittymärummut, kun rummun pituus ≤ 8 m	300

Seuraavissa tapauksissa voidaan harkita edellä esitettyä pienempiä kokoja:

- Hyvin pienet valuma-alueet
- Parannettavilla teillä, kun kokemus osoittaa pienemmän koon riittävän eikä laskennallinen 20 %:n vesimäärän kasvukaan edellytä rumpukoon suurentamista.
- Rumpua korjattaessa, kun vanhan rummun sisään sujutetaan pienempi muovi- tai teräsputki, rumpuaukon koko saa pienentyä, jos nykyisin rummun läpi virrannut vesimäärä mahtuu uudestakin aukosta. Tarvittaessa rummun viereen tehdään mahdollisesti tunkkaamalla uusi toinen rumpu.
- Tulvaputket
- Peltosalaojituksen tien alitusputket

Rautateillä rummun pienin sallittu halkaisija on 800 mm. Vanhojen ratarumpujen korjauksessa voidaan riskiarvioinnin tulosten mukaan käyttää pienempää kokoa, mutta tuolloinkin halkaisija on minimissään 600 mm.

Rummun koko tarkistetaan aina valuma-alueen koon mukaisen mitoitusvirtaaman perusteella. Rakentamattomilla alueilla (perusmaantiejakso) hydraulinen mitoitus tehdään kohdan 5.4 mukaan. Taajamissa valuma-alue voi käsittää päällystettyjä alueita, jolloin mitoitusvirtaamat on laskettava myös rankkasateen perusteella alueen todellisia valumiskertoimia käyttäen kohdan 3.4 ohjeita noudattaen.

Jos rumpu korjataan sujuttamalla rummun sisään pienempi putki, rumpuaukon koko saa pienentyä, jos rummun läpi virrannut vesimäärä mahtuu uudestakin aukosta. Tarvittaessa rummun viereen tehdään mahdollisesti tunkkaamalla uusi toinen rumpu.

Rummun sisähalkaisija esitetään tasalukuna 300 mm, 400 mm jne. Suunnitelmassa annetusta rummun sisähalkaisijasta voidaan poiketa kaikilla putkimateriaaleilla alaspäinkin enintään 10 %. Syitä tähän ovat mm:

- rummun mitoitus perustuu erittäin karkeaan laskelmaan tai arvioon
- markkinoilla olevien muoviputkien sisähalkaisija on yleisesti n. 6 % betoni- ja teräsputkia pienempiä
- muoviputki ei jäädy niin tiukasti ja kunnossapidettävyyden on joskus helpompaa kuin muilla materiaaleilla.

#### 5.4.5 Rumpuaukon koon mitoitus

Jos tulevan uoman vieressä ei ole asutusta ja mitoituksessa käytettävän ylivirtaaman toistuvuus aika ei ole suurempi kuin 20 vuotta, rumpuaukko valitaan tavallisesti suoraan taulukosta 5 tai 6 silloin kun valuma-alueen koko on enintään 20 ha tai kun mitoitus perustuu lumen sulamiseen.

Rakennuskustannukset ovat sitä pienemmät mitä pienempi rumpu on ja mitä korkeammalle se perustetaan. Liian korkealle perustettu tai liian pieni rumpu aiheuttaa puolestaan vahinkokustannuksia tai muuta haittaa. Toisaalta kunnossapitotarve (jäätyminen tai liettyminen) pienentyy, jos rumpu on väljä ja jos sen kaltevuus on suurehko, mikä vuorostaan edellyttää usein suhteellisen korkealle perustettua rumpua. Vesistörumpujen kohdalla kaltevuuden ja muiden vesieläinten kulkumahdollisuudet on kuitenkin arvioitava ja otettava toteutuksessa huomioon.

Maantien rumpujen mitoitukselta vastaa tiensuunnittelija tai ELY-keskus, mutta maanomistajaan on pidettävä riittävästi yhteyttä luvun 8 kohdan 3 (Kuivatuksen suunnittelussa tarvittava yhteistoiminta) mukaisesti.

Rummun ja siihen välittömästi kummallakin puolella liittyvän laskuojaosuuden pituuskaltevuudella on varsin tuntuva merkitys aukon koolle. Suurehko kaltevuus on kuitenkin vielä enemmän tarpeen jatkuvan kunnossa pysymisen vuoksi.

Taulukon 6 lähtökohtana on lumen sulamisesta aiheutuva kevätylivirtaama (vrt. kohdan 3.4.2 ja 3.4.3. taulukko A1 ja kuva 5) ja sen keskimääräinen 1/20-esiintymistäajuus. Lisäksi on edellytetty, että mitoitus tilanteessa rumpuputki on enintään 3/4- korkeudeltaan täynnä vettä ja että rummun yläpään padotus ei nouse haitallisen suureksi. Taajamissa rankkasade edellyttää päällystetyillä alueilla suuremman rummun. Jos alueella on olemassa olevia rumpuja, voidaan niiden koko mittaamalla ja tulvimisherkkyys selvittämällä tehdä päätelmät ja tarkistukset uuden rummun mitoitusta varten (kokemusperäinen mitoitus).

*Taulukko 6. Maantien alittavan rummun aukon mitoitus uusilla teillä valuma-alueen koon ja uoman kaltevuuden (J) funktiona. Mitoitusperusteena lumen sulaminen ja kevätylivirtaaman keskimääräinen 1/20 esiintymistäajuus. Maastoluokat selitetään kohdassa 5.6. (Pienten silta-aukkojen mitoitus).*

Valuma-alueen koko (km <sup>2</sup> )			Rummun sisähalkaisija d (mm)
Uoman kaltevuus J = 0,1...0,3 % (maastoluokka I)	Uoman kaltevuus J = 0,4...0,7 % (maastoluokka II)	Uoman kaltevuus J ≥ 0,8 % (maastoluokka III)	
< 0,2	< 0,5	< 0,7	500 <sup>1)</sup>
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...11	11...16	1800

1) Moottoriväylillä sekä valta- ja kantateillä on pyöreiden rumpujen vähimmäiskoko d rummun pituudesta riippuen 600...800 mm.

Rummun aiheuttama padotus (ks. kohta 5.4.6) pitää tarkistaa etenkin silloin, kun valuma-alueen sijainnin tai suuren metsäojituksen tai peltoalan osuuden vuoksi mitoitusvirtaama muodostuu suureksi (ks. kohta 3.5.3).

Jos matalan tiepenkereen tai matalan uoman vuoksi käytetään kahta rinnakkaisrumpua tai matalarakenteista rumpua, on kaksoisputken tarvittava halkaisija 70...80 % korvattavan putken halkaisijasta. Esim. yksi  $d = 1,0$  m putki on korvattavissa kahdella  $d = 0,8$  m putkella, yksi  $d = 1,2$  m putki kahdella  $d = 1,0$  m putkella jne. Rinnakkaisputket voivat sijaita eri korkeudella, mutta virtausalan tulee olla yhtä suuri kuin alkuperäisessä putkessa.

Matalissa runsasvetisissä uomissa putki sijoitetaan "ylisyvään", jotta virtauspinta-ala saadaan suureksi. Matalarakenteinen rumpu saa laakeissa uomissa edullisen muotonsa vuoksi olla poikkileikkauksaltaan n. 10...20 % pienempi kuin pyöreä putki. Esim.  $d = 1,6$  m aallotettu teräspanputki ( $A = 2,00$  m<sup>2</sup>) on korvattavissa  $1,8 \times 1,2$  m matalalla putkella ( $A = 1,78$  m<sup>2</sup>). Rumpuvalmistajien tuoteselosteista voidaan tarkistaa soveltuva rumpukoko ja tyyppi.

Taulukko 7 edellyttää, että valuma-alueen järvisyys on 1 %. Jos järvisyys on yli 1 %, se suurentaa jokaisen rumpukoon valuma-alueen samalla tavoin kuin kohdan 5.6 (Pienten silta-aukkojen mitoitus) esimerkeissä lähemmin esitetään.

*Taulukko 7. Liittymärummun aukon mitoitus valuma-alueen koon funktiona kun valuma-alueen järvisyys on  $\leq 1$  %.*

Valuma-alueen koko (ha)	Liittymärummun sisähalkaisija d (mm)
< 1 <sup>1)</sup>	200...400 <sup>2)</sup>
1..3 <sup>1)</sup>	300...400 <sup>2)</sup>
3...10	400
10...50	500
50...100 <sup>3)</sup>	600

1) Aivan pieneltä alueelta vesi voi suotautua pois ilman rumpuputkia.

2) Valinta tapahtuu liittymän ympäristön ja rummun pituuden mukaan. Jos rumpunotkelma on väljä ja rumpu lyhyt ( $\leq 8$  m), valitaan pienempi vaihtoehto, samoin yleensä välikaistoilla taajamissa. Jos liittyvä tie on yleinen tie tai siihen verrattava, minimikoko on 400 mm.

3) Jos sivuoja on luonnon uoma, jonka valuma-alue ylittää n. 0,5 km<sup>2</sup>, rumpu mitoitetaan kohdan 5.4.6 (Rummun mitoituspäätöksen määrittäminen) taulukon 8 avulla.

#### 5.4.6 Mitoituspäätös ja rummun aiheuttaman päätöksen määrittäminen

Rumpu tai silta kaventaa yleensä uoman poikkileikkausta. Mikä aiheuttaa päätöstä ylävirran puolelle ja lisää virtauksen nopeutta. Asettamalla päätökselle tietyt mitoituspäätökset pyritään estämään kasvaneen virtausnopeuden aiheuttama syöpyminen. Vesiaukkojen mitoituspäätökset ovat yleensä niin pieniä, että ne eivät aiheuta uoman tulvimista.

Vesiaukon suositeltava mitoituspäätös määritellään ylävirranpuoleisen maankäytön sekä uoman kaltevuuden perusteella taulukossa 8 esitetyn mukaisesti. Sen mukaan mitoitettaessa virtausnopeudet pysyvät yleensä niin pieninä, ettei uoman syöpymis-



vaaraa ole, vaikka maaperä olisi eroosioherkkää. Pitkäaikainen vedenpintojen korkeusero vesiaukon kohdalla on tiepenkereen suotautumisen ja eroosiovaikutuksen kannalta haitallisempi kuin hetkellinen suuri padotus.

Taulukko 8. Mitoituspadotus enintään (m) maankäytön, uoman koon ja kaltevuuden mukaan.

Kaltevuus	< 0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	> 0,01
<b>Pelto, taajama tai merkittäviä rakennuksia</b>						
Oja	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,10
Puro	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Joki	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Iso joki MQ > 5m <sup>3</sup> /s	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
<b>Metsämaa tai luonnonalueet</b>						
Oja	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,15
Puro	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,10
Joki	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Iso joki MQ > 5m <sup>3</sup> /s	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

Ojien mitoituspadotukset ovat 20 ... 150 mm riippuen maankäytöstä ja uoman kaltevuudesta. Vastaavasti jokien mitoituspadotukset ovat 10 ... 50 mm.

Padotus lasketaan kaavalla ([6]):

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

jossa

- h = padotuksen korkeus rummun yläpäässä (m)
- D = padotuserroin, ks. taulukko 9,
- g = maan vetovoiman kiihtyvyys = 9,81 m/s<sup>2</sup>,
- Q = mitoitusvirtaama (m<sup>3</sup>/s),
- A<sub>r</sub> = rummun virtausala (m<sup>2</sup>) mitoitusvirtaamalla Q ilman padotusta
- A<sub>u</sub> = yläpuolisen uoman virtausala (m<sup>2</sup>) mitoitusvirtaamalla Q, padotuksen oletettu suuruus mukaan luettuna,
- k = vastuserroin taulukosta 9.

Taulukko 9. Padotuskerroin  $D$  ja vastuskerroin  $k$  riippuvat aukkosuhteesta  $A_r/A_u$  ja  $k$  lisäksi virtaamasta  $Q$  seuraavasti:

Aukkosuhde $A_r/A_u$	Padotuskerroin $D$	Vastuskerroin $k$	
		$Q = 2\text{m}^3/\text{s}$	$Q = 10\text{ m}^3/\text{s}$
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 Nykyisen rummun uusiminen

Uusittaessa nykyisen tien rumpua, korjaaminen voidaan tehdä

- sujuttamalla uusi rumpuputki vanhan sisään
- tunkkaamalla tai poraamalla uusi putki penkereen läpi
- rumpu uusitaan auki kaivettuun kaivantoon

Sujutusta käytetään silloin, kun halkaisijan pienentäminen on tehtyjen selvitysten ja tarvittaessa laskentojen perusteella mahdollista. Pienentämisen perusteina voivat olla esimerkiksi rinnalla kulkeva tie, jonka pienemmät rummut on todettu riittävän kokoisiksi.

Rumpu voidaan tehdä tunkkaamalla tai poraamalla alitusmenetelmän kannalta mahdollisimman edulliseen korkeustasoon. Ennen tunkkausta tulee selvittää penkereen kivisyys, sillä kivinen tai lohkarainen pengeri vaatii rummun tunkkauksen sijaan porauksen. Halkaisijaltaan 1200 mm tai pienempien rumpujen korjaaminen tunkkaamalla on kustannustehokasta, mutta suurempien rumpujen korjaamiseen suositellaan käytettäväksi auki kaivamista. Tunkkauksessa rumpumateriaalina tulee käyttää terästä.

Kun liikennemäärä ylittää 3000 ajon/d on suositeltavaa käyttää rummun kohdalla poraamista tai tunkkausta aukikaivun sijaan. Poraamisen ja tunkkauksen esteenä voi kuitenkin olla:

- rummun sijainti leikkauksessa
- korkeusasema ja rajallinen sivutila ( $x$  ja  $y$ )
- rummun tai putkisillan suuri halkaisija
- tierakenteen lohkaraisuus (estää tunkkauksen).

Jos rummun uusiminen sujuttamalla, tunkkaamalla tai poraamalla ei ole mahdollista tai taloudellisesti rumpu uusitaan auki kaivettuun kaivantoon. Jos korjattava rumpu on hyvin suuri tai sijaitsee syvällä, tulee kaivettaessa ainoaksi vaihtoehdoksi kierto-reitit järjestäminen tai rakentaminen.

Ratarumpujen tunkkauksesta on kerrottu tarkemmin julkaisussa **RUMKO**.

## 5.6 Pienten silta-aukkojen mitoitus

Sisähalkaisijaltaan suuremmat tai yhtä suuret kuin 2,0 m putkisillat (aallotetut teräsputket) suunnitellaan ohjeen **Teräsputkisillat (Suunnitteluohje)** mukaisesti.

Rakennerratkaisu riippuu yleensä uoman suuruudesta, vesistön käyttömuodosta, virtaaman suuruudesta, perustamisolosuhteista ja maisemallisista näkökohdista. Rakenteeksi valitaan yleensä silta silloin, kun ylitetään joki tai salmi tai tehdään rakenne jyrkkiin uomiin, kuten koskiin. Rumpu tehdään tavallisesti ojaan ja pieneen puroon. Puroon soveltuu kuitenkin silta rumpua paremmin. Rummun vesiaukko tukkeutuu puunrunkojen ja veden kuljettamien esineiden ja irtoaineisten takia ja nostaa haitallisesti yläpuolista vedenpintaa siltaa herkemmin.

Vesistösilan aukkovaatimus määritetään yleensä Ely-keskuksen lausunnossa, jolloin hydraulista mitoitusta ei tarvitse tehdä. Muussa tapauksessa mitoitus tehdään tämän ohjeen mukaisesti. Soveltuvien osien noudatetaan lisäksi ohjejulkaisua **Sillansuunnittelun lähtötiedot**.

Putkisilloissa pyritään kustannusten vuoksi yleensä niin pieneen kokoon kuin hydraulisesti käy riittävällä varmuudella päinsä (tulva- ja padotushaitat). Suorakaiteen muotoisissa silta-aukoissa saattaa sitä vastoin tulla kysymykseen vähimmäismittaa suurempi leveys, mikäli vesiliikenne, siltamaisema tai sillan rakenteelliset tekijät tätä puoltavat eivätkä kustannukset nouse kohtuuttomasti. Erityisesti asutuksen lähellä ym. näkyvissä kohteissa on myös putkisiltojen koko ja muoto valittava maisematekijät huomioon ottaen.

Haittojen ja vahinkojen arvioinnissa otetaan huomioon tulvan tai padotuksen peittävä maa-ala, tulvan kesto-aika, todennäköinen toistuvuus (yleensä kerran 20 vuodessa) ja rahalliset tai muut tulvasta syntyvät menetykset.

Silta-aukon määrittäminen perustuu valuma-alueen suuruuteen, minkä lisäksi otetaan huomioon siltapaikan kaltevuus- ja korkeussuhteet eli maastoluokka. Maastoluokkia on kolme seuraavasti:

**Maastoluokka I:** Maasto on tasaista ja siltapaikan yläjuoksulla uomaan liittyviä alavia viljelysmaita. Sallittu padotus mitoitusilanteessa on 0,03...0,08 m, jolloin putkisillan kaltevuus on yleensä 0,0...0,3 %.

**Maastoluokka II:** Maasto on loivaa, mutta vedellä on kesäaikaanakin havaittava virtaus. Sallittu padotus mitoitusilanteessa on 0,08...0,20 m. Putkisillan kaltevuus on yleensä 0,1...0,5 %.

**Maastoluokka III:** Maasto on kumpareista tai jokiuoma sijaitsee syväkässä notkossa. Sallittu padotus mitoitusilanteessa on yli 0,15 m. Putkisillan kaltevuus on vähintään 0,4 %.

Taulukko 10. Pyöreään tai lievästi elliptisen putkisillan aukon valinta valuma-alueen suuruuden ja siltapaikan maastoluokan funktiona. Järvisyysprosentti on = 0. Jos mitoituslanteessa uoman vesisyvyys on alle 60 % putken halkaisijasta, pyöreä putki korvataan yleensä kahdella tai yhdellä elliptisellä matalarakenteisella putkella.

Valuma-alueen koko (km <sup>2</sup> )			Pyöreään tai elliptisen teräsaaltolevyputken sisähalkaisija (mm)
Maastoluokka I: alava	Maastoluokka II: loiva	Maastoluokka III: kumpareinen	
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

Kun valuma-alueen suuruus ja siltapaikan maastoluokka on määritelty, saadaan taulukosta 10 pyöreiden tai elliptisten putkien ohjekoot. Saatavissa olevien putkien nimellimitat voivat poiketa taulukon mitoista, mutta tällöin valitaan se koko, joka on lähinnä taulukon osoittamaa mittaa.

Erytisen syöpymäalttiissa vesiuomissa (vanha uoma syöpynyt) saattaa suurempikin putkikoko tulla kysymykseen virtausnopeuden pienentämiseksi. Vertailu suoritetaan geoteknisen selvityksen perusteella.

Uoman ollessa niin laakea, että pyöreään putken täyttöaste jää alle 55...60 % halkaisijasta, putki on padotuksen pienentämiseksi edullista korvata kahdella rinnakkaisella tai yhdellä elliptisellä matalarakenteisella putkella. Nämä vaihtoehdot on selvitettävä myös suunnittelukohteen sijaitessa tasaisessa maastossa, jossa tien tasausviivaa jouduttaisiin sillan vuoksi nostamaan enemmän kuin 0,2 m.

Kaksoisputken tarpeellinen halkaisija on n. 70–80 % taulukon 10 mukaisesta yksittäisputken halkaisijasta. Matalarakenteisen putken koko puolestaan valitaan siten, että sen poikkileikkausala on n. 10...20 % pienempi kuin taulukon 10 mukaisen pyöreän putken.

Putkisillan aiheuttama padotus lasketaan kohdan 5.4.6 kaavan 6 mukaisesti. Padotuslaskelma tarvitaan taulukon 10 täydennyksenä etenkin silloin, kun putken täyttöaste on mitoituslanteessa pienehkö. Jääpadot ja jäiden lähtö eivät yleensä aiheuta lisäselvitystarvetta.

Putkisillan pohja sijoitetaan vesiuomaan pohjan tasoon tai sitä 0,0...0,8 m alemmaksi silloin, kun tämä on tarpeen padotuksen pienentämiseksi tai tien tasausviivan vuoksi.

Huomioon on otettava myös vesistön mahdollinen perkaus, joka saattaa osaltaan pienentää padotusta.

Suorakaiteen muotoisen silta-aukon leveys määritetään myös siten, että padotus ei muodostu keväällä liian haitalliseksi. Pienten siltojen (vapaa-aukko 6 m) vähimmäisleveytenä pidetään samaa mitta, joka taulukon 10. mukaan tarvitaan pyöreän putken sisähalkaisijaksi. Tämä riittää hydraulisesti, mutta lisäksi on selvítettävä onko muiden syiden, kuten vesistön käytön tai maisematekijöiden vuoksi edullista suurentaa aukkoa.

Suorakaiteen muotoisen silta-aukonkorkeus määritetään siten, että jäiden lähtö ei aiheuta sillalle haitallista lisäkuormitusta. Tämän takia tulee sillan päällysrakenteen alapinnan sijaita tason  $HW_{20}$  yläpuolella. Jos uomassa on olennaista soutu liikennettä, vapaan korkeuden tulisi sekä suorakaiteenmuotoisilla että putkisilloilla ulottua tasoon  $HW_{20} + 0,5$  m, jolloin hankkeeseen tarvitaan yleensä vesioikeuden lupa.

Jos valuma-alueen järvisyysprosentti (järvipinnan osuus koko valuma-alueesta) on suurempi kuin 1 %, tällä on huomattava vaikutus sulamisvirtaamiin. Mitoitusvirtaama ja tarvittava silta-aukko pienentyvät ja tiettyä putkikokoa vastaava valuma-alue suurentuu. Taulukon 10 mukaisia valuma-alueita suurennetaan järvisyysprosentista riippuvalla kertoimella  $k_F$ , joka esitetään taulukossa 11.

*Taulukko 11. Tiettyä putkikokoa vastaavan valuma-alueen suurennuskerroin järvisyysprosentin funktiona. Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.*

Järvisyysprosentti (%)	Kerroin $k_F$
1	1,0
5	1,4
10	2,4
15	3,4
20	4,4

Jos valuma-alueesta vähintään 20 % on metsäojitusta tai vähintään 50 % on peltoa tai alue sijaitsee Pohjois-Suomessa, saattaa putken suurentaminen taulukon 10 mukaisesta koosta olla tarpeen. Mitoitus suoritetaan mitoitusvirtaaman (kohta 3.5) ja sallittujen padotusten arvioinnin avulla (5.4.6).

#### Esimerkki 6.

*Valuma-alueen suuruus on 74 km<sup>2</sup> ja järvisyysprosentti on 4. Kuinka suuri aaltolevyputki tarvitaan, jos siltapaikan maastoluokaksi arvioidaan = II?*

*Taulukosta 6 saadaan interpoloiden järvisyysprosenttia 4 vastaavaksi suurennskertoimeksi  $k_F = 1,3$ . Taulukko 10 antaa II maastoluokassa mm. seuraavat valuma-alueet:*

Valuma-alue, km <sup>2</sup>	Putken halkaisija, mm
$1,3 \cdot (27 \dots 36) = 35 \dots 47$	2900
$1,3 \cdot (36 \dots 47) = 47 \dots 61$	3200
$1,3 \cdot (47 \dots 60) = 61 \dots 78$	3500

Valuma-alueelle, 74 km<sup>2</sup>, riittävä putkikoko on  $d = 3500$  mm. Tien korkeussijainnin ym. olosuhdetekijöiden nojalla tutkitaan lisäksi matalarakenteisen tai kahden rinnakkaisrummun käyttötarvetta.

### Esimerkki 7.

#### Lähtötiedot:

Keski-Suomessa sijaitsevan laskuojan valuma-alue siltapaikalla on 54 km<sup>2</sup>. Alueen järvisyysprosentti = 0, pellon osuus on n. 30 %, metsäojitusta on alle 10 %. Siltapaikan yläpuolinen maasto on loivaa (maastoluokka II).

Laskuojan mitoitus on seuraava:

- uoman pohjan leveys 3,0 m
- ojaluisien kaltevuus 1:2
- pohjan pituuskaltevuus  $J = 0,2 \text{ ‰} = 0,002$ .

**TEHTÄVÄ 1.** Mikä on laskuojan ylittävän putkisillan hydraulisesti riittävä mitoitus, kun putki perustetaan uoman pohjantasoon?

#### Ratkaisu:

Ohjeen taulukon 10 mukaan on valuma-alueella 54 km<sup>2</sup> ja maastoluokkaa II vastaava pyöreään putken halkaisija  $d = 3500$  mm. Pyöreään putken sijasta voidaan käyttää elliptistä matalarakenteista putkea, jonka poikkileikkausala on n. 10...20 % pienempi kuin pyöreään putken, tai kahta rinnakkaisputkea, joiden halkaisija on n. 70 % yksittäisputken halkaisijasta. Putkivaihtoehdoiksi saadaan alustavasti

1. Pyöreä putki  $d = 3500$  mm, poikkileikkausala 9,62 m<sup>2</sup>.
2. Elliptinen matalarakenteinen putki esim.  $B/H = 4090/2570$  mm, poikkileikkausala 8,30 m<sup>2</sup>.
3.  $2 \times d = 2500$  mm, poikkileikkausala  $2 \times 4,91 = 9,82$  m<sup>2</sup>.

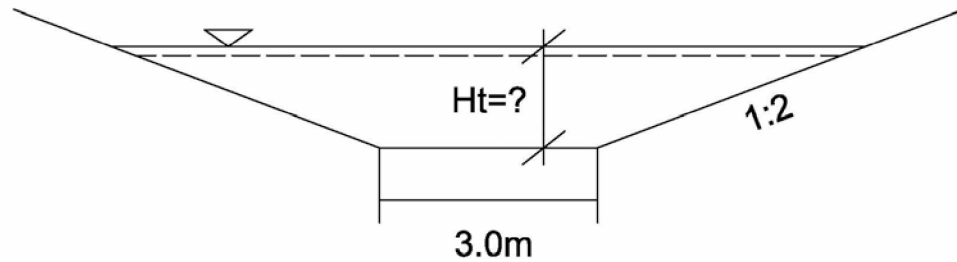
#### Tarkistuslaskelmat:

Tarkistetaan putkivaihtoehtojen mitoitus laskemalla mitoitusvirtaamalla putken täyttöaste ja syntyvä padotus.

Lumen sulamisesta aiheutuva mitoitusvirtaama, kun toistumisaika on 20 vuotta, saadaan kohdan 3.5 mukaan:

$$\begin{aligned} Q &= k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot H_q \\ &= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 54 \cdot 205 \\ &= 11\,070 \text{ l/s} = 11,1 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Veden syvyys laskuojassa mitoitusvirtaaman aikana:



Kuva 26. Veden syvyys  $H_t$  määritetään kokeilemalla kohdan 4.2.1 kaavalla

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

Kun maaperä on savea, otetaan hankauskerroimen  $n$  arvoksi 0,030.

Arvolla  $H_t = 1,41$  m saadaan virtaamaksi

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

$H_t = 1,41$  m

Putken täyttöasteeksi vaihtoehdossa 1 tulee  $1,41 / 3,50 = 40$  %, joten pyöreä yksittäisputki ei lopullisesti tule kysymykseen. Myös vaihtoehdoissa 2 ja 3 täyttöaste jää mitoistilanteessa alhaiseksi ( $n. 55$  %), joten syntyvä padotus on syytä tarkistaa laskelmin.

#### Padotus

Padotus lasketaan kokeilemalla kohdan 5.4.6 kaavalla

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

Koe a)

Maastoluokassa II on suurin sallittu padotus 0,08...0,20 m. Otaksumalla putken padotuksen arvoksi 0,15 m, jolloin uoman vedensyvyys  $H_t+h = 1,41 + 0,15 = 1,56$  m, antaa yllä oleva kaava padotuksen  $h$  arvoiksi eri putkivaihtoehdoille seuraavat:

2:  $h = 0,13$  m → lähtöotaksuma liian suuri

3:  $h = 0,18$  m → lähtöotaksuma liian pieni

Koe b)

Otaksumaan padotukseksi eri vaihtoehdoille

2:  $h = 0,12$  m

3:  $h = 0,20$  m.

*Padotuskaava antaa tulokseksi*

$$2: h = 0,13 \text{ m}$$

$$3: h = 0,20 \text{ m.}$$

*Kummankin tarkastellun vaihtoehdon padotukset pysyvät sallituissa rajoissa ( $h = 0,13 \text{ m}$  ja  $h = 0,20 \text{ m}$ ), joskin vaihtoehdon 3 padotus on aivan sallitun ylärajalla. Jos näin suurta padotusta ei voida sallia, tulee putken kokoa suurentaa.*

*Valinta hydraulisesti samanarvoisten (padotus sama) putkivaihtoehtojen välillä tehdään rakennuskustannusten perusteella ottaen huomioon myös vaikutukset tien tasausviivaan, ulkonäön yms. tekijät.*

*Tässä esimerkkitapauksessa pyöreään yksittäisputken  $d = 3500 \text{ mm}$  padotukseksi tulee  $n. 0,8 \text{ m}$ , jos putken pohja on uomän pohjan tasossa, ja  $n. 0,3 \text{ m}$ , jos putken pohja asennetaan  $0,8 \text{ m}$  uomän pohjan alapuolelle. Syynä sallittua tuntuvasti suurempiin padotuksiin on laakeasta uomasta aiheutuva alhainen täyttöaste. Pyöreää yksittäisputki tulee kysymykseen lähinnä verrattain syvässä uomassa.*

*Tarkistus voidaan tehdä myös siten, että määritetään tiettyä padotusta vastaava putken virtausalan vaadittava koko  $A_r$ . Laskelmat tehdään kokeilemalla padotuskaavan avulla.*

*Jos esim. sallituksi padotukseksi otetaan maastoluokan II alaraja  $h = 0,08 \text{ m}$  ( $\rightarrow H_t+p = 1,41 + 0,08 = 1,49 \text{ m}$ ,  $\rightarrow A_u = 8,9 \text{ m}^2$ ), on vaadittava virtausala  $A_r = 6,20 \text{ m}^2$ . Tätä vastaavat siltavaihtoehdot ovat esim.*

- kaksoisputki  $2 \times d = 2800 \text{ mm}$   
( $A_r = 2 \times 3,11 = 6,21 \text{ m}^2$ )
- elliptinen matalarakenteinen putki  $B/H = 5050 \text{ mm}/3100 \text{ mm}$  ( $A_r = 6,30 \text{ m}^2$ )
- silta, vapaan aukon leveys  
 $6,20 \text{ m}^2 / 1,41 \text{ m} = 4,4 \text{ m}$ .

*Jos sallituksi padotukseksi otetaan maastoluokan II yläaraja  $h = 0,20 \text{ m}$  ( $H_t+p = 1,41 + 0,20 = 1,61 \text{ m}$ ,  $\rightarrow A_u = 10,0 \text{ m}^2$ ), on vaadittava virtausala  $A_r = 5,20 \text{ m}^2$ . Tätä vastaavat siltavaihtoehdot ovat esim.*

- kaksoisputki  $2 \times d = 2300 \text{ mm}$   
( $A_r = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ m}^2$ )
- matalarakenteinen putki  $B/H = 4090/2570 \text{ mm}$   
( $A_r = 2,24 \text{ m}^2$ , = edellä tarkasteltu vaihtoehto 3)
- silta, vapaan aukon leveys

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

**TEHTÄVÄ 2.** Mikä on edellisen kohdan putkivaihtoehtojen 2 ja 3 padotus, jos putki asennetaan siten, että putken pohja on  $0,2 \text{ m}$  uomän pohjan alapuolella?



Ratkaisu:

Kun putken pohja sijoitetaan jonkin verran uoman pohjan alapuolelle, putken virtausala kasvaa ja padotus pienenee. Vaihtoehdossa 2 ( $2 \times d = 2500 \text{ mm}$ ) virtausalaksi tulee  $A_r = 2 \times 3,16 = 6,32 \text{ m}^2$  ja vaihtoehdossa 3 ( $B/H = 4060/2570 \text{ mm}$ )  $A_r = 5,52 \text{ m}^2$ . Padotuskaavalla kokeilemalla saadaan padotuksen arvoiksi seuraavat:

- vaihtoehto 2:  $h = 0,07 \text{ m}$
- vaihtoehto 3:  $h = 0,15 \text{ m}$ .

Verrattuna tilanteeseen, jossa putken pohja on uoman pohjan tasossa, padotus pienenee vaihtoehdon 2 tapauksessa  $0,06 \text{ m}$  ja vaihtoehdon 3 tapauksessa  $0,05 \text{ m}$ . Asennussyvyydellä on siten tuntuva vaikutus padotuksen suuruuteen etenkin silloin, kun putken täyttöaste on pienehkö.

**Esimerkki 8.**

Lähtötiedot

Vanha painorajoitettu puusilta korvataan teräsputkisillalla.

Silta sijaitsee Etelä-Suomessa. Valuma-alue on n.  $8,5 \text{ m}^2$ , josta pelton osuus on hieman yli  $50 \%$ . Alueen järvisyysprosentti on n.  $3$ . Värittömästi sillan yläpuolella on alavaa peltoa.

Nykyinen laskuoja on hyvässä kunnossa, sen luiskat ovat suhteellisen tasaiset ja ruohottuneet. Uuden sillan suunnittelu voidaan tehdä nykytilanteen pohjalta.

Tientasaus viiva on sillan kohdalla lähes vaakasuora. Siltaa uusittaessa tulisi tasausviiva mieluummin säilyttää entisellään tai korottaa enintään  $0,3 \text{ m}$ .

**TEHTÄVÄ**

Mitkä ovat siltavaihtoehdot, kun uoma säilyy entisellään?

Ratkaisu

Putkivaihtoehdoiksi saadaan kohdan 5.5 ja taulukon 10 mukaan (maastoluokka I) alustavasti seuraavat

- 1) Pyöreä putki  $d = 2000 \text{ mm}$   
( $A = 3,14 \text{ m}^2$ )
- 2) Kaksoisputki  $2 \times d = 1400 \text{ mm}$   
( $A = 2 \times 1,54 = 3,08 \text{ m}^2$ )
- 3) Elliptinen matalarakenteinen putki esim.  $B/H = 2210/1610 \text{ mm}$   
( $A = 2,90 \text{ m}^2$ )

Perustamissyvyys: Nykyisen ojanpohjan korkeus sillan kohdalla on  $+21,2$  eli muuta ojanpohjaa korkeammalla. Jotta ojanpohjan myöhempi ruoppaus olisi mahdollista, tulee putken pohja sijoittaa tätä alemmaksi, korkeustasoon n.  $+20,8$ . Tällöin ojan pohja sillan yläpuolella voidaan perata n.  $0,05 \%$  kaltevuuteen. Sillan uusimisen yhteydessä laskuojaan ei kuitenkaan perata, joten jonkin ajan kuluttua uoma liettyy

sillan kohdalla entiselleen eli  $n$ . tasoon +21,2. Tämä pienentää putken virtausalaa, joten se on padotusta laskettaessa otettava huomioon.

#### Tarkistuslaskelmat

$$Q = k_j \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot H_q$$

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

Veden syvyys  $H_t$  (vedenpinnan korkeus  $HW$ ) mitoitusvirtaaman aikana sillan kohdalla (pl 0 + 00):

- uoman pohjan korkeus: +21,2
- uoman pohjan keskimääräinen pituuskaltevuus:  $J = 0,00045$
- arvioitu hankauskerroin:  $n = 0,050$ .

Otaksumalla, että  $H_t = 1,40 \text{ m}$ , saadaan virtaamaksi kaavalla

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

→  $H_t = 1,4 \text{ m}$  ja  $HW = +22,6$ .

Täyttöasteeksi putkelle  $d = 2000 \text{ mm}$  tulee  $1,4/2,0 = 70 \%$ , joten pyöreäkin putki tulee kysymykseen.

Suunnittelun alussa kannattaa tiedustella ELY:stä, minkälaista vanhaa uomaa koskevaa tietoa siltä on saatavissa. Näitä voivat olla esim. valuma-alue, virtaamat,  $HW$ , vanhan uoman aikoinaan tehty perkausmitoitus (pohjan korkeus ja kaltevuus siltapaikalla, uoman poikkileikkaus) sekä mahdolliset uomaa koskevat, laaditut tai tekeillä olevat suunnitelmat ja niiden toteuttamisaika jne.

#### Padotus

Maastoluokassa I suurin padotus on 0,08 m. Tällöin  $H_t + p = 1,40 + 0,08 = 1,48 \text{ m}$  ja  $A_u = 6,6 \text{ m}^2$ , Padotuskaavalla kokeilemalla voidaan todeta, että virtausalan  $A_r$  tulee olla n.  $2,15 \text{ m}^2$ , jotta padotus ei ylittäisi 0,08 m. Jokainen edellä mainituista putkivaihtoehdoista täyttää tämän ehdon.

Putkivaihtoehtojen padotukseksi saadaan

1. oletus  $h = 0,05 \text{ m}$  →

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

$$= 0,05 \text{ m}$$

2. oletus  $h = 0,04 \text{ m} \rightarrow$

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

3. oletus  $h = 0,08 \text{ m} \rightarrow$

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

Kaikkien putkivaihtoehtojen padotus pysyy sallituissa rajoissa, joskin vaihtoehdossa 3 padotus on sallitun ylärajalla (putken upottaminen pienentää virtausalaa tuntuvas-  
ti). Tien tasausviiva ei aseta rajoituksia putkitypin valinnalle, joten valinta tehdään lähinnä rakennuskustannusten ja ulkonäön mukaan.

Putkien urospuolet asennetaan alavirtaan. Putkien asennus aloitetaan rummun alemmasta päästä. Asennuksen yhteydessä varmistetaan, että putket tulevat koko pituudeltaan tuetuiksi.

Käytettäessä rautateillä 2m lyhyempiä tai halkaisijaltaan vähintään 1600 mm betoni-putkia voidaan kolme ulointa putkea sitoa yläpäästään molemmilta sivuiltaan yhteen luiskumisen estämiseksi. Sidontatarve harkitaan tapauskohtaisesti. Sidonta tehdään **RUMKO**-ohjetta soveltaen. Putkien sitominen yhteen on suositeltavaa luiskien alla muutoinkin, kun on riski maaperän routimiselle tai rummun painumiselle.

## 5.7 Eläinten huomioon ottaminen rumpujen sijoitusta ja rumpuaukkojen kokoa määritettäessä

### 5.7.1 Yleistä

Eläinten kulkujärjestelyt suunnitellaan tie- tai ratasuunnitelman yhteydessä ensisijaisesti silloin, kun yleissuunnitelmassa tai esisuunnittelussa on havaittu tarve eläinten liikkumisen edistämiseksi ja näin ollen pitää pyrkiä estämään liikenteen ja eläinten törmäykset. Tie- tai ratasuunnitelmassa laaditaan toimenpiteet, joilla uuden väylälän tai parantamisen aiheuttamat haitalliset vaikutukset eläimistöille saadaan mahdollisimman pieniksi. Eläinten liikkumista voidaan helpottaa vain maaeläimille tai vesieläimille tarkoitetuilla ratkaisuilla tai kulkujärjestelyillä, jotka soveltuvat kummallekin eläinryhmälle.

Eläimistöselvityksen kautta saadaan kokonaiskuva hanketta ympäröivän alueen luonosta ja eläimistöä sekä voidaan määrittää paikat, joihin eläimistön liikkumista edistäviä rakenteita tarvitaan.

### 5.7.2 Eläinten kulkujärjestelyt väyläalueen poikki

Liian suuri virtausnopeus voidaan korjata jälkikäteen mm. sijoittamalla rummun pohjalle virtausta hidastavia rakenteita. Vastaanottavan puronuoman vedenpintaa voidaan nostaa sijoittamalla pohjapatoja rummun alapuolelle. Alimitoitettu rumpu saattaa estää pienuudellaan myös joidenkin vedenpintaa pitkin lentämällä suunnistavien selkärangattomien vaellusmuuton ja eksyttää ne reitiltään rummun kohdalla.

Mikäli varsinaista siltaa ei voida rakentaa, tulee virtausnopeuden rummussa olla tulva-aikanakin sovellettu alkuperäisiin vallinneisiin virtausnopeuksiin, ja vesisyvyyden on oltava riittävä alivirtaamakausinakin. Eri kalalajeilla on erilaisia vaatimuksia veden syvyyden suhteen (lohi 30 cm, taimen 10–15 cm). Hyvä yleissääntö on, että syvyys ei koskaan saisi alittaa 20 senttimetriä eikä virtausnopeus ylittä 0,8 m/s.

Mitä pidempi rumpu on, sitä avarampi sen tulee olla ja sitä vähäisempi virtaus rummussa. Tavallisin syy vaellusesteelle on tierummun purkuaukon sijoitus liian korkealle puron pohjaan verrattuna, jolloin syntyy ylitsepääsemätön putous. Rummun alaosan ja vastaanottavan vesistön välille ei saa syntyä putousta, sillä jo 5–10 cm pudotus saattaa aiheuttaa esteen kalojen nousulle vähän veden aikaan. Rumpu tulee kaivaa uoman pohjaan ja täyttää kivimateriaalilla alkuperäisen puron pohjan tasoon saakka.

Umpipohjainen tierumpu on huonoin vaihtoehto eläinten tärkeillä kulkureiteillä. Pyörörumpujen sijasta kannattaa rakennusvaiheessa valita varsinainen silta tai levyrakenneinen holvisilta, jossa luonnollinen maapohja säilyy. Tällöin vaellusesteongelma vältetään lähes aina, ja avarammilla luonnonmukaisilla siltarakenteilla saattaa olla jopa eläimistön viihtyvyyttä lisääviä vaikutuksia. Kun eliöstön kulkuun halutaan kiinnittää erityistä huomiota, kannattaa rumpujen sijasta suosia siltoja. Silta-aukon pohja voidaan rakentaa luonnonmateriaalista ja siten edesauttaa eläinten liikkumista.

On varmistettava ettei uoma pääse syöpymään rummun alapäässä virtausnopeuteen nähden liian hienojakoisen pohjan johdosta. Syöpymisestä aiheutuva putous estää kalojen ja pohjaeläinten nousun rumpuun.

Nykyisille teille voidaan parantamishankkeiden yhteydessä tehdä eläimistön liikkumista helpottavia rakenteita, esimerkiksi kuivahyllyjä maantierumpuihin. Erityisesti tiesuunnittelun kannalta direktiivit asettavat sellaisia vaatimuksia, jotka vaikuttavat sitovalla tavalla paitsi uusien teiden linjausvaihtoehtoihin myös olemassa olevien teiden parantamiseen. Erityisen tärkeää on säilyttää alikulun tai rummun lähiympäristö mahdollisimman luonnontilaisena, jolloin rakentamisen jälkeen eläimille tarjoutuu suojaava yhteys rakenteelle, joiden kautta ne voivat siirtyä tien alitse tai ylitse. Vesistösiltojen alustat ja isot maantierummut ovat saukoille tärkeitä viestintäpaikkoja. Liikkuessaan vesistöissä ne jättävät hajumerkkinsä siltojen alla olevalle kuivalle maalle tai kiville.

Vihersiltojen, eläinaikeiden, vesistösiltojen, pieneläinputkien ja tierumpujen toiminta edellyttää, että ne pidetään kunnossa. Tierummut saattavat ensimmäisinä vuosina liettyä lähes tukkoon, vesistösiltoja puolestaan tukkivat puunrungot ja vihersilta saattaa ääri-ilmasto-olosuhteissa jäädä vaille suojaavaa kasvillisuutta. Kaikkia osapuolia tulee ohjata siten, että he tietävät eläimistö- ja eläinrakenteiden merkityksen ja hoidon tavoitteet. Yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi suositeltavaa on laatia rakennekohdainen hoitosuunnitelma.

Eläinten huomioon ottamisesta lisää julkaisussa **Eläinten kulkujärjestelyt tiealueen poikki** (TIEH 3200824).

## 6 Syväkuivatuksen suunnittelu

### 6.1 Yleistä

Syväkuivatuksella tarkoitetaan päällysrakenteen ja alusrakenteen kuivatusta.

Päällysrakenteeseen päässeet vedet poistetaan kantavuuden säilyttämiseksi. Paksun päällysrakenteen alaosa ei kuitenkaan aina kuivateta, sillä kosteus hidastaa roudan etenemistä. Kapillaarisen veden nousun katkaisu ja pohjaveden alentaminen syväkuivatuksella ei ole käytännössä mahdollista savimaalla, silttimoreenilla tai sillillä (julkaisu **Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen**).

Alusrakennetta ei yleensä kuivateta. Alusrakenteen kuivattamisella voidaan tosin parantaa kantavuutta jonkin verran. Pohjaveden pinnan alentaminen kapillaarisen nousun ja samalla routimisen vähentämiseksi on yleensä tehoton, kallias ja ympäristölle haitallinen keino. Sen sijaan pohjaveden virtauksen katkaisemisella voidaan vähentää routavaurioita.

Maanteissä päällysrakennekerrosten kuivana pysymiseen käytetään seuraavia keinoja:

- Raskaasti kuormitetuilla teillä käytetään paksuja suhteellisen vesitiiviitä päällysteitä
- Kantava kerros ja sen alapuolinen kerros (jakava tai louhe tai kalliossa irti-louhintaa) tehdään materiaalista, jonka hienoainespitoisuus on niin pieni, että vesi pääsee vajoamaan alaspäin ainakin päällysrakenteen yläosasta. Liika hienoainespitoisuus tai veden poistumisen estäminen kerryttää kantavaan kerrokseen vettä ja jäätä talvella. Keväällä vettynyt kerros deformatuu ja menettää kantavuuttaan. Rakenteen parantamisessa kantavan kerroksen alla oleva vanha päällyste on tästä syystä poistettava tai rikottava.
- Myös jakavan kerroksen alla tulisi olla vettä johtava kerros, mikäli mahdollista. Alemmista kerroksista veden tulisi päästä vapaasti sivuojiin, salaojaan tai pohjamaahan.
- Paksuissa rakennekerroksissa, kuten louheella tai karkealla hiekalla täytetyssä maalaatikossa, vesi voi virrata osin myös rakenteen alaosissa, kun se tapahtuu hallitusti, eikä aiheuta maapohjan eroosiota tai routimista. Vesi ei pääse imeytymään ylempiin rakennekerroksiin. Hienorakeisella materiaalilla täytetyt maalaatikot on kuivatettava salaojin.
- Sivuojat tai salaojat eivät saa syöttää vettä rakennekerroksiin. Aihetta on käsitelty myös ohjeessa Tierakenteen suunnittelu.

Nykyistä tietä parannettaessa tien tasaus voi olla niin matalalla, ettei ojia ole mahdollista purkaa eikä pohjamaan kantavuus riitä tasausnostoon. Tällöin mahdollinen ratkaisu on käyttää lisättäviin rakennekerroksiin sellaista murskettä, jolla on katkaistu käyrä eli hienoainespää on poistettu. Tällainen materiaali kantaa hyvin eikä roudi, vaikka vesipinta nousisikin tierakenteessa.

## 6.2 Vajovedet

Tierakenteeseen pääsee vajovettä päällysteen halkeamista sekä pientareen ja luiskien läpi.

Vajovesien pääsyä tierakenteeseen ei voida kokonaan estää. Vajovesien määrää voidaan kuitenkin vähentää käyttämällä vesitiivistä luiskatäytettä silloin, kun syväkuivatus ei perustu sivuojiin. Tämän vuoksi ojia ei pitäisi tehdä tarpeettoman syviksi.

Ajoradan kummallekin puolelle tarvitaan yleensä avo-oja, salaoja tai penkereen luiska, johon vesi pääsee tierakenteesta. Toispuoleinen kuivatus riittää kuitenkin usein

- paksussa (> 1 m) routamitoitetussa rakenteessa, kun vesimäärät eivät ole erityisen suuret, eikä alusrakenteen pinta ole väärään suuntaan kalteva,
- ohuemmassa rakenteessa vedenjakajakohtien lähellä kun alusrakenteen pinta on oikeaan suuntaan kalteva, ellei paikkaan virtaa vettä leikkausluiskista,
- louherakenteessa.

Tien routamitoituksesta on kerrottu tarkemmin ohjeessa **Tierakenteen suunnittelu**. Uusien ja vanhojen kuivatusrakenteiden liittäminen toisiinsa on esitetty julkaisussa **Rakenteen parantamisen suunnittelu**.

Vajovedet on poistettava kantavuusmitoituksen vaatimista rakennekerroksista. Poikkeuksena riittää 0,5 m kuivatussyvyys, jos kantavuusmitoituksessa otetaan huomioon, että kuivattamattomissa rakennekerroksissa olevan hiekan, soran ja murskeen E-moduuli pienenee 30...50 % normaalista, kerrokset eivät kuitenkaan saa olla veden kyllästämiä. Sen sijaan louheen ja karkean sepelin E-moduulia vesi ei pienennä. Toisaalta esimerkiksi G-Iuokan päällysrakenteen alimmissa (0,3 m) kerroksissa ei tarvita suurta E-moduulia.

Kun routamitoitus vaatii paksumman rakenteen kuin kantavuusmitoitus, riittää, että kantavuusmitoituksen vaatimat kerrokset kuivatetaan. Routamitoituksen vaatimat lisäkerrokset voidaan usein jättää kuivattamatta, jos se on vaikeaa. Siirtymäkiilaa ei tarvitse kuivattaa pohjaan asti, kun

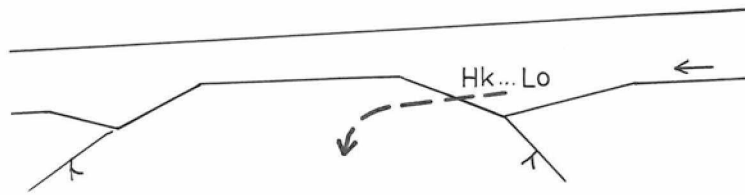
- siirtymäkiila tulee maalaatikon yläpähän
- kiila tulee penkereelle
- kiila tulee rumpujen ja johtojen kohdalle

Poikkileikkauksen kuivatussyvyyden alapuolelle jäävistä kerroksista vesi poistuu vähitellen tien pituussuunnassa tai pohjamaahan imeytymällä, kun pohjamaan hienoainespitoisuus on alle 50 %. Imeytys ei onnistu, jos pohjavesi on korkealla. Jos tien tai radan vettä pidättävä leikkauspohja viettää kohti suojattavaa pohjavesialuetta, on suojaamattomalta alueelta kulkeutuvien vajovesien imeytyminen pohjaveteen estettävä esim. patoamalla ja johtamalla vedet suojausalueen ulkopuolelle.

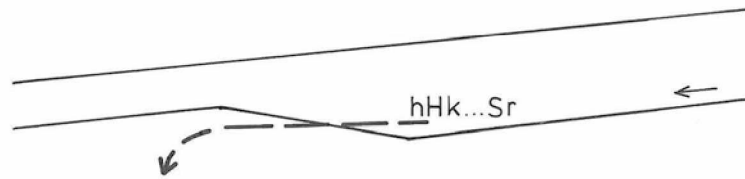
Maalaatikkorakenteissa on kuitenkin usein vaarana, että päällysrakenteen alaosaan kertyy haitallisen suuria vesimääriä. Kun avo-ojan pohja on päällysrakenteen pohjan yläpuolella, on estettävä veden virtaus ojasta luiskan läpi tierakenteeseen hienoainespitoisella luiskatäytteellä. Louhetäytteisen maalaatikon kohdalla luiskatäytteen variseminen louheeseen veden mukana on estettävä suodatinkankaalla.

Kun syväkuivatus hoidetaan sivuojilla, pitää ojat käytännössä tehdä hiukan syvem-  
miksi kuin kuivatussyvyys. Avo-ojiin jätetään liettymisvaraa sekä tilaa vedelle nor-  
maalisti vähintään 0,25 m, huonosti viettävissä ojissa 0,3...0,6 m. Salaojan pohja tu-  
lee vähintään 0,2 m kuivatussyvyyttä alemmas. Ojan pituuskaltevuuden järjestäminen  
saattaa vaatia vieläkin suuremman syvyyden.

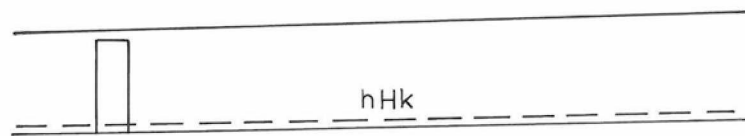
1. Kallioleikkauksen yläpään siirtymäkiila



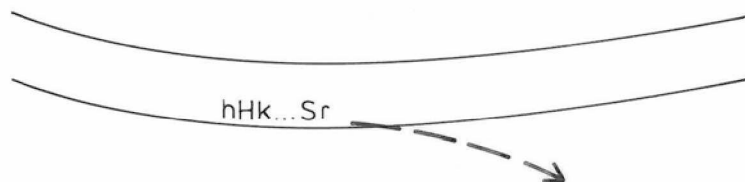
2. Maalaatikon alapää, kun vettä voi kertyä  
pitkältä matkalta



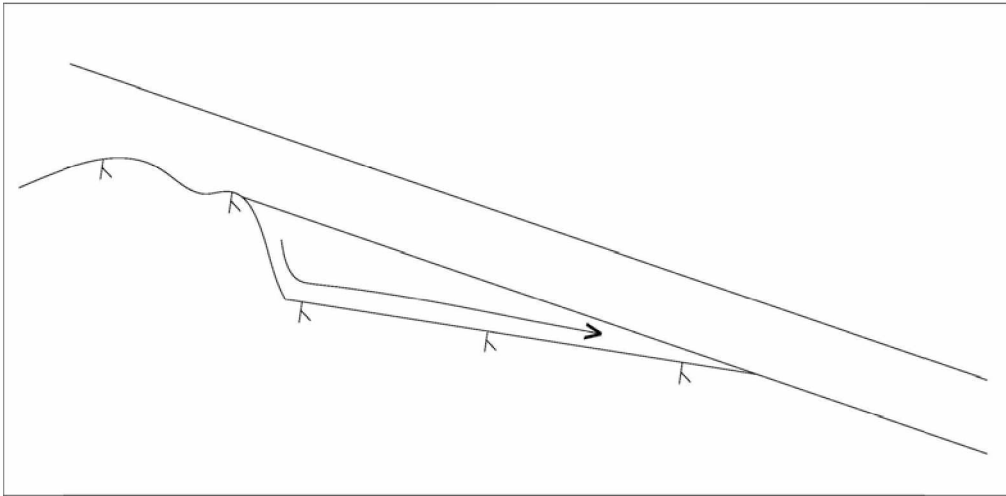
3. Hieno hiekka maalaatikossa



4. Vettä keräävä notko



Kuva 27. Routamitoituksen vuoksi paksunnettu rakenne kuivatetaan pohjaan asti vettä keräävissä paikoissa. Kallioleikkauksen yläpään kiilassa vesi voi kerätä lietettä tai aiheuttaa suuren routanousun kiilan vieressä. Muissa tapauksissa suuri vesimäärä voi aiheuttaa kantavuusongelmia. Jos pohjamaan hienoainespitoisuus on alle 20 %, vesi imeytyy riittävän nopeasti pohjamaahan, eikä salaojaa tarvita.



Kuva 28. Kallioleikkaukseen sijoitettavaa kiilaa kallistettaessa rakenteeseen suoutautuva vesi ei jää taskuun vaan valuu pois rakenteesta.

## 6.3 Pohjavedet

Pohjaveteen on syväkuivatuksella puututtava seuraavissa tapauksissa:

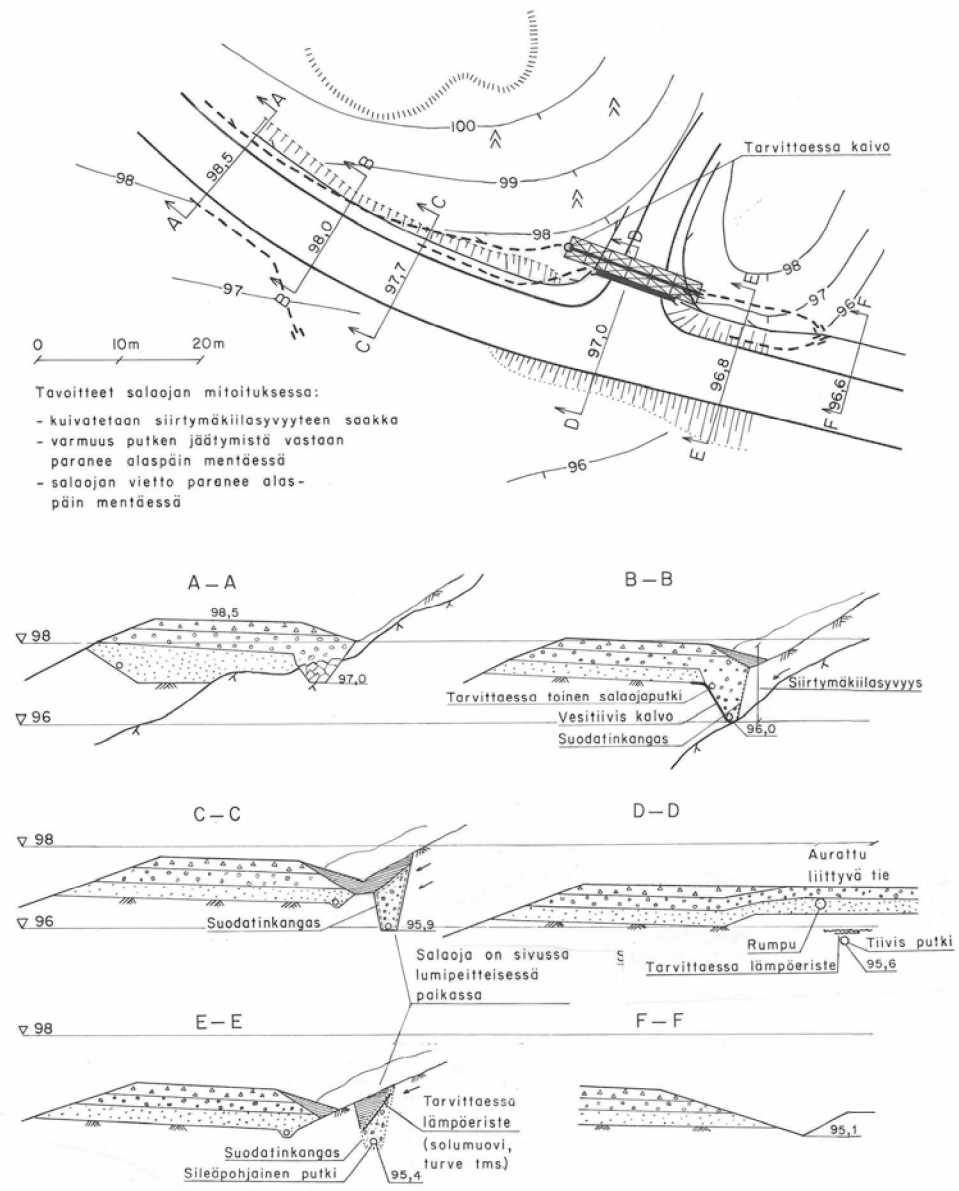
- pohjavettä virtaa tierakenteen alle
- pohjaveden pinta on liian lähellä tasausviivaa.

**Pohjaveden virtaukset** saattavat aiheuttaa paikallisia routavaurioita, leikkausluiskien syöpymistä ja liiallista paannejään muodostumista. Haitallista pohjaveden virtausta esiintyy useimmin poikkisuuntaisena varsinkin sivukaltevaan maastoon tehdyissä leikkauksissa sekä pituussuuntaisena alikulkujen ym. leikkauksissa, kun tien pituuskaltevuus on suuri. Poikkisuuntaiset virtaukset katkaistaan tien sivuun tehdyllä sala-ojalla tai salaojilla, joita pitkin vedet johdetaan pois. Pituussuuntaiset virtaukset ohjataan tien sivuun kaltevilla hyvin vettä läpäisevillä rakennekerroksilla ja tästä edelleen sala- ja suoto-ojalla.

Rataleikkauksissa louhintapoikkileikkaus on usein kapea ja paannejää on suuri turvallisuusriski. InfraRYLissä on kuvassa 16110:K3 esitetty sivukaltevan kallion tapauksessa edellytetty radan luiskarakenne. Rataleikkauksissa paannejään muodostumisen riskialueilla leikkausten ympäristön kuivatus on suunniteltava siten, että ympäristön vedet eivät valu leikkaukseen”

Jos ongelmana ovat routavaurioita aiheuttavat syvällä virtaavat pohjavedet, kuivatussyvyytenä on tavallisesti siirtymäkiilasyvyys tien pinnasta. Pienempi kuivatussyvyys riittää, jos pohjamaassa on vesitiivis maakerros tai ehjä kallio, jonka alapuolella virtausta ei esiinny. Kuivatusjärjestelmää ei myöskään sijoiteta niin alas, ettei vesiä kyettä johtamaan pois. Jos riittävän luotettavaa kuivatusta ei saada taloudellisesti aikaan, on routavauriot torjuttava maalaatikkoa tai lämpöeristeitä käyttäen. Myös tasausviivan nostamista voidaan harkita.

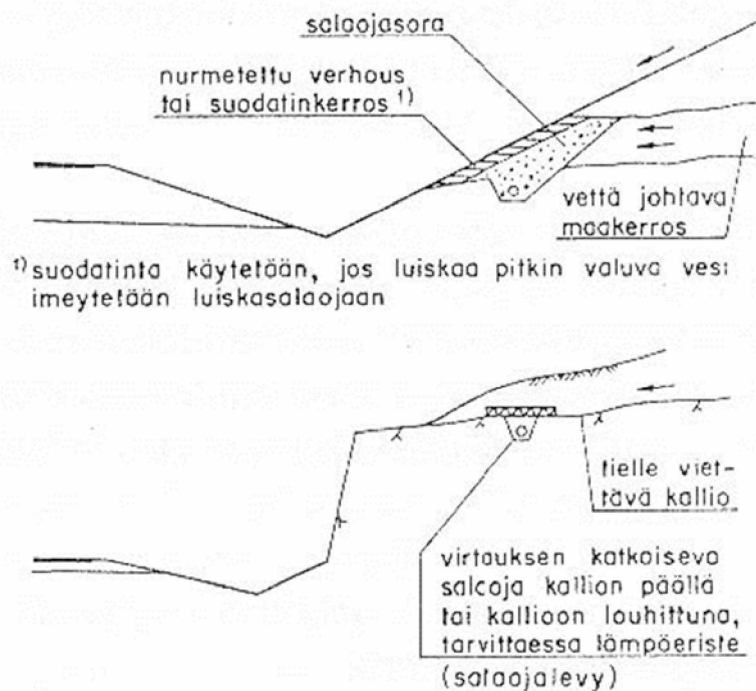




Kuva 29. Pohjavesivirtauksen katkaiseminen sivukaltevassa maastossa

Jos ongelmana on vain luiskien syöpyminen, riittää luiskaan tehty suoto- tai salaaja, joka sijoitetaan vettä läpäisevän maakerroksen kohdalle. Pienet vesimäärät voidaan johtaa sivuojaan luiskaan tehtyä karkeaa suodatinkerroksella varustettua sepeliverhousta pitkin.

Jos ongelmana on paannejää, saatetaan tarvita jäätymiseltä suojattu sala- tai suotoja vettä johtavaan maakerrokseen tai kallion päälle. Ojan tarpeellisuus ja sijainti selviää usein vasta rakennusvaiheessa.



Kuva 30. Luiskasalaoja ja kallion päälle tehty niskasalaoja, joilla torjutaan paannejäätä tai luiskien syöpymistä.

Alusrakenteen routimista ei yleensä voida vähentää pohjaveden pinnan alentamisella. Vain silloin, kun pohjaveden pinnan vaihtelut syksystä talveen ovat erityisen suuret, pohjaveden pinnan laskemisesta saattaa olla hyötyä. Tällöin kuivatussyvyyden pitäisi olla siirtymäkiilasyvyys + 1 m. Päinvastainen tapaus on silloin, kun järvi tai suo toimii lämpövarastona ja pitää pohjaveden pinnan vakaana. Tällöin alusrakenteen jäätyminen ja routiminen saattaa estyä kokonaan, jos pohjavesi ulottuu paksun päällysrakenteen alaosaan joka syksy ja talvi.

## 6.4 Ojatyypin valinta

Kuivatussyvyydestä ja muista olosuhteista riippuu, hoidetaanko syväkuivatus avo-ojin vai suoto- tai salaojin.

Kallioleikkauksissa syväkuivatus hoidetaan irtilouhinnalla tehdyllä suoto-ojalla, pitkissä leikkauksissa tarvittaessa salaojalla. Myös syvälle kallioon porattua salaojaa tai viemäriä voidaan käyttää.

Syvissä maaleikkauksissa käytetään tavallisesti leikkausmassojen vähentämiseksi salaojaa. Matalissa maaleikkauksissa vajovesien keräämiseen voidaan käyttää avo-ojaa tai suoto-ojaa. Valinnassa on otettava huomioon seuraavat seikat:

- Tavallisimmat ojasyvyydet vajovesien keräämisessä ovat 0,8...1,0 m tasausviivasta.
- Jos ympäristön kuivatus tai pintavesien johtaminen vaatii syvän avo-ojan, ojaa voidaan käyttää myös tierakenteen kuivatuksen.

- Pehmeiköillä ja tasaisella alueella salaojien suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito on vaativaa. Sen sijaan pituuskaltevassa paikassa varsinkin lyhyet suoto- ja salaojat on helppo saada hyvin toimivaksi.
- Syvä avo-oja on suistuvalla ajoneuvolle vaarallinen. Tämä on otettava huomioon erityisesti suistumisaltiltiissa tienkohdissa ja teillä, joilla käytetään suuria nopeuksia.
- Routamitoitetussa rakenteessa salaojalla on helpompi toteuttaa oikea kuivatus-syvyys.
- Avo-ojat tarvitsevat enemmän tiealuetta kuin sala- tai suoto-ojat. Tästä syystä avo-ojia on vältettävä tonttien kohdalla.
- Syvä avo-oja on yleensä epäesteettinen eikä välttämättä sovi ympäröivään alueeseen.
- Miten avo-ojan syvyys vaikuttaa liittymien ja rumpujen suunnitteluun.

Pitkät syvät leikkaukset ja pohjavedenpinnan alapuolelle ulottuvat leikkaukset joudutaan aina kuivattamaan salaojilla. Pintavedet johdetaan avo-ojissa (painanteissa) kaivojen kautta sadevesiviemäriin. Pintaveden vaatimien ojien koon ja muodon määrittäykseen vaikuttavat lumitila, näkemävaatimukset ja pituuskaltevuus.

Pohjavesivirtausten katkaisemiseen ja pohjavedenpinnan alentamiseen käytetään salaojia, joita nimitetään syväsalaojiksi erotukseksi tierakenteen vesiä keräävistä salaojista.

Penkereillä vajovedet johdetaan luiskiin. Jos penkereen luiskatäyttö johtaa huonosti vettä, luiskatäyttöön on tehtävä hiekasta poistumistie vedelle 20...100 m välein. Matalilla penkereillä saatetaan toisinaan tarvita samanlaisia ratkaisuja kuin matalissa leikkauksissa.

Sivuojassa tarvitaan salaojaa silloin, kun vedet kulkeutuvat pitkiä matkoja purkautumatta laskuojiin ja ojassa on veden kulkua hidastavia maamassoja tai kalliota. Kun kallion irrottaminen tai maanpinnan tason muuttaminen ei ole ojassa mahdollista, sijoitetaan salaoja kallion tai maakumpareen alapintaan, jotta veden kulku sivuojassa ei pysähtyisi.

## 6.5 Sala- ja suoto-ojat

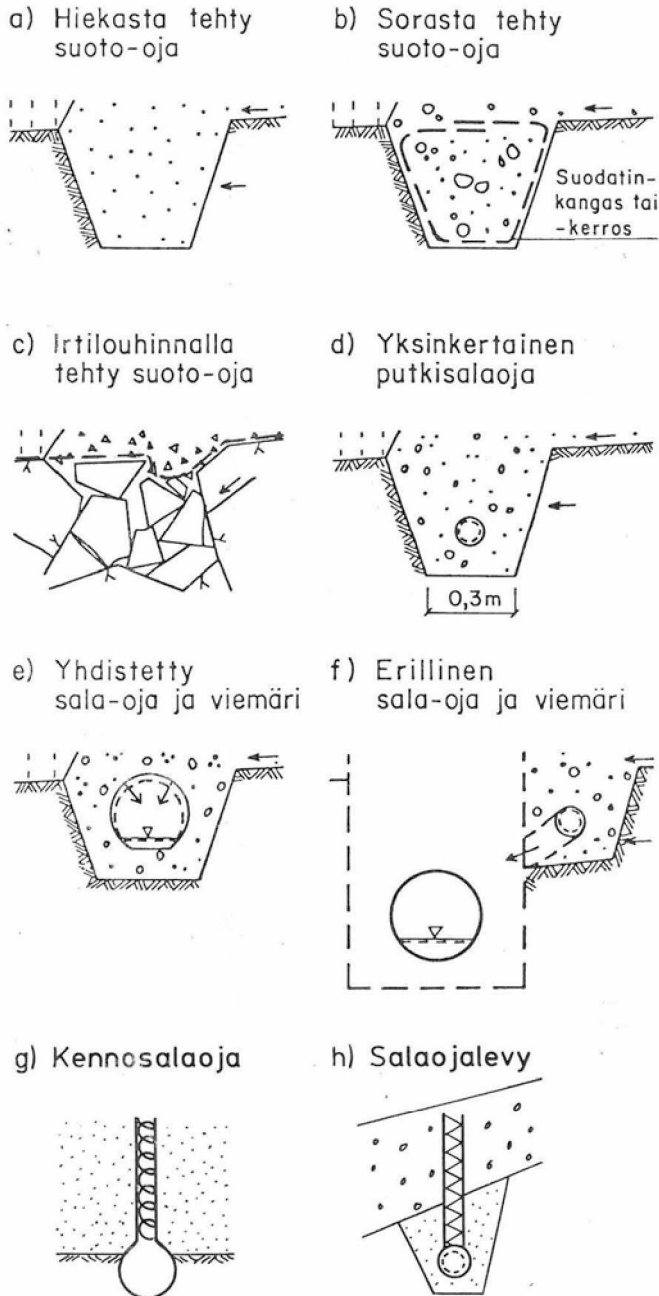
### 6.5.1 Sala- ja suoto-ojan rakenne

Sala- ja suoto-ojat ovat maan sisäisiä oja. Viemäristä ne eroavat siinä, että ne keräävät vettä koko pituudeltaan. Sala ja suoto-ojassa on oltava vettä läpäisevä yhteys kuivatettavaan kohteeseen, tavallisesti tierakenteeseen.

Sala- ja suoto-ojan yläpuolinen luiska ja ojan pohja verhoillaan vesitiiviiksi kivettömällä siltimoreenilla, siltillä tai savella siten, etteivät pintavedet virtaa sala- tai suoto-ojaan. Vesitiivis peite jätetään pois, jos salaojaa käytetään poikkeuksellisesti pintavesien imeyttämiseen. Esimerkiksi kahden lähekkäisen tonttiliittymän välistä voidaan pintavedet imeyttää salaojaan soratäytettä pitkin, jos sivuoja on niin matala, ettei kunnollisia rumpuja saada mahtumaan.

Sorasta, kivistä tai sepelistä ja suodatinkankaasta tehtyä suoto-ojaa (kuvan 31) vaihtoehto b) voidaan käyttää alle 100 m matkoilla, kun pituuskaltevuus on vähintään 2 %

ja johdettava vesimäärä on melko pieni. Hiekkaisella suoto-ojalla (a) voidaan johtaa vain erittäin pieniä vesimääriä.



Kuva 31. Erilaisia sala- ja suoto-ojia. Vedenläpäisevyys tavallisesti paranee siirtäessä vaihtoehdosta a.) vaihtoehtoon f.). Kuvaan ei ole piirretty vaihtoehtoissa d...f mahdollisesti tarvittavaa suodatinkangasta tai kerrosta. Kennosalaojassa on kaksi kuitukangasta, joiden välissä on muoviosia. Salaojalevy on vettä johtavaa solumuovia, joka ei jäädy helposti tukkoon. Salaojalevyä ei käytetä rakenteiden alla.

Kallion kohdalla käytetään irtilouhinnalla saatua suoto-ojaa (e). Yli 60 m pituisissa leikkauksissa saatetaan kuitenkin tarvita lisäksi salaojaputki. Louhitun ojan pituuskaltevuus suunnitellaan kuten muillakin ojilla, vaikka pohja ei olekaan tasainen. Tavallisessa louherakenteessa ei tarvita salaojaputkea.

*Yksinkertainen putkisalaoja (d) sopii useimpiin syväkuivatustilanteisiin. Putken halkaisija on tavallisesti 100 mm. Suurempaa halkaisijaa tai kahta putkea tarvitaan poikkeuksellisesti, esimerkiksi runsaiden pohjavesivirtausten kohdalla. Putkisalaojan vähimmäiskaltevuus on 0,4 %.*

*Yhdistetty salaoja-sadevesiviemäri (e) voi olla profiiltaan joko pyöreä tai sileäpohjainen ja se on halkaisijaltaan tavallista salaojaa suurempi. Sitä tai erillistä sadevesiviemäriä (f) tarvitaan, kun vettä kuljetetaan maan alla yli 400 m. Lyhyemmälläkin matkoilla viemäriä saatetaan tarvita, kun pituuskaltevuus on alle 0,4 % tai kysymyksessä on painumille altis pehmeikkö.*

*Kennosalaoja (g) ja salaojalevy (h) toimivat kuivatettavasta kerroksesta salaojaan. Kennosalaojassa voi olla kiinteä putki.*

Vajovesiä keräävä salaoja voidaan sijoittaa suoraan suodatinkerrokseen tai maalaattikoon ilman erillistä ympäristäytettä, jos rakennekerrosten materiaali on ympäristäyttöä vastaava niin, ettei ole riskiä salaojan tukkeutumiselle.

Salaojaputken sijasta käytetään tiivistä viemäriputkea, kun salaoja johdetaan poikittaisen ojan tai tien ali. Jos salaoja johdetaan puun tai pensasaidan juuriston läpi, käytetään tiivistä muoviputkea. Tältä osuudelta vedet johdetaan salaojaan salaojasoraa pitkin.

Aluesalaojien materiaali vaatimukset on esitetty **InfraRYL:n** osassa **14311.1**.

Jos salaoja tulee erilliseen kaivantoon, ympäristäyttöön on käytettävä **InfraRYL:n** kuvassa **18320:K1b** esitetyn mukaista salaojasoraa.

### 6.5.2 Salaojan sijainti

Salaojan sijainti riippuu ensisijaisesti siitä, millaisia vesiä ojalla kerätään.

Salaojan sijoittamista ajoradan alle vältetään, koska salaoja saattaa aiheuttaa epätasaista routanousua tai painumia. Jos tien poikkisuuntaista salaojaa jostakin syystä tarvitaan, on varmintä tehdä siirtymäkiila salaojan kohdalle.

Tiensiuntaiset salaojat sijoitetaan yleensä luiskan alle 0,5...1,5 m etäisyydelle tien reunasta. Pohjavettä keräävä salaoja tai salaojat sijoitetaan kauemmas, jolloin voidaan varmimmin estää vesien virtaus salaojakaivannon läpi tierakenteeseen. Lisäksi salaoja saadaan lumipeitteisen luiskan alle suojaan jäätymiseltä. Salaojat on sijoitettava myös niin, että tielle tulevat valaisinpylväät ja muut laitteet voidaan rakentaa rikkomatta salaojia.

Salaoja sijoitetaan kohdassa 6.2 mainittuun kuivatussyvyyteen, ellei jäätymistukosten vaara, työmaaliikenne tai muu syy vaadi tätä suurempaa syvyyttä. Salaojaa ei myöskään sijoiteta syvemmälle kuin, mistä vesi pystytään johtamaan pois. Poikkeuksena ovat opposalaojat, jotka sijoitetaan purkutasoa syvemmälle. Niitä tulee käyttää rautapitoisilla pohjavesialueilla.

Salaojaputken ympäristäytön rakeisuusvaatimukset eri käyttökohteissa on esitetty **InfraRYL:n** kohdassa **18320.1.4**.

Salaojan pituuskaltevuuden ei tarvitse välttämättä seurata tien tasausta. Liettyminen vähentämiseksi olisi suotavaa, että salaojan pituuskaltevuus kasvaisi vähitellen laskuaukkoa kohti mentäessä. Tapauskohtaisesti on myös mahdollista suunnitella salaojaputki viettämään lyhyen matkaa vastakkaiseen suuntaan tien tasaukseen nähden.

### 6.5.3 Laskuputket ja kaivot

Salaojavedet puretaan pengerluiskaan, sivuojaan, laskuojaan tai sadevesiviemäriin (myös kosteikat ja laskeutusaltaat soveltuvat purkautumisalueiksi). Talvella purkautuvat salaojavedet voivat aiheuttaa paannejäöongelmia purkukohdassa. Kiintoaineksesta puhtaat vedet voidaan johtaa ja imeyttää sorasta tai karkeasta hiekasta koostuvaan pohjamaahan tai louhepenkereeseen ilman erillisiä puhdistustoimenpiteitä.

Purkukohdassa salaojan laskuputki tulee luiskan läpi vähintään 45° kulmassa purkuun käytettävään avouomaan nähden. Suurempi kulma lyhentää matkaa, jonka purkausputki on lähellä luiskan pintaa alttiina pakkaselle. Salaojaputken sijasta purkukohdassa käytetään laskuputkena rei'ittämätöntä mieluummin polyeteenistä valmistettua muoviputkea. Laskuputken alle tulee vähintään 150 mm soraa tai hiekkaa, routivassa pohjamaassa 300 mm. Laskuputken päästä pitää näkyä n. 0,3 m ja laskuaukon tulee olla vähintään 0,2 m avouoman pohjaa ylempänä. Laskuputkeen sijoitetaan syöpymätön, ulospäin aukeava läppä tai verkko, joka estää pienten eläinten pääsyn putkeen. Purkuaukon ympäristö verhoillaan tarvittaessa. Purkuaukot merkitään ulkoluiskaan sijoitetulla paalulla.

Salaojassa tarvitaan lietekaivo, kun vettä johdetaan maan alla vähintään 100 m matkaa. Tällöin kaivo tehdään 50 m välein. Jos pituuskaltevuus on jatkuvasti vähintään 1 %, riittää kaivoväliksi 60...80 m. Huuhtelukaluston letkun maksimipituus on 100 m, joten kaivoväli saa olla enintään 80 m, jotta huuhtelukalusto pääsee kohtuullisen lähelle. Lietekaivo tulisi sijoittaa erityisesti sellaisiin paikkoihin, joissa virtausnopeus pienenee pituuskaltevuuden muuttumisen, mutkan tai muun syyn vuoksi. Lietekaivon halkaisija on betonikaivossa yleensä 600 mm ja muovikaivoissa 400...600 mm. Lietepesän syvyys on vähintään 0,5 m. Muovikaivojen hatut on suojattava ilkvallalta betonilaatalla.

Tarkastuskaivoja ja huoltoputkia tarvitaan vaativissa kuivatuskohteissa lietekaivojen lisäksi salaojan toiminnan seuraamista, mahdollista putkiston huuhtelua tai muuta huoltoa varten. Laskuputki liitetään salaojaan kaivolla, jossa ei tarvita lietepesää. Purkukohdassa salaojan laskuputki tulee sijoittaa, kuten InfraRYL:n kohdassa 14311.3.1 Salaojien asentaminen kuvataan.

Laskuputken kallistuksen tulee olla vähintään 1 % kaivojen välillä.

### 6.5.4 Jäätymiskosten torjunta

Salaoja saattaa jäätyä, kun talvella johdetaan vettä lämpimämmästä paikasta kylmempään. Pohjaveden virtauskohdassa maa on yleensä sula, kun vastaavalla syvyydellä oleva maa muuten on jäässä. Auratun tai muuten lumettoman paikan alapuolella routa ulottuu syvemmälle kuin muualla. Sivuojan kohdalla maapeite on ohut. Aurinkoiset kohdat sulavat hiukan aikaisemmin ja jäätyvät hiukan myöhemmin kuin varjoisat. Turve eristää lämpöä paremmin, sora ja kallio huonommin kuin muut maalajit.

Salaojan jäätymisestä ei tarvitse välittää, jos salaojaan ei tule vettä talvella. Tällainen tilanne on yleensä tierakenteen vajovesiä keräävässä salaojassa. On kuitenkin suosi-

teltavaa sijoittaa purkuaukko aurinkoiseen kohtaan. Salaojaa ei myöskään turhaan kannata johtaa pitkiä matkoja aivan maan pinnan tuntumassa tai lumettoman kohdan alapuolella.

Pohjavesiä keräävissä salaojissa on talvisinkin vettä. Tällaiset salaojat eivät saisi jäätyä. Suurin jäätymisvaara ei ole imeytyskohdassa, jossa virtaava pohjavesi pitää putken sulana, vaan imeytyskohdan ja purkuaukon välillä. Salaojassa virtaavan veden lämpöä voidaan käyttää hyväksi, jos virtaus on talvellakin jatkuvaa.

Jos salaojaan imeytetään pintavesiä, on estettävä myös salaojan yläpuolisen suotautumistien jäätyminen.

Keinot salaojan jäätyksen estämiseksi ovat:

- sijoitetaan putki riittävän syväälle
- ei johdeta salaojia ympäristöä selvästi kylmemmistä (aurattu, varjoinen) kohdista
- käytetään lämpöeristettä: vesitiivis tai vettäläpäisevä solumuovi, kevytsora, turve, sahanpuru
- lämmitetään johtoa, tarvittaessa myös yläpuolista suotautumistietä sähköllä
- myös kasvipeitteisten pintojen on todettu ehkäisevän jäätymistä.

#### 6.5.5 Ruostetukosten torjunta

Rautapitoinen pohjavesi muodostaa suuren kuivatusongelman Perämeren ja Selkämeren rannikkoalueilla sekä paikallisesti myös muissa osissa Suomea. Kun rautapitoinen vesi joutuu kosketukseen ilman kanssa, rauta saostuu ja muodostaa ruostetukkeumia. Suuri rautapitoisuus vaarantaa usein jo työnaikaisen kuivanapidon tukkimalla pohjaveden alennusputkia, salaojia ja kaivoja.

Pohjaveden rautapitoisuus tulisi aina selvittää, kun

- on kyse huomattavasta pohjavedenalennuksesta
- suotovesimäärät ovat suuret
- kuivatuksen toimivuus on erityisen tärkeää
- ollaan alueella, missä rautapitoisuutta saattaa esiintyä.

Alustavan tiedon rautapitoisuudesta saa tarkkailemalla lähialueen peltosalaojien, kaivojen ym. kuivatusrakenteiden kuntoa, joista voi löytää viitteitä rautapitoisuudesta. Pohjaveden rautapitoisuus selvitetään pohjavesiputkesta otettavasta vesinäytteenä.

Keinoja rautasaostumien vähentämiseksi ovat mm.

- Upposalaojat, jotka suunnitellaan siten, että ne ovat jatkuvasti veden täyttäminä. Padotuksessa käytetään hajulukon tapaisia liitoksia ja putkien korkeuksia porrastetaan kaivoissa.
- Salaojien määrän ja ympärystäytön määrän lisääminen normaalista.
- Salaojasoran korvaaminen muilla täyttömateriaaleilla mm. sahanpuru, kuorijäte, mikä ei kuitenkaan sovi upposalaojiin.
- Tilavat lietekaivot ja kaivoväli on enintään 50...60 m. Salaojat huuhdellaan riittävästi usein lietekaivojen ja huuhteluhaarojen kautta.

Salaojamateriaalin tulee kestää usein toistuvat huuhtelut ja olla ominaisuuksiltaan mahdollisimman vähän sakkaa keräävä. Tiilisalaojan ja suurireikäisen ja sisäpinnaltaan sileän muoviputken on todettu keräävän vähemmän rautasakkaa kuin tavallinen muoviputki.

### 6.5.6 Peltosalaojien järjestely

Kun tielinja ylittää salaojitetun pellon, hankitaan salaojitukseen muutos- tai korjaussuunnitelma, joka kuuluu osana tien kuivatussuunnitelmaan. Muutossuunnitelma tarkoittaa vielä toteutumattoman salaojitussuunnitelman muuttamista ja korjaussuunnitelma jo toteutetun salaojituksen muuttamista. Suunnitelmat teetetään salaojasuunnittelijalla tie- tai rataverkon haltijan tilauksesta ja kustannuksella.

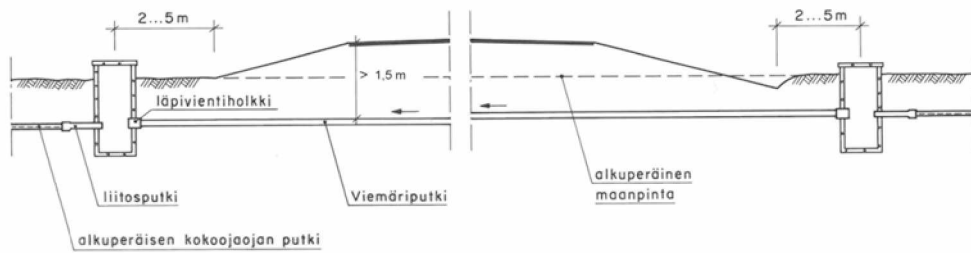
Korjaussuunnitelman periaatteena on, että kumpikin tielinjan kahteen osaan jakamasta peltoalueesta muodostaa oman ojastonsa, joiden vedet puretaan erikseen valtaojaan. Jos tielinja risteää imuojia, ylemmän peltoalueen imuojat yhdistetään uuteen kokoojaojaan, joka suunnitellaan likimain tielinjan suuntaiseksi. Alemman peltoalueen imuojien yläpäätkä tukitaan päätetulpilla lietteen putkiin kulkeutumisen estämiseksi, mutta uutta kokoojaojaa ei alemmalta peltoalueella yleensä tarvita. Salaojavesien purkamisen avo-ojaan juuri ennen rumpua, saattaa aiheuttaa rummun jäätyminen umpeen, jos avo-ojassa ei virtaa talvisin muuta vettä. Tästä syystä peltosalaojan kokoojaoja pitäisi johtaa tien ali omassa putkessaan. Menettelyssä on sekin etu, ettei rummun tarvitse olla salaojan määräämässä syvyydessä.

Uutta kokoojaojaa ei tarvita ylemmälläkään peltoalueella, jos tielinja ylittää pellon likimain imuojien suunnassa. Tällöin on mahdollista, että vanha kokoojaoja joudutaan viemään tien alitse.

Milloin tielinja erottaa salaojitetusta pellostä vain pienen lohkon, ei tien alitusta kannata tehdä, vaan purkautus järjestetään olosuhteiden mukaan. Ääritapauksissa viljelylohko jätetään pois käytöstä ja sovitaan haittakorvauksesta maanomistajan kanssa.

Jos tielinja risteää imuojia, tarvitaan uusi kokoojaoja tiealueen ulkopuolelle. Kokoojaoja johdetaan tien ali yleensä omassa putkessaan. Peltosalaojan tien alituksesta on tarkemmin ohjeessa Tien kuivatus salaojitetun pellon kohdalla.





*Kuva 32. Peltosalaojituksen kokooaja tien alituksessa. Tien ja sivuojen alapuolella salaojaputki korvataan halkaisijaltaan yhtä suurella viemäriputkella. Alempaa kaivoista ei tarvita, jos kokooajan purkuaukko on niin lähellä (<10 m) ja laskuputki niin suora, että mahdolliset tukokset voidaan poistaa tätä kautta. Routimattomalla pohjamaalla alempi kaivo tarvitaan vain pääteillä. Pehmeiköillä on varauduttava tien painumiseen.*

Rakenteenparantamishankkeissa peltosalaojien sijainnit selvitetään, kun RP-toimenpiteet ulottuvat salaojitetulle pellolle tai tiealue levenee. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi ojan korkeussijainnin muutos, murskekorotus ja tien levitys.

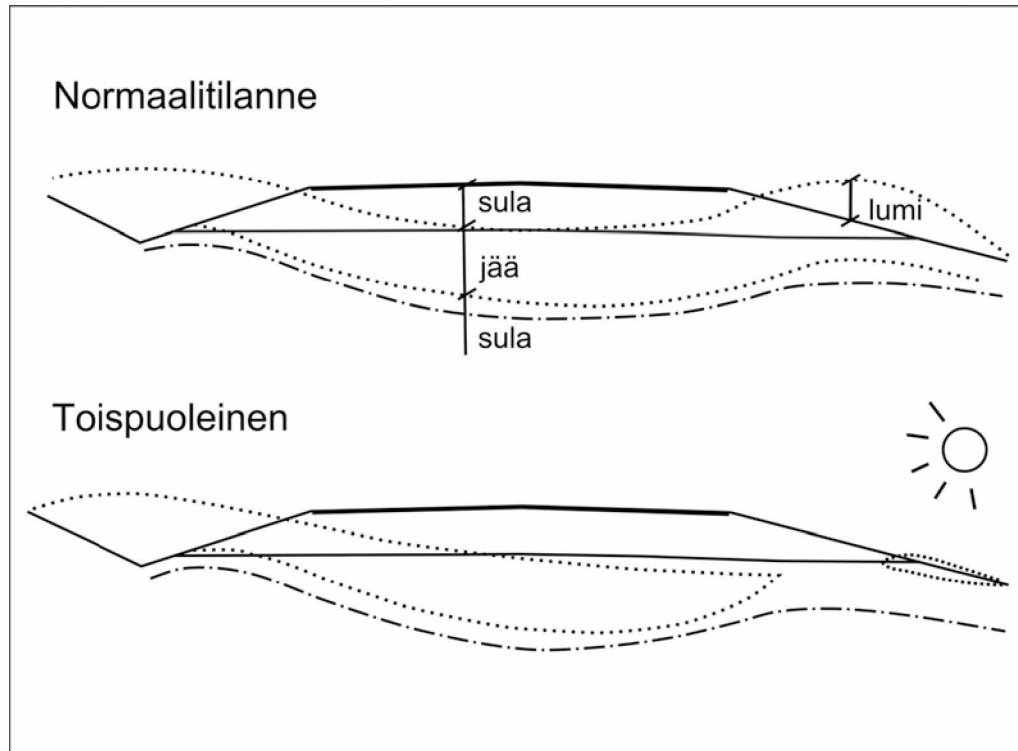
## 7 Lumen ja roudan vaikutus tien kuivatuksen toimivuuteen

### 7.1 Yleistä

Lumena tai räntänä tuleva osuus vuosisadannasta on Suomessa keskimäärin n. 30...50 %. Rankkasateiden esiintymisen vuodenaikaisvaihtelun on ennustettu tulevaisuudessa hieman tasoittuvan, sillä sateet runsastuvat talvella kesää enemmän. Lumen sulaminen on vesisateen ohella toinen pintakuivatuksen mitoitusvirtaaman aiheuttaja. Lumivallien huomioon otto kuuluu myös yhtenä lähtökohtana kuivatuksen suunnitteluun, sillä lumen varastointi talvella vaatii tien luiskilta, välikaistoilta ja liikennesaarekkeilta ja muilta reuna-alueilta tietyt vähimmäismitat.

Suunnittelun tavoitteena on, että mahdollisimman vähän sulamisvesiä pääsee tien pinnan läpi ja että vajovedet etenevät riittävän nopeasti sivulle päin. Jäälinssejä ei uusilla teillä muodostu niin korkealle, että niiden sulaminen vaatisi erityisiä kuivaus-toimia. Kantavuuden alentuminen otetaan huomioon päällysrakenteen mitoituksessa. Kevään vesihaittojen minimointi edellyttää myös säännöllistä ennalta ehkäisevää kunnossapitoa (reunapalteiden ja virtausesteiden poisto syksyllä, lumivallien leikkaus ja sohjo-ojien teko kevättalvella). Myös lumen hetkelliset varastointialueet tulisi osoittaa, sillä esimerkiksi biosuodatusalueiden kuivatustoiminta heikkenee, mikäli niille ajetaan lunta. Myös huoltoputkien toimivuus tulee tarkistaa syksyisin ja keväisin ennen tulvia ja mieluiten tulvien jälkeen.

Ratasuunnittelun tavoitteena on mitoittaa uuden ratarakenteen kerrospaksuus niin suureksi, ettei routanousua pääse syntymään. Mitoituksen lähtökohtina ovat rakennekerrosten routimaton materiaali sekä kokonaisrakennekerroksen riittävä paksuus, jotta routiva pohjamaa ei pääse jäätymään.



Kuva 33. Tierakenne jäätyy yleensä kuvassa esitetyn mukaiseen routarajaan (pistekatkoviiva). Keväällä tierakenne sulaa lähtien yläpinnasta, sulaminen tapahtuu hitaimmin niissä kohdissa, missä on lumipeitettä eristeenä. Alkukevällä jää voi muodostaa lähes vesitiiviin kaukalon (pisteviiva), joka estää veden pääsyn avo- tai salaojaan. Kaukalon reuna yhtyy tavallisesti lumivallin reunaan. Toispuolisesti aurinkoisella paikalla lumivalli ja jääpato voi kuitenkin sulaa toisesta reunasta yhtä nopeasti kuin keskitie.

### 7.1.1 Maan jäätyvän vaikutus tien kuivatuksessa putkien syvyysijaintiin

**Rummut:** Roudan syvyyttä ei oteta huomioon rummun korkeussijaintia valittaessa. Routarajan yläpuolelle sijoitettu rumpu voi nousta ja taipua roudan vaikutuksesta, jos ympäristäytö on routivaa. Routarajan alapuolelle sijoitettu rumpu tai sen routimaton ympäristäyte pienentävät tienpinnan routanousua rummun kohdalla, mistä aiheutuu haitallinen painanne talvella, jos tien routanousu on muuten suurehko.

**Sadevesiviemärit:** Pääsääntöisesti viemäriputket sijoitetaan routarajan alapuolelle. Lyhyt, hyvin viettävä tai pitkä, jäätymiseltä suojattu viemäri voidaan sijoittaa routarajan yläpuolelle.

**Salaojat:** Roudan syvyyttä ei tarvitse yleensä ottaa putken sijoituksessa huomioon, vaan salaoja saa sijaita routarajan yläpuolella. Salaoja ei saisi kuitenkaan putken rikkoutumisvaaran vuoksi jäätyä täynnä vettä. Tämä tilanne voi toisaalta syntyä vain upposalaojissa tai pienellä kaltevuudella ja jonkin putkituksen vuoksi.

### 7.1.2 Maan jäätyvän vaikutus radan kuivatuksessa putkien syvyysijaintiin

**Rummut:** Sora-arinalle tai teräsbetoni-laatalle perustettaessa rummun arinan paksuus tulee valita siten, että routa ei pääse tunkeutumaan arinan läpi routivaan perusmaahan. Sora-arinan paksuus määritellään aina rumpukohtaisesti.

**Salaojaputket:** Putket on lähtökohtaisesti pyrittävä asentamaan niin, että ne sijaitsevat routarajan alapuolella. Asennussyvyys kv:sta on normaalisti rakennekerrosten paksuus, kuitenkin vähintään 1400 mm.

## 7.2 Rumpujen aukipitäminen sulamisvaiheessa

Keväällä lumen nopean sulamisen aikaan on varauduttava pitämään rummut riittävän hyvin auki sulattamalla tai muilla keinoin niin, ettei vesi vahingoita pengertä tai muita rakenteita. Veden virtaaminen rummun alitse tai sivuitse penkereen läpi on estettävä esim. ponttiseinällä tai injektoimalla. Sulamisvaiheen aiheuttamat eroosioauriot on korjattava rumpuun rajoittuvan uoman osalta.

## 8 Kaavalausunnat ja muu maankäytön valvonta

Uusia väyliä suunniteltaessa ja silloin, kun maankäyttö muuttuu nykyisen väylän lähi-alueella, väylänpitäjän tulee arvioida laajemman, alueellisen kuivatussuunnitelman tarve tien tulva- ja eroosioriskien hallitsemiseksi ja kuivatusjärjestelmien riittävyyden varmistamiseksi. Esimerkiksi seuraavat maankäytön muutokset voivat lisätä veden virtaamaa, erityisesti tulvahuippuja, tien sivuojissa ja rummuissa:

- a. tien lähistölle sijoitetaan kauppakeskus, bussivarikko tai muu päällystetty alue, jonka vedet aiotaan johtaa ilman viivytyrakenteita tien kuivatusjärjestelmiin
- b. uudessa kaavassa ei ole kaavamääräyksissä riittävästi varauduttu rankkasadevirtaamiin ja tulviin: viivytyksaltaiden varastotilavuus ei ole riittävä, vaan virtaamat edellyttävät olemassa olevan väylän rumpukoon kasvattamista
- c. tien läheinen suo tai metsä ojitetaan, ja vedet johdetaan ilman viivytyrakenteita tien kuivatusjärjestelmiin.
- d. kauempana väylästä (suunnitelmakartan ulkopuolella) on nähtävissä alueita, joiden hulevesien määrä on kasvamassa ja hulevedet ovat purkautumassa väylää kohden

Väylänpitäjän tulee seurata maankäytön kehittymistä ja tarvittaessa keskustella siitä kaavoittajan kanssa.

Maaseutuympäristössä peltojen salaojitusten purkupaikat ja purkamistasot pitää selvittää, jotta nähdään, riittääkö väylän sivuojien suunniteltu tai olemassa oleva syvyys ja onko mahdollista putkittaa sivuoja, jotta voidaan välttää turvallisuuden kannalta liian syvä sivuoja.

Oleellisia yhteistyötahoja ovat kuntien kaavoituksesta vastaavat, salaojitussuunnitelmien tekijät sekä metsänhoitoyhdistykset. Näihin tahoihin pitää olla jo projektin aikaisessa vaiheessa yhteydessä myös olemassa olevan väylän parantamista ja esimerkiksi kuivatuksen kunnostamista suunniteltaessa.

Väylänpitäjän ulkopuolisiin tahoihin pitää olla yhteydessä aina kun tie tai rata risteää tai sivuaa muita kuivatusjärjestelyjä tai vireillä olevia hankkeita. Tällaisia tilanteita ovat lähinnä seuraavat:

1. Salaojitettu tai salaojitettavaksi aiottu pelto: Väylän suunnittelija hankkii tai laatii itse salaojituksen korjaussuunnitelman. Yleisötilaisuudessa informoidaan tulevista muutoksista hyvissä ajoin.
2. Vireillä olevat hankkeet ilmenevät otettaessa yhteyttä maanomistajaan. Salaojituksen muutossuunnitelma tilataan alkuperäisen suunnitelman laatijalta. Lisäkustannuksista vastaa väylänpitäjä, näin myös nykyistä tietä parannettaessa.
3. Ojitettu tai ojitettavaksi aiottu metsä (vaikuttaa rumpujen tarpeeseen, syvyyteen ja mitoitukseen): Tilanteesta saa tiedon maanomistajalta. Jos kuivatushanke on vireillä ja suunnitelmista tarvitaan yksityiskohtaisia tietoja, niitä saa seuraavilta tahoilta:
  - yksityismetsät: Metsäkeskus
  - yhtiöiden metsät: ao. yhtiön metsäosastolta
  - valtion metsät: metsähallituksen ao. hoitoalueelta.

Rummut päätien tai radan alitse: Maanomistajan lisäksi on kysyttävä ELY-keskuksen vesipuolelta kantaa. Väylälinjan tultua riittävän tarkasti määritellyksi osoitetaan todennäköiset rumpupaikat ja tiedustellaan, tarvitseeko joihinkin rumpuihin kiinnittää erityishuomiota. Suunnittelija mitoittaa rummut ja määrittää niiden korkeusaseman. ELY-keskukselta pyydetään lausunto suurehkoista ( $> 1000$  mm) tai ympäristön kannalta muuten tärkeistä rummuista (esim. tilanteet joissa maasto on hyvin alavaa). Pienemmistä tai niistä  $\leq 1000$  mm rummuista, joiden suunnitteluperusteista on jo ELY-keskuksen kanssa sovittu, ei lausuntoa tarvitse pyytää.

ELY-keskuksen lausuntoa käytetään hyväksi lopullista ratkaisua etsittäessä. Vastuu vesilain noudattamisesta, rummun kustannuksista ja kaikkien muiden mitoituksen vaikuttavien tekijöiden huomioon ottamisesta kuuluu kuitenkin aina tien- tai radanpitäjälle.

ELY-keskukselle osoitettavaan lausuntopyyntöön liitetään seuraavia asiakirjoja tarvittavilta osin:

- yleiskartta 1:10 000...1:20 000, jossa esitetään rummut ja laskuojat. Yleiskartaksi soveltuu esim. radan tai tiejärjestelyjen yleiskartta
  - kartta 1:2000...1:10 000 rumpupaikasta niin laajana, että uoman HW/20 mahtuu kartalle. Tarvittaessa merkitään karttaan maanpinnan korkeuksia tulva-alueen määrittämiseksi
  - pituusleikkaus 1:2000 ojasta, n. 400 m rumpupaikasta molempiin suuntiin. Pituusleikkaukseen merkitään mahdollisten salaojien laskuaukkojen paikat ja korkeudet sekä pituusleikkauksen alueella olevat muut sillat ja rummut aukkoineen.
  - poikkileikkauksia 1:100...1:200 ojasta, myös uuden rummun tai sillan kohdalta
  - pituus- ja poikkileikkaus 1:100...1:200 mahdollisesta vanhasta rummusta tai sillasta
  - tien tai radan poikkileikkaus 1:200 rummun tai sillan kohdalta. Piirustukseen merkitään tien tasausviivan tavoitekorkeus ja sen (haitaton) muutosmahdollisuus
  - valuma-alueen suuruus, vedenkorkeus ym. mitoituslähtötiedot
  - mahdollisissa tulvahaittatilanteissa padotuslaskelma ja selvitys vahingoista ja haitoista sekä niiden korvaamisesta.
4. Silta-aukot (mukaan luettuna  $\geq 2$  m:n suuruiset putkisillat): ympäristöviranomaiselta pyydetään aukkolausunto tai mitoituksen tekee suunnittelija, mutta lopullisesta ehdotuksesta vastaa tienpitöviranomainen. Pienten silta-aukkojen ( $F \leq 200$  km<sup>2</sup>) mitoitus suoritetaan jo ennen ympäristöviranomaisen lausuntoa ja mitoitusehdotus liitetään ympäristöviranomaiselle lähetettävään lausuntopyyntöön. Lausuntoa käytetään hyväksi samaan tapaan kuin edellä on esitetty rumpujen osalta. Milloin uoman suuruus edellyttää, haetaan vesioikeudelta lupa sillan rakentamiseen.
5. Laskuojat: Maanomistajan kanssa neuvotellaan laskuojan sijoituksesta ja viljelyillä alueilla alustavasti kaivuajankohdasta. Rakentaja sopii lopullisen kaivuajankohdan. Rummun läheisyydessä ja mahdollisissa ojitushankkeissa laskuoja saattaa koskea myös ympäristöviranomaisesta.

6. Sivuohjaukset: Neuvotteluja maanomistajan tai yksityistien pitäjän kanssa tarvitaan vain mahdollisissa erikoisjärjestelyissä. Kustannusvastuu on esitetty julkaisussa **Yksityistieliittymät ja järjestelyt**.
7. Suojeltavat alueet: tiedot saadaan kunnalta, museo- ja ympäristöviranomaiselta jne.
8. Taajamat: Taajama-alueilla vaatii kuivatuksen suunnittelu usein pitkälle menevää yhteistoimintaa muun tieverkon ja tonttien kuivatuksen sekä muiden johtojen ja kaapelien vuoksi. Alueellisen kuivatussuunnitelman tarve tulee selvittää. Mikäli alueella on asemakaava, yleisen tien kuivatus on sovittava kaavamääräysten mukaiseksi (mm. viemärin tai salaojan purkukohtat). Tien rakentamisella ei saa vaikeuttaa tonttien ja katujen kuivatusta.
9. Milloin mahdollista, yleinen tie kuivatetaan olemassa olevan viemäriverkon avulla. Ellei taajama-alueella ole tarpeen viemäröidä, on avo-ojitus suunniteltava erityisen huolellisesti, kiinnittäen huomiota nykyisen miljööän säilymiseen, ojien mataluuteen ja siisteyteen sekä luiskien ja rumpujen muotoiluun ja viimeistelyyn. Toisaalta ojien muotoilulla voidaan myös luoda maisemallisia, vesien hyvää hallintaa edistäviä kokonaisuuksia taajama-alueille. Näitä ovat muun muassa kosketot, laskeutusallat, imeytymispainanteet ja biosuodatusalueet.
10. Taajama-alueiden kuivatuksessa on selvittävä toisaalta vallitseva tilanne ja kaavamääräykset, toisaalta mahdollisuudet yhteiseen rakentamiseen ja käyttöön. Neuvotteluyhteys otetaan lähinnä kunnan rakennusviranomaisiin, mahdollisiin vesihuoltolaitoksiin ja kaapelien ym. suojattavien rakenteiden osalta niiden omistajiin.
11. Tilanteissa, jolloin uuteen yleisen tien sadevesiviemäriin on todennäköisesti edullista koota vesiä myös yksityisiltä teiltä ja tonteilta tai muualta tiealueen ulkopuolelta, on sekä suunnittelun että rakennus- ja kunnossapitokustannusten osalta neuvoteltava yhteistoiminnasta kunnan tai tontin omistajan kanssa.
12. Pohjaveden alentaminen. Alikulkujen ja muiden tieleikkausten kuivatuksen suunnittelussa selvitetään pohjaveden alentamisen laajuus ja vaikutukset ympäristöön ja rakennuksiin. Asiasta on neuvoteltava ELY-keskuksen kanssa. Pohjavesipinnan aleneman laajuus ja suotovesimäärä voidaan laskea tietokoneohjelmien avulla, kun pohjatutkimuksilla on saatu tiedot maaperästä. Pohjaveden ottamista ja muuttamista koskevat raja-arvot m<sup>3</sup>/vrk ja niiden vaatimat toimenpiteet on esitetty Vesilaissa.
13. Muut laitteet ja rakenteet: Selvitetään ennestään olevat ja suunnitellut vesi-, viemäri-, kaukolämpö-, kaasu-, sähkö- ym. johdot, valaisinpylväät ja muut rakenteet. Kun esimerkiksi nykyisen maantien viereen sijoittuvan uuden maankäytön kuivatuksen suunnitteluperiaatteet (mahdolliset suodatus- ja imeytysratkaisut) määritetään tarpeeksi laaja-alaisina ja erityyppisiä ratkaisuja ideoiden jo varhaisessa kaavoitusvaiheessa, voidaan välttyä nykyisen maantierummun uusimiselta ja uusimiseen liittyviltä liikenteen häiriöiltä. Avainasemassa on eri organisaatioiden välinen yhteistyö: kaavoittajat ja väylänpidosta vastaava organisaatio.

Väylänpitäjän on tärkeää osallistua kaavan ehtojen laatimiseen jo kaavoituksen alkuvaiheessa, jotta lain tavoitteisiin päästään väylänpitäjän kannalta mahdollisimman edullisesti ja tehokkaasti:

- kaavavaatimuksissa ei esitetä ääriolosuhteiden mukaista mitoitusta rummuille, vaan otetaan huomioon, miten olemassa olevien väylien kuivatusrakenteet ovat riittäneet
- optimoidaan väylien ja väyliin liittyvien kuivatusrakenteiden tilantarve
- optimoidaan kuivatuksen tarvittavien rakenteiden ja laitteiden rakennus- ja käyttökustannukset suhteessa mahdollisen tulvimisen aiheuttamiin riskeihin



## 9 Kuivatussuunnittelun kenttätutkimukset

Kuivatussuunnittelun kenttätutkimukset liittyvät läheisesti väylähankkeen muihin maastotutkimuksiin. Suurten rakenteiden osalta (esim. pehmeikköjen vahvistukset, alikulkukäytävät) kuivatus vaikuttaa yhtenä tekijänä tien suuntauksen täsmentämiseen. Useimpien kuivatusjärjestelyjen olosuhte- ja maastotietojen hankinta ajoittuu kuitenkin siihen vaiheeseen, jolloin suuntaus on jo lopullisesti määrätty ja kysymys on enää yksityiskohtien suunnittelusta.

Kenttätutkimusten ajoitukseen vuodenaika vaikuttaa mm. siten, että kevätajan runsasvetisyyttä käytetään hyväksi erityisesti vanhojen teiden kuivatuksen parantamistarvetta arvioitaessa. Uusilla teillä kevät on edullinen lähinnä vedenkorkeuksien havaitsemisessa (sekä pohjavedet että avovesistöt). Muut kenttätutkimukset voidaan yhtä hyvin suorittaa muuna sulana vuodenaikana.

Kuivatussuunnittelulle ominaisia kenttätutkimuksia ovat seuraavat:

- valuma-alueiden koon määrittäminen (kohta 3.3)
- maaston laadun (valumakertoimen) määrittäminen alueilla, joilta kertyvä sadevesivirtaama saattaa muodostua mitoittavaksi (kohta 3.4.2 taulukko A<sub>1</sub>)
- niskaojien tarpeen arviointi ja sijainnin määrittäminen (kohta 4.5.8)
- pohjavesitutkimukset (pohjavesipinta ja virtauksen suuruusluokka) tulevilla leikkausosuuksilla ja sivukaltevissa maastonkohdissa sekä alavilla tielinjan kohdilla
- pohjavesialueet
- tien läheisyydessä olevat kaivot
- salaojien ja viemäreiden purkautumiskohtien täsmentäminen, mikäli maasto on suhteellisen tasaista
- lähde-esiintymät, jotka saattavat vaatia erityiskuivatusta tai suojelua
- rumpujen tarpeen arviointi (kohta 5.2)
- rumpupaikkatutkimukset ja pienten siltojen siltapaikkatutkimukset
- laskuojatutkimukset
- maaperän vedenläpäisevyyden määrittäminen tilanteissa, jolloin syväkuivatuksen tarve on epävarma
- maaperän kaivettavuustutkimukset todennäköisten salaoja- ja viemäri- ja salaojien kohdilla, elleivät nämä sisälly muihin maaperätutkimuksiin.
- alueen eroosioherkkyyden arviointi
- hulevesien hallintamenetelmien, kuten biosuodatusalueiden toimivuuden tutkimukset veden laadun ja määrän tarkkailun avulla

Suurten siltojen siltapaikkatutkimukset ( $F > 200 \text{ km}^2$ ) suoritetaan niiden laajuuden vuoksi yleensä erilliselvityksinä (kohta 4.4.2).

Tutkimusten määrä riippuu lähinnä siitä, tarjoavatko tulokset mahdollisuuden vaihtoehtoihin ratkaisuihin. Esimerkiksi korkeilla penkereillä ei salaojitukseen liittyviä tutkimuksia kannata suorittaa. Kaikissa maaleikkauksissa taas on pohjavesipinta, sen aleneminen ja suotovesimäärä on selvítettävä leikkausluiskien vahvistustarpeen määrittämiseksi. Suunnittele ja toteuta -hankkeissa tutkimukset tulee tehdä jo tiesuunnitteluvaiheessa. Jos hankkeessa tehdään rakennussuunnitelma, voidaan osa selvityksistä jättää tähän suunnitteluvaiheeseen.

## 9.1 Rakentamisen vaikutus suunnitteluun

Kuivatuksen yksityiskohtien suunnittelussa on otettava mahdollisuuksien mukaan huomioon rakentamisen olosuhteet kuten maaperästä, vuodenaikasta ja töiden järjestyksestä riippuvat tekijät. On myös varauduttava rakennustyön aikana ilmaantuviin kuivatuksen muutos- ja täydentämistarpeisiin. Rakentamisen aikaiset hulevedet sisältävät paljon kiintoainesta ja ravinteita sekä muita haitallisia aineita. Työmaiden hulevesien hallintaan ja puhdistamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota jo suunnitteluvaiheessa.

Maaperäolosuhteet saattavat erityisesti pehmeiköillä aiheuttaa vielä työn aikana muutoksia seuraavien seikkojen osalta:

- sivuojien sijainti ja muoto (kohta 4.5.3)
- laskuojien luiskien kaltevuus ja verhoustarve
- rumpujen sijaintipaikkojen täsmennys
- rummun tai viemäriin painumisesta aiheutuva tarve suurentaa putken pituuskaltevuutta
- tierungon painumisesta aiheutuva tilapäisojien tarve.

Rakentamisajankohdalla on merkitystä lähinnä siten, että pehmeiköllä ja juoksevissa maalajeissa (Si, SiMr) rakentamisolosuhteet voivat keväällä tai suurten syyssateiden aikana olennaisesti vaikeutua ja vaatia lisäojia tai muita tilapäisjärjestelyjä. Rakennusaikainen tilanne voi edellyttää mm. salaojituksen määrän lisäämistä.

Rakentamisen ajallinen työjärjestys otetaan kuivatuksen suunnittelussa huomioon siten, että ylimääräistä työtä ja tilapäisjärjestelyjä sekä erikoiskalustoa tarvitaan mahdollisimman vähän. Tämä koskee erityisesti salaojitus- ja viemärointitöitä ja toisaalta tien päällystämistä.

Tien rakennusaikainen kuivanapito edellyttää riittävän suurta (3 %) sivukaltevuutta jokaisessa työvaiheessa. Löyhien luiskien syöpyminen veden kerääntymiskohdissa voidaan torjua esim. soran, kiviheitokkeen tms. tilapäisverhouksen avulla ennen lopullisia kourujärjestelyjä.

Jos tie rakennetaan vaiheittain, saattaa olla edullista toteuttaa seuraavat kuivatusjärjestelyt jo ensi vaiheessa lopulliseen sijaintipaikkaansa ja laajuuteensa:

- kaikki viemärit ja muut johdot, jotka vaativat myöhemmin rikkomaan tien päällysrakenteen
- pehmeikölle sijoitettavat rummut, mikäli myöhempää kuormitusta vastaava penger saadaan myös lopulliseen leveyteen,
- pengerosuuksille mahdollisesti tulevat suurehkot sivuojat.

Tiealueessa pitää ottaa huomioon mahdollisten viivytyksratkaisujen tilantarve tie-suunnitelmavaiheessa.

## Lähdeluettelo

Kuntaliitto 2012. Hulevesiopus. Helsinki 2012. ISBN 978-952-213-896-5.

Liikennevirasto 2010. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 9/2010. Helsinki 2010. ISBN 978-952-255-028-6.

Liikennevirasto 2010. Rataverkon pohjavesialueiden riskienhallinta. Helsinki 2010. ISBN 978-952-255-596-0.

Liikennevirasto 2011. Maastotietojen hankinta, toimintaohjeet, maaperätiedot. Liikenneviraston ohjeita 23/2011. Helsinki 2011. ISBN 978-952-255-085-9.

Liikennevirasto 2012. Teräspuutkissillat suunnitteluohje. . Liikenneviraston ohjeita 2/2012. Helsinki 2012. ISBN 978-952-255-746-9.

Liikennevirasto. Siltojen korjaus (SILKO).

Rakennustieto 2010. InfraRYL Net tietopalvelu. [www.rakennustieto.fi](http://www.rakennustieto.fi)

Ratahallintokeskus 2006. Rumpujen korjausohje (RUMKO). Helsinki 2006.

Ratahallintokeskus 2008. Ratatekniset ohjeet osa 3 (RATO3).

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 1993. Viemäriveden pumppaamoiden suunnittelu- ja hankintaohje. RIL 102-1994.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003. RIL 124-1 Vesihuolto I. Vammala 2009. ISBN 978-951-758-503-3.

Suomen ympäristökeskus 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristö 31/2008. Helsinki 2008. ISBN:978-952-11-3211-7.

Tiehallinto 2001. Reunaympäristön pehmentäminen. TIEH 2100005-01. Helsinki 2001. ISBN 951-726-685-5.

Tiehallinto 2003. Eläinten kulkujärjestelyt tiealueen poikki. TIEH 3200824. Helsinki 2003. ISBN 951-803-103-7.

Tiehallinto 2004. Pohjaveden suojaus tien kohdalla. TIEH 2100028-v-04. Helsinki 2004. ISBN 951-803-385-4.

Tiehallinto 2004. Tierakenteen suunnittelu. TIEH 2100029-04. Helsinki 2004. ISBN 951-803-402-8.

Tiehallinto 2005. Sillansuunnittelun lähtötiedot. TIEH 2100031-v-05. Helsinki 2005. ISBN 951-803-529-6.

Tiehallinto 2005. Rakenteen parantamisen suunnittelu. TIEH 2100035-05. Helsinki 2006. ISBN 951-803-555-5.

Tiehallinto 2005. Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. TIEH 3200979-v. Helsinki 2005. ISBN 951-803-652-7.

Tiehallinto 2006. Yksityistieliittymät ja järjestelyt. TIEH 1000119-v-06. Helsinki 2006. ISBN 951-803-715-9.

Tien kuivatus salaajitetun pellon kohdalla

Tien poikkileikkauksen suunnittelu Liikenneviraston ohjeita.

Tien suuntauksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita.

Tietoa kaliumformiaatin käytöstä:

[<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=14322&lan=fi>]



