



BETONISET VIEMÄRI- JA HULEVESIJÄRJESTELMÄT

- SUUNNITTELU JA TOTEUTUS



betoni
BETONITEOLLISUUS ry

Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät -suunnittelu ja toteutus

Julkaisija:

Betoniteollisuus ry

Tekijät:

DI Seppo Petrow, Tmi Seppo Petrow
DI Matti Heikkinen, Ramboll Finland Oy
DI Juha Forsman, Ramboll Finland Oy
DI Matti Pirinen, Ramboll Finland Oy

Kustantaja:

Rakennustuoteteollisuus RTT ry
Unioninkatu 14
00130 Helsinki

Paino:

Oy Fram Ab, Vaasa 2017

ISBN 978-952-5351-21-7

© Betoniteollisuus ry

Esipuhe

Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät / suunnittelu ja toteutus -julkaisu on tarkoitettu tuomaan tämän hetkinen kokonaisvaltainen tieto betonisista viemäreistä, viemäreiden johtosuunnittelusta, geoteknisestä mitoituksista ja tuotteiden asennuksesta. Johtoajatus on, että lukija ymmärtää betonin potentiaalin viemäroinnissa ja osaa ottaa suunnittelussa huomioon betonin materiaalitekniset ominaisuudet. Julkaisu on tarkoitettu infra-alan ammattilaisille, rakennuttajille, urakoitsijoille, suunnittelijoille ja valmistajille. Julkaisu soveltuu myös opetukseen ja alan opettajia kannustetaan ottamaan julkaisu oppimateriaaliksi syventäville kursseille. Tämä julkaisu korvaa Betoniviemärit 2003 -käsikirjan.

Laajat vaihteittaiset muutokset suunnittelun ja rakentamisen ohjeistuksissa ja määräyksissä erityisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana ovat vaikuttaneet infra-alaan voimakkaasti. Rakenteiden suunnittelu eurokoodeilla, harmonisoidut EN-tuotestandardit, osittainen kansallisten ohjeistuksien voimassaolon lakkaaminen ja Infra-RYL -julkaisujen käyttöönotto ovat tuoneet uutta monien rakennustuotteiden, kuten betoniputkien ja -kaivojen, ohjeistukseen ja suunnitteluun sekä valmistukseen ja käyttöön. Betoniputkien CE-merkintä on johtanut Betoniputkinormien poistumiseen käytöstä (lukuun ottamatta tuotteita, jotka eivät kuulu CE-merkinnän piiriin). Sen monet säännöllisesti uudistetut versiot ehtivät toimia vuosikymmenet viemärituotteiden suunnittelun ja valmistuksen ohjeistajana ja ne toimivat kukin vuorollaan runkona ulkoisille kolmannen osapuolen tarkastuksille. Betoniputkien- ja kaivojen valmistusta ja laadunvalvontaa ohjaavat harmonisoidut tuotestandardit SFS-EN 1916 ja SFS-EN 1917 ovat tuoneet betonivalmistajille uusia vaatimuksia, mutta ovat myös niitä joissain tapauksissa helpottaneet. Sen vuoksi alalle on tehty kansalliset soveltamisstandardit SFS 7033 ja SFS 7035, joiden opastamina valmistajat ohjaavat omaa tuotantoaan alalla hyväksi havaittuun ja EN-standarddeja täydentävään suuntaan. Kansalliset soveltamisstandardit luovat pohjan myös ulkopuolisen kolmannen osapuolen tarkastuksille.

Kuten edellä mainittiin, betoniputkien ja -kaivojen osalta on paljon muuttunut ja sen seurauksena ajankohtaista ohjeistusta joutuu hakemaan useasta eri lähteestä. Tämän vuoksi EK-tuotevalmistajia edustava Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n kunnallisteknisten tuotteiden valiokunta (KTT-valiokunta) päätti tehdä julkaisun, johon kerättiin yksiin kansiin betoniputkia ja -kaivoja koskevat ohjeistukset, määräykset ja soveltamisohjeet. Julkaisussa käsitellään betoniputkien ja -kaivojen ominaisuudet, EK-tuotteet, EK-tuotteiden asennus ja betonin materiaaliominaisuudet. Julkaisuun on sisällytetty niin johtolinjojen suunnittelu, tuotteen rakenteelliset mitoitusohjeet, ympäristön kuormitusten (mm. liikenne) ottaminen huomioon ja geotekniset mitoitusohjeet. Kappaleen 5 ja liitteen 2 laskuesimerkit ovat laatineet asiantuntijat DI *Juha Forsman*, DI *Matti Heikkinen* ja DI *Matti Pirinen* Ramboll Finland Oy:stä. Muun kokonaisuuden on kirjoittanut DI *Seppo Petrow*, jonka syvällinen asiantuntemus aiheeseen perustuu pitkään kokemukseen alalla. Kiitokset kaikille kirjoittajille.

Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät kirjan julkaisemisen on mahdollistanut Rakennustuotteiden Laatu Säätiö SR:n antama avustus, josta lausumme säätiölle vilpittömät kiitokset. Kiitokset kuuluvat myös Rambollin tekniselle johtajalle *Mikko Leppäselle*, joka mahdollisti Rambollin asiantuntemuksen käytön projektissa. Kirjan toimituskunnan ovat muodostaneet *Ossi Murto* ja *Ville Virsu* Kouvolan Betoni Oy:stä, *Kimmo Vaak* Ohenmäen Sora Oy:stä, *Kimmo Karja* ja *Mika Tulimaa* (toimituskunnan puheenjohtaja) Rudus Oy:stä, *Arto Pesonen* ja *Niko Riikonen* Ruskon Betoni Oy:stä ja *Jaakko Eloranta* JA-KO Betoni Oy:stä sekä *Ari Mantila* (toimituskunnan sihteeri) Betoniteollisuus ry:stä. Kiitän toimituskuntaa panostuksesta Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät / suunnittelu ja toteutus -julkaisun ja infra-alan yleisen osaamisen edistämisen eteen tehdystä työstä.

KTT-valiokunnan puheenjohtaja Mika Tulimaa

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Määritelmiä	7
3	Betonisten viemärointi- tuotteiden käyttökohteet	10
3.1	Viemärit	10
3.2	Kaivot	12
3.3	Pumppaamot	16
3.4	Pienpuhdistamot	16
3.5	Tulvavesien viivytysoikeudet	16
4	Viemärin rakentaminen	17
4.1	Rakentamisen valmistelu	17
4.1.1	Työn suunnittelu	17
4.1.2	Viemärimateriaalien hankinta	19
4.1.3	Töiden järjestely	20
4.2	Putkikaivannon teko	21
4.2.1	Alustavat työvaiheet	21
4.2.2	Putkikaivanto	21
4.2.3	Perustaminen	23
4.2.4	Kaivantotöiden työturvallisuus	25
4.3	Betoniputkien ja -kaivojen asentaminen	27
4.3.1	Betonituotteiden varastointi työmaalla	27
4.3.2	Asennusalusta	28
4.3.3	Betoniputkien asentaminen	29
4.3.4	Rumpujen asentaminen	33
4.3.5	Betonikaivojen asentaminen	34
4.3.6	Putkikaivannon täyttö	36
4.4	Laadunvarmistus ja dokumentointi	39
4.4.1	Verkostolle asetettavat vaatimukset	39
4.4.2	Laadunvarmistus	40
4.4.3	Työn hyväksyminen ja vastaanotto	44
5	Viemärointijärjestelmien suunnittelu	46
5.1	Suunnittelun perusteet	46
5.2	Yleissuunnittelu	47
5.2.1	Viemärointijärjestelmän valinta	47
5.2.2	Maaston muotojen vaikutus viemäriverkostoon	48
5.2.3	Yleissuunnittelun sisältö	48
5.2.4	Verkostojen mitoitusvirtaamat	49
5.2.5	Putkien hydraulinen mitoitus	57
5.2.6	Mitoitus verkostomallinnuksella	70
5.3	Rakennussuunnittelu	72
5.3.1	Suunnittelua palvelevat maastotutkimukset	72
5.3.2	Putkityypin ja kestävyys- luokan valinta	73
5.3.3	Putkilinjan perustaminen	74
5.3.4	Putkikaivanto	76
5.3.5	Asennusalusta ja putki- kaivannon täyttö	77
6	Tuotetiedot	84
6.1	EK-järjestelmä	84
6.2	Tuotteiden tunnukset	86
6.3	Putkien, kaivorenkaiden ja -kansien lujuusvaatimukset	88
6.3.1	Putkien lujuusvaatimukset ja peitesyvydet	88
6.3.2	Betonirenkaiden ja -kansien lujuusvaatimukset sekä asennussyvydet	89
6.4	EK-putket, mitat ja sallitut mittapoikkeamat	90
6.4.1	Pyöreät putket	90
6.4.2	Jalalliset putket ja munan- muotoiset Qmax putket	91
6.4.3	Soviteputket	92
6.4.4	Käyrät putket	92

6.4.5	Kulmaputket	93	8.3	Kemiallinen kestävyys	107
6.4.6	Haaraputket	93	8.3.1	Betoniputkien kestävyys jätevesikuormituksessa	107
6.4.7	Vaihtoliitosputket	94	8.3.2	Säilyvyyden parantaminen	111
6.4.8	Kärkikappaleet	94	8.3.3	Kemialliset reaktiot betonissa	111
6.4.9	EK-tulpat	94	8.3.4	Betonin suojaaminen erittäin aggressiivisia olosuhteita vastaan	114
6.5	EK-kaivot	95	8.4	Betonin ekologisuus putkimateriaalina	115
6.5.1	Kaivonrenkaiden mitat ja toleranssit	95	8.4.1	Energian käyttö valmistuksessa	115
6.5.2	Pohjarenkaat	96	8.4.2	Käyttöikä	115
6.5.3	Kartiorengaat	96	8.4.3	Ympäristövaikutukset	116
6.5.4	EK-rengas valurautakansistolle	97	8.5	Putken rakenne	117
6.5.5	EK-kansilevyt	97	8.5.1	Betonirakenne	117
6.5.6	EK-pohjaelementit	97	8.5.2	Raudoitteet	117
6.5.7	Korotusrengas	98	8.6	Kaivon rakenne	119
6.5.8	Valurautakansistot	98	8.6.1	Betonirakenne	119
6.5.9	Teleskoopikansistot	99	8.6.2	Raudoitteet	120
7	Ylläpito	100	8.7	Liitostekniikka ja tiivisteet	120
7.1	Yleistä	100	8.8	Tuotteiden valmistus	123
7.2	Tarkastukset	100	8.9	Tuotteiden laadunvarmistus	125
7.3	Puhdistus	101	8.9.1	Tuotteille asetetut vaatimukset	125
7.4	Putkikorjaukset	102	8.9.2	Laadunvarmistus	125
7.5	Viemärikaivojen saneeraus	103	8.9.3	Putken laskennallinen mitoitus	125
8	Betoni viemäröinti- materiaalina	104	Kirjallisuutta	126	
8.1	Betoni ja sen ainesosat	104	Liitteet:		
8.1.1	Betoni	104	Liite 1:		
8.1.2	Kiviaines	104		Kemikaalien aggressiivisuus betonille	127
8.1.3	Side- ja seosaineet	105	Liite 2:		
8.1.4	Vesi	105		Putkien ja renkaiden mitoitusperusteet	130
8.1.5	Lisäaineet	105			
8.1.6	Kuidut	105			
8.2	Betonin ominaisuudet	106			
8.2.1	Puristuslujuus	106			
8.2.2	Tiiviys	106			
8.2.3	Kulutuskestävyys	106			
8.2.4	Pakkasenkestävyys	106			

1 Johdanto

Tämä käsikirja käsittelee betonisten viemäri- ja hulevesijärjestelmien, teollisuusputkistojen, verkostotunnelien, tierumpujen sekä kaivojen ja pumppaamoiden suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa.

Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät -käsikirja on tehty suunnittelijoiden lisäksi rakennuttajien ja urakoitsijoiden käyttöön. Satunnaisesti betoniviemäreitä rakentavat voivat kirjan avulla kerrata tietojaan. Kirja on myös suunnattu käytettäväksi soveltuvin osin oppikirjana alan korkeakouluissa ja ammattikorkeakouluissa sekä täydennyskoulutuksessa.

Betonin helppo saatavuus, hyvät lujuus- ja säilyvyysominaisuudet sekä ympäristöystävällisyys tekevät siitä erittäin kilpailukykyisen rakennusmateriaalin niin talonrakentamiseen kuin maa- ja vesirakentamiseen. Betoni on myös eräs maailman vanhimmista rakennusmateriaaleista; sen historia on yli kaksi tuhatta vuotta vanhaa. Nykyaikaisen betoniteknologian voidaan katsoa alkaneen portlandsementin keksimisestä 1824 ja sementin valmistuksen käynnistyessä 1843.

Betonin raaka-aineet ovat maaperän mineraaleja. Sementti valmistetaan kalkkikivestä poltto- ja jauhatusprosessissa. Runkoaineena käytetään seulottuja, maaperästä saatavia kiviaineita, jotka nykyään ovat yhä enenevässä määrin murskattuja ja kierrätettyjä lajitteita. Sekä sementin että betonin valmistuksessa käytetään muusta teollisuudesta saatavia sivutuotteita, kuten teräksen valmistuksessa syntyvää masuunikuonaa ja voimalaitosten kivihiilituhkaa.

Betonin kierrätys on yksinkertaista ja helppoa. Suomessa yli 80 % betonista kierrätetään. Purrettavat betonirakenteet murskataan ja käytetään luonnonkiviaineiksi korvaavana materiaalina maarakentamisessa kantavina kerroksina tai betonin valmistuksessa uudelleen runkoaineena. Betonirakenteissa olevat raudoitteet kerätään murskauksen yhteydessä ja käytetään uudelleen teräksen valmistuksessa.

Betonia käytetään talonrakentamisessa perustuksiin, runkorakenteisiin, katteisiin ja julkisivuihin. Maa- ja vesirakentamisessa betonin merkittävimmät käyttöalueet ovat sillat, satamat, betonipäällysteet ja ympäristöbetonituotteet, sekä betoniset viemäriputket, kaivot ja paalut.

2 Määritelmiä

Tässä julkaisussa on käytetty mm. seuraavia termejä ja määritelmiä:

Alkutäyttö. Putken ympärystäyttö. Alkutäyttö alkaa putken asennusalustan yläpinnasta ja sen suositellaan ylettyvän vähintään 300 mm yli putken laen.

Asennussyvyys. Asennussyvyydellä tarkoitetaan maanpinnan ja ja kaivon pohjan alapinnan tai renkaan (tai vaihtoehtoisesti useamman päällekkäin kootun renkaan alinta rengasta) alareunan välistä etäisyyttä.

Betonipeitteen paksuus. Raudoituksen peittävän betonikerroksen varsinainen paksuus.

Esiasennettu kiintotiiviste (EK). Tiiviste, joka on liitetty tuotteeseen valmistusprosessin aikana.

Hulevesi. Sateesta ja lumen sulamisesta peräisin oleva valumavesi taajama-alueella.

Hyväksymisraja kuorma. Kuorma, joka teräskuiduilla vahvistetun tai raudoitettun tuotteen on kestävä määritetyn halkeilun rajoissa.

Kaivonrenkas. Ontto pystysuora komponentti symmetrisellä poikkileikkauksella, lukuun ottamatta liitosprofiilin kohtaa. Joustavia liitoksia voi olla pohjarenkaan soviteputkien sijoittamiseksi.

Kansi. Kulkuaukollinen kaivonrenkaan vaakasuoran katon muodostava osa, sijoitettuna välittömästi renkaan yläpuolelle, ja johon korokerengas tai kehys ja kansi on suunniteltu sopimaan.

Kartiorengas. Osa, joka muodostaa kaltevan katon pyöreään tai soikeaan kaivoon ja näin supistaa kaivon halkaisijan haluttuun kokoon kulkuaukon koon mukaiseksi.

Korokerengas. Komponentti ilman liitosta tai asennettua askelmaa, rakenteen kokonaiskorkeuden säätämiseksi ja/tai soveltuvan kehyksen ja kannen sijoittamiseksi.

Käyrä. Soviteosa, joka mahdollistaa suunnanmuutoksen putkilinjassa.

Lujuusluokka. Vähimmäismurtokuorma kilonewtonia per metri jaettuna joko nimelliskoolla (DN) tai nimellislevydellä (WN), kun DN ja WN ilmoitetaan millimetreinä. Putkilla lujuusluokkia ovat raudoittamaton B, normaali rauditus Br ja vahva rauditus Dr. Kaivoilla lujuusluokkia ovat normaali rauditus Br ja vahva rauditus Cr.

Miesluukku (viemärikaivo). Pystysuora vesitiivis rakenne, jota käytetään putkilinjojen yhdistämiseen, suunnan- ja/tai tason muutokseen, henkilöiden ja/tai laitteiden pääsyyn tarkastus- ja huoltotoimenpiteisiin sekä tuuletukseen ja ilmanvaihtoon.

Murtokuorma. Enimmäiskuorma, jonka koestuslaite saavuttaa murtokokeen aikana (ts. kuormanmittauslaite ei osoita kuorman lisääntymistä).

Nimelliskoko. Tuotteen kokoa osoittava numeerinen merkintä, joka on valmistusmittoihin sopiva kokonaisluku millimetreinä ilmaistuna. Pyöreälle tuotteelle se on sisähalkaisija (DN), munanmuotoiselle tuotteelle se on sisäleveys/korkeus (WN/HN).

NPD. Ominaisuutta ei ole määritetty (No Performance Determined)

Peitesyvyys. Putken laen ja yläpuolisen maanpinnan erotus.

Pohjarengas. Pystysuora komponentti kiinteällä pohjalla, kouruvalulla tai ilman, sekä varustettuna asianmukaisilla joustavilla liitoksilla vedenpitävien putkiliitosten aikaansaamiseksi, kiinteillä soviteputkilla tai sovittimilla tai ilman niitä.

Putki. Ontto esivalmistettu betonituote, jalallinen tai ilman jalkaa, jonka läpimitta on liitosprofiilin kohtaa lukuun ottamatta sama koko sisäpuoliselta hyötypituudeltaan. Tuotteiden liitokset toisiinsa tehdään liittämällä putken kärki toisen putken muhviosaan. Liitoksessa käytetään yhtä tai useampaa tiivistettä.

Pyöreä putki. Putki, jonka pituussuuntaan nähden kohtisuora poikkileikkaus on kuvattu kahdella saman keskisellä ympyrällä.

Raudoittamaton betoniputki. Putki, joka ei sisällä rakenteellista teräsraudoitusta tai teräskuituvahvistusta.

Raudoitettu betoniputki. Putki, joka on rakenteellisesti vahvistettu yhdellä tai useammalla teräshäkillä, jotka on sijoitettu ottamaan vastaan putken seinämään kohdistuvat vetorasitukset.

Soviteosa. Sovitin, käyrä, soviteputki, kärkikappale, liittymäosa, sisääntulolla varustettu putki tai supistusyhde.

Soviteputki. Lyhyt putki puskuliitoksella, kärjellä (uroслиitos) tai muhvilla (naarasliitos). Putket, joiden nimellispituus on alle 1000 mm luetaan soviteosiksi.

Sovitin. Soviteosa, joka mahdollistaa liitokset rakenteisiin, muista materiaaleista valmistettuihin putkiin tai venttiileihin.

Supistuskansi. Supistusosa, joka muodostaa kaivon vaakasuoran kantavan rakenteen, johon yhteensopiva kaivonrengas voidaan asentaa.

Supistusosa. Kartiorengas (käytettynä joko ylhäällä tai väliyksikkönä), kansi tai supistuskansi.

Supistusyhde. Putken soviteosa, jonka sisähalkaisija pienenee sisäpuolisen hyötypituuden matkalla.

Tarkastuskaivo. Rakenne kuten miesluukussa (viemärikaivossa), mutta ilman ihmisenmentävää sisäänpääsyä.

Tarkastusputki. Tarkastusputki on viemäriverkon betonirakenteinen putki, jonka halkaisija (DN) on pienempi kuin 500 mm.

Teräskuiduilla vahvistettu betoniputki. Putki, joka on rakenteellisesti vahvistettu teräskuiduilla.

Tiiviys. Tiiviydellä tarkoitetaan putken ja/tai putkilinjan tiiviyttä, joka todetaan tiiviyskokeella. Tiiviyskoe voidaan tehdä vesi- tai ilmanpainekekeena.

Tiiviyssuhteen määrittäminen. Tiiviyssuhteella tarkoitetaan levykuormituskokeessa toisen ja ensimmäisen kuormituksen E-moduulien suhdetta E2/E1 ja kannettavalla pudotuspainolaitteella mittauksen maksimikantavuusarvon Emax suhdetta ensimmäisen kuormituksen arvoon eli Emax/E1 (Emax on yleensä 3. – 5. mittaustulos).

Tiiviyssuhteen määrittäminen. Tiiviyssuhteella tarkoitetaan prosenttilukua, joka ilmoittaa rakenteesta otetusta näytteestä määritetyn kuivatilavuuspainon suhteen samasta materiaalista parannetulla Proctor-kokeella määritettyyn kuivatilavuuspainon suurimpaan arvoon. Tiiviyssuhteen määrittämisessä voidaan käyttää myös muuta luotettavaa menetelmää.

Työntöputki. Raudoitettu, raudoittamaton tai teräskuiduilla vahvistettu betoniputki, jossa on putken poikkileikkauksen seinämäprofiiliin sisältyvä joustava pontattu liitos tai kauluksellinen päittäisliitos, ja joka on tarkoitettu asennettavaksi työntämällä.

Vähimmäismurtokuorma. Kuorma, joka tuotteen on vaadittu kestävän.

3 Betonisten viemäröintituotteiden käyttökohteet

3.1 Viemärit

Betoniputkista rakennetaan pääasiassa viettoviemärilinjoja (jätevesi, hulevesi), joissa neste virtaa gravitaation vaikutuksesta. Muita käyttöalueita ovat tierummut, paineviemärit ja raakavesijohdot.

Viettoviemärit

Viettoviemäreissä johdetaan erikseen hulevesiä ja jätevesiä. Vain poikkeustapauksissa voidaan rakentaa sekajärjestelmiä, joissa johdetaan sekä hule- että jätevesiä. Viemäröinnin suunnittelu- perusteita käsitellään **luvussa 5**.

Paineelliset linjat

EK-paineputket on tarkoitettu maksimissaan noin 3 barin yli- tai alipaineellisten raaka-, hule- tai jätevesien johtamiseen. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi yhdyskuntien raakavesijohdot ja puhdistetun jäteveden purkulinjat puhdistamolta purkukohteeseen tai kun hule- ja jätevesiä joudutaan pumppaamaan maaston korkeusvaihteluiden takia ja halutaan pitää putkilinjan perustamissyvyys kohtuullisena.

Paineputket valmistetaan korroosionkestävästä erikoisbetonista.

Teollisuusputkistot

EK-putkien tiiviys, kemiallinen kestävyys, kyky kestää korkeita lämpötiloja, pieni lämpötilan muutoksista johtuva muodonmuutos sekä lujuus mahdollistavat niiden käytön myös teollisuuden prosessi- ja purkuvesiputkina.

Teollisuuden prosessi- ja purkuvesiputkien lämpötilat saattavat vaihdella esim. vuorokauden aikana useita kymmeniä asteita. Pitkissä linjoissa se merkitsee huomattavan suuria lämpöliikkeitä. Betonisten putkien lämpöliikkeistä johtuva pituudenmuutos tasataan putken saumoissa.

Korkeisiin lämpötiloihin $\geq +80$ °C käytetään peroksidivulkanoitua EPDM (eteenipropeni) tiivistettä.

Puristamalla asennettavat putket (tunkkausputket)

Puristamalla asennettavien tunkkausputkien suunnittelussa tulee etukäteen selvittää mm. pohjaolosuhteet (erityisesti maaperän laatu, kuten kivisyys), putkilinjan asennustapa, suojaputkelle asetettavat vaatimukset sekä putkilinjan asennustoleranssit.

Mikäli asennuksessa ei käytetä suojaputkea tulee betoniputken ulkoseinän olla suora ja ensimmäisen putken pistopää tulee suojata teräksisellä suojakärjellä. Tunkkauksessa käytettävien EK-putkien kestävyysluokan tulee olla korkein eli Dr ja ne on mitoitettava kestäväksi

työntövoimasta aiheutuvat kuormitukset (ks. kuormien laskenta SFS-EN 1916). Puristava voima tulee siirtää ja tasata esimerkiksi vanerilevyn välityksellä muhvin kautta putkelle.

Saneerauslinjat

Kokonaissaneerauksella tarkoitetaan kadun rakenteen ja rakenteissa olevien verkostojen samanaikaista uusimista. Vaikka kadun kaikki rakenteet eivät vaatisikaan korjausta säästää niiden yhtäaikainen uusiminen kaivu-, täyttö- ja päällystyskertoja ja tulee siten usein pitkällä aikavälillä taloudelliseksi.

Betoniputkisujutuksessa työnnetään uusi putkilinja vanhan linjan sisä- tai ulkopuolelle. Yleisimmin putket tunkataan saneerattavaan viemäriin putkijonon perästä työntäen. Putket voidaan sujuttaa myös vetämällä erityisesti sellaisissa saneerattavissa linjoissa, joissa on paljon siirtymiä. Betonin paino ja kestävyys helpottavat sujuttamista verrattuna muihin putkimateriaaleihin. Painon ansiosta sujutettu putki pysyy varmasti saneeratun putken pohjalla ilman tukemista tai välitilan injektointia. Sisäpuolisessa sujutuksessa viemärin halkaisija pienenee. Tämän voi estää tunkkaamalla alkuperäistä isompi putki saneerattavan linjan ulkopuolelle. Menetelmä soveltuu erityisen hyvin sortuneiden ja lommahtaneiden viemärilinjojen saneeraukseen. Tunkkauksen jälkeen vanha putki ja maa-ainekset poistetaan uuden putken sisältä.

Betoniputkisaneerauksessa huomioon otettavia seikkoja ovat:

- ensimmäisen putken pistopää tulee suojata teräksisellä suojakärjellä,
- päiden vinouden enimmäisarvon on oltava standardin SFS-EN 1916 mukainen
- putkien liitoksissa tulee olla EK-tiivisteet,
- tyhjätilan täytön tarve tulee selvittää tapauskohtaisesti,
- ennen sujutusta tulee vanhan putkilinjan kunto tarkistaa ja varmistua siitä, ettei siinä ole epäpuhtauksia, pohja on riittävän tasainen eikä haitallista porrastusta esiinny.

Sujutettava putki voi olla suoraseinämainen tai muhviputki. Sujutuksella viemärilinjan kestoikä voidaan kaksinkertaistaa varsin edullisin kustannuksin.

Rummut

Tierummun minimihalkaisija on tien tai liittymän tyypistä riippuen 300...800 mm. Ratarummuissa pienin halkaisija on 800 mm. Sisähalkaisijaltaan ≥ 800 mm rumpujen päät tehdään viisteellisinä. Rummuissa käytetään tavallisia EK-putkia, joten rumpuputkien ominaisuudet ovat vastaavat kuin viettoviemäriputkilla. EK-sauma keskittää putket estäen porrastuksen. Lisäksi sauma estää veden ja maa-aineksen pääsyn rumpuun, vaikka putket liikkuisivat roudan ja painumien vaikutuksesta. Sauman muoto estää betonikontaktin aiheuttaman pistekuorman ja antaa siten rummulle paremman kuormituskestävyyden mm. ajoneuvojen aiheuttamille kuormituksille. Saumat kestävät myös jään ja lumen sulatuksen höyryllä.

Rumpuja voidaan korjata sekä tunkkaamalla että sujuttamalla. Tunkkaaminen on kustannustehokasta sisähalkaisijaltaan alle 1200 mm:n rummuissa.

Verkostotunnelit

Vilkasliikenteisillä katualueilla, erityisesti kaupunkien keskustoissa, kannattaa viemäriverkostot sijoittaa verkostotunneleihin, joihin sijoitetaan kaikki maanalaiset tekniset verkot. Verkostotunnelissa putkistojen kunnonseuranta, huolto ja tarvittaessa uusiminen on helppo tehdä katua

rikkomatta. Verkostotunneli voidaan rakentaa esimerkiksi halkaisijaltaan 2000 mm:n betoni-putkesta.

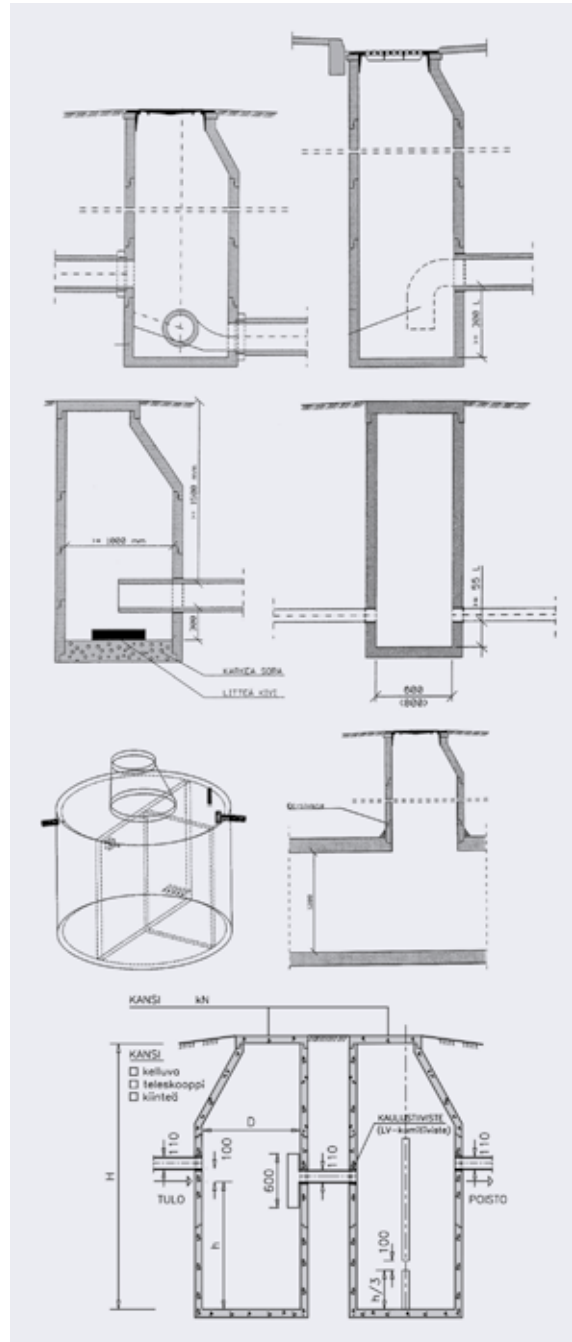
3.2 Kaivot

EK-betonikaivojärjestelmästä voidaan rakentaa kaikki tavanomaiset kaivot kuten:

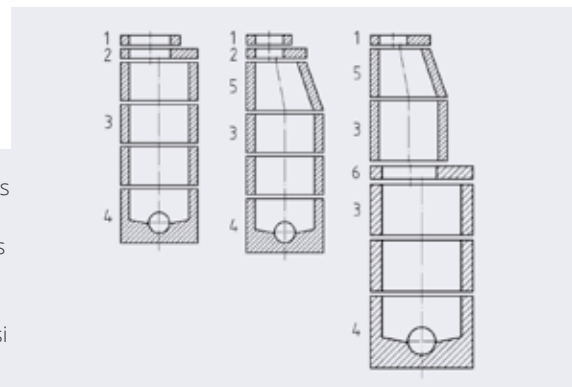
- tarkastuskaivot,
- hulevesikaivot sadevesien johtamiseksi viemäriin,
- imeytyskaivot pohjavesitason pitämiseksi mahdollisimman vakaana,
- rasvan-, bensiinin- ja öljynerotuskaivot,
- salaojakaivot,
- saostuskaivot,
- haja-asutusalueiden saostus- ja jätevesikaivot
- juomavesikaivot sekä asennusvalmiit pumppaamot.

Kuvassa 3.1 esitetään esimerkkejä betonisista kaivoista, sekä **kuvassa 3.2** betonikaivon rakenteet ja rakenneosat.

EK-betonikaivojen rakentamisessa käytetään standardin SFS-EN 1917 ja SFS 7035 mukaisia pohjaelementtejä, kaivonrenkaita, kartiorenkaita ja korotusrenkaita. Liikennealueilla käytetään Cr-luokan kaivonrenkaita. Kaivojen Ø 800 - 1000 mm yläosa tehdään kartiorenkasta tai tasakantta käyttäen. Ylimpänä suorana kaivonrenkaana käytetään routaliikkeiden välttämiseksi vähintään 1000 mm korkea rengasta, mikäli tämä on kaivon korkeus huomioon ottaen mahdollista. Pohjarenkaan päällä alimmana pyritään käyttämään matalia kaivonrenkaita. Pohjarenkaan korkeus määräytyy saapuvien ja lähtevien putkien koon ja taserojen mukaan.



Kuva 3.1. Betonisista kaivoelementeistä toteutettuja kaivoja.



Kuva 3.2. Betonikaivon osat ja rakenteet.

Kaivoja valmistetaan myös monoliittisina ratkaisuina, jossa kaivon pohja ja itse kaivo sekä liittymät tehdään yhtenäiseksi valmiiksi rakenteeksi (**Kuva 3.3**). Kaivon korkeus voidaan valita portaattomasti. Toinen tapa on tehdä liittokset kaivoon erillisenä työvaiheena jälkivaluna.

Tarkastuskaivot

Viemärien huoltamista ja tarkastamista varten rakennetaan betonisia tarkastuskaivoja. Ne sijoitetaan viemäriinjalle yleensä 30...50–100 m välein ja lisäksi jokaiseen pysty- ja vaakataitteen, putkikoon muutoskohtaan sekä haara- tai liitoskohtaan.

Tarkastuskaivon on oltava riittävän suuri tarvittavien huoltotoimenpiteiden suorittamiseksi (minihalkaisija 1000 mm). Pieniläpimittaisien viemäreiden (≤ 600 mm) tarkastuskaivot voidaan tehdä 800 mm läpimittaisina, suuremmat (> 800 mm) viemärit varustetaan 1000, 1200, 1600 tai 2000 mm:n kaivoilla. Läpimitaltaan $\varnothing 600$ mm:n tarkastuskaivoja voidaan käyttää vain, jos käytettävissä on viemäreiden painehuuhTELUKALUSTO. **Taulukoissa 3.1 ja 3.2** annetaan suositusmittoja kaivoille.



Kuva 3.3. Monoliittinen kaivon pohjalelementti ja valuliitoselementti.

Taulukko 3.1. Suositeltavat kaivokoot (pohjalelementin nimellismitta).

Läpimenevän putken nimellismitta DN (mm)	Suosittelava pohjalelementin nimellismitta DN (mm)
225...500	800
600	800...1000
800	1000
> 800	Suurimman putken nimellismitta + 200 mm

Taulukko 3.2. Suositeltavat satulakaivojen koot.

Putken nimellismitta DN (mm)	Suosittelava kaivon nimellismitta DN (mm)
800	600
1000	800
1200...2000	1000

Viemärisuunnitelmassa esitetään tarkastuskaivojen paikka ja korkeus, mutta tavanomaisen tarkastuskaivon koon määrittävät tyyppikuvat ja laatuvaatimukset esitetään työselostuksissa. Tyyppiirustuksesta poikkeava kaivoratkaisu tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

Hulevesikaivot

Hulevedellä tarkoitetaan satanutta tai sulanutta vettä, joka joutuu maanpintaan ja edelleen maaperään. Hulevesi kerätään ja johdetaan hulevesikaivon kautta hulevesiviemäriin. Hulevesikaivon kansirakenteena käytetään yleensä pintavesiritilää, mutta vilkkaasti liikennöidyillä kaduilla voidaan ritiläkannen asemesta käyttää kitakaivoa.

Hulevesikaivo varustetaan yleensä lietepesällä, jonka tilavuuden tulee olla vähintään 300 litraa, jolloin lietepesän korkeus sisähalkaisijaltaan 800mm:n kaivossa on 600 mm ja 1000 mm:n kaivossa 400 mm. Lietepesän tarkoitus on estää kadulta huuhtoutuvan hiekan ja muun kiinteän erottuvan aineksen joutuminen hulevesiviemäriin.

Yleensä hulevesiviemäriin tarkastuskaivot ovat samanlaisia kuin jätevesiviemäreissäkin, joten ritiläkantinen hulevesikaivo toimii tarkistuskaivona vain poikkeustapauksissa. Näin hulevesiviemäri on vapaammin sijoitettavissa katualueelle. Ritiläkantisen tarkistuskaivon heikkoutena on myös veden virtausta haittaava hiekkapesä.

Hulevesiviemäriin kaivo varustetaan tarvittaessa vesilukolla, joka estää hiekan ja muun kiintoaineen pääsyn viemäriin sekä viemärikaasujen pääsyn ulos kaivosta. Vesilukkoja käytetään mm. sekavesiviemäreissä.

Imeytyskaivot

Johtamalla hulevedet imeytyskaivon avulla maaperään voidaan pienentää pohjaveden pinnan vaihteluita sekä säästää viemäriin rakentamiskustannuksissa. Hyvän vedenläpäisevyyden takaamiseksi imeytyskaivon ympärystäytö tehdään # 8-32 mm:n sepelistä ja kaivannon reunat suojataan ympäröivistä maalajeista kuitukankaalla. Imeytyskaivo rakennetaan ilman pohjaelementtiä ja esimerkiksi Ø 800 kaivon kaivannon pohjan leveyden tulee olla 1000-1500 mm.

Imeytyskaivo rakennetaan kuten hulevesikaivo kuitenkin siten, että alimpana renkaana käytetään suoraa, pohjatonta kaivonrengasta. Kaivon asennusalusta tehdään hyvin vettä läpäisevästä materiaalista.

Rasvan-, bensiinin- ja öljynerotuskaivot

Öljyn tai rasvan likaama viemärivesi täytyy puhdistaa ennen sen johtamista kunnalliseen viemäriverkostoon käyttäen betonisia öljyn- ja rasvanerotuskaivoja. Kaivoissa käytetään öljynkestäviä tiivisteitä (SFS-EN 682).



Kuva 3.4. Pintavesiritilä ja kitakaivo.

Seuraavassa on esimerkkejä kaivojen käyttökohteista ja ohjeita toteutukseen:

- Elintarviketeollisuuden, sairaaloiden, suurten keittiöiden ja ravintoloiden viemärit on varustettava rasvanerotuskaivolla.
- Öljyjalosteiden käsittely-, varastointi- ja jakelulaitosten sekä suurten parkki- ja logistiikka-alueiden viemäreihin asennetaan bensiininerotus- ja/tai öljynerotuskaivot. Näiden kaivojen suunnittelua ja käyttöä ohjaa omat standardinsa.
- Bensiinin- tai öljynerotuskaivoa ei saa sijoittaa rakennuksen sisäpuolelle kaasun muodostuksen ja räjähdysvaaran vuoksi. Tästä syystä se on varustettava myös tuuletusputkella. Jos viemäriin voi päästä sekä bensiiniä että öljyä, on erotuskaivo mitoitettava vaikeammin erottuvalle öljylle.
- Rasvanerotuskaivo voidaan rakentaa rakennuksen sisälle, jolloin se on varustettava vesilukolla ja tuuletettava. Rakennuksen ulkopuolelle rakennettaessa on varmistettava, ettei viemäri toimi lappona ja tyhjennä vesilukkoja.

Saostuskaivot ja umpisäiliöt

Alueilla (haja-alueiden jätevesien käsittely, maatalous), missä ei ole yleistä viemäriverkkoa, jätevesien käsittelyä varten voidaan betonista kaivonrenkaista rakentaa kolmen kaivon ryhmä. Raskaimmat ainesosat saostuvat ensimmäiseen kaivoon, josta ne voidaan kuljettaa käsiteltäväksi edelleen kunnalliselle jätteiden käsittelylaitokselle. Jälkimmäisestä kaivosta vesi voidaan johtaa maimeyttämöön.

Markkinoilla on myös tehdasvalmisteisia elementtikaivoja, joissa kaivo on jaettu kolmeen osaan riittävän puhdistuvuuden saavuttamiseksi. Yleensä riittävä tehokkuus saadaan aikaan saostussäiliölle, kun jäteveden viipymä kaivossa on 2 vrk. Saostussäiliöiden tulee olla CE-merkittyjä.

Saostuskaivo voi olla myös yksittäinen säiliö, jossa toteutetaan kolmen saostussäiliön järjestelmä.

Saostuskaivot ja -säiliöt varustetaan tehokkaalla tuuletusputkella rikkivedyn poistumisen takaamiseksi.

Huuhtelukaivot

Tasaisessa maastossa viemäriin on vaikea järjestää riittävää kaltevuutta, jolloin viemäriin laskeutuu kiinteää ainesta. Sen pois huuhtomista varten voidaan viemäriin yläjuoksulle järjestää huuhtelukaivo, joka antaa vähintään kerran vuorokaudessa sellaisen virtaussysäyksen, että laskeutunut aines saadaan liikkeelle. Huuhtelukaivoon tuleva vesijohto varustetaan imusuojalla ja yksisuunta-venttiilillä, jotka sijoitetaan helposti huollettavaan paikkaan.

Ylivuotokaivot

Sekaviemäroinnissä rankkasateen, tulvan tai muun runsaan vedenvirtauksen aikana osa vedestä voidaan johtaa ylivuotokaivossa olevan tulvakynnyksen kautta suoraan vesistöön muun osan virratessa puhdistamolle. Kaivon alaosa tehdään yleensä paikallavaluna ja yläosa normaalina kaivorakenteena.

Laitekaivot

Viemäriverkossa paineviemäreiden ja jätevedenpumppaamoiden yhteyteen on joskus tarpeen rakentaa kaivo venttiileille huoltotoimenpiteitä varten. Yleensä nämä kaivot tehdään betonirenkaista



Kuva 3.5. Esimerkki laitekaivosta.

ja varustetaan ilmanvaihto- ja kuivatusputkella. Vesi-johtoverkossa vastaavia käyttökohteita ovat paloposti-, vesiposti-, ilmanpoisto-, tyhjennys-, huuhtelu- ym. venttiileitä varten rakennetut kaivot.

Kaapelikaivot

Kaapeleiden suojaputket voidaan liittää tiiviisti betonikaivoon, joissa kaapelit voidaan jatkaa tai niitä voidaan jälkeinpäin lisätä tai vaihtaa.

3.3 Pumppaamot

Betonisia pumppaamoita käytetään jäte-, hule- ja perusvesien pumppaamiseen. Niissä on valmiiksi asennetut tiivisteet ja ne voidaan varustaa tikkailla. Pumppaamot toimitetaan työmaalle asennusvalmiina helposti ja nopeasti koottavina paketteina. Yksinkertaisin (**kuva 3.6**) pumppaamo koostuu kahdesta betonirenkaasta ja yhdestä kartiosta, joiden kumitiivisteet ovat tehtaalla asennetut. Valmiiksi asennettu tuloyhde alemmassa renkaassa sekä ylemmässä renkaassa olevat paine- ja tuuletusputken yhde mahdollistavat portaattoman paineyhteyden menosuunnan asentamisen.

Jätevedenpumppaamot (kuva 3.6)

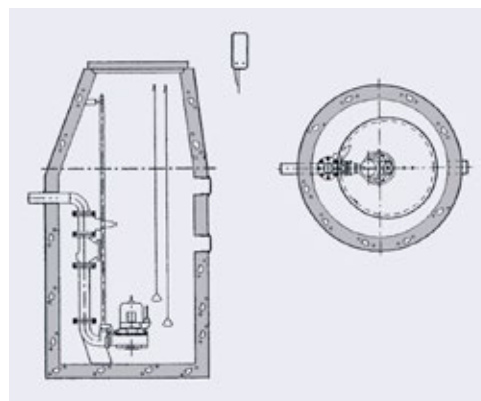
Kun maasto on erittäin tasaista tai viemärlaitokseen liitettävä kiinteistö on viemärien tason alapuolella on rakennettava jätevedenpumppaamo. Yleisesti pumppaamoita rakennetaan 1000 mm:n kaivonrenkaista, mutta suositeltava halkaisija on 1200 mm, johon yksi normaalirakenteinen jäteveden uppopumppu varusteineen mahtuu hyvin. 1600 mm:n kaivon sopii lisäksi yksi varapumppu. Pumppukaivon pohja muotoillaan pumpun (pumppujen) ominaisuuksien mukaan siten, että kaivon ei synny liettyimiä. Kaivoissa on aina tuplapumput, jotka toimivat normaalitilassa vuorotellen.

3.4 Pienpuhdistamot (kuva 3.7)

Haja-asutusalueiden jätehuollon tarpeisiin voidaan betonisista kaivoelementeistä tehdä pienpuhdistamoita, joka sisältävät myös tarvittavat laitteet veden käsittelyyn.

3.5 Tulvavesien viivytys (kuva 3.8)

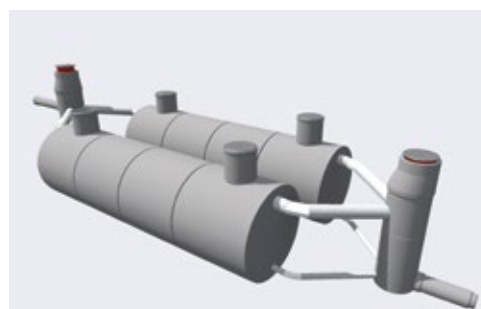
Betonisista putkista ja kaivoista voidaan rakentaa järjestelmiä tulvavesien viivyttämiseen taajama-alueilla tavoitteena estää hulevesiviemäreiden ylikuormittumista sekä tulvimisen aiheuttamia vahinkoja esim. kiinteistöille. Hulevesien viivytysratkaisuilla voidaan myös vähentää hulevesiviemäreiden määrää ja pienentää putkien mitoitusta, kun huippukuormituksia voidaan tasata.



Kuva 3.6. Betoninen jäteveden pumppaamo.



Kuva 3.7. Esimerkki pienpuhdistamosta.



Kuva 3.8. Hulevesien viivyttämiseen kehitetty ratkaisu.

4 Viemärin rakentaminen

Kaikessa rakentamisessa, myös viemärin teossa rakentaja, urakoitsija vastaa ensisijaisesti itse tekemänsä työn laadusta ja siitä, että lopputulos ja kaikki osatyövaiheet täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset. Rakennuttajan, tilaajan suorittama laadun valvonta ei mitenkään vähennä tekijän vastuuta.

Työmaalla on oltava nimetty työturvallisuuskoordinaattori ja asianmukaiset työturvallisuusasiakirjat. Turvallisuuskoordinaattori huolehtii rakennuttajan lakisääteisistä turvallisuusveloitteista ja hän on yhteistyössä päätoteuttajan kanssa rakentamisen turvallisuutta koskevassa suunnittelussa ja rakennustyön toteuttamisessa.

Rakennuttajan on laadittava rakentamisen suunnittelua ja valmistelua varten turvallisuusasiakirja.

Rakennuttajan on huolehdittava, että rakennushanketta suunniteltaessa ja valmisteltaessa arkkitehtonisessa, rakennusteknisessä ja teknisten järjestelmien suunnittelussa sekä rakennushankkeen toteuttamisen järjestelyihin liittyvässä suunnittelussa otetaan huomioon rakennustyön toteuttaminen siten, että työ voidaan tehdä turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijöiden terveydelle.

InfraRYL -julkaisusarjassa määritellään ohjetasolla mm. viemärin eri rakentamisvaiheille asetetut yleiset laatuvaatimukset, joita noudatetaan, jos ei kohdekohtaisissa rakentamissuunnitelmissa tai -asiakirjoissa ei ole muuta esitetty.

4.1 Rakentamisen valmistelu

Valmiin johtolinjan toiminta, ylläpitokustannukset ja käyttöikä ovat suurelta osin riippuvaisia rakentamistyön toteutuksesta. Hyvä ja taloudellinen lopputulos edellyttää, että kaikki työvaiheet tehdään huolella ja rakennussuunnitelman perusteella laaditun laatusuunnitelman mukaisesti.

4.1.1 Työnsuunnittelu

Työnsuunnittelulla tarkoitetaan niitä toimintoja, joilla yksittäisen rakennushankkeen tuotesuunnitelma muutetaan toteuttamisen apuvälineeksi, ohjeeksi ja malliksi ennen työn aloittamista. Työnsuunnittelu on vaihtoehtojen etsimistä, työtapojen kehittämistä ja vertailua sekä päätöksentekoa.

Työsuunnitteluun kuuluu mm. seuraavat suunnitteluvaiheet:

- työkohteen sisäinen ohjelmointi
- hankkeen aikataulu
- kustannusarvio ja tavoitearvio
- työkohtainen laatusuunnitelma

Em. suunnitelmat sisältävät seuraavia työvaiheita:

- lähtötietojen inventointi
- työmäärien laskenta
- kustannuslaskenta
- resurssien määrittely ja suunnitelmat niiden käytöstä
- työmenetelmien valinta
- hankkeen sisäisen aikataulun laadinta
- materiaalien käytön suunnittelu ja hankintojen valmistelu
- kriittisten tehtävien analysointi

Käytännössä työsuunnittelun mahdollisuudet vaihtoehtojen vertailussa ovat rajalliset. Työsuunnittelun panos tulee kohdistaa ensisijaisesti niille tehtäville, joiden suunnittelusta on odotettavissa selvää taloudellista hyötyä tai joiden huono ja valmistelematon suoritus vaikeuttaa toteutuksen sujuvuutta tai alentaa työ- tai liikenneturvallisuutta.

Työkohtainen laatusuunnitelma

Työkohtainen laatusuunnitelma on asiakirja, jossa osoitetaan tietyn tuotteen, esim. viemärin rakentamisen laadunvarmistusta koskevat vaatimukset, toimet ja voimavarat. Työkohtaisen laatusuunnitelma on osa työsuunnittelua ja sen tavoitteena on osoittaa tilaajalle etukäteen urakoitsijan toimintatapa sekä keinot ja menettelyt miten haluttu laatu saavutetaan sovitussa aikataulussa ja miten urakoitsija nämä asiat työtä luovuttaessaan osoittaa.

Työn tilaaja voi tarjouspyynnössään pyytää tarjouksen liitteeksi alustavaa työkohtaista laatusuunnitelmaa. Kun urakoitsijan valintaperusteena on kokonaistaloudellisuus, alustava työkohtainen laatusuunnitelma on tärkeä valintakriteeri. Alustavassa työkohtaisessa laatusuunnitelmassa esitetään tilaajan kannalta merkittävät asiat esim.:

- vastaava työnjohtaja
- erityissuunnitelmien teko, mm. kaivantosuunnitelma on oltava tehty ennen rakentamisen aloittamista
- lopputuotteen kannalta keskeisten työvaiheiden toteutus (esim. putkien asennus ja kanavan täyttö)
- aikataulun kriittiset kohdat ja niiden toteutus
- pääresurssit, kalusto
- laadunvarmistus (mitä kokeita, miten laatu saavutetaan / osoitetaan / dokumentoidaan, korjaavat toimenpiteet)
- tiedonkulun varmistamisen periaatteet
- turvallisuus- ja ympäristöasioiden hoito

Ennen työn aloittamista alustava työsuunnitelma täydennetään työkohtaiseksi laatusuunnitelmaksi. Työn kuluessa laatusuunnitelmaa täydennetään ja tarvittaessa muutetaan.

Työkohtaisen laatusuunnitelman täydennys käsittää ennen kaikkea urakoitsijan omaan toimintaan ja toteutuksen ohjaamiseen tähtääviä asioita esim.:

- urakoitsijan työmaaorganisaatio ja vastuut
- erityissuunnitelmien teko, tekijät ja aikataulut
- yksityiskohtainen aikataulu riippuvuuksineen
- aliurakoitsijat ja materiaalin toimittajat
- materiaalien kelpoisuuden tutkiminen (CE-merkintä, sertifikaatit)
- mittaukset ja kokeet; mistä, kuka tekee, kuinka dokumentoidaan, miten raportoidaan

Rakentamisaikataulu

Jokaiselle työlle on asetettu valmistumistavoite. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää aikataulun laatimista. Aikataulua laadittaessa joudutaan samalla miettimään työprosessin jako työvaiheisiin, työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet ja työn eteneminen sekä materiaalien hankinta-ajankohdat. Aikataulun laadinta on keskeinen osa työsuunnittelua.

Alustavat selvitykset, katselmukset, luvat

Ennen varsinaisen rakentamistyön aloittamista joudutaan tekemään useita valmistelevia toimenpiteitä esim.:

- työalueen ja lähialueen alkukatselmus (työn valmistuttua loppukatselmus)
- räjäytys- ja värinäkatselmukset
- selvitetään kaapelit ja muut työalueella olevat rakenteet
- puiden tai rakenteiden suojaustoimenpiteet
- linja ja työalueet merkitään maastoon
- kaivulupa
- suunnitelma ja lupa työnaikaisista liikennejärjestelyistä
- työalueen aitaamislupa
- melua aiheuttavan työn lupa
- yötyölupa
- erikoiskuljetuslupa
- terveydelle haitallisen työn lupa sekä
- pohjaveden katselmus: korkeus ja sijainti, aiemmin tehty suunnitelma mahdollisesta pohjaveden alentamisesta tai suunnitelma sen korkeuden pitämiseksi tietyssä korkeudessa.

Ennen kaivutyöhön ryhtymistä on laadittava kaivantosuunnitelma (ks. 5.3.4). Kaivantosuunnitelmassa tulee esittää, mitkä kaivanto-osuudet tehdään luiskattuina, mitkä tuettuina ja mitkä vaativat muita toimenpiteitä kuten esimerkiksi pohjavedenpinnan alennusta, pohjanvahvistustoimenpiteitä tai räjäytystöistä johtuvia erityistoimenpiteitä. Kaivantosuunnitelman tekoa ei pidä jättää johtolinjan rakentamisen aikana työnjohdon tehtäväksi, vaan tukemissuunnitelma tulee tehdä ennen ko. kaivanto-osuuden rakentamisen aloitusta.

4.1.2 Viemärimateriaalien hankinta

Määrien laskenta

Viemärimateriaalien hankintaa varten tehdään putki- ja kaivotuotteiden määrälaskenta asennettavan yksikön tarkkuudella. Määrälaskennan tulee sisältyä suunnitelman laadintaan. Määrälaskenta tehdään suunnitelmarajausten mukaan ja se palvelee ensisijaisesti kustannuslaskentaa.

Toteutuksen yhteydessä määritellään tilausrajat hankkeen ajoituksen ja toteutuskokonaisuuden mukaan, jolloin suunnitelmatiedoista kerätään kulloinkin tarvittavien viemärimateriaalien määrät. Viemärimateriaalien hankintaa varten laaditaan erillinen putki- ja kaivotuotteiden määräluettelo.

Tarjouspyyntö

Viemäriverkon betonitarvikkeiden, putket, soviteosat, renkaat, kannet kartiot jne. voidaan hankkia joko vuositarjouspyyntöä tai hankekohtaista tarjouspyyntöä käyttäen. Vuositarjouspyyntö sopii erityisesti organisaatioille, jotka rakentavat vesihuoltoa ympärivuotisesti. Hankekohtainen tarjouspyyntö on yksittäisen projektin materiaalihankinnan menetelmä.

Tarjouspyyntö sisältää seuraavia tietoja:

- yksityiskohtainen materiaalierittely (koot, määrät, lujuusvaatimukset)
- erikoisrakenteista detaljitiedot
- toimitusaika ja vaiheistetut toimitusajat
- tarjouslaskenta-aika (suositus vähintään kaksi viikkoa)
- tarjousten arviointimenettely

Tarjousten valmistelussa käytetään viemärin suunnitteluun kehitettyjä sovelluksia esim. VISU/Kaivolaskuri ja KAISU, jotka on integroitu tehtaan tarjous- ja tuotantojärjestelmiin.

Hankintapyyntö

Materiaalin hankintapyyntö perustuu tehtyyn vuositulaukseen. Työmaan vastuulliset työnjohtajat ovat yleensä valtuutettuja tekemään hankintapyyntöjä ja hankintapyynnöt tehdään tyypillisesti kohteittain. Hankintapyyntö/toimitus tapahtuu seuraavasti:

- kohteen suunnitelmapiirustukset ja aikataulutoivomus toimitetaan valitulle toimittajalle
- toteutettava kohde on rajattu suunnitelmiin
- toimittaja purkaa suunnitelman tiedot sovellusohjelmaan
- sovellus laskee tarvittavan materiaalimenekin
- toimitusehdotus toimitetaan tilaajalle hyväksyttäväksi
- toimituksen vahvistus
- toimitus sovitun aikataulun mukaan
- toimituksen mukana toimitetaan kaivon kokoamisehdotus (kaivokortti) työmaalle

4.1.3 Töiden järjestely

Kalusto

Kaluston valintaan vaikuttaa niin kaivannon syvyys kuin putkien määrä ja koko, mutta myös ympäristö, missä työtä tehdään. On siis käytettävä oikeaa kalustoa oikeassa paikassa.

Betoniputkien asentamisessa käytettävää erikoiskalustoa käsitellään kohdassa 4.3.3. Vesihuoltokaivannon teossa käytetään yleisimmin 360° kääntyvää kaivinkonetta ja pienemmissä kohteissa voidaan käyttää traktorikaivuria. Yksi käytettävän koneen tärkeistä ominaisuuksista on monipuolisuus. Liikennöidyillä alueilla työskentely asettaa omia erityisvaatimuksia.

Työalue

Tilaaaja määrittelee käytettävissä olevan työalueen yleensä urakka-asiakirjoissa. Urakoitsija laatii työmaasuunnitelman, jossa osoitetaan työmaa-alueen käyttö eri tarkoituksiin.

Työmaasuunnitelmassa osoitetaan työalueen lisäksi alueet materiaalien varastoinnille, sosiaalilojen paikat, läjitysalueet yms. Lisäksi työkohteen laajuudesta riippuen osoitetaan työmaaliikenteen suunnitelma, opastus ja aitaukset. Työmaa-alueen siisteyteen ja ulkonäköön on syytä kiinnittää huomiota. Tilaa voi määrätä näistä asioista myös urakka-asiakirjoissa ja asettaa määräysten rikkomisesta sanktioita.

Työmaasta kertova informaatiotaulu on tärkeä viesti ulkopuolisille. Yleensä tauluun tulevasta tekstistä ja ulkoasusta määrätään jo urakka-asiakirjoissa. Taulusta on käytävä ilmi mitä tehdään, kenen toimesta, milloin työ valmistuu sekä yhteystiedot mahdollisia kyselyitä varten.

4.2 Putkikaivannon teko

Putkikaivannon teon eri työvaiheiden yleiset laatuvaatimukset esitetään julkaisussa InfraRYL 2010. Osa 1. Väylät ja alueet.

4.2.1 Alustavat työvaiheet

Rakennettava johtolinja ja raivattava alue merkitään maastoon. Rakennettujen laitteiden (esim. kaapelit) sijainti selvitetään ja niiden omistajilta tilataan näyttö maastossa. Talviaikana kaivanto sulatetaan olemassa olevien johtojen läheisyydessä.

Säilytettävät puut ja kasvillisuus työalueella suojataan ohjeiden mukaisesti ja pystytetään tarvittavat liikenteenohjauslaitteet hyväksytyyn suunnitelman mukaisesti.

4.2.2 Putkikaivanto

Kaivannon pohjan leveys määräytyy yleisen työselostuksen tai suunnitelman ja asennettavien putkien perusteella.

Vesijohdon etäisyys lähimmästä viemäriputkesta määräytyy viemärin tarkastuskaivojen koon perusteella siten, että kaivon ja vesijohtoputken ulkopintojen väliin jää vähintään 100 mm vapaata tilaa. Ulommaisten putkien ja kaivannon seinämän välisen etäisyyden tulee olla vähintään 400 mm, toisaalta tarpeetonta kaivua on vältettävä. Nykyaikaisilla työkoneilla, joissa on digitaalinen laser- ja gps-ohjaus, voidaan nopeuttaa maanrakennustöitä ja välttää tehokkaasti ylikavuuta.

Kaivojen ja laitteiden kohdalla kaivanto tehdään leveämpänä (**kuva 4.1**). Kun asennettavien putkien koko kasvaa tavanomaisesta kunnallisteknisestä mitoituksesta kaivannon poikkileikkaus on suunniteltava aina tapauskohtaisesti.

Luiskatut kaivannot ks. kohta 5.3.4 Putkikaivanto.

Luiskattujen kaivantojen vakavuuteen voivat vaikuttaa heikentävästi seuraavat olosuhdetekijät:

- pitkäaikainen sade tai kuivuminen,
- pohjavedenpinnan korkeusvaihtelut ja kaivu pohjavedenpinnan alapuolella,
- huokospaineen nousu ja pohjamaan häiriintyminen paalutuksen johdosta,
- tärinä, joka aiheutuu esim. työkoneista, paalutuksesta, porauksesta, räjäytystöistä tai liikenteestä
- roudan sulaminen

Kerroksellisessa maassa, jossa hieno- ja karkearakeisia maakerroksia esiintyy päällekkäin, voi pohjaveden alapuolinen karkea kerros huuhtoutua pois, jolloin ylempänä oleva hienorakeisempi kerros murtuu.

Kun kaivetaan koheesiomaassa pohjaveden alapuolella, kaivannon pohja saattaa murtua aiheuttaen yllättäen nopean vedentulon kaivantoon. Tämä heikentää yleensä myös luiskan vakavuutta.

Kaivanto on pidettävä niin kuivana, että kaivannossa tehtävät työt voidaan asianmukaisesti suorittaa ja materiaalit tiivistää vaadittavaan tiiviyteen. Tarvittaessa alennetaan pohjavettä ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti. Maa-aineksia sisältävää vettä ei saa työn aikana johtaa jo rakennettuun putkistoon. Kaivannon ympärillä on maanpinnalla usein halkeamia, joiden täytyminen esim. sadevedellä voi heikentää kaivannon vakavuutta.

Lyhyissä pätkissä tehtävä putkijohtojen asentaminen lisää työturvallisuutta, kun täyttö voidaan tehdä välittömästi putken asentamisen jälkeen.

Kaikissa epäselvissä, kaivantojen turvallisuuteen liittyvissä kysymyksissä on tarkoituksenmukaista tehdä henkilöstöä ja kalustoa vaarantamatta koekaivu, jolla varmistetaan luiskien pysyvyys, veden tulo kaivantoon ja varmuus pohjannousua vastaan.

Tuetun kaivannon teossa on otettava huomioon erityisesti seuraavat tekijät:

- työntekijöiden turvallisuus,
- ulkopuolisten turvallisuus ja naapurirakennusten vaurioherkkyys,
- kaivannon aukioloaika,
- putkien ja laitteistojen asentamisen vaatimukset.

Kylmän sään aikana on kaivannon pohjan jäätyminen estettävä. Samoin tulee estää kaivannon seinämien jäätyminen kaivannon ylimmän putken lakea alemmalla.

Kalliokaivannossa louhitaan myöhemmin rakennettavaa johto-osaa varten varattavan sivuhaaran kohdalle tilavaraus, jonka pituus lähimmästä rakenteesta on vähintään 2,0 m.

Louhintatyöt suoritetaan louhintasuunnitelman mukaisesti. Räjätystyöt ovat luvanvaraisia töitä ja niitä säätelevät monet määräykset ja ohjeet esim.:

- Valtioneuvoston päätös räjäytys- ja louhintatyön järjestysohjeista
- Panostaja-asetus
- Työministeriön päätös räjäytys- ja louhintatyötä koskeviksi turvallisuusmääräyksiksi
- Työsuojeluhallituksen päätös työmaalla tapahtuvasta räjähdysaineen valmistuksesta
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös ammoniumnitraatista
- Liikenne- ja viestintäministeriön päätös vaarallisten aineiden kuljettamisesta
- Meluntorjuntalaki
- Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta

Ajantasainen lainsäädäntö: www.finlex.fi

Kallio louhitaan siten, että lohkokoko on < 400 mm, ellei suunnitelmassa ole toisin ilmoitettu. Louhe poistetaan ja kaivannon pohja tasataan tarvittaessa murskeella tai soralla ja tiivistetään asennusalustan tiivistämisen yhteydessä.

Mikäli kaivannon pohja on louhittu ylisyväksi, pohja kiilataan ja tiivistetään erillisenä työvaiheena. Tiivistämisessä on käytettävä louheen tiivistämiseen sopivaa riittävän järeeä tärylevyä. Mikäli tiivistystä ei tehdä huolellisesti ja asennusalustaa eroteta suodatinkankaalla pohjamaasta on vaarana painumien syntyminen asennusalustan valuessa louheeseen.

4.2.3 Perustaminen

Johtolinja perustetaan suunnitelman mukaisesti. Kaivojen ja johdon muiden rakenteiden perustamisessa noudatetaan samaa perustamistapaa kuin putkilla. Kaivojen ym. laitteiden kohdalla perustusrakenne tehdään leveydeltään sellaisena, että se ulottuu laitteen ulkoreunan ulkopuolelle vastaavasti kuin putken kohdalla.

Perustaminen pohjamaan varaan

Putkikaivannon pohjalle tehdään asennusalusta (h=150 mm), jonka päälle putki asennetaan (ks. 5.3.5 Asennusalusta ja putkikaivannon täyttö). Liikennealueen ulkopuolella voidaan betoni-putki asentaa pohjamaan varaan ilman asennusalustaa.

Häiriintymättömän pohjamaan tarpeetonta kaivua on vältettävä. Saven raekokoa karkeammat, mutta hiekkaa hienommat maalajit ovat erittäin häiriintymis- ja eroosioherkkiä. Maahan syntyy kaivun vaikutuksesta alipainetta tiivisrakenteisen maan tilavuuden suuretessa kuormitusmuutoksesta. Tämä hetkellinen lujuuutta lisäävä ilmiö kuitenkin poistuu epämääräisen ajan kuluessa ja pohjamaa häiriintyy hyvin helposti. Vedellä kyllästetyssä tilassa ja esim. rankkasateiden tai kaivannon seinämistä tihkuvan pohjaveden vaikutuksesta silttimaat häiriintyvät erittäin herkästi. Luonnonkosteassa sorassa ja hiekassa voi syntyä näennäistä koheesiota, jolloin maa on hetkellisesti kantavaa. Näennäinen koheesio voi kuitenkin hävitä liikakaivun vuoksi kaivantoon kertyvän veden vuoksi.

Häiriintyminen vältetään parhaiten jättämällä konekaivu muutamia kymmeniä millimetrejä tavoitetasoa ylemmäksi ja suorittamalla loppukaivu lapiotyönä.

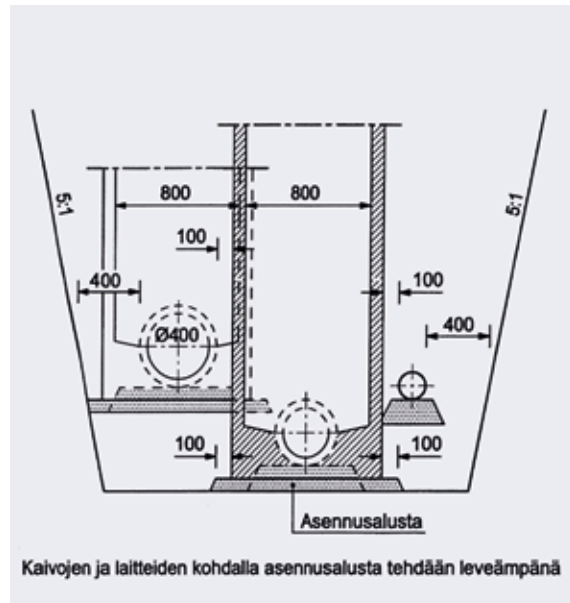
Perustaminen arinarakenteille

Arinarakenteet ks. kohta 5.3.3 Putkilinjan perustaminen.

Putkijohtojen ja rumpujen arinarakenteiden vaatimukset ja toteutus on esitetty InfraRYL 2010. Osa 1. Kohta 13300.

Kiviainesarinalle asetettuja vaatimuksia:

- sallittu epätasaisuus 3 metrin matkalla ± 20 mm
- paksuuden sallittu poikkeama + 0,1 m
- päätierumpujen keskimääräinen tiivistysaste 92 % ja ratarakenteiden 95 %



Kuva 4.1. Putkikaivanto kaivojen kohdalla.

Kiviainesarinan (tai massanvaihdon täytön) varaan perustettaessa on otettava huomioon kaivannon pohjan mahdollinen leventäminen. Pohjan leveys määritellään oheisen **kuvan 4.2** periaatteiden mukaan. Putkien pitkäaikainen paikallaan pysyminen perustuu siihen, että arinarakenne tai massanvaihdon täyttö muodostaa riittävän leveän ja pysyvän alusrakenteen.

Teräsbetoni-laatta tehdään suunnitelman mukaisesti ja laatta valetaan betonointisuunnitelman mukaan. Raudoituksessa ja valussa noudatetaan voimassa olevia betonirakentamisen määräyksiä, standardeja ja ohjeita.

Betonin ja pohjamaan välissä käytetään sekoittumisen estämiseksi tarvittaessa suodatinkangasta, muovia tai työbetonia. Laatta betonoidaan notkeusluokan S2 (painuma 50...90 mm) tai S3 (painuma 100...150 mm) betonimassalla ja tiivistetään tärysauvalla. Kosteuden haihtumisen valun jälkeen estetään levittämällä valun päälle muovikalvo tai asennusalustan hiekkakerros. Betonin jäätyminen on estettävä lämmityksellä esim. valuun asennettavalla vastuslangalla.

Teräsbetoni-laatan betonin lujuusluokka on vähintään C25/30. Putkien asentaminen laatalle voidaan aloittaa, kun betonin lujuus on saavuttanut 60 % suunnittelulujuudesta.

Ennen paalutetun teräsbetoni-laatan valua

- puupaalujen päät kuoritaan ja puhdistetaan ja päiden korkeus tarkistetaan
- teräsbetoni-paalujen päät puhdistetaan ja tarvittavat tartuntateräukset piikataan suunnitelmissa esitetyn mukaisesti esiin ja paalujen päiden korkeus tarkistetaan
- rauditus, raudituksen tuenta ja suojaetäisyydet tarkistetaan.

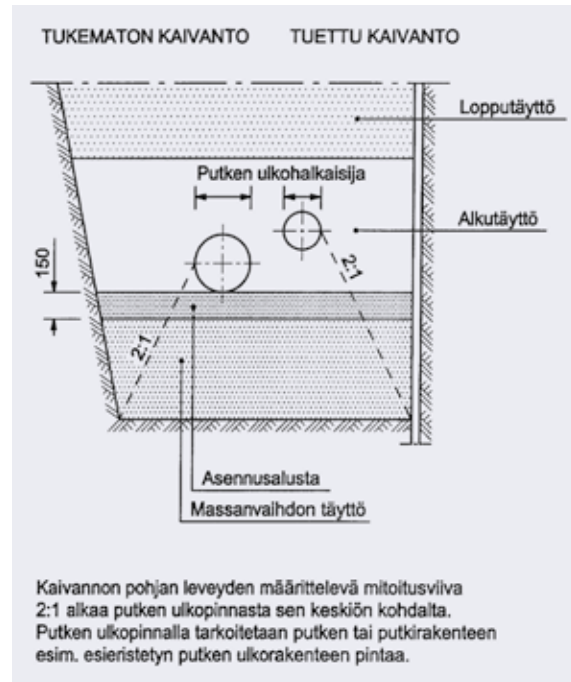
Teräsbetoni-laatan sijainnin sallittu poikkeama pystysuunnassa on pystysuunnassa (korkeus-asema) ± 20 mm ja sivusuunnassa ± 50 mm.

Perustaminen paaluille

Paaluina käytetään puu- tai teräsbetoni-paaluja. Paalutus esitetään rakennussuunnitelmassa ja paalutus tehdään aina paalutustyösuunnitelman mukaan. Paalut eivät saa liikkua myöhemmin lyötävien paalujen tai pohjamaan liikkumisen johdosta. Paalutustyöstä pidetään paalutusprotokirjaa. Pienin käytettävä paalupituus on 2,0 m. Puupaalun jatkokset tehdään RIL 254-2011. Paalutusohje -mukaan. Teräsbetoni-paalut varustetaan suunnitelman mukaisella levykärjellä tai kalliokärjellä.

Lisätietoja:

RIL 254-2011. Paalutusohje. InfraRYL 2010. Osa 1. Kohta 13200.



Kuva 4.2. Kaivannon leveyden mitoittaminen.

Perustaminen vahvistetun pohjamaan varaan

Stabilointi tehdään aina erillisen suunnitelman mukaan.

Käytetty kalkki on kovaksi poltettua sammuttamatonta kalkkia CaO. Kalkin aktiivinen CaO -pitoisuus on vähintään 75 %.

Sementti on CE-merkittyä standardin SFS-EN 197-1 mukaan.

Sekä massa että pilaristabiloinnissa keskimääräinen kalkin ja sementin seossuhteen poikkeama suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä on enintään 5 %-yksikköä ja yksittäinen poikkeama enintään 10 %-yksikköä. Massastabiloinnissa sideaineen määrä saa vaihdella $\pm 5 \text{ kg/m}^3$.

Pilaristabiloinnissa pilarikenttien nurkkien sallittu sijaintipoikkeama suunnitelma-asiakirjojen mukaisesta on 0,1 m. Pilarien suurin sallittu poikkeama vaakasijainnista on putkijohtojen alla 0,1 m kuitenkin siten, että kahden vierekkäisen kahden pilarin välinen etäisyys ei poikke suunnitelma-asiakirjojen mukaisesta enempää kuin 0,2 m.

Stabiloitavalla alueella mahdollisesti olevat rakenne- ja täyttökerrokset tulee poistaa tai välpätä stabiloinnin edellyttämässä laajuudessa.

Pilarien teon yhteydessä tulee erityisesti seurata:

- pilarien sijaintia ja kaltevuutta
- pilarien ylä- ja alapään tasoja
- sideaineen syöttöä, sekoitusta ja laatua

Pilaristabiloinnista pidetään pöytäkirjaa, josta ilmenevät pilarin tunniste, tekopäivä, sijainti ja kaltevuus, pilarin ala- ja yläpään korkeustaso, sideaineen syöttömäärä (kg/m) sekä vaa'an lukemat ennen pilarin tekoa ja teon jälkeen.

Pilareiden sijainnista laaditaan alue/lohkokohtaiset tarkepiirustukset, joista ilmenee pilareiden ja pilarikenttien sijainti ja numerointi.

Pilarien kovettuminen työn jälkeen todetaan erillisen testausohjelman mukaisesti.

Lisätietoja:

InfraRYL 2010. Osa 1. Kohta 14130 Stabiloidut maarakenteet (pilaristabilointi, massastabilointi).

4.2.4 Kaivantotöiden työturvallisuus

Kaivantotöihin liittyy aina kaivannon luiskien pysyvyyteen kohdistuva riski, joka on selvitettävä geotekniseen suunnitteluun sisältyvällä kaivantosuunnittelulla. Kaivantotyöstä tehdään erillinen suunnitelma, jossa erityistä huomiota tulee kiinnittää työturvallisuuteen.

Kaivutyö on suoritettava turvallisella tavalla ottaen huomioon maan laatu, kaivannon syvyys, luiskan kaltevuus ja kuormitus sekä vedestä aiheutuvat vaaratekijät. Erityisiin toimenpiteisiin on ryhdyttävä sortumisen aiheuttaman tapaturman vaaran välttämiseksi mm. kaivettaessa löysää tai 2,0 m syvempää kapeaa kanavaa.

Yleisiä kaivantojen sortumiseen johtaneita syitä ovat:

- kaivinkone liian lähellä kaivannon reunaa
- työmaatie liian lähellä kaivannon reunaa
- maamassat on sijoitettu kaivannon reunalle
- roudan sulaminen aiheutti maaperän löyhtymisen ja runsaan veden muodostumisen
- routalippojen sulaminen
- kaivantosuunnitelmaa ei noudatettu
- tärinää (esim. työkoneista, liikenteestä, paalutuksesta, porauksesta, räjäytystöistä) ei ole otettu huomioon
- kaivannon kuivana pito on laiminlyöty

Silmäsuojaus

Käytettävä aina tehdastiloissa. Silmiin kohdistuvan vaaran ollessa ilmeinen on käytettävä erikseen määriteltyjä suojaimia. VNa (205/2009)

Kuulosuojaimet

Käytettävä aina, kun melutaso on yli 85 dB. VNa (85/2006)

Työkäsineet

EN-388:2003. suojakäsineet mekaanisia ja kemiallisia vaaroja vastaan. Käytettävä aina, kun on käsien vahingoittumisriski. VNa (738/2002)

Polvisuojat

Käytettävä aina polviasennossa työskenneltäessä. VNa (205/2009)



Leukahihnalla varustettu kypärä

EN-397:1995 mukainen. Käytettävä aina tehdasalueella. VNa (205/2009)

Heijastava vaatetus

Käytettävä aina tehdasalueella. Heijasvaatimusluokka työkohteen vaatimuksen mukainen. VNa (205/2009)

Turvajalkineet

Käytettävä aina tehdasalueella. EN ISO 20345. VNa (205/2009)

Turvavaljaat

EN-363:2008 mukainen. käytettävä aina, kun on olemassa putoamisriski. VNa (205/2002)

Henkilötunniste

Näkyvässä on oltava yksilöivä tunniste. Käytettävä aina työmaalla. VNa (738/2002 52 a §)

Kuva 4.3. Rakennustyömaalla käytettävät henkilökohtaiset suojavarusteet.

Viemäritöissä on tärkeää, että putkien nostokone tai kaivinkone sijoitetaan siten, että sen käyttäjä voi mikäli mahdollista jatkuvasti valvoa taakan liikkumista. Mikäli näin ei voida tehdä, on käytettävä erillistä merkinantajaa. Nostokoneen toiminta-alueella tulee olla riittävä valaistus.

Yleinen vahinko kaivantotyömaalla on kaapelin katkaisu. Useimmiten tähän on syynä huolimattomuus.

Kypärän ja muiden kyseiseen työhön liittyvien suojarusteiden käyttö kaivantotöissä on ehdoton vaatimus.

Kaivantotöiden työturvallisuutta on käsitelty julkaisussa /37/: Eeva Rantanen, Mervi Harju, Loviisa Norokorpi, Juha Uusitalo, Vaara vaanii kaivannoissa. Tutkimushanke kaivantojen turvallisuudesta. Liikennevirasto, tutkimuksia ja selvityksiä 9/2013.

4.3 Betoniputkien ja -kaivojen asentaminen

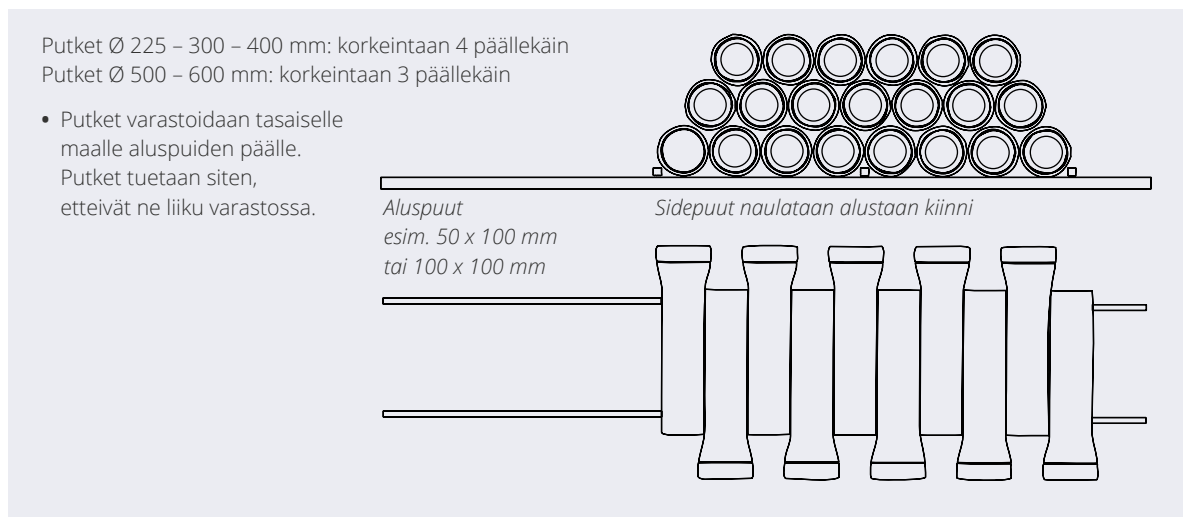
4.3.1 Betonituotteiden varastointi työmaalla

Putket

Työmaalla putket varastoidaan tasaiselle maalle aluspuiden päälle. Alin putkikerros tuetaan sidepuilla siten, että putket eivät pääse liikkumaan varastossa. Sidepuut naulataan aluspuihin.

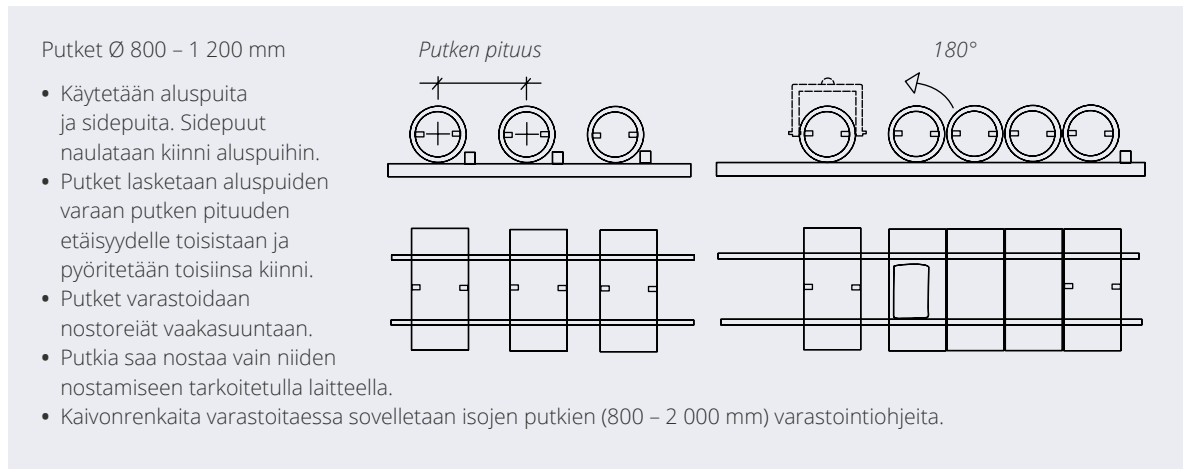
Putket (Ø 225 – 600) asetetaan varastopinoon siten, että muhvipäät limittyvät varastopinon molemmille puolille **kuvan 4.4** periaatteen mukaan. Putkia saa varastoida päällekkäin seuraavasti:

- Ø 225 – 300 – 400 korkeintaan 4 putkea päällekkäin
- Ø 500 – 600 korkeintaan 3 putkea päällekkäin
- ≥ Ø 800 ei saa varastoida päällekkäin



Kuva 4.4. Putkien ≤ Ø 600 mm varastointi.

Suuria $\geq \varnothing 800$ putkia ei saa varastoida päällekkäin. Putket varastoidaan aluspuiden päälle siten, että aloitettaessa asennustyö reunimmaista putkea pyöräyttämällä nostoreiät saadaan vaakasuoraan ja asennuslaite mahtuu putkien väliin **kuvan 4.5** periaatteen mukaan.



Kuva 4.5. Isojen putkien $\geq \varnothing 800$ varastointi.

Kun varastointitilaa on käytettävissä koko asennuslinjan matkalla putket varastoidaan yksitellen siten, että putkien keskinäinen etäisyys on putken pituuden suuruinen.

Kaivonrenkaat

Kaivonrenkaat varastoidaan seuraavasti:

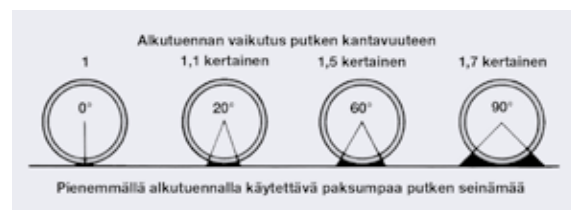
- $\varnothing 600$ korkeintaan 3 rengasta päällekkäin
- $\varnothing 800...1000$ ei saa varastoida päällekkäin
- $\varnothing 1200$ varastoidaan pystyssä yksittäin

4.3.2 Asennusalusta

Ennen asennusalustan rakentamista kaivannon pohja tiivistetään alusrakennetta vastaavaksi. Erityisesti huolehditaan, ettei kaivannossa ole kiviä, jotka voivat vahingoittaa putkia. Talvella lumi ja jää poistetaan ennen pohjan tasausta ja täyttöjä. Louheen päällä olevan asennusalustan variseminen estetään louhekerroksen riittävällä tiivistämisellä, kiilauksella ja vähintään käyttöluokan N3 suodatinkankaalla.

Betoniputken alle tehtävän asennusalustan materiaalin on oltava hiekkaa, soraa tai mursketta. Suurin sallittu raekoko on 32 mm. Suurin raekoko on enintään puolet asennusalustan paksuudesta. Mikäli asennusalustan päälle asennetaan useita putkia, kerroksen materiaali valitaan siten, että se täyttää kaikkien putkien kohdalla mainitut vaatimukset.

Asennusalustan paksuus on vähintään 150 mm, joka suositellaan tehtäväksi murskatusta kiviaineksesta tehdyn tasaisen alustan päälle. Muhvin kohdalle tehdään riittävän iso kolo, jotta putkeen ei kohdistu taivutusrasituksia pituussuunnassa. Myös kallion varaan perustettaessa tehdään asennusalusta.



Kuva 4.6. Alkutuennan vaikutus putken kantavuuteen.

Tasatun asennusalusta epätasaisuudeksi sallitaan enintään ± 15 mm 3 metrin matkalla. Asennusalustan suurin sallittu poikkeama on 30 mm suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä tasosta. Alkutuenta tehdään putken asennuksen yhteydessä. Alkutuenta vaikuttaa putken kantavuuteen ja pitkäaikaiseen paikoillaan pysymiseen. **Kuvassa 4.6** esitetään alkutuennan vaikutus putken kuormituskestävyyteen.

Alkutäyttö lasketaan varovasti putken päälle ja tasaisesti molemmille sivuille. Alkutäytön tiivistämiseen käytetään tähän täyttökerrospaksuuteen ja tilaan sopivaa tiivistyskalustoa

Asennusalustan tiivyyden tulee täyttää seuraavat tiiviyksvaatimukset:

- tiiviyksaste keskimäärin (Proctor) ≥ 90 % (pienin yksittäinen mittaustulos 88 %) tai
- tiiviykssuhe (kannettava pudotuspainolaite) $\leq 2,8$ (yksittäinen mittaustulos 3,0)

Asennusalusta tiiviyksvaatimus on sama kuin ympäröivän tai päälle tulevan rakennekerroksen tiiviyksvaatimus.

Asennusalustan paksuus on vähintään 150 mm, joka suositellaan tehtäväksi murskatusta kiviaineksesta tehdyn tasaisen alustan päälle. Muhvin kohdalle tehdään riittävän iso kolo, jotta putkeen ei kohdistu taivutusrasituksia pituussuunnassa. Myös kallion varaan perustettaessa tehdään asennusalusta.

Asennusalustassa käytetyn materiaalin kelpoisuus todetaan rakeisuustutkimuksella siten, että jokaisesta alkavasta 50 m³:n erästä tutkitaan yksi näyte.

Asennusalustan tiiviyksaste tutkitaan mittauksin 100 m:n välein, kuitenkin vähintään yksi mittaus/työkohde. Tiiviykssuhe tutkitaan 20 m:n välein. Asennusalustan tiiviyttä voidaan arvioida Loadman testilaitteella (Kuva 4.7).

Lisätietoja:

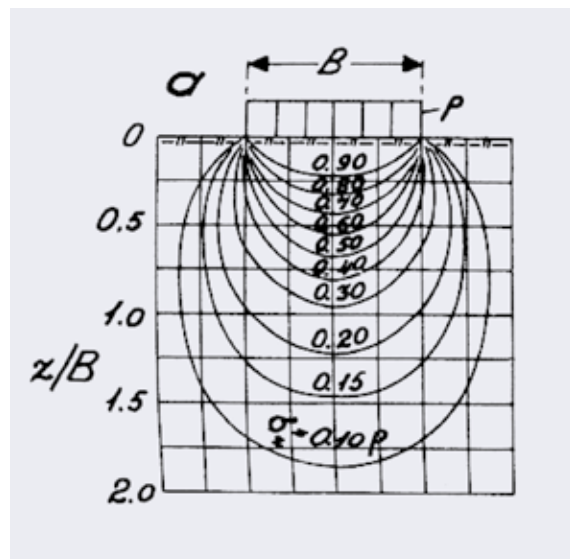
InfraRYL 2010. Osa1. 18300 Kaivantojen täytöt.

4.3.3 Betoniputkien asentaminen

Asennuksen valmistelevat toimenpiteet

Putket nostetaan kuljetusautosta putkilinjan varteen tai suoraan asennettavaksi kaivantoon auton nostimella, nosturilla tai kaivinkoneella.

Ennen asentamista tarkastetaan, että putkikaivanto ja erityisesti asennusalusta on suunnitelman mukainen. Putkia ei saa asentaa jäätyneelle alustalle. Samalla tarkistetaan, että asentaminen on turvallista eikä kaivannon seinämissä ole esim. irtokivien sortumisvaaraa.



Kuva 4.7. Kannettavan pudotuspainolaitteen (Loadman) likimääräinen paineen jakautuminen tutkittavassa pohjamaassa. Pudotettavan painon massa on 10 kg ja pudotuskorkeus 0,8 m. Käytettävän kuormituslevyn halkaisija (B) on joko 132 mm, 200 mm tai 300 mm. Tiiviyden tarkkailussa laitteen syvyysvaikutus (Z) on noin 2 x levyn halkaisija eli esim. käytettäessä halkaisijaltaan 200 mm kuormituslevyä kerrospaksuus, jonka tiiviyden laite mittaa on noin 0,4 m (Lähde: K.V. Helenelund Maarakennusmekaniikka 137).



Kuva 4.8. Putken asentaminen asennusalustalle

Viettoviemärin asentaminen aloitetaan yleensä kaivovälin tai muun johto-osan alemmasta päästä. Putket asennetaan muhvit virtaussuuntaa vastaan tasaiseen kaltevuuteen. Viemärituotteet eivät toisaalta estä asentamasta linjaa toisestakaan suunnasta.

Putket asennetaan siten, että ne koko pituudeltaan tukeutuvat tiivistettyyn asennusalustaan. Muhveja varten kaivetaan kolot alustaan siten, että putket eivät joudu kannatukselle muhveistaan. Muhvia varten tehty kolo voi olla väljä, jolloin putken päät asennuksen työntövaiheessa pysyvät puhtaina. Putkia ei saa asentaa puukapuloiden, kivien tai muun asennusvälikkeen päälle.

Asennettavien putkien liitospäät puhdistetaan ennen paikoilleen asettamista huolellisesti. Liitospäiden tulee olla ehjät ja puhtaat. Ennen asennusta putken tiivistepäässä oleva solumuovisuojus poistetaan suojuksessa olevasta teipistä vetämällä putken suun suuntaisesti. Vinosti vedettäessä teippi saattaa katketa.

Kylmissä olosuhteissa tiivistettä lämmitetään naputtelemalla sitä kumivasaralla tai vastaavalla. Nestekaasulla lämmittäminen on kielletty eikä tiivisteiden lämpötila saa nousta yli 45 °C:een.

Ennen putken asennusta putken kärkipäähän sivellään liukuainetta ja erityisesti kärjen pyörästetty etureuna sivellään huolellisesti liukuaineella. Liukuaineena käytetään valmistajan suosittelemaa tuotetta. Suurten putkien ≥ 600 mm molemmat päät (kärki ja tiivistepää) sivellään liukuaineella.

Asennustyön keskeytyessä viemärin avoin pää suljetaan vesitiiviisti. Mikäli alkutäyttöä ei suoriteta heti asentamisen jälkeen, viemäri tarvittaessa suojataan putoavilta kiviltä ja muulta vahingoittumiselta alkutäytön tekemiseen saakka.

Putkien asennus, pienet putket Ø 225...600 mm

Pienet putket Ø 225...600 mm asennetaan putkisaksilla ja vetolaitteella (kuva 4.9). Putkisaksia käytetään putken nostamiseen kaivantoon ja putken paikallaan pitämiseen varsinaisessa asennuksessa. Putkisaksilla voidaan asennusta helpottaa nostamalla putkea, jolloin vetolaitetta on kevyempi käyttää putkien liittämiseen. Putkisaksia on saatavilla putkille Ø222, Ø 300...400 sekä Ø 500...600 mm.

Putkien asennus, suuret putket Ø 800...2000 mm

Suurten putkien asennuksessa käytetään Kona-asennuslaitetta, jonka käytössä päävaiheet esitetään oheisessa kuvasarjassa (kuva 4.10).

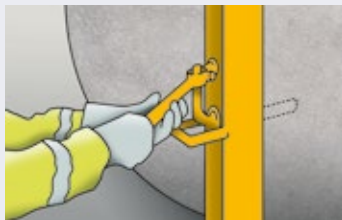


Pienten putkien nostamiseen ja asentamiseen käytetään asennussaksia.



Pienten putkien yhteen liittämiseen käytetään vetolaitetta.

Kuva 4.9. Pienten putkien asennuksen työvaiheita.



1) Asennettava putki kiinnitetään asennuslaitteen nosto-osaan.



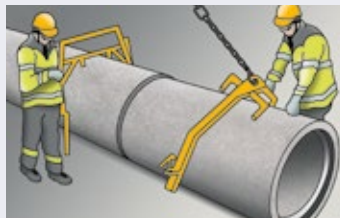
2) Laitteen vakaajat käännetään alas. Näin toimimalla nostettava putki pysyy vaaka-asennossa koko noston ajan. Kiinnitetään turvaliina.



3) Putki nostetaan kaivantoon ja suoritetaan valmistelevat toimenpiteet.



4) Putki asetetaan kaivantoon niin, että osa putken kärjestä on edellisen putken muhvin sisällä ja putki on linjan suuntainen.



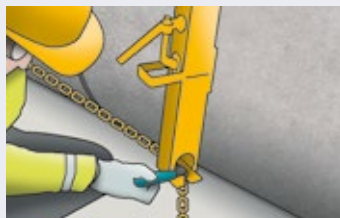
5) Vakaajat nostetaan ylös ja laite kallistetaan asennettavan putken päälle.



6) Ketjut kiinnitetään. Asennuksessa käytettävät ketjulenkit merkitään suoran vedon aikaansaamiseksi.



7) Nostolaite nostetaan pystyasentoon. Ketjut kiristyvät ja vetävät sauman kiinni. Nostamalla pysty-suoraan ylöspäin kevennetään samalla asennettavaa putkea.



8) Putken suunta tarkistetaan ja tarvittaessa korjataan muuttamalla toisen ketjun vetopituutta. Sopiva pituus merkataan ketjuun jatkonostoja varten.



9) Nostolaite irroitetaan ja vastalaitte siirretään asennettun putken päälle.

Kuva 4.10. Putkien asennuksen työvaiheet Kona-asennuslaitteella.

Kaivinkoneeseen asennettava nostolaite (RB-Lifter, RudusLifter, Rudus-asennusrauta)

Kooltaan Ø 225...1400 mm putkien asentamiseen kehitetty nostolaite asennetaan kaivinkoneeseen pikakiinnityksellä kaivinkoneen kauhan tilalle (**kuva 4.11**). Pikakiinnitys on tyypiltään pienemmässä asennuslaitteessa NTP10 ja suuremmassa NTP20. Lisäksi adapteria voidaan käyttää muiden kiinnitysjärjestelmien kanssa ja kaivinkoneessa tulee olla ns. rototilt ominaisuus, mikä helpottaa putkien asennusta huomattavasti. Putkien asennukseen suositellaan käytettävän yli 20 tonnin konetta.

Putken asennuksessa asennuslaitteen ulokeosa työnnetään putken sisälle rungossa olevaan kumisuojaan saakka. Tämän jälkeen putkea nostetaan varovasi ylöspäin, jolloin asennuslaitteessa oleva lukitusosa lukitsee putken paikalleen asennuslaitteeseen.

Kaivinkoneen ominaisuuksista riippuen asennuksessa ei välttämättä tarvita apumiestä kaivannossa.

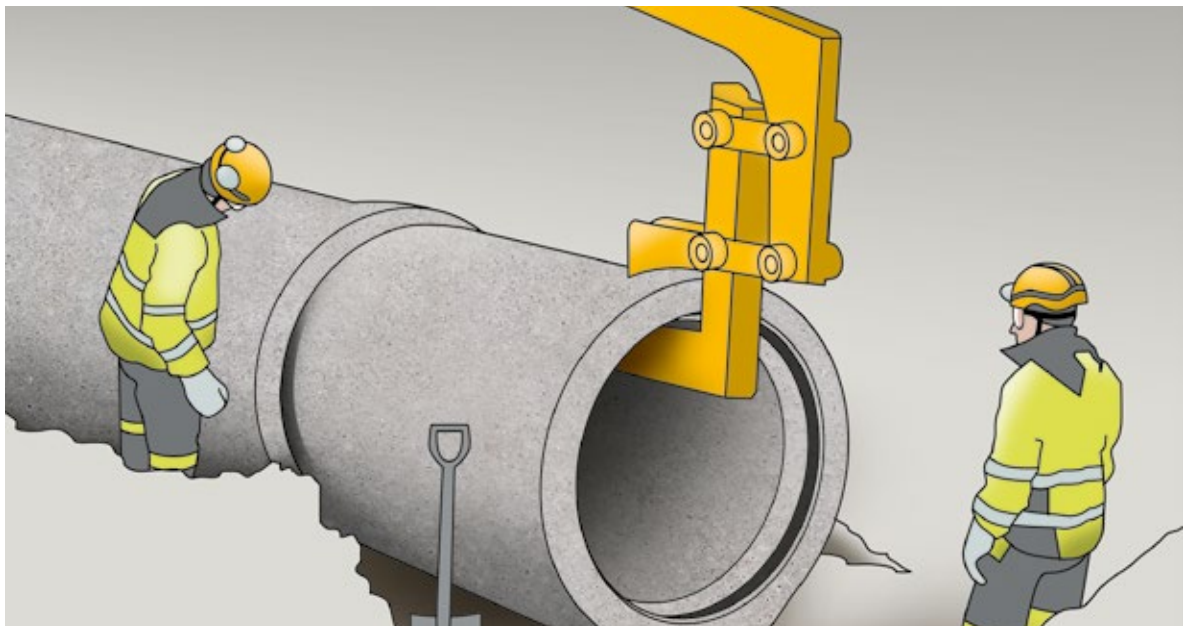
Kaivinkoneeseen kiinnitettävällä asennuslaitteella on merkittävänä etuina perinteisiin asennuslaitteisiin verrattuna

- asennuksen merkittävä nopeutuminen erityisesti suurilla putkilla
- työturvallisuuden merkittävä parantuminen

Taulukossa 4.1. Asennuslaitteiden ominaisuuksia.

	Asennuslaite isoille putkille	Asennuslaite pienille putkille
Nostettavan putken max. pituus	3000 mm	3000 mm
Asennettavan putken sisähalkaisija	300...1400 mm	225...600 mm
Maksimi nostokyky	40 kN	15 kN
Kaivinkoneen nostokyky	Vähintään 50 kN	23 kN
Laitteen paino	Noin 950 kg	Noin 630 kg ¹⁾
Kiinnitysjärjestelmä	NTP 20 ¹⁾	NTP 10 ¹⁾
Adapterit	Saatavilla useille työvälinekiinnityksille	

¹⁾Vaihtelee konekohtaisesti



Kuva 4.11. Putkien koneellista asennusta.

Viemärin kunnollisen toimivuuden ja suunnitellun käyttöiän perusteena on putkien tasainen kaltevuus.

Putkilinjan rakentamisen tulee aina lähteä siitä perusvaatimuksesta, että kulmamuutoksia putkien liitoskohdissa ei saa esiintyä välittömästi rakennustyön jälkeen. Kohdassa 5.3.2 määritellyt sallitut kulmamuutokset on käsitettävä alueeksi, jonka puitteissa viemärillä on edellytykset pysyä tiiviinä, mikäli putkilinjaan sen käyttöikänsä jostain syystä syntyy painumia tai siirtymiä.

Putken suuntaukseen käytetään laser-sädettä hyväksikäyttäviä suuntauslaitteita. Viemärlaserin avulla voidaan asennustyössä saavuttaa erittäin suuri tarkkuus. Työskentely laserin kanssa on joustavaa ja nopeata. Lasersäde näkyy pimeässä ja sumussa ja lisäksi putkilinja saadaan rakennettua suoraan myös sivusuunnassa.

Viemärlaser asennetaan kaivon keskelle kaivoon (vain poikkeustapauksessa putken päälle tai kaivon kannelle). Kun kaivoväli on rakennettu mitataan valmistuneen kaivon todellinen korkeus ja verrataan sitä suunnitelmaan. Jos korkeudessa havaitaan poikkeamia, voidaan vähäiset korjaukset tehdä seuraavilla kaivonväleillä.

4.3.4 Rumpujen asentaminen

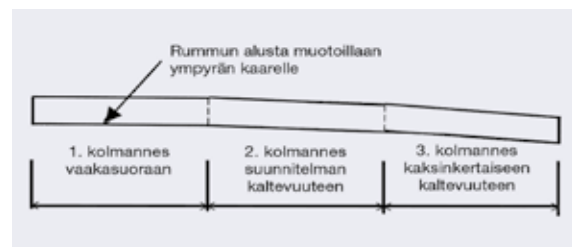
Rumpujen asennus tehdään pääosin samoin kuin putkien asennus. Putken pistopää asennetaan alavirtaan päin. Asennus aloitetaan rummun alemmasta päästä. Putket voidaan toisaalta asentaa myös alavirran suuntaan. Jalallisia EK-putkia asennettaessa asennuspuina voidaan tarvittaessa käyttää 50 x 100 mm lankkuja, jotka upotetaan valmiin asennusalustan yläpinnan tasoon.

Tie- ja ratarakenteissa päätierummun asennustason sallittu poikkeama on + 0...-50 mm ja kadun rummun ja tien sivuohjarummun asennustason sallittu poikkeama on + 30...-50 mm asiakirjojen mukaisesta tasosta.

Rumpuputken sijainnin sallittu poikkeama tien leveys suunnassa on $\pm 0,5$ m. Katu- ja ratarakenteissa sallitaan $\pm 0,1$ m:n poikkeama suunnitelma-asiakirjoista, jos se ei haittaa rummun toimivuutta.

Rumpuputken asennusalustan tasaisuusvaatimus on vakiokaltevuusosuuksilla ± 15 mm 3 metrin matkalla. Perustuksen taso ja tasaisuus varmistetaan ennen putken asennusta. Rummun pituuskaltevuus on vähintään 1 % ja poikkeustapauksessa 0,5 %.

Rumpu rakennetaan suoraksi. Sallittu keskilinjän poikkeama on ± 15 mm 3 metrin matkalla. Rummun päiden välinen korkeusero saa poiketa enintään ± 20 mm suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä korkeuserosta. Pääteiden/-katujen rummun keskikohdan ennakoitu painuma otetaan huomioon pehmeiköllä painumaennusteisiin perustuvan suunnitelman mukaan. Jos painumaennusteita ei ole rummun asennuskaltevuudet määräytyvät seuraavan **kuvan 4.12** mukaan.



Kuva 4.12. Rummun asennuskaltevuudet.

Rumpujen ympärystäyttö tehdään tie- ja katualueilla jakavaan kerrokseen kelpaavalla kiviaineksella. Rummun päällä täytön vähimmäispaksuus on 0,3 m. Täyttö tiivistetään kerroksittain. Täytön tiiviiden tulee täyttää seuraavat tiiviysvaatimukset:

- tiiviyssaste (Proctor) $\geq 95 \%$ tai
- tiiviyssuhde (kannettava pudotuspainolaite) $\geq 2,5$

Lisätietoja:

InfraRYL 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1. Väylät ja alueet. (14340 Rummut, 16220 Rumpukaivannot, 14221 Putkijohtorakenteiden ja rumpujen lämmöneristykset) RIL 261-2013. Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet.

4.3.5 Betonikaivojen asentaminen

Asennustekniikka ja -välineet

Kaivon rakenne ja varusteet riippuvat käyttötarkoituksesta. Yhteistä kaikille viemärikaivoille on tiiviysvaatimus.

Betonisia kaivoja on seuraavia vaihtoehtoja:

- valuliitoskaivo, jonka kokoonpanoon kuuluu pohjaelementti, kaivonrenkaat, kartio-osa tai kansi ja valurautakansi. Pohjaelementtiin on tehtaalla tehty tarvittavat liitokset putkille sekä virtauskourut erillisenä valuna.
- elementtikaivo, jonka korkeus voi olla suurimmillaan 2,0 metriä. Elementtiin on tehtaalla tehty kaivoelementin valmistuksen yhteydessä tarvittavat liittymät sekä virtauskourut. Kaivoelementtiin asennetaan kartio-osa tai kansi sekä valurautakansi. Kaivoelementissä on valmiina tarvittavat nostoelimet asennusta varten.

Kaivon pohja asennetaan pohjaelementeistä tai pohjarenkaista samalla tavoin perustaen kuin viemärijohtokin. Pohja tasataan noin 10 cm viemärin tulokorkeutta alemmaksi. Pohjaelementin liittäminen tuloputkeen tehdään yleensä nostotarraimien (**Kuva 4.13**) ja nostokoneen avulla asennusryhmän avustamana eikä periaatteessa eroa suuren viemäriputken asentamisesta. Suurilla kaivonrenkailla asennuksessa käytetään nostopuomia (**Kuva 4.14**) ja nosturia tai kaivoelementtiin on tehtaalla asennettu kiinnikkeet nostoelimiä varten (**Kuva 4.15**).

Esivalmisteiden kaivojen käytöstä on ratkaisevia etuja muihin vaihtoehtoihin verrattuna: asennustyö nopeutuu, valutöitä ei tarvitse tehdä työmaalla, tiiviyys varmistuu ja kaivannon kuivana pitoaika lyhenee. Kaivon pohjan tekeminen työmaalla on poikkeustapaus.

Kaivon asentaminen pohjaelementin jälkeen tapahtuu suorilla kaivonrenkailla ja välirenkailla, joilla säädetään korkeutta. Kaivo supistetaan valurautakannen kokoon kartiorengasta tai betonikantta käyttäen. Kannen korkoa säädetään korotusrenkailla.

Rakennustyön aikana tulee estää kaivojen haitallinen jäätyminen ja pakkasen tunkeutuminen kaivon kautta verkostoon ja sitä kautta alkutäyttöön.

Kaivojen kansistot

Kansina käytetään liikennöitävillä alueilla ns. kelluvaa kansistoa. Siinä kehyksen reuna tukeutuu maahan tai päällysteeseen. Kehyksen alareuna asennetaan betonikaivossa ylimmän korotusrankaan sisään.

Normaalisti käytetään kansistoa, jonka kehys on pyöreä. Betonikivillä, betonilaatoilla tai luonnonkivillä päällystetyillä alueilla käytetään myös suoraikulmaisia kansirakennelmia. Myös näissä kannen tulee olla pyöreä, jolloin estetään kannen putoaminen aukon läpi.

Päällystettävillä alueilla kehyksen ulkoreunan tulee olla viisto. Hulevesikaivoissa käytetään normaalisti suoria ritiläkansia ja viheralueilla kupolimaisia ritiläkansia.

Tarkastuskaivojen kannet asennetaan asfaltti-, betoni-, betonikivi- ja luonnonkivipinnoilla 0 - 5 mm päällysteen pintaa alemmaksi. Sora- ja murskepäällysteisillä ajoneuvoliikenteen alueilla kannet asennetaan 30 - 50 mm päällysteen pintaa alemmaksi ja peitetään. Muilla rakennettavilla alueilla kannet asennetaan valmiin pinnan korkeuteen. Peltoalueilla kannet asennetaan 0,3 m maan pinnan yläpuolelle ja puistoissa sekä metsäalueilla 0,1 m maan pinnan yläpuolelle.

Hulevesikaivojen kannet asennetaan 5 - 10 mm päällysteen pintaa alemmaksi.

Putkien liittäminen kaivoon

Kaivon ja putkilinjan välisen liitoksen tulee olla joustava, koska putken ja kaivon välillä voi olla painumaeroja.

Putkilinjan liittyminen (lähtö/tulot) elementtikäivöön tapahtuu lyhyellä kärkekkäpaleella. Käivöön ja putkilinjaan tulevat liitokset sallivat erilaisesta tiivistymisestä ja kuormituksista aiheutuvat painumatai siirtymäerojen aiheuttamat kulmamutokset tiiviiden kärsimättä.

Putken ja kaivon liitososien välinen kulma saa olla enintään kyseiselle putkityypille sallittu (ks. **taulukko 5.9**).



Kuva 4.13. Nostotarraimia on saatavilla kooltaan Ø 600....2000 mm kaivonrenkaiden asentamiseen.



Kuva 4.14. Kuva 4.14. Nostopuomilla asennetaan suuria kooltaan Ø 1200, 1600 ja 2000 mm kaivonrenkaita.



Kuva 4.15. Valun yhteydessä asennettuja kiinteitä nostoelimiä käytetään kooltaan Ø 600....1500 mm monoliittisten kaivoelementtien asentamiseen.

Pienille putkille läpivienti voidaan tehdä timanttiporaamalla joko tehtaalla tai työmaalla. Poraliitokseen kuuluvalla tiivisteellä liitoksesta tulee täysin tiivis ja sallii suuriakin kulmamuuutoksia. Haarajoh-tojen liittäminen poraliitoksella runkolinjaan suoraan betoniputken kylkeen on myös mahdollista.

Kaivon routasuojaus

Kaivon ympärillä oleva maa tarttuu jäätyessään kiinni kaivon seinämään ja jos ympärystäyttö on routivaa, nousevat kaivon ylimmät renkaat roudan nostamana ylös. Routa voi siirtää kaivoa myös sivusuunnassa.

Kaivojen routanousu voidaan estää asentamalla betonikaivojen ulkopintaa vasten kaksinkertainen 0,2 mm paksuinen pakkasenkestävästä materiaalista tehty muovikalvo. Kaksinkertaisen muovikelmun tehtävänä on toimia laakerina kaivon ja routivan maan välissä. Muovikelmun asentamisen lisäksi tulee käyttää routimatonta ympärystäyttöä. Vaikka routanousu jonkin verran avaisikin saumaa, estää muovikelmu maiden valumisen kaivoon sekä sauman täyttymisen.

Sepelillä (raekoko 8 - 16 mm tai 16 - 32 mm) saadaan kaivon ympärille jään ja sepelin massa, joka murtuu herkästi eivätkä kaivonrenkaat liiku roudan mukana.

Jos kaivoa ympäröivä maa on hienojakoista savea, hiesua tai silttiä, asennetaan sepelitäytön ja perusmaan rajakohtaan muovikalvo tai suodatinkangas. Tällä estetään hienojakoisen maan tunkeutuminen sepelin tyhjätilaan.

Liikennealueella, jossa ei ole routivia rakennekerroksia, tehdään siirtymärakenne routivan perusmaan ja routimattoman kaivon ympärystäytön rajakohtaan.

Lisätietoja

RIL 261-2013. Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet.

4.3.6 Putkikaivannon täyttö

Putkilinjan täyttökerrokset esitetään **kuvassa 4.16**.

Peitesyvyydet

Putkiluokan mukaan putkien enimmäis- ja vähimmäispeitesyvyydet ovat kohdan 4.3.1 mukaiset. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että betoniputkella alkutäytön vähimmäispaksuus on 300 mm putken laesta mitattuna.

Maksimi- ja minimipeitesyvyys tulee ottaa huomioon suunnitteluratkaisuja tehtäessä. Työmaaolosuhteissa vähimmäispeitesyvyyksien alituksista voi olla seurauksena rakennetussa verkostossa putkivaurioita ja siirtymiä. Lisäksi putkiluokan valinta on useimmiten tehty lopputilanteen mukaisena, mutta työmaaajärjestelyt saattavat edellyttää lujempaa putkea ja suurempaa peitesyvyyttä.

Alkutäyttö

Alkutäytön teossa tulee erityisesti varmistaa, että asennetut putket säilyvät täytön levittämisen ja tiivistystyön aikana paikoillaan. Täyttömateriaali ei saa sisältää aineita, jotka voivat vahingoittaa putkia tai liitosmateriaaleja. Jäätynyttä materiaalia ei saa käyttää. Talviaikana täytteenä voidaan käyttää kuivaa kiviainesta, josta alle 6 mm:n rakeet on poistettu.

Liikennöitävällä alueella alkutäyttö tehdään hyvin tiivistävästä maa-aineksesta, jonka suurin rae-koko on 63 mm, kun putkikoko on ≤ 300 mm. Tätä suuremmilla betoniputkilla suurin sallittu rae-koko on 100 mm. Täyttömateriaalin tulee olla routimatonta.

Alkutäytön tiiviynen tulee täyttää seuraavat tiiviysvaatimukset:

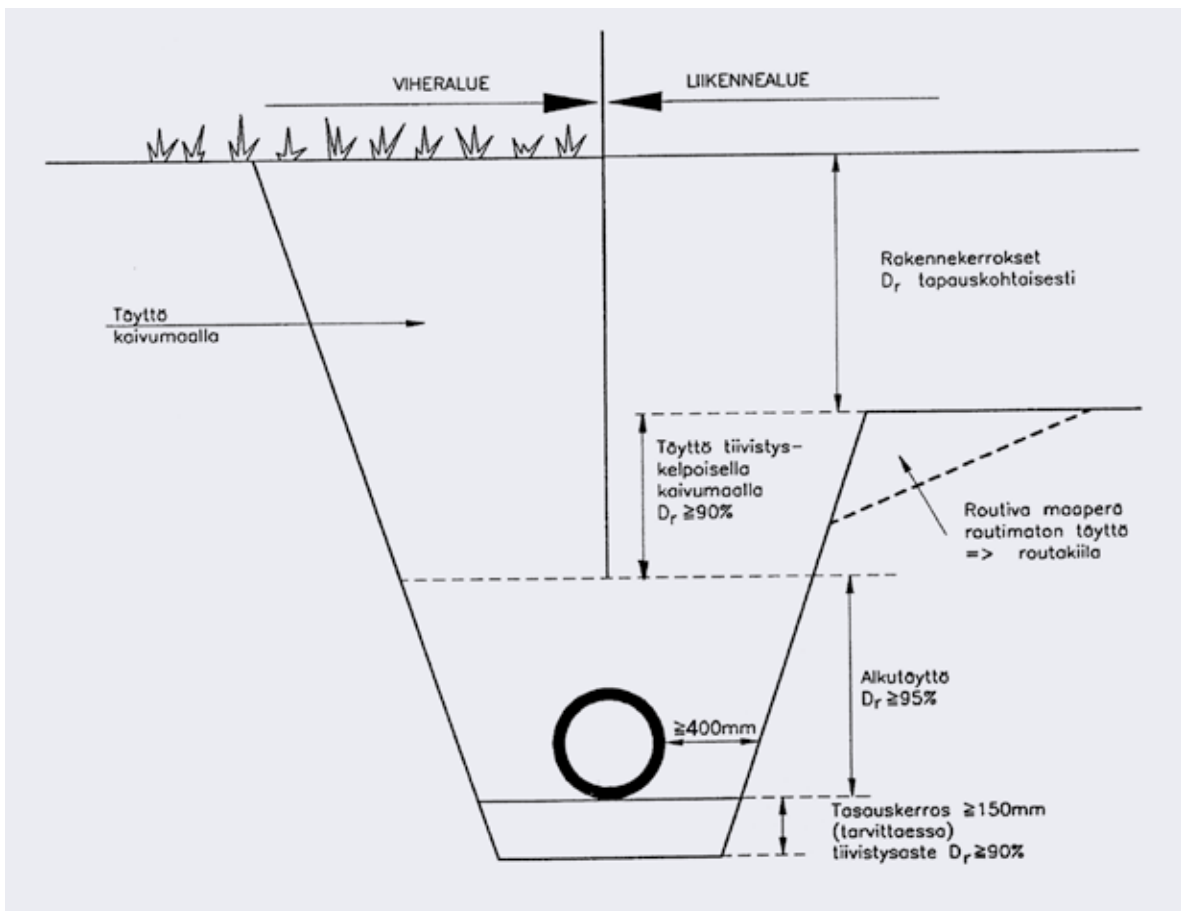
- tiiviyssaste (Proctor) ≥ 95 % tai
- tiiviyssuhde (kannettava pudotuspainolaite) $\leq 2,5$

Alkutäytön materiaalin kelpoisuus todetaan rakeisuustutkimuksilla siten, että jokaisesta alkavasta 200 m³:n erästä tutkitaan yksi näyte.

Alkutäytön tiiviyssaste todetaan mittauksin 50 m:n välein, kuitenkin vähintään yksi mittaus/työ-kohta. Tiiviyssuhde todetaan mittauksin 20 m:n välein.

Liikennöitävän alueen ulkopuolella voidaan betoniputkien alkutäyttö tehdä tiivistämättömänä, mikäli suunnitelmissa on siten esitetty. Alkutäyttömateriaaliksi soveltuvat liikennöitävän alueen ulkopuolella hiekka, sora, murske, savi, siltti ja moreeni, joiden raekoko ei ole yli 100 mm ja täyttötöä tehdään aiheuttamatta putkelle haitallisia mekaanisia rasituksia.

Täytekerroksen tulee olla putken molemmilla puolilla täytön eri vaiheissa likimain samalla korkeu-della. Alkutäyttö ulotetaan 300 mm ylimmän putken laen yläpuolelle ennen kuin putken kohdalla voidaan tiivistää koneellisesti.



Kuva 4.16. Putkilinjan täyttökerrokset.

Betonisissa tierummuissa rumpujen rakennetyypeissä C1, C2, ja C5 alkutäyttönä käytetään helposti tiivistyvää jakavan kerrokseen kelpaavaa kiviaineista, jonka suurin sallittu raekoko on 150 mm. Rumputyypeissä C3 ja C4 käytetään pohjamaata, josta on poistettu yli 300 mm kivet. Vaihtoehtoisesti rumpujen rakennetyypeissä C2, C3 ja C4 voidaan käyttää routivuudeltaan pohjamaata vastaavaa helposti tiivistettävää materiaalia, jonka suurin sallittu raekoko on 150 mm. (Rumpujen rakennetyypit: ks. InfraRYL 2010. Osa1: kohta 143040 Rummut)

Lopputäyttö

Täyttömateriaali ei saa sisältää aineita, jotka voivat vahingoittaa putkia tai liitosmateriaalia.

Lopputäyttö liikennealueella tehdään tiivistämiskelpoisella kivennäismaalla. Mikäli kaivannoista saatu maa-aines on hyvin tiivistyvää, käytetään sitä. Mikäli täyttömateriaali tuodaan muualta, sen tulee routimisominaisuuksiltaan vastata kaivannosta poistettua materiaalia. Suurin sallittu kivien tai lohcareiden läpimitta on 2/3-osa kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta, kuitenkin enintään 400 mm. Jos lopputäyttö on niin ohut, että louhetta ei voida käyttää, täyttö tehdään kadun jakavan kerroksen kiviaineksilla.

Liikennealueen ulkopuolella lopputäyttöön käytetään yleensä kaivumaita. Lopputäyttömateriaalin suurin sallittu raekoko on sama kuin liikennöitävällä alueella.

Liikennöitävällä alueella kivennäismaalla tehdyn lopputäytön tiiveyden tulee täyttää seuraavat tiiviysvaatimukset:

- tiiviyssaste (Proctor) $\geq 90 \%$ tai
- tiiviyssuhde (kannettava pudotuspainolaite) $\leq 2,8$

Lopputäytön tiiviyssaste todetaan mittauksin 50 m:n välein, kuitenkin yksi mittaus/ työ- kohde. Tiiviyssuhde todetaan mittauksin 20 m:n välein.

Liikennöitävällä alueella lopputäyttö ulotetaan liikennealueen rakennekerrosten alapintaan.

Louheesta tehdyn lopputäytön yläpinta kiilataan ja tiivistetään kuten louhepenkereen pinta. Mikäli yläpuolisen liikennealueen päällysrakenne on ns. louherakenne, lopputäyttö ja päällysrakenne tehdään kuten louhepengeri.

Tuetun kaivannon lopputäyttö tehdään tukirakenteiden poistamisen edetessä siten, ettei kaivanto pääse sortumaan, tiivistetty kanavatäyttö löyhtymään tai putket siirtymään. Ponttien nosto tulee tehdä täyttötöön mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta ponttien aiheuttama tyhjä tila kaivannossa jää mahdollisimman vähäiseksi. Alkutäyttömateriaalin valuminen pontin onteloon tulee estää.

Kaivojen ympärystäyttö

Kaivojen sivuilla vähintään 0,4 metrin etäisyydellä ulkopinnasta lopputäyttö tehdään routimatottomalla materiaalilla. Imeytyskaivon ympärillä täyttö tehdään hyvin vettä läpäisevästä materiaalista (esim. sepelistä # 8 - 32 mm). Tarvittaessa kaivannon seinämää vasten asennetaan kaksinkertainen muovi.

Tiivistäminen

Kaivannon täyttöjen tiivistämiseen käytettävän kaluston tulee tiivistysominaisuuksiltaan olla täytkerroksen paksuuteen kulloinkin sopiva. **Taulukossa 4.2** on koottuna ohjeita viemärikaivannon maarakenteiden tiivistämiseen sopivan tiivistyskaluston valintaan.

Taulukko 4.2. Ohjeita tiivistyskaluston valintaan.

Rakenneosa	Tiiviyysvaatimus	Tiivistyskone
<i>Kiviainesarina</i>	Tiiviyysaste vähintään 90 % Tiiviyssuhde enintään 2,8	Tärylevy 200 - 400 kg
<i>Kalliokaivannon pohja</i>	Tiiviyysaste vähintään 90 % Tiiviyssuhde enintään 2,8	Tärylevy 400 kg
<i>Asennusalusta</i>	Tiiviyysaste vähintään 90 % Tiiviyssuhde enintään 2,8	Tärylevy 100 - 200 kg
<i>Alkutäyttö</i>	Tiiviyysaste vähintään 95 % Tiiviyssuhde enintään 2,5	Tärylevy 100 - 200 kg

Viimeistely

Työalue siistitään ja kunnostetaan suunnitelman mukaisesti tai, mikäli suunnitelmassa ei ole muuta todettu, entistä vastaavaan kuntoon. Alue siivotaan, tilapäiset rakenteet ja suojaukset poistetaan. Tilapäisesti siirretyt kasvit palautetaan, poistettu ruokamulta levitetään kaivannon päälle sekä kylvetään nurmikko entisen tilalle ellei suunnitelmissa ole muuta osoitettu.

4.4 Laadunvarmistus ja dokumentointi

4.4.1 Verkostolle asetettavat vaatimukset

Betoniset viemäriverkostot tehdään suunnitelmien mukaisesti käyttäen uusia, laadultaan hyviä ja jatkuvan laadunvalvonnan (CE-merkintä, FI -tarkastusleima) piirissä olevilta valmistajilta hankittuja putkia, putkien ja kaivojen osia sekä liitostarvikkeita.

Kaikissa putkissa ja renkaissa tulee olla niitä koskevan standardin mukaiset merkinnät.

Sijaintivaatimukset

Valmiissa jätevesiviemäriässä sallitaan seuraavat poikkeamat, mikäli ne eivät haittaa rakenteen toimivuutta tai johtohaarojen rakentamista:

- vietto- ja paineviemäriin sijainti vaakatasossa ± 100 mm
- paineviemäriin korkeusasema ± 100 mm
- viettoviemäriin sivupoikkeama suorasta linjasta on mittausmatkan kolmassadasosa (1/300)

Viettoviemäreissä sallitaan **taulukon 4.3** mukaiset poikkeamat suunnitellusta korkeusasemasta ja kaltevuudesta edellyttäen, että viemäriin ei jää vesipainanteita, kaivoon tulevan putken vesijuoksu ei ole lähtevän putken vesijuoksua alempana ja johdon pituuskaltevuus peräkkäisten kaivojen välillä on > 0 . Kaltevuus tai korkeus eivät kumpikaan saa poiketa sallittua arvoa enempää.

Taulukko 4.3. Viettoviemärin sallitut kaltevuus- ja korkeuspoikkeamat.

Suunnitelman mukainen kaltevuus ‰	Kaltevuuspoikkeama kaivovälillä enintään ‰	Korkeuspoikkeama enintään (mm)
> 5	1,5	50
3 - 5	1,0	30
< 3	1,0	20

Viettoviemärin tiiviysvaatimukset

Viemäreiden päät, jotka jäävät maan sisään tai jäävät toistaiseksi pois käytöstä tulpataan vesi-tiiviiksi.

Viettoviemärin ilmanpaineella tehdyn tiiviyskokeen tulos on hyväksyttävä, mikäli paineen alenemiseen kokeen aloituspainesta (10 kPa) lopetuspaineseen (7 kPa) kuluva aika sekunteina on vähintään putken nimellismitta (DN) millimetreinä. Esim. putkelle DN 300 vaadittu vähimmäisaika on 300 s (5 min).

Mikäli viemäri sijaitsee pohjaveden pinnan alapuolella, on kokeen aloituspaineen ja lopetus-paineen arvoa korotettava vedenpaineen vaikutuksen kumoamiseksi. Jos pohjaveden pinta on n metriä putkikeskiön yläpuolella, on kokeen aloituspaineen ja lopetuspaineen lisäys $n \times 10$ kPa. Koepaine ei saa kuitenkaan ylittää arvoa 30 kPa.

Paineviemärin tiiviysvaatimukset

Paineviemärin vedellä tehdyn tiiviyskokeen tulos on hyväksyttävä, kun paine vakiintuu 30 minuutin aikana enintään 20 kPa kokeen aloituspaineen alapuolelle.

Mikäli paineen alenema on suurempi ja jatkuu koko tarkkailujakson (30 min) ajan, nostetaan paine koepainearvoon pumppaamalla lisävettä putkeen. Tarvittavan lisävesimäärän (Q) tulee olla pienempi kuin **kaavasta (4.1)** saatava arvo

$$Q [l/km] = (0,01 \times d) - 0,5 \quad (4.1)$$

jossa d on putken sisähalkaisija millimetreinä.

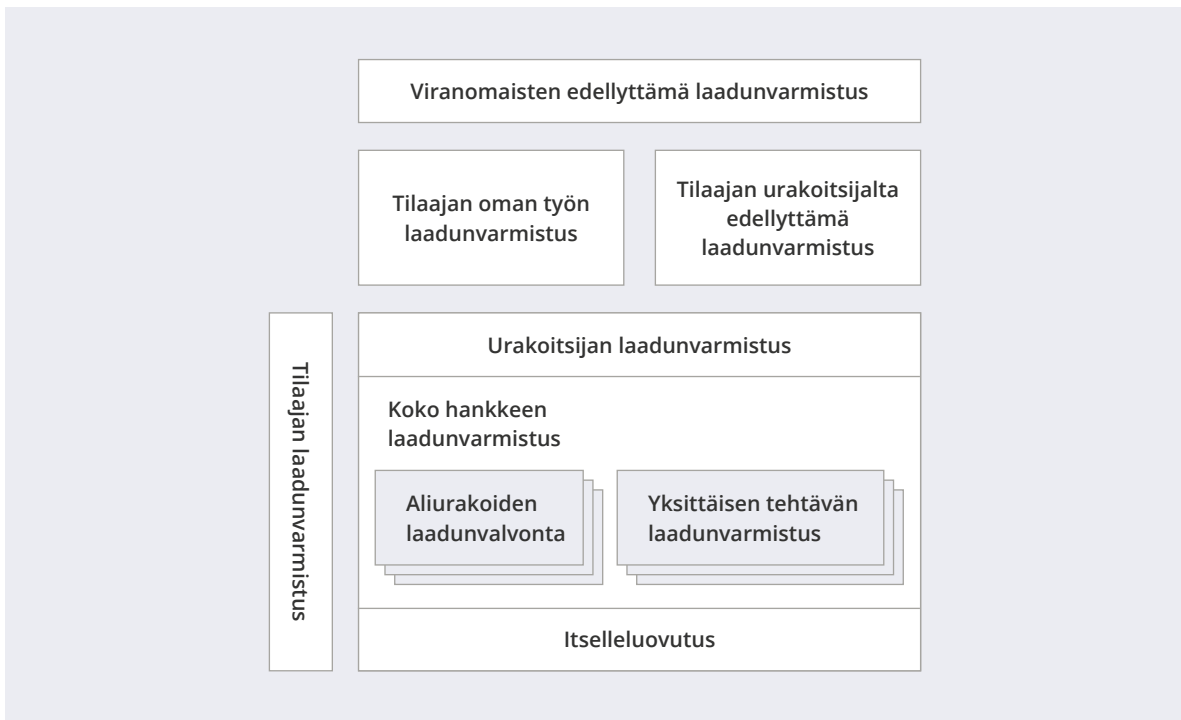
Putkilinjan videokuvaus

Putkilinjan tarkastetaan videokuvauksella. Ennen kuvausta linja huuhdellaan tarvittaessa.

4.4.2. Laadunvarmistus

Laadunvarmistus sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saavuttamiseksi siitä, että lopputulos täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistukseen liittyy myös laaduntarkastus, joka on laadun mittaamista ja vertaamista asetettuihin tai sovituihin vaatimuksiin. Laadunvalvonta on yhteisnimitys erilaisille laaduntarkastustoimenpiteille. Laadun varmistaminen ei kuitenkaan voi nojata ainoastaan tarkastamisen varaan, vaan varmistaminen edellyttää myös laatuvaatimusten selvittämistä ja niiden kertomista työntekijöille sekä osapuolten yhteistoiminnan kehittämistä.

Laadunvarmistuksen tavoitteena on myös varmistaa, että hankkeen laatuvaatimukset ja muu informaatio kulkevat moitteettomasti ja systemaattisesti niin rakennuttajan, suunnittelijoiden kuin urakoitsijoiden välillä. Laadunvarmistuksen tavoitteisiin kuuluu myös, että epätasällistä, väärin ymmärretyistä tai puuttuvista tiedoista johtuvat ongelmat ja virheet saadaan poistettua. Kun laadunvarmistus toimii oikein, osapuolten vastuut ja velvollisuudet ovat selvät sekä tehdyt päätökset arkistoituvat systemaattisesti palvelemaan korjaavaa toimintaa. **Kuvassa 4.17** esitetään rakennustyömaan laadunhallinnan osatekijät.



Kuva 4.17. Rakennustyömaan laadunhallinnan osatekijät.

Urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteet jakaantuvat koko työmaata koskeviin sekä yksittäistä tehtävää koskeviin laadunvarmistustoimenpiteisiin. Laadunvarmistustoimenpiteet esitetään laatusuunnitelmassa. Laadunvalvonnan keinot ovat erilaisia mittauksia, tarkastuksia ja katselmuksia. Laadunvalvontaan kuuluu myös laatutodistusten tarkastus ja arkistointi. Rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa esitetään mm. seuraavaa:

- Urakoitsijan on tehtävä itselle luovutus ennen rakennuttajalle tapahtuvaa luovutusta
- Havaituista vakavista laatuvirheistä ja niiden korjaamiseksi tehdyistä toimenpiteistä on kerrottava tilaajalle
- Rakennustarvikkeet ja rakennusosat on tarkastettava ennen kiinnitystä ja epäkelvot tarvikkeet tai rakennusosat on poistettava välittömästi työmaalta
- Järjestelmien ja laitteistojen toiminnallinen tarkastus tehdään käyttökokein
- Sopimusasiakirjoissa mainitut laatuksokkeet kustantaa urakoitsija ja ylimääräisten kokeiden kustannusvastuu on rakennuttajalle, jos työ vastaa vaatimuksia.

Taulukossa 4.4 esitetään urakoitsijan laadunvarmistuksen keinot.

Taulukko 4.4. *Urakoitsijan laadunvarmistuksen keinot.*

Työmaa	Yksittäinen tehtävä
Laatusuunnitelma, jonka osana • laadunvarmistussuunnitelma • laadunvarmistusmenettelyt	Tehtäväsuunnitelma, jonka osana • potentiaalisten ongelmien analyysi • laatuvaatimusten auki kirjoittaminen
Työmaan laaduntuotokyvyn mittaus	Pääurakoitsijan oma laaduntarkastus • ensimmäisen työkohteen tarkastus • piiloon jäävien työsuoritusten tarkastus • materiaalien tarkastus
Itselle luovutus	

Laatusuunnitelman tehtävä on toimia yksittäisen rakennushankkeen laatujohtamisen käytännön työvälineenä. Laatusuunnitelmassa otetaan huomioon hankkeen erityispiirteet, jotta hankkeen vaatimukset voidaan toteuttaa tehokkaasti. Laatusuunnitelman tavoitteena on varmistaa hankkeelle asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten täyttyminen yhdessä laaturjestelmän muiden osien kanssa sekä osoittaa urakoitsijan kyky suoriutua sovitusta asioista. Tärkeää hankkeen läpi viemiseksi on kartoittaa ja arvioida riskit, jotka voivat vaarantaa lopputuloksen, tuottaa huomattavia vaikeuksia hankkeelle tai aiheuttaa merkittäviä kustannuksia. Laatusuunnitelman laajuuteen ja yksityiskohtaisuuteen vaikuttaa urakan laajuus. Laatusuunnitelmassa on vähintään määriteltävä vastuuhenkilöt ja vastuunjako eri urakoitsijoiden välillä. Vastuullisten henkilöiden tulee olla mukana suunnittelemassa laadun varmistukseen liittyviä toimenpiteitä.

Laadunvarmistuksen lähtökohtana on, että laatuvaatimukset on esitetty asiakirjoissa. Vaatimusten on oltava yksiselitteiset ja mitattavissa. Laatuvaatimusten tulee olla myös kohtuudella saavutettavissa. Laadun hyväksymiselle voidaan asettaa eri tyyppisiä ehtoja. Niissä voidaan noudattaa seuraavia periaatteita:

- jos tuote täyttää vaatimukset ja tarkastusten tulokset jäävät sallittujen poikkeamien väliin, tuote hyväksytään
- jos tuotteen tarkastuksen tulos ei ole hyväksyttävä
 - kohtuullisesti korjattavat tuotteet korjataan
 - jos poikkeama ei alenna tuotteen laatua, tuote voidaan hyväksyä
 - jos tuotetta ei voida käyttää, se hylätään
 - jos tuotetta voidaan käyttää, voidaan tuote hyväksyä käyttörajoituksin ja/tai arvonalennuksin

Silmämääräinen valvonta

Silmämääräinen valvonta on normaalia havaintojen tekoa työmaalla. Havaintojen tulee kohdistua lopputuotteen laadun kannalta keskeisiin asioihin sekä työn turvalliseen ja hyvän rakentamistavan mukaiseen toteuttamiseen. Silmämääräisiä havaintoja voidaan tarkistaa mittauksin ja laadunvalvontakokein.

Menetelmävalvonta

Menetelmävalvonta kohdistuu työn eri työvaiheiden valvontaan. Menetelmävalvonnassa työvaiheista tarkastellaan mm. käytettyjen resurssien sopivuutta työhön, materiaaleja, työmenetelmiä, työturvallisuuden toteutumista. Havaintoja voidaan vahvistaa mittauksin ja laadunvalvontakokein.

Taulukossa 4.5 esitetään eri valvontamenetelmien periaatteellinen kohdistuminen kunnallisteknisissä töissä.

Taulukko 4.5. Valvontamenetelmät ja niiden kohdistuminen kunnallistekniikassa.

VALVONNAN KOHDISTUMINEN	Silmämääräinen tarkastus	Menetelmävalvonta	Mittaukset • kerrosten tiiviys	• kantavuus	• putkien tiiviys	• korkeusasema	• tasaisuus	• kaltevuus	• materiaalimenekki	Maa-ainesten koostumus	Asfalttipäällystenäyitteiden tutkiminen
Materiaalit	×									×	
• kaivumassat	×									×	
• täyttö- ja kerros- rakennemateriaalit	×									×	
• putket	×									×	
• päällysteet	×										
• muut	×								×		×
Putkien asennus	×	×									
Täyttöjen tiivistäminen	×	×	×	×	×		×		×		
Rakennekerrosten tekeminen	×	×	×	×							
Päällystystyöt	×	×				×	×	×	×		
Vihertyöt	×	×				×	×				
Erikoistyöt	×	×									
	Urakoitsijan laadunvalvonta										
	Valvojan työn aikainen valvonta										

Asennustyön valvonta

Asennustyön valvonta yhtenä työvaiheena on vesihuoltotöiden lopputuloksen kannalta keskeisiä työvaiheita, jossa tulee kiinnittää huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin:

- asennusalustan taso, tiiviys ja materiaali
- betonituotteiden varastointi
- betonituotteiden laatu, suunnitelman mukaisuus
- mittalaitteet
- asennusvälineet, käyttö
- työnjohdon ja asentajien ammattitaito
- kaivannon mitat
- työturvallisuus

4.4.3 Työn hyväksyminen ja vastaanotto

Materiaalivaatimusten toteaminen

Tuotteiden laadunvalvontavastuu on tuotteen valmistajalla. Valmistajan tulee tilaajan niin halutessa esittää todistus materiaalien kelpoisuudesta.

Sijainnin toteaminen

Viemärin sijainti todetaan työn aikana tehtävien tarkemittausten avulla. Mittaustiedot tallennetaan x, y, z-tietoina sovittavassa tiedostomuodossa.

Rakenteita ei saa peittää ennen kuin mittaukset tarkepiirustusten tai johtokarttojen laatimista varten on tehty.

Viettoviemärin tiiviyyden toteaminen

Viettoviemäreille (DN < 1200) tehdään tiiviyskoe ilmanpaineella. Kokeesta laaditaan pöytäkirja. Viemärit DN ≥ 1200 tarkastetaan silmämääräisesti.

Tiiviyskoe tehdään lopputäytön tekemisen jälkeen. Tuetuissa kaivannoissa alustava tiiviyskoe voidaan tehdä jo ennen lopputäyttöä.

Viemärin tiiviyskoe tehdään kaivoväleittäin tai erikseen sovittaessa sitä lyhyempinä osina. Ennen koetta viemärin tulee olla puhdas. Koestettava viemäriosuus suljetaan sulkutulpilla.

Koestettavan johto-osan ilmanpaine nostetaan 11 kPa:n koeylipaineeseen. Paineen annetaan laskea kokeen aloituspaineeseen 10 kPa ja edelleen lopetuspaineeseen 7 kPa:han. Paineen alenemiseen 10 kPa:sta 7 kPa:han kulunut aika mitataan sekunteina.

Mikäli tulos ei ole hyväksyttävä, voidaan koe uusia yhden kerran. Ellei uusintakokeessakaan saavuteta hyväksyttävää tulosta, on vuotokohta paikannettava ja korjattava.

Tiiviyskoe vedellä tehdään erikseen sovittavissa tapauksissa.

Paineviemärin tiiviyn toteaminen

Kaikille paineviemäreille tehdään tiiviyskoe vesipaineella. Kokeesta laaditaan pöytäkirja.

Tiiviyskoe suoritetaan lopputäytön tekemisen jälkeen sopivina johto-osina, joiden tulisi olla ≤ 500 metriä.

Ennen koetta paineviemäri

- puhdistetaan vedestä, maasta ja muista aineksista
- varmistetaan, että kulmat, haarat, vapaaksi jäävät putken päät jne. on tuettu suunnitelman mukaisesti
- johto-osuus pidetään vedellä täytettynä paineviemärin suunnitellussa käyttöpaineessa vähintään 1 vrk ajan
- varmistetaan, että putkeen ei jää ilmaa.

Painekokeen aikana kaivannossa ei saa työskennellä.

Painekokeen alussa johto-osuuden vedenpaine nostetaan koeylipaineeseen 10 kPa varsinaista aloituskoepainetta suuremmaksi ja pidetään tällä tasolla riittävän kauan putken mahdollisten muodonmuutosten aikaansaamiseksi ennen varsinaisen kokeen alkua. Paineen annetaan tämän jälkeen laskea valittuun koepainearvoon, jolloin aloitetaan varsinainen paineen aleneman tarkkailu. Paineviemärin aloituskoepainearvon suuruus on 1,3 x ko. paineviemärilinjan nimellispaine. Paineen alenemaa seurataan 30 min ajan. Paineenmuutoksesta pidetään pöytäkirjaa tänä aikana. Jos vuotovesien määrä ylittää sallitun, painekoe voidaan uusia yhden kerran.

Ennen uusintakoetta on johto-osuudelle tehtävä huolellinen ilmanpoisto. Mikäli uusintakokeen tulos ei ole hyväksyttävä, on kokeen epäonnistumisen syy selvitettävä ja korjattava ennen kokeen uusimista.

Uuden linjan videokuvaus

Videokuvaus tehdään mahdollisimman pian johdon asennustyön jälkeen työhön soveltuvalla laitteistolla. Viemäri huuhdellaan tarvittaessa. Kuvauksesta tehdään pöytäkirja ja kuvaus tallennetaan videonauhalle.

5 Viemäröntijärjestelmien suunnittelu

5.1 Suunnittelun perusteet

Viemäreillä johdetaan jätevettä tai hule- ja kuivatusvesiä käsittelyyn tai sellaiseen paikkaan, ettei niistä aiheudu terveydellistä tai hygieenistä haittaa tai vahinkoa luonnolle eikä esteitä yhdyskunnan toiminnoille. Viemäreiden on toimittava mahdollisimman häiriöttömästi ja putkikoot on mitoitettava niissä kulkevaa vesimäärää vastaavasti.

Jätevesiviemäroinnissä verkoston jätevedet kootaan runkoviemäriin ja sitä kautta puhdistamolle. Hulevesiviemäroinnissä vesi johdetaan paikallisiin vesistöihin avo-øjilla tai kullekin alueelle sopivan kokoisen putkiverkoston avulla.

Viemäroinnin suunnittelulla pyritään löytämään sellainen veden johtamistapa, joka on kuhunkin tilanteeseen tarkoituksenmukaisin. Viemäroinnin tekniset periaateratkaisut ovat:

- viettoviemärointi
- paineviemärointi

Viemäroinnissä on käytössä kahta järjestelmää:

- erillisviemärointi
- sekaviemärointi

Erillisviemäroinnissä jäte- ja hulevedet johdetaan eri putkissa. Sekaviemäroinnissä ovat käytössä yhteiset putket jäte- ja hulevesille. Suuntauksena on sekaviemäroityjen alueiden saneeraaminen erillisviemäroidyiksi.

Jätevesiviemäreissä johdetaan tavanomaisten kiinteistöjen jätevesien ohella jonkin verran teollisuuden jätevesiä. Runsaasti jätevettä tuottavalla teollisuudella on yleensä erilliset jäteveden siirto- ja käsittelyjärjestelmänsä.

Hulevesiviemäreissä johdetaan sateena maahan tulevaa vettä, lumen sulamisvettä ja erilaisten rakenteiden salaojavettä.

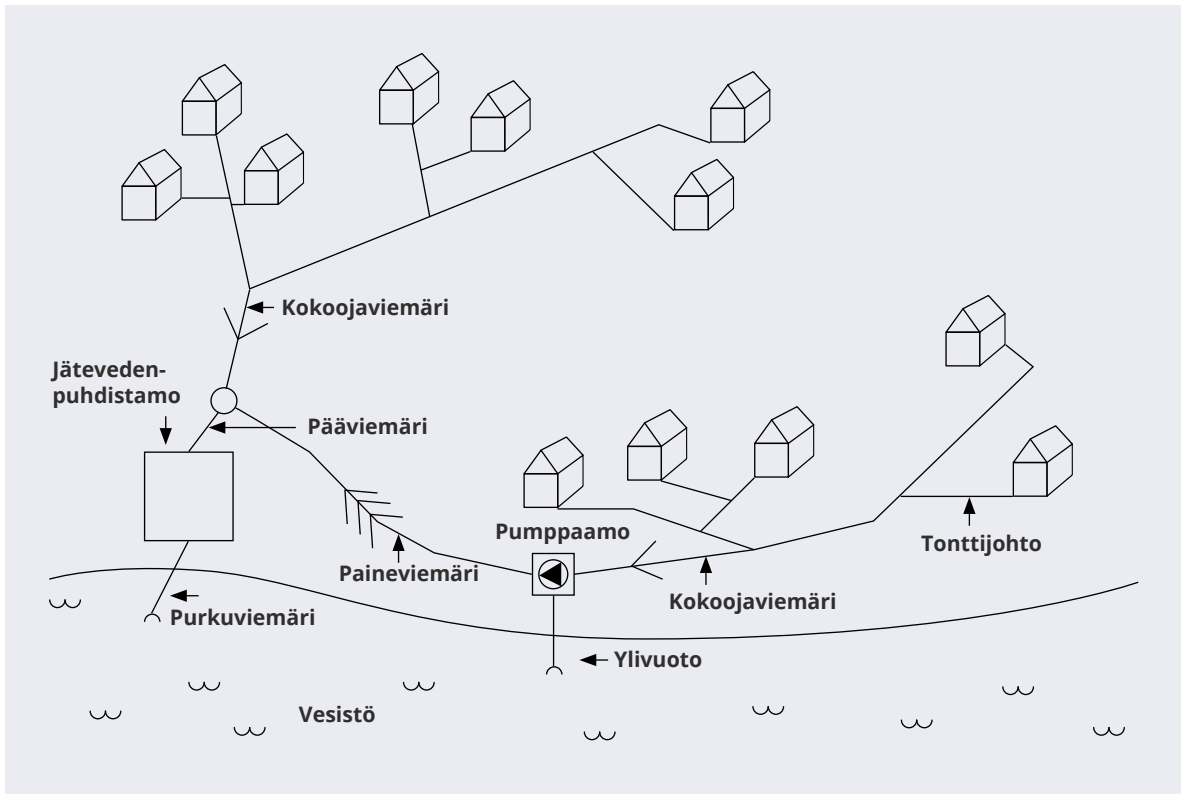
Tässä käsitellään yhdyskuntien jäte- ja hulevesiviemäroinnin suunnittelua. Viemäroinnin suunnittelu on osa yhdyskunnan maankäytön suunnittelua. Hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi viemäriverkosto ja viemärointijärjestelmät suunnitellaan yhteistyönä muun teknisen huollon verkostojen ja liikenneväylästäön suunnittelun kanssa.

Kunnallisen viemäriverkoston ulkopuolella sijaitsevien kiinteistöjen jätevesihuolto voidaan toteuttaa kiinteistökohtaisella jätevedenkäsittelyllä tai keräämällä jätevedet umpisäiliöihin, jotka tyhjenetään säilöautolla. Lisäksi haja-asutusalueilla on toteutettu usean kiinteistön yhteisiä paineviemärijärjestelmiä, jotka purkavat vedet kunnalliseen viemäriverkostoon.

5.2 Yleissuunnittelu

5.2.1 Viemäröintijärjestelmän valinta

Viemäröintitavan valinnassa tulevat ratkaistavaksi mm. viettoviemäröinnin ja toisaalta paineviemäröinnin ja pumppausten käyttö jäteveden johtamisratkaisuina eri kohteissa. Viettoviemäröinti on yleensä tavoitteena, mutta paikoin maastolliset olot edellyttävät paineviemäröintiä. Kokonaan paineviemäröintiin perustuvat kiinteistökohtaiset paineviemäröintijärjestelmät ovat yleistyneet haja-asutusalueilla.



Kuva 5.1. Jätevesiviemäriverkoston osat. Viemäriverkoston huolellisella suunnittelulla on mahdollista mm. minimoida jätevesien pumppaustarvetta.

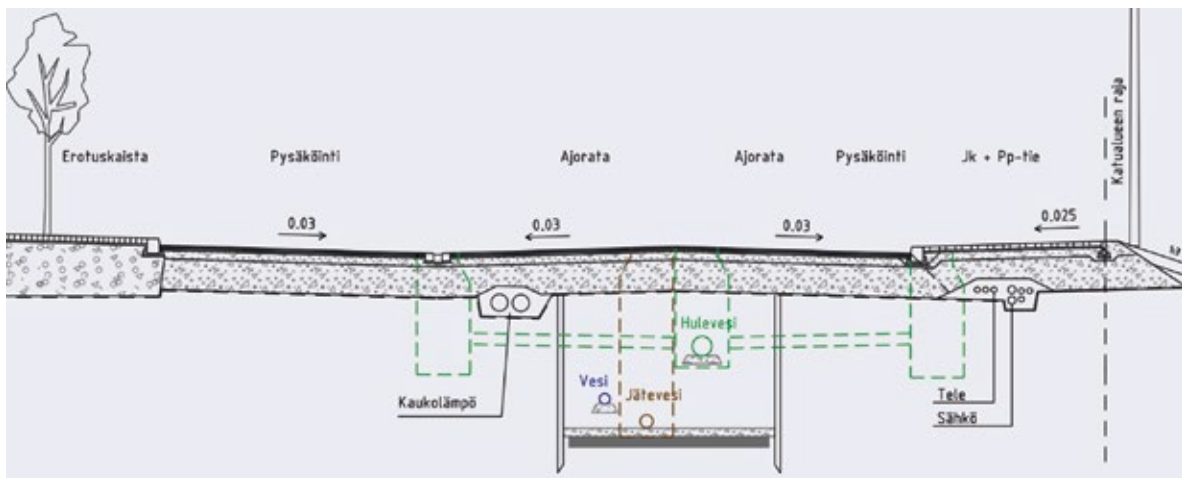
Hulevedet johdetaan tiiviisti rakennetuilla alueilla maanalaisissa putkistoissa, jotka purkavat johonkin vesistöön. Hulevesiviemäriverkot suunnitellaan yleensä siten, ettei vesiä tarvitse pumpata. Väljästi rakennettavilla alueilla pintavesiä johdetaan usein avo-ojissa. Silloin on tarpeen ottaa huomioon avo-ojan sopivuus ympäristöön sekä ojan vaatima tila. Hule- ja kuivatusvesien kerääminen imeytysaltaisiin tai imeyttämiin erilaisin ratkaisuin maaperään on yleistynyt.

Hulevesiviemärit mitoitetaan toistuvuudeltaan ja kestoaltaan tietyn suuruiselle rankkasadetilanteelle. Hulevesien johtamisen suunnitteluun kuuluu myös tulvareittitarkastelu, jossa analysoidaan ja suunnitellaan veden virtaus maan pintoja pitkin siinä tapauksessa, että hulevesiviemärit eivät toimi tai niiden kapasiteetti ylittyy. Veden tulviessa putkijohdoista kaivojen kautta on tulvareitin oltava sellainen, että haitat ovat mahdollisimman pieniä. Tulvivat vedet on voitava johtaa esim. liikenneväylä tai puistoja pitkin. Tulvimishaittojen vähentämiseksi voidaan rakentaa mm. tulvavesien viivytysaltaita.

Uusien alueiden rakentamisessa lähtökohtana on erillisviemärointi. Erillisviemäroinnissä on kaksi viemäriputkilinjaa siten, että jätevesiviemäri ja hulevesiviemäri ovat yleensä samassa putkikaivannossa. Perustusten kuivatusvedet ja muut kiinteistön kuivatusvedet johdetaan hulevesiviemäriin.

Sekaviemärointijärjestelmässä kaikki viemäritävät vedet johdetaan samassa viemäriässä. Sekaviemärointiä on lähinnä vanhoilla asuinalueilla. Vesihuoltolain mukaan kiinteistön hulevesiä ei saa johtaa jätevesiviemäriin, mihin kuitenkin sallitaan poikkeuksia tietyin edellytyksin.

Erillisviemäroinnissä puhdistamolle tulevan jäteveden määrä ja laatu vaihtelevat vähemmän kuin sekaviemäroinnissä. Tällöin jäteveden käsittelylaitosten rakentamis- ja käyttökustannukset ovat pienemmät ja veden käsittely onnistuu paremmin kuin sekajärjestelmässä.



Kuva 5.2. Katualueelle rakennettavien johtojen sijoituksessa on huomioitava mm. rakentamiseen, liikenneväylien kuivatuksen, tonttien viemärointiin ja johtojen kunnossapitoon liittyvät asiat.

5.2.2 Maaston muotojen vaikutus viemäriverkoston

Yleensä viemärointijärjestelmissä pyritään käyttämään hyväksi mahdollisimman paljon maaston luonnollisia muotoja, jotta viemärivedet voidaan johtaa painovoimaisesti viettoputkissa mahdollisimman vähin pumppauksin. Viemäriverkoston osat muodostuvat maaston pinnan muotojen mukaisista valuma-alueista. Eri valuma-alueiden vedet johdetaan yhteiseen kokoojaviemäriin tai pumpataan toiselle valuma-alueelle.

Syvät putkikaivannot ja toisaalta lukuisat pumppaamot kasvattavat rakentamis- ja ylläpitokustannuksia. Suunnittelun tavoitteena on optimoida verkoston ja siihen kuuluvien laitteiden kokonaiskustannukset. Viemärointijärjestelmän kustannusten on oltava oikeassa suhteessa maankäytön tehokkuuden ja muun kaavatalouden kanssa. Maanpinnan muotoja käytetään hyväksi viettoviemäriputkien kaivantojen syvyyden optimoinnin lisäksi pintavesien johtamisen suunnittelussa.

5.2.3 Yleissuunnittelun sisältö

Viemäriverkoston yleissuunnittelua tehdään eri tarkkuustasoilla ja yleissuunnittelun käsite kattaa hyvin eritasoisia suunnitelmia. Hankekohtaisia verkoston ja siirtolinjojen yleissuunnitelmia tehdään niiden toteutussuunnittelun lähtökohdaksi. Uusien kaava-alueiden kunnallistekniiseen yleissuunnitteluun kuuluu osana vesihuoltoverkoston yleissuunnittelu. Tyypillistä on myös olemassa olevien viemäriverkoston saneerausten yleissuunnittelu, jossa mm. priorisoidaan

detalji-suunnitteluun valittavat saneerauskohteet. Kuntakohtaiset vesihuollon yleis- ja kehittämissuunnitelmat sisältävät yleensä verkostojen yleissuunnittelua. Alueellisissa vesihuollon yleissuunnitelmissa esitetään usein mm. kuntien välisiä siirtoviemärilinjoja.

Vesihuollon yleissuunnitelma laaditaan katujen ja vesihuoltoverkostojen rakennussuunnitelmien laatimista varten. Siinä esitetään vesihuoltolinjojen likimääräinen sijainti ja korkeusasema sekä putkikoot (mitoitusvesimäärät). Yleissuunnitelma voi sisältää tarvittavia erityisohjeita rakennussuunnittelua varten. Tällaisia voivat olla esim. viemärointikorkeuksista ja maaperäolosuhteista johtuvat seikat.



Kuva 5.3. Esimerkki vesihuoltoverkoston yleissuunnitelmasta.

Viemäriverkostojen kuten muunkin kunnallistekniikan yleissuunnittelu etenee ja tarkentuu maankäyttösuunnittelun eri tasoilla kuten yleiskaavoituksessa ja asemakaavoituksessa. Asemakaavata-son suunnittelussa mitoitetaan putkiverkostot lopullisesti rakennussuunnittelua varten. Liikenneväylien ym. yleisten alueiden rajojen määrittelyssä otetaan huomioon viemäriputkistojen ja avo-ojien vaatimat tilat. Jätevesipumppaamoille osoitetaan sijaintipaikat. Mikäli vesihuoltoverkosto tai jokin esim. viemäroinnin kannalta tärkeä tekijä edellyttää varausta tonttialueella, se merkitään rasitteena asemakaavaan. Asemakaavassa voidaan esittää viemärointiä koskevia määräyksiä

5.2.4 Verkostojen mitoitusvirtaamat

Putkiverkoston mitoituksen lähtökohdan muodostavat mitoitusvirtaamat, joiden perusteella putkien halkaisija ja viettokaltevuus määritetään. Seuraavassa esitetään mitoitusvirtaamien laskennan periaatteet. Jäljempänä **luvussa 5.2.5** selostetaan varsinainen mitoitusprosessi. On myös huomattava, että mitoitusvirtaamien laskennassa kunnilla ja vesihuoltolaitoksilla on käytössä omia ohjeita, jotka ovat ensisijaisia tässä esitettäviin ohjeisiin nähden.

Viemäreiden mitoituksessa käytettävät virtaamat lasketaan ohjevuoden mukaisessa tilanteessa. Viemäriä määritettäessä käytetään jätevesien huippuvirtaamaa. Määritettäessä viettoviemäriä vähimmäiskaltevuutta viemäriä huuhtoutumisen perusteella käytetään pienimmän vuorokausikäytön aikaista suurinta tuntikäyttöä.

Viemäreiden mitoituksen lähtökohtia ovat:

- Ohjevuosi, joka määritetään viemäriputken teknisen käyttöiän mukaan tai erikseen sovitun ennustevuoden mukaan. Viemäreillä teknisenä käyttöikä voidaan pitää 50...100 vuotta.
- Mitoitusvirtaamat
- Viemäriin on oltava huuhtoutuva myös elinkaarensa alkupuolella. Toisin sanoen mahdollisesti vaiheittain etenevä aluerakentaminen on suunnittelussa otettava huomioon.

Asutuksen ja palvelutoimintojen jätevedet

Asutuksen ja palvelutoimintojen keskimääräinen jätevesimäärä lasketaan mitoituksen ohjevuodelle ennustettujen yksikkömäärien ja yksikköjätevesimäärien perusteella. Asutuksen ja palvelutoimintojen käyttämästä vedestä 100 % päätyy viemäriin. Veden käytön yksikkökäyttöarvot voidaan arvioida esim. RIL 237-2-2010 kohdan 1.1.3 Ominaiskäyttö ja yksikkökäyttö mukaisesti.

Mitoitusvirtaamien laskennassa tarvittavat kertoimet (maksimivuorokausikerroin, maksimituntikerroin, pienin tuntikerroin,) voidaan arvioida esim. RIL 237-2-2010 kohdan 1.1.4 Vedenkäytön vaihtelut mukaisesti. Ensisijaisesti kuitenkin käytetään paikkakuntaakohtaisia vesihuoltolaitosten kulutustietoihin perustuvia kertoimia.

Teollisuuden jätevedet

Teollisuuslaitosten tuottama jäteveden määrä lasketaan ennustetun teollisen toiminnan ja määrän tai ennustettujen työpaikkojen yksikkökulutusten perusteella. Teollisuusjäteveden määrää laskettaessa tulee erityisesti ottaa huomioon, mikä osa käytetystä vedestä lasketaan yleiseen viemäriverkostoon ja esiintyykö teollisuusjätevesien määrissä normaaleja kulutusvaihteluita suurempia vaihteluita ja onko näillä vaikutusta viemäriin mitoitukseen. Teollisuuden prosessien muutokset ja kehitys vaikuttavat suuresti teollisuuden tuottamien jätevesien määrään, laatuun ja vaihteluihin, mikä tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon mitoituksessa.

Vuotovesi jätevesiviemäriin

Käytännössä myös erillisviemäroidyissä järjestelmissä esiintyy vuotovesiä. Vuotovesimäärä vaihtelee laitoksittain ja verkko-osittain ja sitä pyritään pienentämään saneerauksilla. Jätevesiviemärien mitoituksessa on myös otettava huomioon vuotovedet. Viemäriin kunto, ikä, putkiliitosten materiaali ja tyyppi sekä rakennustyön suoritus vaikuttavat vuotovesien määrään.

Pohjaveden pinnan korkeudella on merkitystä vuotojen määrään siellä, missä pohjaveden pinta on viemäriputkitason yläpuolella. Keväisin pohjaveden pinta on korkealla ja vuodoista johtuvat virtaamat ovat suurimmillaan. Pakkasjaksojen aikana vuodot ovat pienimmillään.

Viemäriin voi tulla vuotovesiä pintavaluntana kaivojen yläosista ja pintakerrosvaluntana vajovesivyyhykkeestä. Pinta- ja pintakerrosvalunnan vuodot nousevat nopeasti sade- ja sulamisvesien myötä.

Viemäri-vesivirtaamien mittausten yhteydessä ja pumppaamojen virtaamaseurannan avulla viemäriin tuleva vuotovesi voidaan arvioida, kun tunnetaan alueen talouskäyttöön, yleiseen käyttöön ja teollisuuden tarkoituksiin tuleva vesimäärä.

Vuotovesien määrä arvioidaan käytännön mitoituksessa joko tiettyinä lisänä jätevesimääriin tai viemäriin pitoisuuden perusteella. Yleisin tapa ilmoittaa viemäriverkon vuotovesi on käyttää yksikköä

l/s/johtokilometri. Vuotovesien mitoitusarvona voidaan käyttää 25...50 l/johto-m/d, joka vastaa 0,3...0,6 l/s johtokilometriä kohti.

Jätevesiviemärin mitoitusvirtaamat

Jätevesiviemäri mitoitetaan johtamaan suurin tuntivirtaama sen teknisen käyttöiän aikana. Tämän lisäksi viemärin tulee olla huuhtoutuva. Jos kuivatusvesiä saa johtaa viemäriin, pitää tämä ottaa huomioon mitoituksessa.

Kun teollisuuden veden käyttö sisältyy veden ominaiskulutukseen, lasketaan viemärin mitoituksessa käytettävä vedenkulutusperäinen jätevesivirtaama kaavan (5.1) avulla.

$$Q_{jmit} = \frac{C_{dmax} \cdot C_{hmax} \cdot P \cdot Q_{ominaisk}}{3600 \cdot 24} \quad (5.1)$$

jossa	Q_{jmit}	mitoituksessa käytettävä jätevesivirtaama (l/s)
	P	viemäröintialueen asukasmäärä
	$Q_{ominaisk}$	ominaiskäyttö (l/as/d)
	C_{dmax}	maksimivuorokausikerroin
	C_{hmax}	maksimituntikerroin

Tulon $C_{dmax} \cdot C_{hmax}$ arvoa voidaan jossakin tapauksessa pienentää. Ellei em. kerrointen keskinäistä riippuvuutta ole selvitetty, voidaan tunnin jaksolle tasatun huipputuntikäytön kertoimena käyttää arvoa $C_{max} = (0,8...1,0) C_{dmax} \cdot C_{hmax}$.

Jätevesiviemärin mitoitusvirtaama Q_{vmit} , kun kuivatusvesiä ei johdeta jätevesiviemäriin:

Jätevesiviemärin mitoitusvirtaama Q_{vmit} , kun kuivatusvesiä ei johdeta jätevesiviemäriin:

$$Q_{vmit} = Q_{jmit} + Q_{pmit} \quad (5.2)$$

jossa	Q_{jmit}	mitoitettava jätevesimäärä (ks. kaava 5.1)
	Q_{pmit}	mitoitettava vuotovesimäärä

Sekaviemäreitä mitoitettaessa on otettava huomioon, että viemärin on johdettava mitoitettavan sadevesi- tai sulamisvesimäärän ja mitoitettavan jätevesivirtaaman summa.

Jätevesiviemärin huuhtoutumisvirtaama

Määritettäessä viemärin minimikaltevuutta huuhtoutumisen perusteella käytetään mitoitusvirtaamana pienimmän vuorokausikäytön aikaista suurinta tuntikäyttöä. Lähtökohtana on, että huuhtoutumisen tulee tapahtua ainakin kerran vuorokaudessa.

Huuhtoutumistarkastelun mitoitusvirtaama lasketaan **kaavalla (5.3)**, kun viemäriin liittyneiden määrä on yli 3000 asukasta.

$$Q_{\text{jhuuht}} = \frac{c_{\text{dmin}} \cdot c_{\text{hmax}} \cdot P \cdot Q_{\text{ominaisk}}}{3600 \cdot 24} \quad (5.3)$$

jossa	c_{dmin}	minimivuorokausikerroin
	c_{hmax}	maksimituntikerroin
	P	viemäröintialueen asukasmäärä
	Q_{ominaisk}	ominaiskäyttö (l/as/d)
	Q_{jhuuht}	mitoitusvirtaama määritettäessä viemäriin minimikaltevuutta huuhtoutumisen perusteella (l/s)

Koska $c_{\text{dmin}} \cdot c_{\text{hmax}}$ on likimain 1,0 **kaava (5.3)** voidaan esittää muodossa

$$Q_{\text{jhuuht}} = \frac{P \cdot Q_{\text{ominaisk}}}{3600 \cdot 24} \quad (5.4)$$

Kun viemäriin liittyneiden lukumäärä P on välillä 100...3000 asukasta, lasketaan viemäriin huuhtoutumisen arvioinnissa käytettävä jätevesivirtaama **kaavalla (5.5)**

$$Q_{\text{jhuuht}} = \frac{0,7 \cdot (1 + 25/\sqrt{P}) \cdot P \cdot Q_{\text{ominaisk}}}{3600 \cdot 24} \quad (5.5)$$

*Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. RIL 237-2-2010.
Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.*

Hulevesi

Hulevesi määritellään maan pinnalta, rakennusten katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaksi sade- tai sulamisvedeksi. Hulevesiviemäriin mitoitusperuste rakennetulla alueella on yleensä rankkasade. Joskus myös lumen sulaminen voi aiheuttaa mitoittavan virtaaman. Hulevesiviemäri suunnitellaan siten, että se pystyy johtamaan ilman padotusta valitun mitoitusilanteen aiheuttaman virtaaman.

Hulevesiviemäreitä ei mitoiteta poikkeuksellisen rankkojen sateiden aiheuttamille virtaamille, vaan mitoittussadetta rankkemmilla sateilla hulevesiviemäriin on sallittua padottaa. Padotuskorkeus määritellään liitoskohtalausunossa ja se on usein liittymiskohtaan maanpinnan tason yläpuolella. Verkostosta tulvivaan veteen pitää varautua suunnittelemalla tulvareitit.

Hulevesiviemäriin mitoitusvirtaama voidaan määrittää joko käsin laskemalla tai tietokoneavusteisesti mallintamalla. Käsin laskenta soveltuu parhaiten pienille ja ominaisuuksiltaan homogeenisille valuma-alueille, kun taas mallintamalla voidaan tarkastella hyvinkin monimutkaisten valuma-alueiden käyttäytymistä.

Mitoitusvirtaama määritetään käsin laskennassa kaavalla:

$$Q_{\text{hmit}} = A \cdot \phi \cdot i \quad (5.6)$$

jossa Q_{hmit} = mitoitusvirtaama (l/s)
 A = valuma-alueen pinta-ala (ha)
 ϕ = valumakerroin
 i = sellaisen sateen intensiteetti, jonka kesto on sama kuin valuma-alueen valunta-aika, kuitenkin vähintään 10 min (l/s x ha)

Mitoitussateen intensiteetti valitaan rankkasadetapahtuman toistuvuuden (todennäköisyyden) ja keston perusteella (**taulukot 5.1 ja 5.2**). Nämä tekijät korreloivat toistensa kanssa siten, että intensiteetti pienenee sateen keston kasvaessa ja suurenee, mitä pienempää esiintymistodennäköisyyttä tarkastellaan. Ilmastonmuutoksen johdosta mitoitukseen vaikuttavat rankat kesäsateet tulevat kasvamaan, mikä on huomioitu **taulukossa 5.2**.

Taulukko 5.1. Säättökamittauksiin perustuvat sateen intensiteetit (l/s-ha) keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalla Etelä-Suomessa (lähde: Hulevesiopus, Suomen Kuntaliitto 2012)

Toistuvuus	Keskimääräinen intensiteetti (l/s-ha)								
	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1 / vuosi	117	80	78	50	33	18	11	6,9	4,2
1 / 2 vuotta	167	120	100	61	42	21	13	8,3	5,0
1 / 3 vuotta	183	130	111	72	47	23	14	8,8	5,2
1 / 5 vuotta	217	150	122	83	53	25	16	9,7	5,8
1 / 10 vuotta	233	180	156	100	64	30	19	10,9	6,9

Taulukko 5.2. Sateen intensiteetit (l/s-ha) keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalla ottaen huomioon ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus (lähde: Hulevesiopus, Suomen Kuntaliitto 2012).

Toistuvuus	Keskimääräinen intensiteetti (l/s-ha)								
	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1 / vuosi	140	96	94	60	40	22	13	8,3	5,0
1 / 2 vuotta	200	144	120	73	50	25	16	10,0	6,0
1 / 3 vuotta	220	156	133	86	56,4	28	17	10,6	6,2
1 / 5 vuotta	260	180	146	100	64	30	19	11,6	7,0
1 / 10 vuotta	280	216	187	120	77	36	23	13,1	8,3

Mitoitussateen toistuvuus valitaan ympäristöolosuhteiden ja mitoitetavan järjestelmän käyttötarkoituksen mukaan. Mitä pienempään todennäköisyyteen (pitempään toistuvuusaikaan) pyritään, sitä rankempaan sateeseen on mitoituksessa varauduttava. Esimerkiksi kaupunkien hulevesiviemärijärjestelmät mitoitetaan yleensä kerran 2...3 vuodessa toistuvalla rankkasateella. Liikennevirasto edellyttää teiden kuivatusjärjestelmien mitoituksessa kohteesta riippuen toistumisaikoja välillä 2...100 vuotta.

Mitoitussateen kestoajaksi valitaan valuma-alueen arvioitu kertymisaika (valunta-aika), jolloin aina-kin teoriassa tarkastelupisteessä esiintyy suurin hulevesivirtaama kyseisellä todennäköisyydellä. Kertymisajalla tarkoitetaan veden virtausaikaa valuma-alueen kauimmaisesta pisteestä purkupisteeseen, mikä määräytyy virtausreitin pituuden ja virtausnopeuden perusteella. Valuma-alueen pieni koko siis merkitsee lyhyttä kertymisaikaa ja siten lyhytkestoista eli suuri-intensiteettistä mitoitusadetta. Kertymisajan määrittelyssä apuna voidaan käyttää **taulukon 5.3** viitteellisiä virtausnopeuksia. Vahvasti yleistäen voidaan suunnittelussa käyttää apuna myös **taulukossa 5.4** esitetyt valuma-alueen pinta-alaan perustuvia kestoajoja.

Taulukko 5.3. Ohjeelliset virtausnopeudet eri reiteillä.

Virtausreitti	Ohjeellinen virtausnopeus (m/s)
Putket • pienet • suuret	1,5 m/s 1,0 m/s
Ojat	0,5 m/s
Maasto	0,1 m/s

Taulukko 5.4. Ohjeelliset kestoajat eri kokoisilla valuma-alueilla.

Valuma-alueen pinta-ala	Mitoitussateen kesto aika
< 2 ha	5 min
2...5 ha	10 min
5...20 ha	20 min
20...100 ha	60 min

Valumakerroin on suhdeluku, joka kuvaa valuma-alueelta pintavaluntana välittömästi purkautuvan veden osuuden alueelle satavasta kokonaisvesimäärästä erilaisten häviöiden kuten haihtumisen, pintavarastoitumisen, imeytymisen ja pidättymisen jälkeen. Valumakerroin osoittaa, kuinka suuren osan sateesta arvioidaan joutuvan viemäriin. Valumakerroin määräytyy valuma-alueen koon, pinnan vedenläpäisevyyden, maaperän kaltevuuden, sateen rankkuuden ja keston ym. tekijöiden mukaan. Sen arvo vaihtelee välillä $0 < \Phi < 1$ ja lasketaan kaavalla **(kaava 5.7)**:

$$\Phi = \frac{\sum_j A_j \Phi_j}{\sum_j A_j} \quad (5.7)$$

jossa A_j = osa-alueen pinta-ala
 Φ_j = osa-alueen valumakerroin

Valumakertoimena voidaan käyttää rakennetussa ympäristössä:

- umpinaiset kerrostalokorttelit (kestopäällyste) 0,90
- umpinaiset kerrostalokorttelit (sorapäällyste) 0,70
- avoimet kerrostalokorttelit 0,50...0,60
- rivitaloalueet 0,35
- omakotialueet, pienet tontit 0,25...0,30
- omakotialueet, suuret tontit 0,20...0,25
- urheilu- ja leikkikentät 0,20
- suuret puistoalueet 0,05...0,10

Myös esimerkiksi liikenneviraston ohjeessa (katso viite alla) on annettu eri maastotyypeille suositeltavia valumakertoimen arvoja sekä ohjeita kertoimen valintaan.

Hulevesien hallinnalla tarkoitetaan yleisemmin hulevesien vähentämiseen, käsittelyyn, viivyttämiseen ja johtamiseen liittyviä toimenpiteitä. Hulevesien viivytysmenetelmillä voidaan tehokkaasti pienentää hulevesivirtaamia järjestelmän alapuolisilla purkureiteillä vähentäen näin tulvariskejä. Viitejulkaisussa on esitetty ohjeet betonisten kaivo- ja putkituotteiden käyttöön hulevesien viivytyrakenteina.

Muodoltaan ja ominaisuuksiltaan monimutkaisempien valuma-alueiden hulevesivirtaaman määrittämiseen tarkoituksenmukaisin tapa on mallinnus. Hulevesimallinnukseen soveltuvia ohjelmia on olemassa lukuisia. Vaatimuksena mallinnusohjelmalle on, että se yhdistää hydrologisen valuma-aluemallin ja hydraulisen verkostomallin. Valuma-aluemalli kertoo kuinka paljon ja missä ajassa hulevesiä valuma-alueelta muodostuu, ja verkostomallilla kuvataan muodostuneen veden etenemistä verkostossa. Mallista saadaan tulosteena ajan suhteen muuttuva hulevesivirtaama ja pinnankorkeus mistä tahansa järjestelmän kohdassa.

Hulevesiopus. Suomen Kuntaliitto. 2012.

Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013

Hulevesien viivyttäminen Ruduksen tuotteilla. Ramboll. 30.12.2015.

Lumen sulamisvesi

Lumen sulamisen aiheuttama ylivaluma keväisin voi olla suurempi kuin hulevesivirtaama, jos valumakerroin on pieni ja valuma-alue suurempi kuin 1...3 km². Mitä suurempi valumakerroin on ja mitä kaltevampi maasto on, sitä suurempi on rajapinta-ala, jolloin sulaminen tulee määrääväksi.

Sulamisen aiheuttama virtaama lasketaan kaavalla **(kaava 5.8)**:

$$Q_{\text{hmit}} = Hq \cdot F \quad (5.8)$$

jossa Hq = ylivaluma (l/s x km²)
 F = valuma-alueen pinta-ala (km²)

Lumen sulamisen aiheuttaman ylivaluman Hq määrittämiseen on käytössä eri menetelmiä, joita on esitetty esimerkiksi viitejulkaisuissa.

Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013.

Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2015. Suomen ympäristökeskus.

Rakennusten kuivatusvesi

Hulevesiviemäriin tulevaa rakennusten kuivatusvesimäärää arvioitaessa voidaan mitoitusvirtaama laskea seuraavasti:

$$Q_{\text{kmit}} = 0,5 \dots 1,5 \text{ l/s/ha} \cdot F \quad (5.9)$$

jossa F = valuma-alueen pinta-ala (ha)

Rakennusten vesijohdot ja viemärit. RVV-käsikirja. Suomen kunnallisteknisen yhdistyksen julkaisu.

Mitoittavat virtaamat, yhteenveto

Erillisviemäröinti, jätevesivirtaamat

a) Vuotovedet mukana

$$Q_{v\ mit} = Q_{j\ mit} + Q_{p\ mit}$$

jossa $Q_{j\ mit}$ lasketaan **kaavasta 5.1**
 $Q_{p\ mit} = 0,3...0,6$ l/s x johto-km (jollei tarkempaa tietoa ole käytettävissä)

b) Vuotovesiä ei ole mukana

$$Q_{mit} = Q_{j\ mit}$$

c) Huuhtoutumisen määräävä virtaama

$$Q_{j\ huuht} = Q_{j\ huuht}$$

jossa $Q_{j\ huuht}$ lasketaan **kaavasta 5.3** tai **kaavasta 5.4**,
kun viemäriin liittyneiden määrä $P \geq 3000$.
 $Q_{j\ huuht}$ lasketaan **kaavasta 5.5**, kun viemäriin liittyneiden määrä on $100 < P < 3000$

Erillisviemäröinti, hulevesivirtaamat

$$Q_{mit} = Q_{h\ mit}$$

jossa $Q_{h\ mit}$ lasketaan **kaavasta 5.6** (hulevesi) tai
 $Q_{h\ mit}$ **kaavasta 5.8** (sulamisvesi)

Sekavesiviemäröinti

Sekavesiviemäröinnissä hule- ja jätevedet on pystyttävä johtamaan yhtä aikaa. Usein hulevesi-
virtaama on niin suuri, että jätevesi voidaan merkityksettömänä jättää huomioonottamatta, jolloin

$$Q_{mit} = Q_{h\ mit}$$

jossa $Q_{h\ mit}$ lasketaan **kaavasta 5.6 tai 5.8**

Kuivatusviemäröinti

$$Q_{mit} = Q_{k\ mit}$$

jossa $Q_{k\ mit}$ lasketaan **kaavasta 5.9**

5.2.5 Putkien hydraulinen mitoitus

Yleistä mitoituksesta

Viemäriverkostojen mitoituksessa tavoitteena on valita oikean kokoinen ja käyttötarkoitukseen sopivin putki sekä määritellä sille optimaalinen korkeusasema ja linjaus. Viettoviemäriin häiriötön toiminta saavutetaan suunnittelemalla putkilinjat itsepuhdistuviksi (huuhtoutuviksi).

Viemäriverkon mitoitus koostuu yksittäisten johtojen mitoituksista. Viemäri mitoitetaan tyyppillisesti 20...40 vuoden aikana esiintyvän suurimman tuntivirtaaman mukaan. Teknisenä käyttöikänsä viemäreille voidaan pitää 50...100 vuotta. Ohjevuoden huippuvirtaama määritellään viemäriverkkoon liittyneiden kiinteistöjen asukasmäärän, vesihuoltolaitoksen keräämien kulutustietojen, teollisuuden ja muun vedenkäytön sekä paikkakuntakohtaisten maksimi- ja minimikulutustekijöiden perusteella. Mitoitus tarkistetaan pitäen kriteerinä viemäriin huuhtoutumista.

Mitoitusvirtaama viemäristön kussakin kohdassa koostuu erillisjärjestelmässä jäte- ja vuotovesistä, joiden lisäksi sekajärjestelmässä tulee ottaa huomioon hulevedet. Kun kaikki osatekijät on laskettu johto-osittain edellä kuvatulla tavalla, putket voidaan mitoittaa. Mitoituksessa joudutaan ottamaan rajoittavina tekijöinä huomioon suurimmat ja pienimmät sallitut kaltevuudet. Rakennuskustannuksiltaan edullisimman mitoituksen löytää usein vasta kokeilemalla useita vaihtoehtoja. Käytettävissä olevat korkeuserot saattavat olla niin pieniä, että tutkittaviin vaihtoehtoihin liittyy myös pumppaamojen rakentamista.

Yleensä viemäriin mitoittaminen käy yksinkertaisesti päinsä tässä luvussa esitettyjen kaavojen avulla silloin, kun viemäritävä alue ei ole kovin laaja. Suurempien alueiden viemäriverkot mitoitaan tietokonesovelluksilla.

Viettoviemäreiden mitoituksessa otetaan huomioon seuraavat seikat:

- Mitoitusvirtaama on johdettava viemäriin ilman, että aiheutetaan haitallista padotusta. Yleensä tällöin lähdetään siitä, että mitoitusvirtaamaa vastaava vedenkorkeus ei saa nousta putken laen yläpuolelle. On käytössä myös ohjeita, joiden mukaan mitoitusvirtaama on pystyttävä johtamaan osittain täydellä putkella, esimerkiksi 75 % täyttöasteella.
- Viemäriin on oltava huuhtoutuva eli itsepuhdistuva, mikä määrää vähimmäiskaltevuuden
- Virtausnopeus ei saa ylittää putkille sallittua suurinta nopeutta

Viettoviemäriin koon määrittäminen etenee seuraavasti:

- Lasketaan mitoitusvirtaamat
- Määritetään johtolinjan kaltevuus
- Määritetään johtokokoo, jolla mitoitusvirtaama voidaan johtaa valitulla johtolinjan kaltevuudella ilman padotusta (esim. Colebrookin nomogrammin avulla, **kuva 5.4**)
- Valitaan johtolinjan kooksi käyrästöstä teoreettista johtokokoa lähinnä suurempi johtokokoo
- Tarkistetaan viemäriin huuhtoutuminen

Viettoviemäriin kapasiteetin laskenta

Putkessa tapahtuvan nestevirtauksen laskelmissa lähtökohtana on turbulenttinen virtaus. Standardin SFS-EN 752 mukaan turbulenttisen virtauksen laskemiseen voidaan käyttää Colebrook-Whiten tai Manningin kaavaa.

Viettoviemäriputki voidaan mitoittaa esimerkiksi Colebrook-Whiten kaavalla (**kaava 5.10**). Viettoviemäriille sovellettuna kaava koskee tilannetta, jossa veden täyttämä putki ja energiaviiva ovat samassa kaltevuudessa. Jos putki ei ole pyöreä, niin kaavassa 5.10 voidaan käyttää halkaisijan D sijasta termiä $4R_h$, jossa R_h on hydraulinen säde (poikkileikkausalan A ja märkäpiirin P suhde).

$$v = -2 \sqrt{2 g D I} \log_{10} \left(\frac{k}{3,71 D} + \frac{2,51 v}{D \sqrt{2 g D I}} \right) \quad (5.10)$$

jossa

v	=	virtausnopeus (m/s) poikkileikkauksessa keskimäärin
g	=	putoamiskiihtyvyyys 9,81 m/s ²
D	=	putken sisähalkaisija (m)
I	=	putken kaltevuus (m/m)
k	=	putken sisäseinämän karkeus (m)
v	=	nesteen kinemaattinen viskositeetti (m ² /s)

Vaihtoehtoisesti voidaan veden täyttämän putken virtaustilanne laskea Manningin kaavalla (**kaava 5.11**). Sitä käytetään paljon myös avouomien ja ei-pyöreiden poikkileikkausten tarkasteluun.

$$v = M R^{2/3} I^{1/2} \quad \text{tai} \quad v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (5.11)$$

jossa

v	=	virtausnopeus (m/s) poikkileikkauksessa keskimäärin
M	=	Manningin kerroin
n	=	1/M, vaihtoehtoinen Manningin kertoimen esitystapa
R	=	A/P , hydraulinen säde (m) = $D/4$ pyöreälle veden täyttämälle putkelle
D	=	putken sisähalkaisija (m)
A	=	poikkileikkauksessa virtaavan nesteen pinta-ala (m ²)
P	=	märkäpiiri, ts. virtaavan nesteen putken seinämän kanssa kosketuksissa oleva piiri (m)
I	=	putken kaltevuus (m/m)

Nesteen tilavuusvirta lasketaan **kaavasta 5.12**.

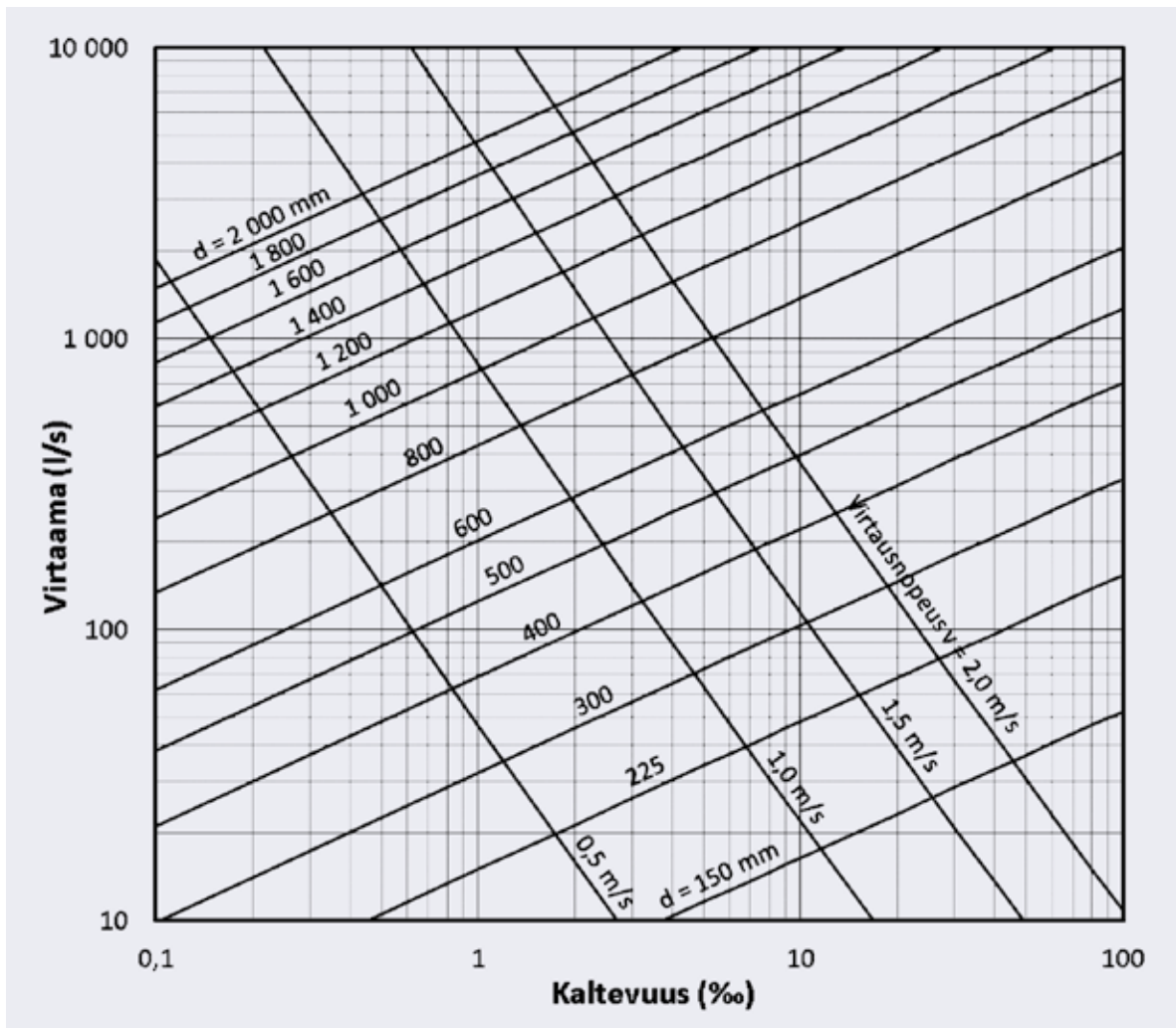
$$Q = v \cdot A \quad (5.12)$$

jossa

Q	=	virtaama (m ³ /s)
v	=	virtausnopeus, kaavalla 5.10 tai 5.11
A	=	poikkileikkauksessa virtaavan nesteen pinta-ala (m ²)

Käytännön mitoitusyössä **kaavojen 5.10 tai 5.11** sekä **kaavan 5.12** avulla saadaan lasketuksi virtaama, joka kyseisellä viettoputkella voidaan johtaa ilman padotusta. Lasketun virtaaman tulee olla suurempi kuin putkelle **luvun 5.2.4** mukaisesti määritetty mitoitusvirtaama. Vaihtoehtoisesti voidaan määrittää mitoitusvirtaaman edellyttämä putkihalkaisija. Putken virtaama tai tarvittava halkaisija voidaan määrittää myös Colebrookin nomogrammilla, joka on esitetty **kuvassa 5.4**.

Yleensä putken seinämäkarkeuden arvoina Colebrookin-Whiten kaavassa käytetään karkeuskerrointa $k = 0,3 \dots 3,0$ mm ja Manningin kaavassa kertoimia $M = 70 \dots 90$. Betoniputkillla Colebrook-Whiten kaavassa yleisesti käytetty karkeuskerroin on $k = 1,0$ mm.



Kuva 5.4. Täyden viettoputken virtaaman, kaltevuuden, halkaisijan ja virtausnopeuden välinen riippuvuus Colebrook-Whiten kaavan mukaan karkeuskertoimella $k = 1,0 \text{ mm}$.

Käsin laskentaa varten on olemassa tietokonesovelluksia (ks. esim. www.engineeringtoolbox.com), joilla putken virtausominaisuuksia voidaan helposti analysoida

Paikallishäviöt

Colebrook-Whiten ja Manningin kaava huomioivat putken seinämän karkeudesta johtuvat kitkahäviöt sisältäen myös liitosten epätasaisuuksien ja pohjalle kertyneen kiintoaineen vaikutuksen.

Lisäksi syntyy paikallisia virtaushäviöitä virtaussuunnan ja -nopeuden muutoskohdissa (tarkastuskaivot, putkien haarautumat, kulmat, ym.). Paikallishäviöiden laskemiseksi voidaan käyttää esimerkiksi **kaavaa (5.13)**

$$h_p = \frac{k v^2}{2g} \quad (5.13)$$

jossa h_p = paikallishäviö (m)
 k = paikallishäviökerroin
 v = virtausnopeus (m/s) poikkileikkauksessa keskimäärin
 g = putoamiskihtiäisyys $9,81 \text{ m/s}^2$

Paikallishäviöt saattavat olla suuria, jos virtausnopeudet verkostossa ovat suuria, sillä **kaavassa 5.13** häviö kasvaa eksponentiaalisesti nopeuden kasvaessa. Viettoviemäriverkostossa voi tarkastuskaivojen kohtiin muodostua merkittävää padottumista paikallishäviön seurauksena. Siksi mitoituksessa on tarpeen tarkistaa verkostossa esiintyvät kokonaispainehäviöt ja varmistaa, ettei haitallista vedenpinnan nousua esiinny.

Kokonaispainehäviö

Viettoviemärissä muodostuva kokonaispainehäviö voidaan laskea putkivirtauksen kitkahäviön ja paikallishäviöiden summana. Täyden putken kitkahäviö lasketaan **kaavoilla 5.10** tai **5.11** tai määritetään **kuvan 5.4** nomogrammista. Tällöin putken kaltevuuden I tilalle sijoitetaan paineviivan kaltevuus hf/L , jossa hf on painehäviö (m) ja L on putken pituus (m). Paikallishäviöt voidaan laskea **kaavalla 5.13**. Tuloksena nähdään, kuinka korkealle vesi nousee tarkastuskaivoissa kyseisellä virtaamalla. Verkostomallinnuksella tehtävässä mitoituksessa saadaan tuloksena verkoston kokonaispainehäviöt automaattisesti.

Itsepuhdistuminen ja putkien kaltevuus

Jätevesiviemärin huuhtoutumisella tarkoitetaan sitä, että viemärin pohjalle laskeutuva sedimentti ainakin kerran vuorokaudessa irtautuu virtaaman vaikutuksesta ja huuhtoutuu puhdistamolle. Jotta sedimentti lähtisi liikkeelle putken pohjalta, tulee virtaaman sedimenttiin vaikuttavan hankausjännityksen olla riittävän suuri.

Jätevesiviemärin kaltevuuden tulee olla sellainen, että viemäri on huuhtoutuva. Viemärin huuhtoutuminen tarkistetaan **kaavalla (5.14)** siten, että lasketuilla virtaamilla hankausjännitys on $\geq 1,5 \text{ N/m}^2$. Jos hankausjännitys alittaa arvon $1,0 \text{ N/m}^2$, viemäri ei ole todennäköisesti huuhtoutuva.

Viemäreiden pienimmät sallitut kaltevuudet määritetään huuhtoutumisen perusteella. Jos lähtötietojen puutteen vuoksi näin ei voida menetellä, voidaan käyttää **taulukon 5.5** mukaisia pienimpiä kaltevuusarvoja. **Taulukkoa 5.5** käytettäessä tulee ottaa huomioon, että putkikoon keinotekoinen kasvattaminen ei paranna huuhtoutumista.

Viemäreiden latvaosissa virtaamat vaihtelevat paljon, joten siellä käytetään pienimpänä kaltevuutena kokemusperäistä arvoa 6 ‰. Tonttviemäreissä suositellaan 10 ‰:n minimikaltevuutta. Ne mitoitetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman "Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, osa D1" mukaan.

Taulukko 5.5. Viemäreiden suositeltavat pienimmät ja suurimmat kaltevuudet ja virtaama-arvot.

Putken sisähalkaisija (mm)	Pienin suositeltava kaltevuus ‰¹⁾	Minimikaltevuus ‰¹⁾	Suurin sallittu kaltevuus²⁾ ‰	Vastaava virtaama²⁾ dm³/s
225	7,0	4,5	280	260
300	6,0	3,0	160	420
400	5,0	2,5	120	770
500	4,0	2,0	90	1200
600	3,0	1,6	70	1710
800	2,0	1,3	50	3080
> 800	1,5	1,0	50	-

1) RIL 237-2-2010

2) Kriteerinä maks.virtausnopeus betoniputkelle 6 m/s

Hulevesiviemäreissä virtaamat vaihtelevat voimakkaasti ja tarvittava hankausjännitys on ilmeisesti hiukan suurempi kuin jätevesiviemäreissä. Hulevesiviemäriin huuhtoutumista ei yleensä tarvitse tarkistaa. Tämä edellyttää kuitenkin, että hulevedet johdetaan viemäriin sakkapesällisten hulevesikaivojen kautta, jolloin pienillä virtaamilla varsinaiseen viemäriin ei kulkeudu mainittavassa määrin vettä raskaampia aineksia. Hulevesivirtaamien ohjeellisina pienimpinä kaltevuuksina voidaan käyttää **taulukon 5.5** arvoja. Latvaosilla voidaan hulevesiviemäriin huuhtoutuminen tarkistaa esimerkiksi siten, että virtaamalla, joka on 10 % täyden putken virtaamasta, kriittinen hankausjännitys ylittää arvon 1,5 N/m².

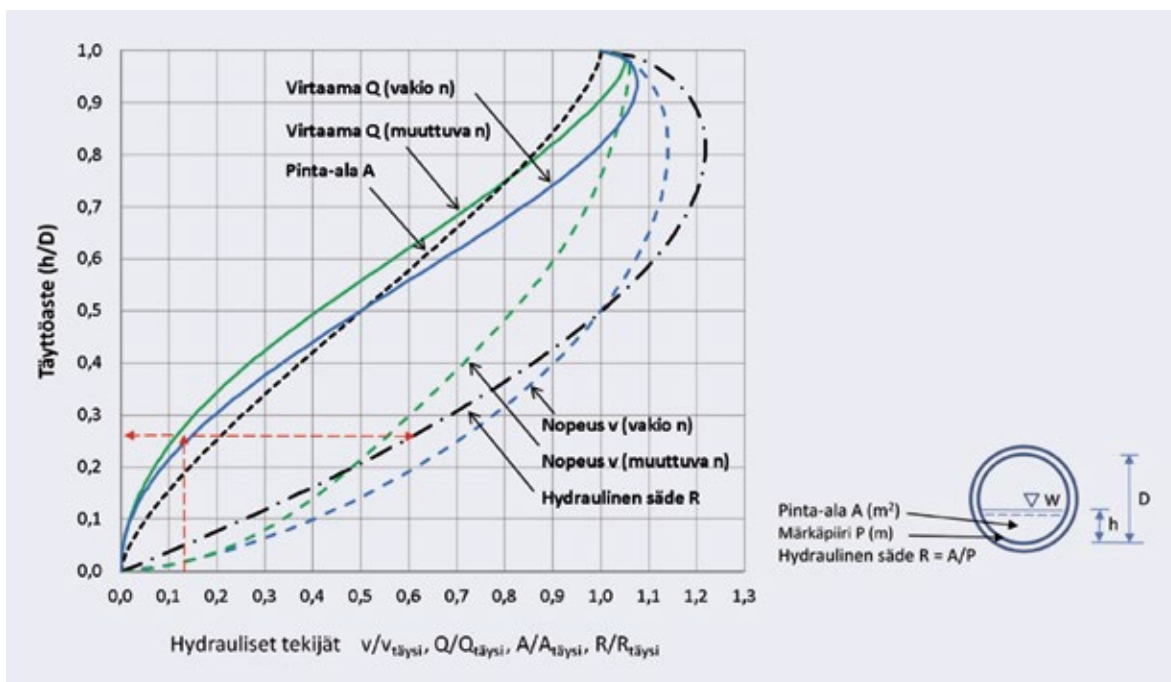
Huuhtoutuminen on tarpeen tarkastella uusien kohteiden lisäksi myös sellaisissa saneeraus- tai muutoskohteissa, joissa viemäriin virtaamat tulevat pienentymään. Tällainen tilanne esiintyy esimerkiksi muutettaessa vanha runkoviemäri paikalliseksi viemäriksi, jolloin viemäriin kaltevuus ja pienentynyt virtaama saattavat olla riittämättömät aikaansaamaan kiintoaineen huuhtoutumisen.

Jätevesiviemäreiden huuhtoutuminen voidaan tarkistaa **kaavalla (5.14)**

$$T = \gamma \cdot g \cdot l \cdot R \quad (5.14)$$

jossa	T =	hankausjännitys (N/m ²)
	γ =	veden tiheys 1000 kg/m ³
	g =	putoamiskiihtyvyys 9,81 m/s ²
	l =	putken kaltevuus, m/m
	R =	= A/P (m), hydraulinen säde =D/4 pyöreälle veden täyttämälle putkelle
	D =	putken sisähalkaisija (m)
	A =	osittain täyden putken vesipoikkileikkausala (m ²)
	P =	vesipoikkileikkausalan märkäpiiri (m)

Hankausjännityksen laskennassa määritetään aluksi huuhtoutumistarkastelun mitoitusvirtaama **kaavoilla 5.3...5.5**. Seuraavaksi lasketaan täyden putken virtaama **kaavoilla 5.10...5.12**. Näiden virtaamien osamäärän Q/Qtäysi avulla voidaan määrittää **kuvan 5.5** käyrästä vajaatäyttöisen putken täyttöaste h/D ja hydraulinen säde R. Sen jälkeen voidaan hankausjännitys T laskea **kaavalla 5.14**.



Kuva 5.5. Osittain täyden pyöreän putken vedenjohtokyky ja termien selitys. Käyrästä perustuu Manningin kaavaan ja tasaisen virtauksen tilanteeseen. Punaiset katkoviivat liittyvät viettoviemärin mitoitusmerkkiin 1.

On mahdollista laskea osittain täyden pyöreän putken virtausnopeus myös Colebrook-Whiten **kaavan (5.10)** avulla. Tällöin **kaavassa 5.10** oleva halkaisija D kerrotaan **taulukon 5.6** mukaisella täyttöastetta vastaavalla kertoimella (h on veden syvyys putkessa).

Taulukko 5.6: Vajaana virtaavan pyöreän putken virtaukseen Colebrook-Whiten kaavassa liittyvä parametri $4R_h/D$. Manningin kertoimen $n/ntäysi$ korjaustekijä vajaana virtaavan putken tapauksessa.

Pyöreän putken suhteellinen täyttöaste h/D	$4 R_h/D$	Manningin kertoimen korjauskertoimen $n/ntäysi$ vajaana virtaavalle putkelle (Walski ym.), huomioitu kuvassa 5.5
0,1	0,2541	1,20
0,2	0,4824	1,28
0,3	0,6838	1,29
0,4	0,8569	1,26
0,5	1,0000	1,22
0,6	1,1106	1,19
0,7	1,1849	1,15
0,8	1,2168	1,12
0,9	1,1921	1,07
1,0	1,0000	1,00

Viettoviemärin maksimikaltevuus

Putken virtausnopeutta rajoitetaan, jotta putki ei alkaisi liiallisessa määrin kulua. Jäteveden syövyttävä vaikutus riippuu myös jäteveden laadusta. Yleensä kulumisen kannalta turvallinen virtausnopeus on 2,5...3,0 m/s. Ohjeellisena suurimman virtausnopeuden arvona betoniputkille voidaan käyttää 6 m/s.

Maksimikaltevuuden voi tapauskohtaisesti kuitenkin ylittää, sillä suurten virtausnopeuksien ei ole todettu olennaisesti lisäävän betoniputkien kulumista. Jyrkät osuudet voidaan kuitenkin välttää ns. porraskaivojen avulla.

SFS-EN 752:2008. Drain and sewer systems outside buildings.

Walski Thomas, Barnard Thomas ym. Wastewater collection. System modeling and design.

Haestad Methods.

Vesihuolto II. RIL 124-2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Viettoviemärin mitoitus esimerkki

Lähtöoletukset:

- mitoitusvirtaama 60 l/s
- putken kaltevuus $I = 6 ‰$
- betoniputki, jonka karkeuskerroin $k = 1,0 \text{ mm}$
- valittava putken halkaisija ja tarkistettava huuhtoutuvuus

Colebrookin nomogrammista (**kuva 5.4**) saadaan mitoitusvirtaaman 60 l/s ja kaltevuuden 6 ‰ perusteella putken sisähalkaisijaksi välillä 225...300 mm oleva arvo. Valitaan putken kooksi lähinnä suurempi eli 300 mm, jolle nomogrammista saadaan virtauskapasiteetti noin 80 l/s ja virtausnopeudeksi 1,1 m/s.

Jos huuhtoutumisen määräävä virtaama Q_{jhuuht} (kaavat 5.3...5.5) on 10 l/s, saadaan

$$Q/Q_{\text{täysi}} = 10/80 = 0,125$$

Sovelletaan kuvassa 5.5 olevaa osittain täyden putken diagrammia (valitaan käyrät, joissa Manningin kerroin n muuttuu täyttöasteen mukaan). Tällöin saadaan täyttöasteeksi eli vesisyvyyden suhteeksi halkaisijasta

$$h/D = 0,27$$

ja suhteelliseksi nopeudeksi

$$v/v_{\text{täysi}} = 0,57$$

sekä hydraulisten säteiden suhteelle

$$R/R_{\text{täysi}} = 0,63$$

Osittain täynnä virtaavan putken virtausnopeudelle saadaan

$$v = 0,57 \times 1,1 \text{ m/s} = 0,63 \text{ m/s}$$

Vedenpinnan korkeudeksi saadaan

$$h = 0,27 \times 300 \text{ mm} = 81 \text{ mm}$$

Hydraulinen säde osittain täynnä virtaavalle putkelle

$$R = 0,63 \times R_{\text{täysi}} = 0,63 \times (\pi D^2/4)/(\pi \times D) = 0,63 \times D/4 = 0,63 \times 300/4 = 47 \text{ mm}$$

Putken itsepuhdistuvuus tarkistetaan hankausjännityksen kaavasta (5.14)

$$T = \gamma \cdot g \cdot l \cdot R = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,006 \times 0,047 \text{ m} = 2,8 \text{ N/m}^2.$$

Viemäri on itse puhdistuva, koska hankausjännitys on $>1,5 \text{ N/m}^2$.

Viettoviemärin mitoitusesimerkki 2

Asuntoalueen pääviemärin virtaamat pienentyvät alueen viemäröinnin muutosten seurauksena. Kyseessä voi olla esimerkiksi hulevesien eriyttäminen tai viemäröinnin pääsuunnan muuttuminen. Viemärin halkaisija on 500 mm ja kaltevuus 2 ‰. Muutoksen jälkeen huuhtoutumisen mitoitusvirtaamaksi jää 13 l/s ($=Q_{\text{jhuuht}}$, **kaavat 5.3...5.5**). Putken seinämän karkeuskerroin on $k = 1,0$ mm. Viemäri katsotaan huuhtoutuvaksi, kun virtauksen aiheuttama hankausjännitys on $\geq 1,5$ N/m².

- Onko putki huuhtoutuva muuttuneella virtaamalla?
- Mikä viemärin kaltevuuden tulisi olla, jotta se olisi huuhtoutuva?
- Voidaanko tilannetta korjata vaihtamalla putki sisähalkaisijaltaan 300 mm:n putkeksi?

Vastaus kohtaan a:

Nähdään Colebrookin nomogrammista (**kuva 5.4**) tai **kaavoista 5.10...5.12**, että täyden putken virtaama on 178 l/s. Tällöin huuhtoutumisvirtaaman ja täyden putken virtaaman suhdeluku on $Q_{\text{jhuuht}}/Q_{\text{täysi}} = 13/178 = 0,07$

Kyseisen suhdeluvun avulla saadaan **kuvan 5.5** diagrammista osittain täyden putken hydrauliset tekijät. Täyttöasteeksi saadaan $h/D = 0,21$, mikä tarkoittaa putkessa olevan vettä $0,21 \times 500$ mm = 105 mm.

Hydraulisten säteiden suhteeksi saadaan **kuvasta 5.5**

$$R/R_{\text{täysi}} = 0,50$$

Täyden putken hydraulinen säde on $R_{\text{täysi}} = A/P = (\pi D^2/4)/(\pi \times D) = D/4 = 125$ mm

Näin ollen hydraulinen säde osittain täynnä virtaavalle putkelle on

$$R = 0,50 \times R_{\text{täysi}} = 0,50 \times 125 = 63 \text{ mm}$$

Tarkistetaan putken itsepuhdistuvuus hankausjännityksen **kaavalla (5.14)**

$$T = \gamma \cdot g \cdot l \cdot R = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,002 \times 0,063 \text{ m} = 1,2 \text{ N/m}^2.$$

Viemäri ei siis ehkä ole itsepuhdistuva, koska hankausjännitys on $< 1,5$ N/m².

Vastaus kohtaan b:

Kokeillaan kaltevuudeksi arvoa 3 ‰.

Tällöin täyden putken virtaama olisi 218 l/s **kuvan 5.4** tai **kaavojen 5.10...5.12** perusteella. Huuhtoutumisvirtaaman ja täyden putken virtaaman suhdeluku on

$$Q_{\text{jhuuht}}/Q_{\text{täysi}} = 13/218 = 0,06$$

Tällöin saadaan osittain täynnä virtaavan putken diagrammista (**kuva 5.5**) täyttöasteeksi

$$h/D = 0,19$$

ja hydraulisten säteiden suhteeksi

$$R/R_{\text{täysi}} = 0,45$$

Täyden putken hydraulinen säde on $R_{\text{täysi}} = A/P = D/4 = 125 \text{ mm}$

Hydraulinen säde osittain täynnä virtaavalle putkelle on tällöin

$$R = 0,45 \times R_{\text{täysi}} = 0,45 \times 125 = 56 \text{ mm}$$

Tarkistetaan putken itsepuhdistuvuus hankausjännityksen **kaavalla (5.14)**

$$T = \gamma \cdot g \cdot l \cdot R = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,003 \times 0,056 \text{ m} = 1,6 \text{ N/m}^2 (>1,5 \text{ N/m}^2).$$

Hankausjännitys siis hieman ylittäisi vaaditun vähimmäisarvon, joten viemäriin vähimmäiskaltevuus olisi likimain 3 ‰.

Vastaus kohtaan c:

Putkikoon muuttuessa (300 mm:ksi) ja kaltevuuden säilyessä (2 ‰) täyden putken virtaamaksi saadaan 46 l/s **kuvan 5.4** tai **kaavojen 5.10...5.12** perusteella. Tällöin huuhtoutumisvirtaaman ja täyden putken virtaaman suhdeluku on

$$Q_{\text{jhuuht}}/Q_{\text{täysi}} = 13/46 = 0,28$$

Osittain täyden putken diagrammista (**kuva 5.5**) saadaan täyttöasteeksi

$$h/D = 0,41$$

ja hydraulisten säteiden suhteeksi

$$R/R_{\text{täysi}} = 0,88$$

Täyden putken hydraulinen säde on $R_{\text{täysi}} = A/P = (\pi D^2/4)/(\pi \times D) = D/4 = 75 \text{ mm}$

Hydraulinen säde osittain täynnä virtaavalle putkelle on tällöin

$$R = 0,88 \times R_{\text{täysi}} = 0,88 \times 75 = 66 \text{ mm}$$

Hankausjännitys on tällöin **kaavan 5.14** mukaan:

$$T = \gamma \cdot g \cdot l \cdot R = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,002 \times 0,066 \text{ m} = 1,3 \text{ N/m}^2.$$

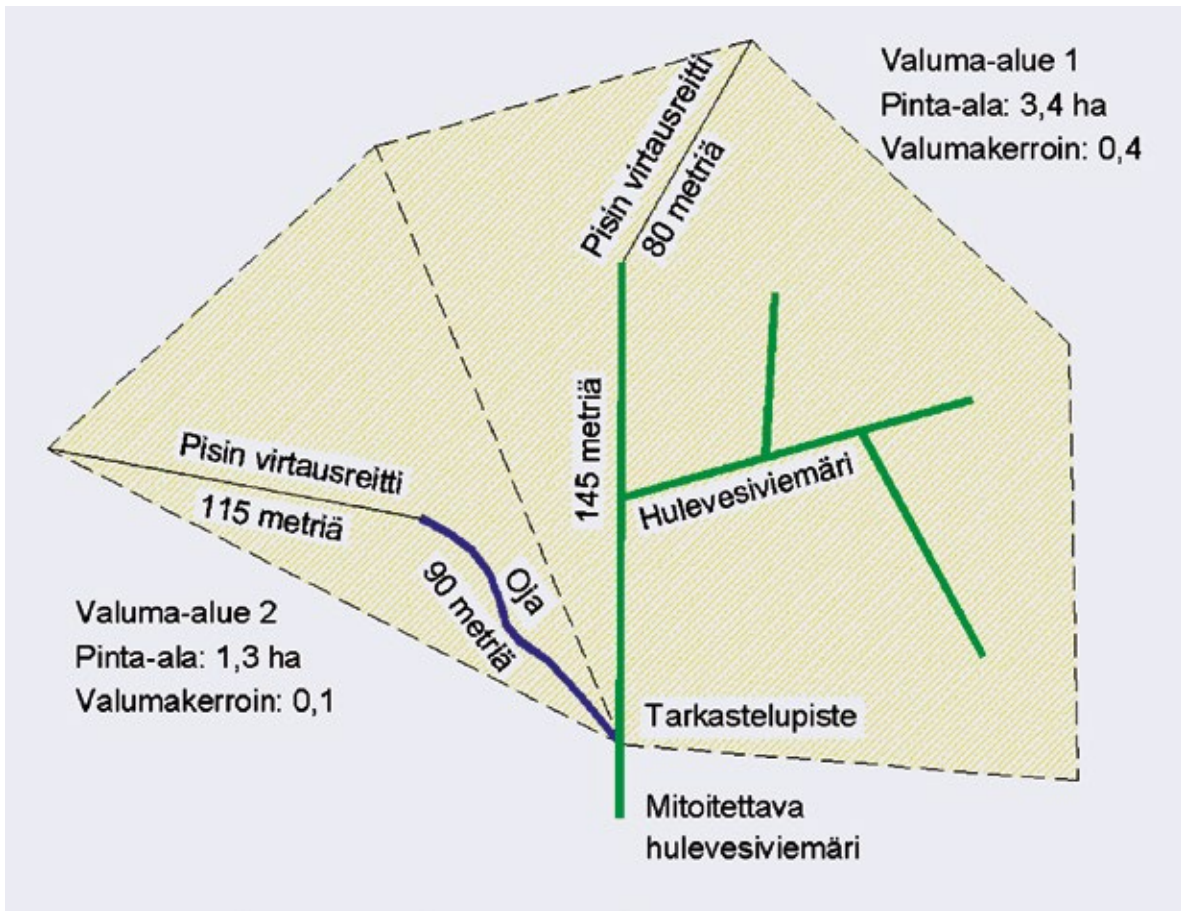
Viemäri ei ilmeisesti ole itsepuhdistuva, koska hankausjännitys on $<1,5 \text{ N/m}^2$. Putken halkaisijaa muuttamalla ei siis pystytty nostamaan hankausjännityksen arvoa riittävästi (vrt. kohta a).

Kokonaisuudessaan esimerkki havainnollistaa, että alun perin runkolinjalle sallittuun minimikaltevuuteen tehdyn putken muuttaminen paikallisviemäriksi voi aiheuttaa toiminnallisia ongelmia ja vaatia normaalia tiheämpiä kunnossapitotoimia. Huuhtoutuvuutta parantaisi kaltevuuden lisääminen, mutta siihen ei ole olemassa olevissa linjoissa yleensä ole edellytyksiä.

Hulevesiviemärin mitoitusesimerkki

Tarkastellaan **kuvassa 5.6** esitettyä valuma-aluetta sen tarkastuspisteessä ja mitoitetaan siitä alkava hulevesiviemäri.

Mitoituksen lähtökohdaksi on esimerkissä valittu keskimäärin kerran kahdessa vuodessa toistuva sade. Valitun todennäköisyyden tulee perustua joko kohdekohtaiseen riskiarvioon tai suunniteltavan järjestelmän haltijan omaan ohjeistukseen. Valuma-alue on jaettavissa kahteen osavalmaluueeseen, joista VA 1 on tehokkaasti rakennettu ja VA 2 on rakennettu väljästi. Tehokkaasti rakennetulla alueella on aiemmin rakennettua hulevesiviemäriverkostoa ja väljällä alueella hulevedet purkautuvat tarkasteltavaan pisteeseen ojan kautta.



Kuva 5.6. Hulevesimitoituksen laskentaesimerkin tarkastelualue (lähde: Hulevesiopus).

Mitoitussateen keston määrittelemiseksi arvioidaan ensin valuma-alueen kertymisaika käyttäen apuna **taulukon 5.3** ohjeellisia virtausnopeuksia. Kummaltakin osa-alueelta määritellään pisin virtausreitti ja jaetaan se tarkoituksenmukaisiin osiin. Valuma-alueella VA1 pisin virtausreitti muodostuu 145 metriä pitkästä viemäriosuudesta ja 80 metriä pitkästä maanpintaosuudesta.

Valuma-alueella VA2 virtausreitti muodostuu 90 metriä pitkästä ojasta sekä 115 metriä pitkästä maanpintaosuudesta. Osa-alueiden kertymisajoiksi saadaan tällöin alla olevassa **taulukossa 5.7** esitetyt arvot.

Taulukko 5.7. Huleveden kertymisajat laskentaesimerkissä.

Alue	Pisin matka			Pisin virtausaika (min)			
	Viemäri	Oja	Maa	Viemäri	Oja	Maa	Yhteensä
VA 1	145		80	2		13	15
VA 2		90	115		3	19	22

Valuma-alueella VA1 kertymisaika on noin 15 minuuttia ja valuma-alueella VA2 noin 22 minuuttia. Koska valuma-alue VA1 on pinta-alaltaan ja valumakerroimeltaan suurempi, tarkastelupisteen suurin virtaama muodostuu 15 minuutin sateen perusteella, mikä valitaan mitoitusasteeksi. Myös valuma-alueesta VA2 suurin osa ehtii muodostaa valuntaa 15 minuutin sateella. **Taulukosta 5.1** saadaan 15 min sateelle, joka toistuu kerran kahdessa vuodessa (1/2a), virtaama 100 l/s ha. Jos halutaan varautua ilmastonmuutokseen, sateen määrä on tällöin 120 l/s ha (**taulukko 5.2**)

Maanpintaosuuden virtausajan perusteella voidaan arvioida, että noin 70 % valuma-alueesta VA 2 muodostaa valuntaa valitulla 15 min:n kestoisella mitoitusasteella. Tällä tavalla tarkastelupisteen mitoitusvirtaamaksi saadaan alla olevassa **taulukossa 5.8** esitetty arvo.

Taulukko 5.8. Mitoitusvirtaama laskentaesimerkissä.

Alue	Pinta-ala (ha)	Tehokas pinta-ala (ha)	Valumakerroin	Sateen rankkuus (l/s-ha)	Virtaama (l/s)
VA 1	3,4	3,4	0,4	100	136
VA 2	1,3	0,9	0,1	100	9
Yhteensä					145

Kuvan 5.4 käyrästä nähdään, että virtaaman 145 l/s johtamiseen tarvitaan vähintään putki DN400, jos putken kaltevuus on 5 ‰. Riittävän varmuuden saavuttamiseksi valitun putken kapasiteetin tulee kuitenkin olla teoreettista tarvetta suurempi. Siksi tässä tapauksessa on perusteltua valita seuraava putkikoko DN500, jonka kapasiteetti **kuvan 5.4** mukaan on 282 l/s. Havaitaan myös **taulukosta 5.5**, että putken kaltevuus 5 ‰ täyttää huuhtoutumisen edellyttämän kaltevuusosuituksen.

Q_{max}-putken hydraulinen mitoitus

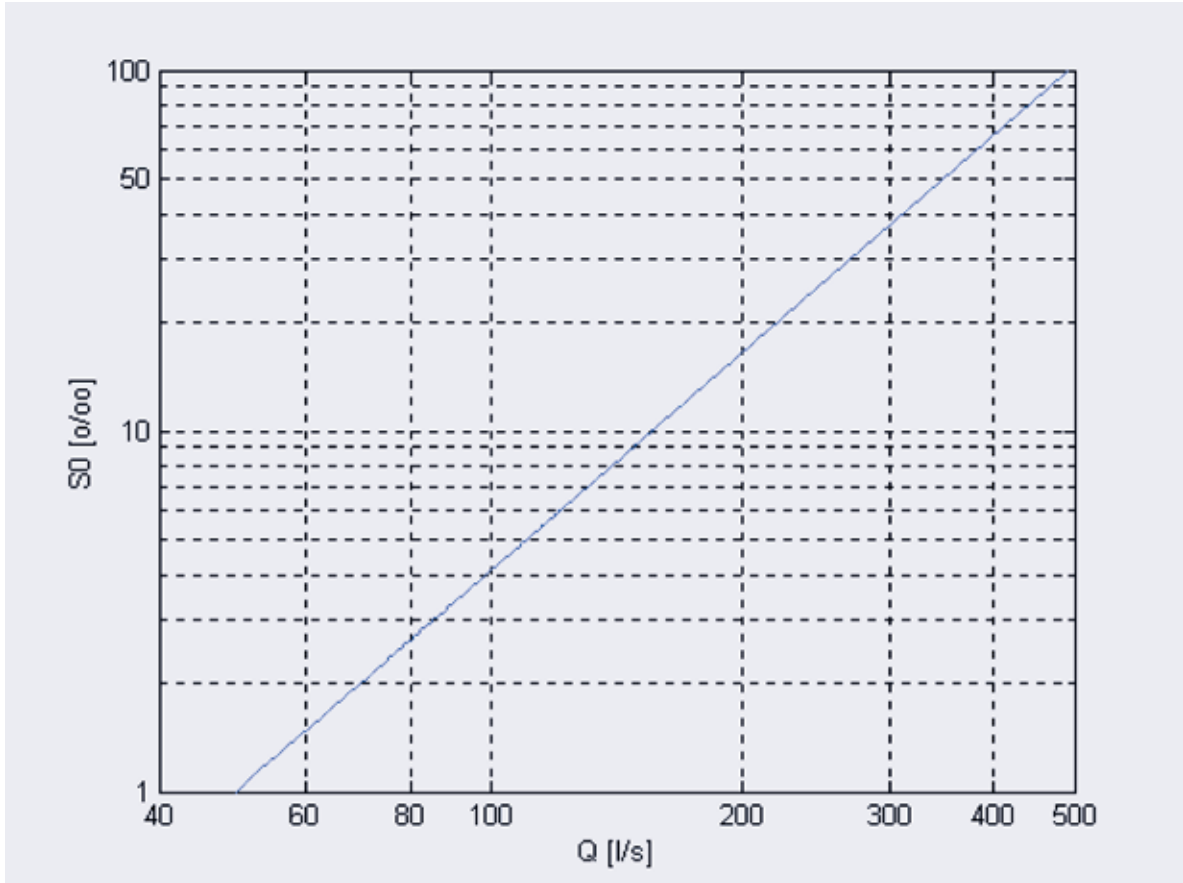
Kuvista 5.7 ja **5.8** saadaan Q_{max}-putken kokonaisvirtaaman [l/s, (dm³)] ja kaltevuuden välinen yhteys [‰]. **Kuva 5.7** on tarkoitettu putkikoolle 300/450 ja **kuva 5.8** putkikoolle 500/750.

Kuvan 5.9 avulla voidaan laskea virtausnopeus [m/s] ja virtaama [l/s, (dm³)] putken eri täyttöasteella vedenpinnan korkeuden funktiona. Laskettaessa virtausnopeutta tarvitaan putken poikkipinta-ala, jolla virtaama jaetaan, jolloin saadaan virtausnopeus. Q_{max}-putkien poikkipinta-ala on ilmoitettu **taulukossa 5.9**.

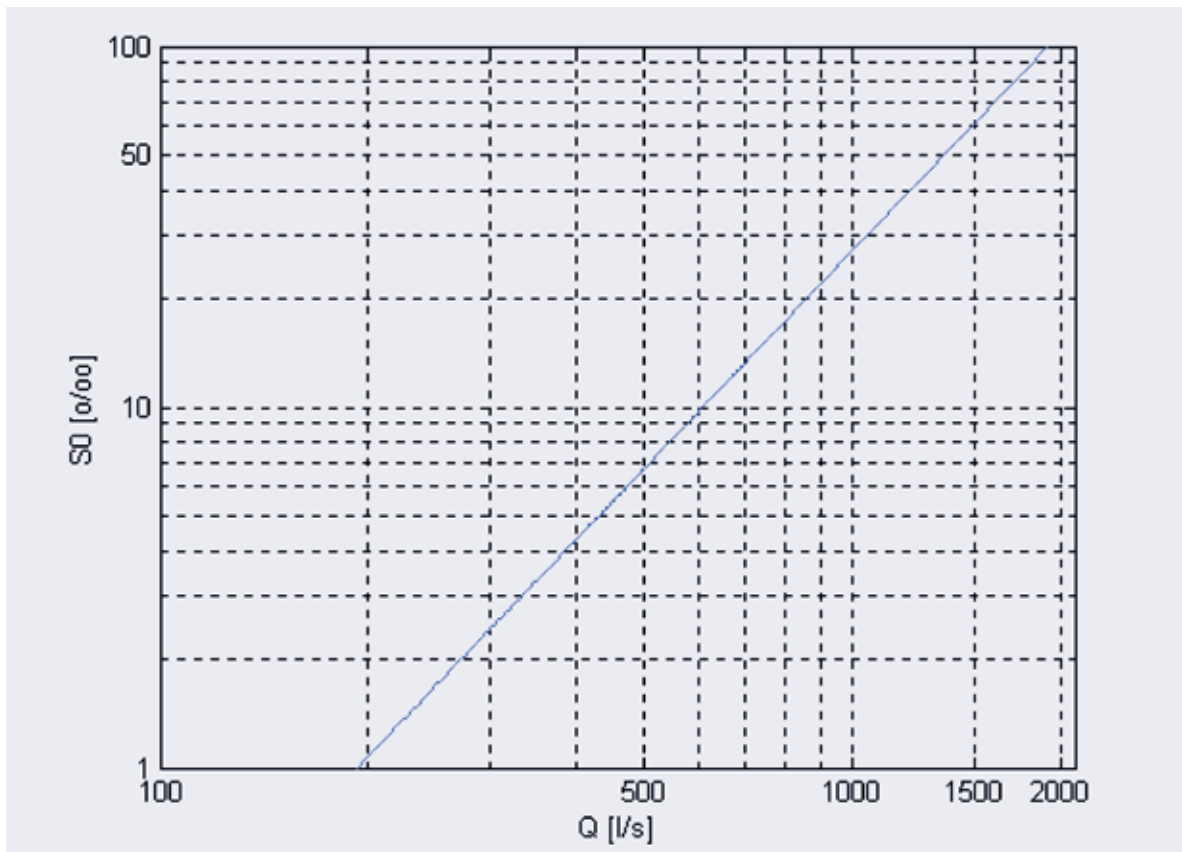
Q_{max}-putken hydraulisten ominaisuuksien käyrät dimensiottomassa muodossa eivät riipu putken koosta. **Kuva 5.9** on siis täysin identtinen mille tahansa putkikoolle.

Taulukko 5.9. Qmax-putkien poikkipinta-ala.

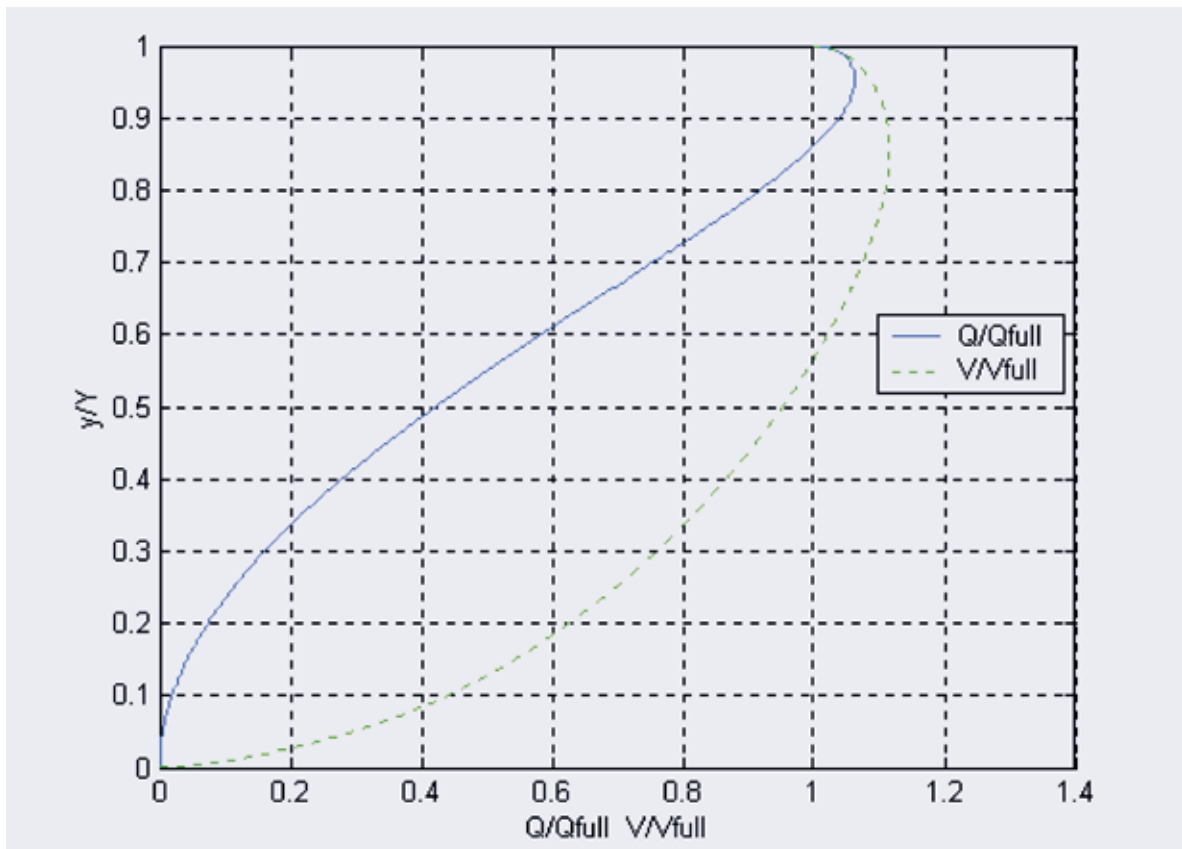
Putkikoko	Poikkipinta-ala [m²]
300/450	0,103
500/750	0,287



Kuva 5.7. 300/450 Qmax-putken kokonaisvirtaaman [l/s] ja kaltevuuden välinen yhteys [‰].



Kuva 5.8. 500/750 Q_{max} -putken kokonaisvirtaaman [l/s] ja kaltevuuden välinen yhteys [‰].



Kuva 5.9. Q_{max} -putken hydraulisten ominaisuuksien käyrät dimensiottomassa muodossa. Kuvassa sininen käyrä ilmoittaa virtaaman suhteellisen määrän täynnä olevan putken verrattuna ja vihreä käyrä suhteellisen virtausnopeuden täynnä olevaan putkeen verrattuna.

Mitoitusesimerkkejä:

Mikä on virtaama 500/750 putkella, kun putken kaltevuus on 10 0/00?

Vastaus: 500/750 putkella virtaama on 610 l/s (**kuva 5.8**).

Mikä on virtausnopeus edellä mainituilla arvoilla?

Vastaus: Virtausnopeus 500/750 putkella on $0,610 \text{ m}^3/\text{s} / 0,287 \text{ m}^2 = 2,13 \text{ m/s}$ (pinta-ala **taulukosta 5.9**).

Mikä on virtaama ja virtausnopeus edellä mainituilla lähtöarvoilla, kun putken vedenpinnan korkeus puolet kokonaiskorkeudesta?

Vastaus: Kuvassa 5.9 sininen käyrä on virtaamalle ja vihreä käyrä virtausnopeudelle.
Virtaama: vedetään suhteellisesta korkeudesta 0,5 [y/Y] vaakasuora viiva siniseen käyrään. Tästä kohdasta vedetään pystysuora viiva alas ja saadaan suhteellinen arvo 0,42 [Q/Q_{full}]. Nyt virtaama lasketaan kertolaskulla $0,42 * 610 \text{ l/s} = 256 \text{ l/s}$.
Virtausnopeus: Virtausnopeus määritetään samalla tavalla kuin virtaama eli nyt vedetään suhteellisesta korkeudesta 0,5 [y/Y] vaakasuora viiva vihreään käyrään. Tästä kohdasta vedetään pystysuora viiva alas ja saadaan suhteellinen arvo 0,95 [V/V_{full}]. Nyt virtausnopeus lasketaan kertolaskulla $0,95 * 2,13 \text{ m/s} = 2,0 \text{ m/s}$.

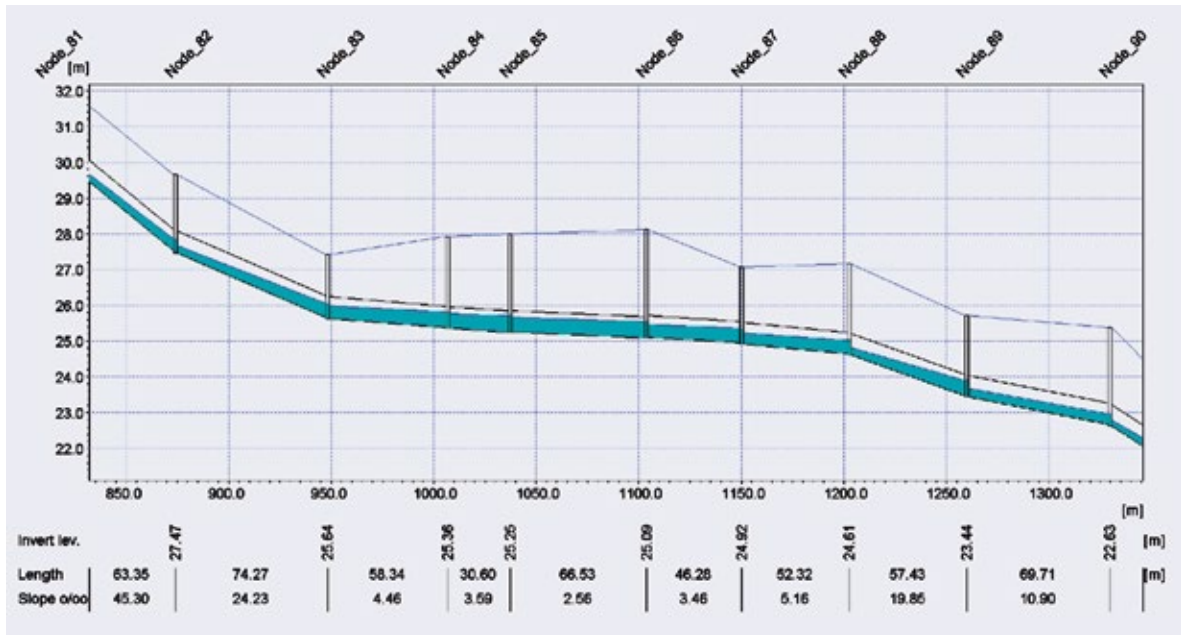
5.2.6 Mitoitus verkostomallinnuksella

Suunniteltavan viemäriverkoston mitoitus kuten myös olemassaolevan verkoston kapasiteetti-tarkastelut tehdään nykyisin useimmiten verkostomallinnuksella. Mallinnuksessa lasketaan tietokoneohjelman avulla verkostossa esiintyvät vedenkorkeustasot, virtaamat ja muut tekijät tietyn tarkasteluajanjakson aikana.

Lähtötietoina annetaan verkoston tarkastuskaivoihin tulevat jätevesi- ja vuotovesivirtaamat ja niiden ajallinen vaihtelu. Hulevesiviemäriverkon mallinnuksessa lisäksi lasketaan hydrologisella mallilla osavalmu-alueilta tarkastuskaivoihin tulevat hulevesien virtaamahydrografit.

Mallinnuksen tulokset palvelevat seuraavia tavoitteita:

- uusien verkkojen putkikokojen mitoitus osana alueen vesihuollon yleis- tai toteutussuunnittelua
- verkostoon kuuluvien pumppaamojen, tasausaltaiden, ylivuotojen ja muiden hydraulisten rakenteiden mitoitus ja toiminnan analysointi
- olemassa olevan viemäriverkon hydraulisen kapasiteetin ja pullonkaulakohtien selvittäminen
- tulevaisuuden maankäyttötilanteiden vaikutukset verkoston kapasiteetin riittävyteen ja saneeraustarpeisiin
- viemäriverkon vuotovesitilanteen analysoiminen



Kuva 5.10. Verkostomallinnuksella laskettu vesipinta viettoviemärin pituusprofiilissa.

Mallinnustyö sisältää pelkistetysti seuraavat päävaiheet, joita yleensä toistetaan kulloisenkin mallinnuskohteen eri laskentatilanteiden mukaisesti:

1. lähtötietojen hankkiminen: verkostotiedot, pumppaamot, valuma-alueet
2. valuma-alue selvitys: osavaluma-aluejako ja valumakertoimet, kertymisajat ja muut valuntaparametrit osa-alueittain
3. asutuksen ym. jätevesimäärien ja niiden tuntivaihtelun selvittäminen
4. mitoitusperusteena olevien sadetapahtumien muodostaminen malliin (sadekirjastot)
5. hydrologisen mallin (valuma-alueet) ja verkostomallin (putket, kaivot, pumppaamot ym.) luominen tietokoneelle
6. mallin kalibrointi mahdollisesti
7. laskenta-ajot mallilla halutuissa sade-, jätevesi-, hulevesi- ja vuotovesitilanteissa
8. graafisten tulosteiden luominen halutuista tulostuspisteistä
9. tulosten analysointi ja johtopäätösten teko

Viemäriverkon mallilla suoritettavien laskentojen tuloksena saadaan verkoston vedenkorkeus- ja virtaamakäyttäytyminen laskentajakson aikana koko verkoston alueella. Tulokset voidaan esittää mm. teemakarttoina, aikavaihtelukäyrinä ja pituusprofiileina, joista viemäriverkon vedenkorkeudet ja mahdolliset tulvimiset käyvät ilmi. Tulosteena voidaan esimerkiksi esittää putkiosuuksittain käytössä oleva osuus (%) putken hydraulisesta kapasiteetista.

5.3 Rakennussuunnittelu

5.3.1 Suunnittelua palvelevat maastotutkimukset

Pohjatutkimusten laajuus määritetään olemassa olevaa ohjeistusta hyödyntäen siten, että kussakin suunnittelu ja rakentamisvaiheessa on käytössä riittävät lähtötiedot rakenteiden ja kaivantojen suunnittelua, ympäristövaikutusten arviointia, läheisten rakenteiden huomioonottamista ja rakennuskustannusarviota varten.

Lähtökohtana on, että suunnitelmaan kuuluvien määräluetteloiden ja kustannusarvion tarkkuus perustuu suunnitteluvaiheen mukaiseen perusteltuun tekniseen ratkaisuun ja toteuttamiskelpoisuuteen. Riittävän tarkka ja toteuttamiskelpoinen suunnittelu on mahdollista tehdä vain riittävän yksityiskohtaisten ja kattavien pohjatutkimusten perusteella. Maaperän ominaisuudet vaihtelevat usein pienipiirteisesti, jolloin geologiselle muodostelmalle ei voida määrittää maamekaanisia ominaisuuksia vain muutamissa pisteissä tehdyillä tutkimuksilla.

Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. Liikenneviraston ohjeita 12/2015

Jo yleissuunnitteluvaiheessa tulee olla käytettävissä riittävät pohjasuhdetiedot suunnitelman toteutettavuuden arviointia sekä vaihtoehtojen luotettavaa vertailua varten. Tutkimusaineisto täydennetään rakennussuunnitelmaa varten tekemällä putkilinjan kohdalta ja tarvittaessa vierestä kairauksia ja ottamalla tarvittaessa häiriintyneitä ja/tai häiriintymättömiä maaperänäytteitä laboratoriotutkimuksia varten. Vaihtoehtotarkasteluja varten tiedot pohjasuhteista perustuvat:

- maastokäyntiin,
- karttataarkasteluun (mm. maaperäkartat),
- aikaisempaan tutkimusaineistoon ja
- hankkeen uusiin pohjatutkimustuloksiin

Tavoitteena on hankkia riittävästi tietoa jotta voidaan määrittää mm.:

- putkilinjan edullisin sijainti maastossa,
- putkilinjan perustamistapa,
- mahdollinen louhintatarve,
- kaivannon luiskakaltevuudet tai tuentatarve,
- pohjaveden alennus- ja/tai kuivatustarve,
- tarve työn aikaisille seurantamittauksille (siirtymät, värinä, ...),
- savisulkujen tarve sekä
- kaivumaiden ja uusiomateriaalien hyödyntämismahdollisuudet.

Riittävien tietojen perusteella laaditaan tarvittavat suunnitelmat.

Edustavilla pohjatutkimuksilla selvitetään kunkin geologisen muodostuman pohjasuhteet ja laajuus. Pohjatutkimukset koostuvat mm. kairauksista, niiden yhteydessä otettujen maanäytteiden laboratoriotutkimuksista sekä pohjavesiputkien asentamisesta ja pohjavesipinnan mittauksista. Pohjatutkimuksilla on selvitettävä ainakin maalajit, maakerrosrajat, maakerrosten ominaisuudet ja pohjaveden sekä mahdollisen orsiveden pinta. Maaperäolosuhteista riippuen selvitetään myös mm. kallionpinnan sijainti ja kuivakuoren paksuus. Kairausten lisäksi geofysikaalisilla menetelmillä voidaan hankkia jatkuvaa pohjatutkimustietoa, jonka tarkkuus ja soveltuvuus vaihtelee olosuhteista ja menetelmistä riippuen.

Maakerrosten ominaisuuksista määritetään mm. lujuus-, kokoonpuristuvuus- ja routivuusominaisuudet. Mikäli todennäköinen pohjanvahvistustapa on syvästabilointi ja vie-reisiltä alueista vastaavista olosuhteista ei ole riittävästi aikaisempia kokemuksia syvästabiloinnista, tehdään myös kohteen maanäynteillä stabiloituvuuskokeet kohteeseen soveltuvan sideainereseptin (laatu ja määrä) selvittämiseksi.

Suomessa käytössä olevat pohjatutkimusmenetelmät ja niiden käyttötarkoitukset, sekä tutkimusten ohjelmointi-, suoritus- ja raportointiohjeita, on esitetty Liikenneviraston julkaisussa "Geotekniset tutkimukset ja -mittaukset". Julkaisussa on myös esitetty pohjatutkimusmenetelmäkohtaisesti ko. tutkimusten suorittamisessa noudatettavat standardit.

Suunnittelukohteesta mitataan ja luodaan maastomalli halutulta alueelta. Mikäli alueelta on esim. ko. kaupungin laserkeilausaineistoa, hyödynnetään se suunnittelu lähtötietona. Suunnitteluun ja rakentamiseen vaikuttavat rakenteet ja laitteet kartoitetaan tarvittavassa laajuudessa.

Kartoitustulokset ja pohjatutkimuskairausten symbolit esitetään putkilinjan asemapiirustuksessa. Pohjatutkimusten symbolit esitetään kartoilla SGY:n ohjeen "Pohjatutkimusmerkinnät" mukaisesti. Maaperätiedot esitetään putkilinjan pituusleikkauksissa ja tarvittaessa poikkileikkauksissa.

Pohjatutkimusmerkinnät. Suomen geotekninen yhdistys (SGY) 2007

5.3.2 Putkityypin ja kestävyysluokan valinta

Putkityypin valinta

Jäte- ja hulevesiviemäriverkostossa sekä rummuissa käytetään joko pyöreitä, jalallisia tai munanmuotoisia EK-putkia sekä EK-järjestelmän kaivoja ja soviteosia. EK-viemärintijärjestelmässä on laaja valikoima, putkia, kaivoja ja täydentäviä soviteosia. Järjestelmän kiintotiiviste takaa hyvän tiiveyden myös mahdollisessa toispuoleisessa kuormitustapauksessa.

Tiivisteiden rakenne ja EK-putkien päiden muotoilu on tehty siten, että putki keskittää itsensä eikä liitokseen synny porrastusta. Tämä mahdollistaa putkien nopean ja turvallisen koneellisen asennuksen.

EK-putket ovat niin painavia, että alkutäytön tiivistäminen putken vierellä voidaan tehdä koneellisesti ja asennetut putket pysyvät paikallaan täytön aikana.

Asennushetken jälkeen tapahtuvat muutokset esim. liikenneolosuhteissa tai muut suunniteltua suuremmat kuormitukset aiheuttavat putkilinjassa liikkeitä, jotka voivat johtaa saumojen vuotoihin tai jopa putkirikkoihin. EK-putkisaumojen tiiviyden poikkeavissa olosuhteissa varmistaa se, että saumat sallivat määrätyn kulmanmuutoksen. EK-saumojen sallitut kulmanmuutokset esitetään **taulukossa 5.10.**

Taulukko 5.10. EK-putkien sallittu kulmanmuutos.

Putken halkaisija	Sallittu kulmanmuutos	Putken halkaisija	Sallittu kulmanmuutos
225 mm	2,9°	1000 mm	0,9°
300 mm	2,6°	1200 mm	0,6°
400 mm	2,0°	1400 mm	0,6°
500 mm	1,4°	1600 mm	0,6°
600 mm	1,4°	1800 mm	0,6°
800 mm	1,1°	2000 mm	0,6°

Kestävyydsluokan valinta

Betoniputken kestävyysluokka valitaan yleensä enimmäis- ja vähimmäispeitesyvyyden mukaan.

Putkien sallitut peitesyvyydet on esitetty **kohdassa 6.3.1.**

Pääsääntöisesti pieniläpimittaiset putket (225-400) ovat raudoittamattomia ja suuriläpimittaiset (≥ 500) ovat raudoitettuja. Perusteina raudoitetun putken käytölle ovat mm. putken koko, kestävyysluokka sekä putken käyttöaikana odotettavissa olevat putkeen kohdistuvan kuormituksen muutokset. Raudoitetun putken käytöllä saavutetaan lisävarmuutta putken kestävyteen ja putken murtumista edeltää suuret muodonmuutokset (sitkeä murtuminen).

Putkilinjoihin, joihin kohdistuu poikkeuksellisia liikenne- tai muita kuormituksia kuten rautatie- ja lentokenttäalueilla, putken kestävyys tulee varmistaa laskelmin. Peitesyvyydestä riippuen dynaamiset kuormitukset erityisesti rautateiden alueilla voivat tulla mi-toittaviksi.

Kaivonrenkaiden ja kansien kuormituskestävyydet ja sallitut asennussyvyydet on esitetty **kohdassa 6.3.2.**

Jos kaivoon kohdistuu liikennekuormaa, käytetään Cr-luokan kaivonrenkaita. Yli 10 metrin asennussyvyyksiin tulevien kaivojen mitoitus tehdään tapauskohtaisesti.

5.3.3 Putkilinjan perustaminen

Perustamistapa ja arina:

Perustamistavan valintaan vaikuttavat mm.:

- maaperän ominaisuudet (painuma- ja lujuusominaisuudet, häiriintymisherkkyys)
- pohjaveden (ja orsiveden) pinnan taso
- putkilinjalle sallitut painumat ja painumaerot (esim. vaikutus pituuskaltevuuteen)
- käytettävän putkimateriaalin ja liitosten käyttäytyminen maaperän painuessa
- viereisten tai samaan kokonaisuuteen kuuluvien rakenteiden perustamistapa (tie tai katu, muut putket ja johdot, rakennukset - niiden painuma, kallistukset, routa, yms. huomioiden)
- pehmeikköalueilla kaivu- ja asennustyön vaatimukset
- verkoston omistajan käytännöt
- rummuilla myös pohjamaan routivuus.

Putkilinjan perustamistavat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

1. Perustaminen pohjamaan varaan ilman arinaa
2. Perustaminen pohjamaan varaan arinarakenteen välityksellä
3. Perustaminen paalutukselle, syvästabiloidulle pohjamaalle tai massanvaihdolle

Perustettaessa asennusalustan ja pohjamaan varaan ilman arinarakennetta, lähtökohtana on pohjamaan riittävä painumattomuus. Perustettaessa arinarakenteen varaan pohjamaan oletetaan jonkin verran tiivistyvän vuosien kuluessa. Vähäinen painuminen hyväksytään ja putkiverkoston toiminta varmistetaan valitsemalla riittävä pituuskaltevuus, joka sietää painumaa ja arinarakenne, joka tarkasteltavissa maaperäolosuhteissa painuu tasaisesti eikä haitallisia painumaeroja synny.

Taulukossa 5.11 annetaan ohjeita arinarakenteen valintaan. Arinoiden rakentamisohjeet sekä joitakin suunnittelussa huomioitavia seikkoja on esitetty InfraRYL:ssa kohdassa 13300. Kaivojen ja muiden laitteiden perustamisessa noudatetaan samaa perustamistapaa kuin putkilla ja perustusrakenne ulotetaan laitteen ulkoreunan ulkopuolelle vastaavasti kuin putkien kohdalla.

Taulukko 5.11. Arinarakenteen valinta. Erilaisten arinarakenteiden poikkileikkaukset ja periaatteet on esitetty InfraRYL:ssa (13300).

Arinatyypit	Pohjamaan laatu	Huom.
Kiviainesarina (InfraRYL 13310)	Kiinteä savi, kuivakuorisavi, siltti, stabiloitu savi	Tarvittaessa kaivannon pohjan leventäminen, arina paketoidaan kuitukankaalla.
Puuarina (lankku- tai hirsjarina, InfraRYL 13320)	Pehmeä savi, lieju tai turve	Voidaan käyttää vain vedellä kyllästetyssä ja ilmattomassa tilassa (pohjaveden pinnan alapuolella).
Teräsbetonilaatta (InfraRYL 13330)	Pehmeä savi, syvästabiloitu savi	Betonimassan ja pohjamaan sekoittuminen valuvaiheessa estettävä esim. suodatinkankaalla.
Teräslevyarina (InfraRYL 13340)	Kiinteä savi, kuivakuorisavi, siltti, löyhä tasarakeinen hiekka	Alapuolisten urien tulee täytyä maa-aineksesta.

Silloin kun arinan varaan perustamalla putkilinjan liiallinen painuma on mahdollista (kevyestä kaivannon täyttömateriaalista huolimatta), on putki perustettava massanvaihdon, syvästabiloinnin tai paalulaatan varaan. Muita laaja-alaisempien pohjanvahvistustöiden yhteydessä käytettäviä menetelmiä pehmeiköillä ovat mm. esikuormitus joko pystyjoitus-ta käyttäen tai ilman (esikuormitusai-ka usein 1-3 vuotta). Löyhillä ja paksuilla siltti- ja hiekkamailla voidaan käyttää myös syvätiivistystä.

Siirtymärakenteet:

Pehmeiköllä putkien perustaminen paaluilla aiheuttaa helposti perustamistavan muutoskohdassa epätasaista painumaa, mikä aikaansaa päällysrakenteeseen epätasaisuutta, kallistusten muutoksia ja päällystevaurioita. Yleensä painumattoman ja painuvan rakenteen muutoskohdan ongelmat ovat hallittavissa siirtymärakenteilla.

Mikäli putkilinjalla tapahtuisi painuvan tai routivan pohjamaan takia epätasaista painumaa tai routanousua, voisi se aikaansaada haitallisia kaltevuuden muutoksia tai kulmamutoksia, jotka ylittävät saumoille sallitut (ks. **taulukko 5.10**). Uusilla putkilinjoilla epätasaiset painumat tai routanousut tulee estää suunnitelmaratkaisuilla kuten esim. siirtymärakenteilla, routaeristeillä, tms.

Siirtymärakenne epätasaista painumaa vastaan voi olla esim. siirtymälaatta, syvästabilointi määräsyyvyyteen tai kevennyskiila. Siirtymärakenne epätasaista routanousua vastaan voidaan toteuttaa

esim. routaeristelevyllä (EPS, XPS) tai -materiaalilla (kevytsora, vaahtolasimurske) tai siirtymäkiilalla (InfraRYL:n kohta 21500).

Virtaussulut:

Jos kaivanto on huonosti vettä läpäisevässä maalajissa, tulee veden virtaus kaivannon täyttömateriaaleissa estää vedenläpäisevyydeltään samanarvoisesta maalajista kuin ympäröivä maaperä tai bentoniittimatosta rakennettavalla virtaussululla (InfraRYL kohta 18370). Joissakin tapauksissa virtaussulkuja saatetaan tarvita myös kallioon louhituissa kaivannoissa.

5.3.4 Putkikaivanto

Kaivantosuunnitelma tehdään, jos on olemassa sortumisvaara sekä kaikista yli 2 m syvistä kaivannoista (VNa 205/2009). Kaivantosuunnitelmassa esitetään kaivannon ja lähirakenteiden tuentatarve, kaivussyvyys, luiskan kaltevuus, pohjaveden alentamisen tarve ja kaivannon vaativuusluokka tapausittain paikallisten olosuhteiden mukaan ja ulkopuolisen kuormituksen yms. tekijöiden perusteella. Kaivantosuunnitelma tehdään Kaivanto-ohjeen (RIL 263-2014) mukaisesti.

*Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009
Kaivanto-ohje. RIL 263-2014.*

Luiskattu kaivanto:

Valtioneuvoston asetuksen VNa 205/2009 34§:n mukaan "luotettavan selvityksen perusteella voidaan kaivannon työturvallisuus toteuttaa luiskaamalla tai porrastamalla kaivanto". Luotettavana selvityksenä voidaan pitää suunnittelutehtävän edellyttämän kelpoisuuden omaavan suunnittelijan laatimaa suunnitelmaa, joka perustuu kohteen vaativuuden mukaisiin pohjatutkimuksiin, ympäristöselvityksiin ja mitoituslaskelmiin.

Tukemattoman lyhytaikaisen kaivannon ohjeellinen luiskakaltevuus ja syvyys ko-heesiomaassa ja karkearakeisessa maassa sekä moreenissa ja karkeissa silttimaalajeissa on esitetty InfraRYL:ssa (16200) ja Kaivanto-ohjeessa (RIL 263-2014).

Tukemattoman putkikaivannon pohjan leveys määräytyy putkien ulkohalkaisijan, putkien välisen keskinäisen etäisyyden sekä putkien ulkoreunan ja kaivannon välisen etäisyyden perusteella. Jos maa- tai kalliokaivannossa joudutaan työskentelemään, on pohjan leveys vähintään 1,0 m (InfraRYL 16210 ja 17210). Luiskatun rumpukaivannon pohjan leveys on vähintään putken halkaisija + 1,2 m. (InfraRYL 16220).

Tuettu kaivanto:

Kaivanto suunnitellaan tuetuksi, mikäli tukematon kaivanto ei laskelmien mukaan saavuta riittävää vakavuutta halutuilla tai käytettävissä olevan tilan sallimilla luiskakaltevuuksilla. Luiskatun kaivannon vaatima tila ja massojen siirto voi myös tulla niin suureksi, että tuetun kaivannon tekeminen on teknisesti ja taloudellisesti perusteltua. Putkikaivannon tavallisimmat tuentatavat ovat teräsponttiseinät ja tuentaelementit. Tuennan tulee estää kaivannon pohjan nousu ja hydraulinen murtuminen, kaivannon seinämien sortuminen ja maa-ainesten putoaminen kaivannon seinämistä ja maan pinnalta kaivantoon sekä varmistaa putkien turvallinen asentaminen.

Matalissa kaivannoissa syvästabilointi toisiaan leikkaavilla pilareilla (pilarilamellit) tai massastabiloinnilla on joissakin tapauksissa mahdollinen menetelmä kaivannon pohjan ja luiskien vahvistamiseen. Syvemmissä kaivannoissa syvästabiloinnilla voidaan vahvistaa kaivannon pohja ja luiskat

tuetaan ponteilla tai tuentaelementeillä. Myös luiskat ponttien tai tuentaelementtien takana voidaan vahvistaa syvästabiloimalla.

Elementtitiuilla (kaivantoelementti) voidaan tukea enimmillään alle 4 m syvä kaivanto. Tuenta-elementit soveltuvat parhaiten maalajeihin, joissa noin 6-8 m pitkä auki kaivettu kaivanto-osuus kestää sortumatta lyhytaikaisesti lähes pystysuorin luiskin.

Tuetun kaivannon kaivantosuunnitelmassa esitetään kaivannon ja lähialueiden tuentatarve ja -tapa kaivuvaiheittain, lopullinen kaivusvyvyys, pohjaveden alentamisen tarve ja tapa sekä kaivannon vaativuusluokka tapauksittain paikallisten olosuhteiden mukaan ja ulkopuolisten kuormitusten yms. tekijöiden perusteella (RIL 263-2014).

Tuetun putkikaivannon leveys on määriteltävä kaivantosuunnitelmassa siten, että sivusuunnassa on tilaa riittävästi, jotta putkien vierustäytöt pystytään tiivistämään kunnolla. Vaakapalkkien väliin on jätävä riittävästi tilaa kaivutyötä varten kaivusvyvyys ja -suunta huomioiden. Vaakapalkkien vapaan välin suositeltava vähimmäismitta on 1 m kaivun tapahtuessa kaivannon suuntaisesti. (InfraRYL 16300) Tuetun rumpukaivannon pohjan leveys on vähintään putken halkaisija + 1,6 m. (InfraRYL 16220).

Kaivutyö:

Vastuu kaivantotyön turvallisuudesta kuuluu hankkeen kaikille osapuolille eli rakennuttajalle, suunnittelijalle ja urakoitsijalle. Kunkin osapuolen tulee omalla toiminnallaan etukäteen varmistaa mahdollisimman hyvät edellytykset turvalliseen kaivantotyöhön.

Ennen kaivutöitä tehdään kaivannon riskitarkastelu ja kaivantotyön työnsuunnittelu. Kaivantotyöstä tehdään turvallisuuskartoitus ja turvallisuussuunnitelma. (RIL 263-2014). Kaivu tehdään kaivantosuunnitelmassa esitetystä laajuudesta ja kaivantosuunnitelman mukaisesti siten, että varmuus sortumista vastaan säilyy kaikissa olosuhteissa. Kaivannon luiskien, pohjan, pohjaveden pinnan ja ympäristön tarkkailu toteutetaan kaivantosuunnitelman mukaisesti (InfraRYL 16200).

5.3.5 Asennusalusta ja putkikaivannon täyttö

Asennusalustan, alkutäytön ja lopputäytön materiaali, kerroksen tekeminen ja kelpoisuuden osoittaminen on InfraRYL (kohdat 18310, 18320 ja 18330) mukainen.

Asennusalusta

Asennusalusta on maapohjan tai arinarakenteen päälle tehtävä rakennekerros. Betoniputkien alle tehtävän asennusalustan materiaali on hiekkaa, soraa tai murskettä tai vastaavat vaatimukset täyttävää kaivumaata. Materiaalin enimmäisraekoko on 8-32 mm ja tierakenteissa enintään 63 mm. Putkissa olevien muhvien ja laippojen kohdille tehdään kuopat siten, että asennettava putki tukeutuu koko pituudeltaan asennusalustaan. (InfraRYL 18310) Ratarakenteiden alituksen suoja-putken alapuolisen kalliopinnan epätasaisuuksia voidaan tasoittaa tasausbetonilla (InfraRYL 16520).

Asennusalustan paksuus on vähintään 150 mm ja leveys InfraRYL:ssä tai suunnitelmassa esitetyn mukainen. Rummun asennusalusta ulotetaan arinan ja asennusalustan yhteenlasketun paksuuden verran rummun päiden ulkopuolelle.

Alkutäyttö

Alkutäytön materiaalin enimmäisraekoko ei saa ylittää putkimateriaalin ja putkikoon perusteella määräytyvää suurinta sallittua arvoa. Jos samaan alkutäyttöön asennetaan useita putkia, alkutäytön materiaali valitaan siten, että se täyttää kaikki eri putkien vaatimukset. Betoniputkien (vesijohdot ja viemäriputket) alkutäyttö liikennöitävillä alueilla tehdään hyvin tiivistyvällä routimattomalla materiaalilla, jonka enimmäisraekoko on 63 mm, kun putken sisähalkaisija on enintään 300 mm ja 100 mm kun putken sisähalkaisija on yli 300 mm. (InfraRYL 18320) Liikennöitävän alueen ulkopuolella alkutäyttömateriaaliksi soveltuvat hiekka, sora ja murske, jonka enimmäisraekoko on 100 mm. Muiden maa-ainesten soveltuvuus esitetään suunnitelma-asiakirjoissa.

Tierakenteissa rummun alkutäyttönä käytetään rakennetyypeissä C1, C2 ja C5 helposti tiivistyvää jakavaan kerrokseen kelpavaa kiviainesta ($\#_{\max} \leq 150$ mm) ja rakennetyypeissä C3 ja C4 pohjamaata (poistettu > 300 mm kivet). Vaihtoehtoisesti alkutäyttönä käytetään rakennetyypeissä C2, C3 ja C4 routivuudeltaan pohjamaata vastaavaa helposti tiivistettävää materiaalia. (InfraRYL luku 18320, rakennetyypit on esitetty luvussa 14340)

Putken alkutäyttö ulotetaan vähintään 300 mm putken laen yläpuolelle. Rummun alkutäyttö ulotetaan vähintään 300 mm putken laen yläpuolelle, kuitenkin enintään päällysrakenteen alapinnan tasoon.

Dr-luokan betoniputkella rummun päällä voi tiivistetyn kerroksen paksuus olla vähimmillään 200 mm. Tiivistämiseen käytettävän tärylevyn tulee olla täyttökerroksen paksuuteen sopiva. Paksuudeltaan vähintään 300 mm alkutäytön tiivistäminen voidaan tehdä tärylevyllä, jonka massa on 100-200 kg.

Täyttöjä saa tiivistää raskaalla kalustolla ja putken yli saa ajaa kuorma-autoilla ja työkoneilla, mikäli putken kestävyys on tarkistettu työmaa-aikaisilla kuormituksilla, esimerkiksi **Liitteen 2** mukaisesti. Päällysrakennekerrosten tiivistäminen raskaalla kalustolla ja työmaaliikenne sallitaan, kun täytön pinta on vähintään 300 mm betoniputken laen yläpuolella. Täyttöjen tiivistyksessä ja tiivistyksen laadunvalvonnassa noudatetaan InfraRYL:n liitettä 2 (Kerrosrakenteiden tiivistystyön ja tiiviudentarkkailun menetelmät).

Lopputäyttö

Lopputäytön materiaali tai siinä olevat aineet eivät saa vahingoittaa putkia, pinnoitteita tai liitososia. Suurin sallittu kivien tai louhepartikkelien läpimitta on 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta, kuitenkin enintään 200 mm. Kalliokaivantojen ja louhepenkereessä olevien kaivantojen lopputäyttö tehdään soralla tai vastaavalla routimattomalla murskatulla materiaalilla 0/200 mm. Ratarakenteissa kaivannon yli kulkevan louhepenkereen kohdalla lopputäytön enimmäisraekoko on 300 mm. Tierakenteissa lopputäytön materiaalivaatimukset ovat samat kuin alkutäytössä. (InfraRYL 18330)

Jakavan kerroksen materiaalia käytetään katualueilla myös lopputäytössä. InfraRYL (21210) vaatimuksissa on esitetty, että jakava kerros rakennetaan kalliomurskeesta, luonnon sorasta, soramurskeesta tai uusiomateriaalista. Hankekohtaisesti päätetään, mitä materiaalia käytetään. Kohteeseen soveltuvan uusiomateriaalien tulee täyttää kohteen tekniset vaatimukset sekä lainsäädännössä tai ympäristöluvassa asetetut ympäristökelpoisuusehdot. Uusiomateriaalit eivät saa aiheuttaa kanssaan kosketuksiin tuleville rakenteille korroosiota eikä muita vaurioita. Mahdolliset

erityisominaisuudet tai -vaatimukset otetaan huomioon tarvittaessa koko rakenteen suunnittelussa. Uusiomateriaalit, joille InfraRYL:ssä on esitetty vaatimukset, ovat betonimurske, masuunikuona (ilmajähdytetty ja granuloitu), BOS-teräskuonaseokset ja ferrokromikuona.

Verkoston omistajilla on myös omia täydentäviä ohjeita putkikaivantojen lopputäytössä käytettäville materiaaleille. Esimerkiksi HSY on laatinut Betonimurskeohjeen ja Vaahtolasimurskeohjeen, joissa ohjeistetaan ko. materiaalien käyttäminen HSY:n putkien alkutäytön yläpuolisissa rakennusosissa.

HSY:n vesihuolto. Verkostosuunnittelukäytännöt, vol. 3. 10.6.2016.

5.3.7 Rakennussuunnitelman asiakirjat

Kun vesihuoltosuunnitelma liittyy katuun, se esitetään yleensä osana kadun rakennussuunnitelmaa (**kuva 5.11**). Vesihuoltosuunnitelma voidaan esittää myös erillisenä omana suunnitelmanaan.

Putkilinjan rakennussuunnitelmaan sisältyy:

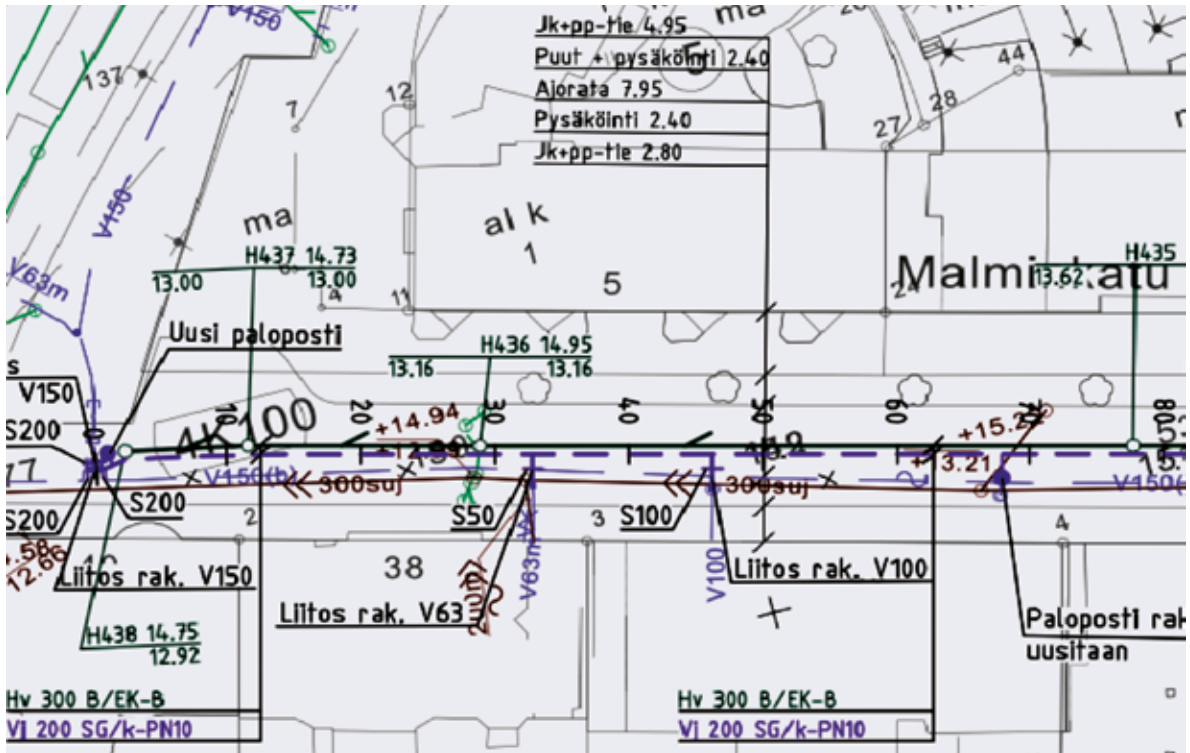
- asemapiirustus
- pituusleikkaus
- kaivantojen poikkileikkaukset
- pohjarakennussuunnitelma
- kaivantosuunnitelma
- kaivokortit
- detaljit laitekaivoista ja erityisrakenteista
- määräluettelo ja kustannusarvio
- työselostus
- turvallisuusasiakirjat
- työnaikaiset vesihuoltojärjestelyt
- työnaikaiset liikennejärjestelyt.

Asemapiirustus

Asemapiirustus (**kuva 5.11**) laaditaan yleensä mittakaavaan 1:500 tai 1:1000 ja siinä esitetään ainakin seuraavat tiedot:

- a) tiedot putkilinjan sijainnista ja korkeusasemasta
 - putkien ja kaivojen sijainti
 - kaivojen kansien ja putkien vesijuoksujen korkeudet
 - venttiileiden, laitekaivojen yms. erikoisrakenteiden sijainnit
 - linjan paalulukemat
- b) tiedot putkista ja muista vesihuollon laitteista
 - putkien koko- ja materiaalitiedot
 - liitokset rakennettuun verkostoon
 - hylättävät johto-osuudet
- c) pohjakarttatiedot sekä tiedot nykyisistä johdoista ja kaapeleista

Lisäksi esitetään muita suunnitelman hyväksymisessä ja putkilinjan rakentamisessa tarvittavia tietoja, kuten muut liittyvät suunnitelmat, kiinteistö- ja kaavarajat, putkilinjan kohdalla ja lähellä olevat rakennukset ja rakenteet sekä toiminnot, liikenneväylät, kasvillisuus, maanpinnan ja kalliopinnan korkeustiedot.

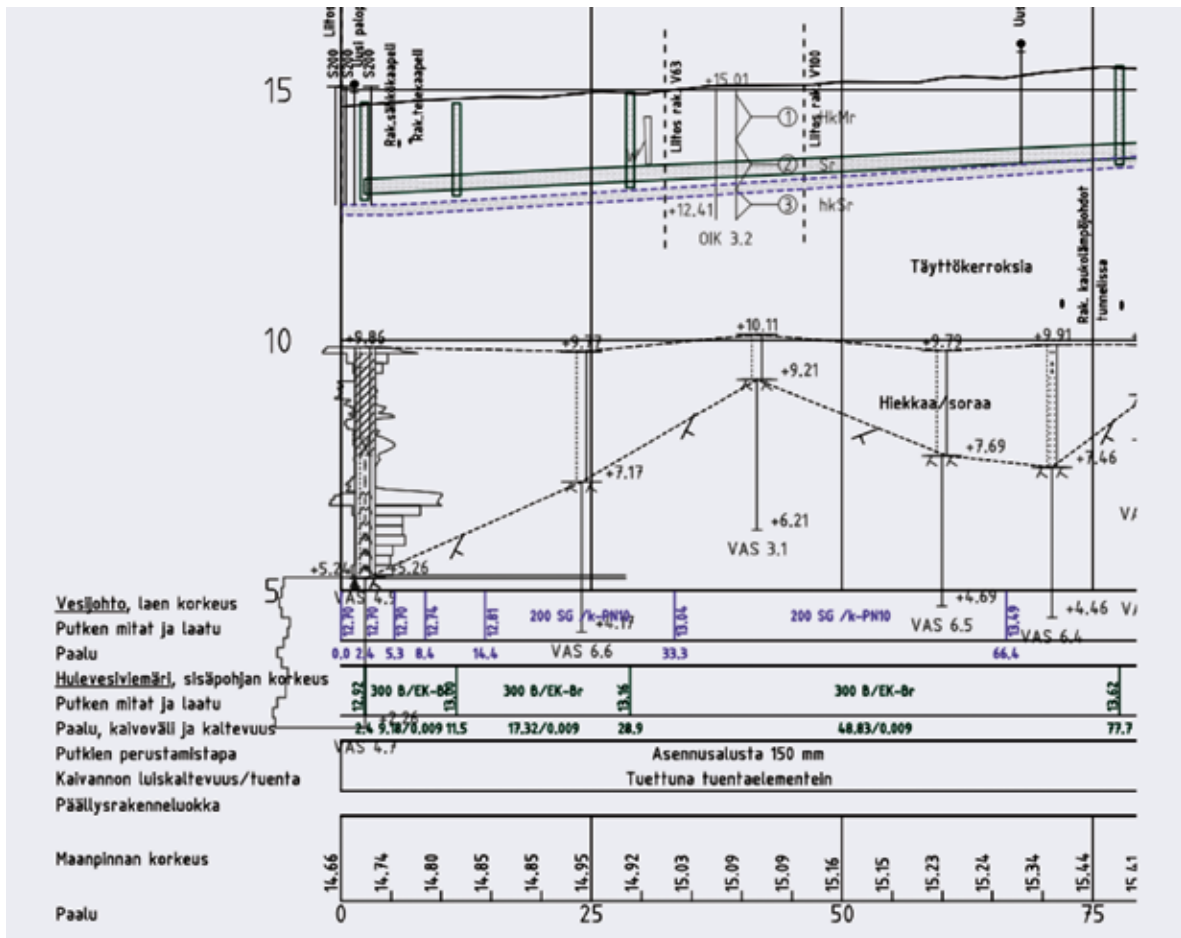


Kuva 5. 11. Asemapiirustus.

Pituusleikkaus

Pituusleikkauksen pituusmittakaava on yleensä 1:1000 ja pystymittakaava 1:100 tai pituusmittakaava 1:500 ja pystymittakaava 1:100 (**kuva 5.12**). Pituusleikkauksessa esitetään ainakin seuraavat tiedot:

- a) Tiedot putkilinjan sijainnista ja korkeusasemasta
 - putkilinjan korkeusasema
 - putkien vesijuoksujen korkeudet
 - putkilinjan paalulukemat
- b) Tiedot putkista, muista vesihuollon laitteista ja pohjarakentamisesta
 - putkikoko ja -materiaali
 - putkilinjan kaltevuus
 - perustamistapa, siirtymärakenteet ja arina
 - putkikaivannon tuentatapa / luiskakaltevuus
 - liitokset rakennettuihin tai suunniteltuihin putkiin ja kaivoihin
 - tiedot sakkapesällisistä ja erikoiskaivoista
 - vesijohdon sulkuventtiilien ja palopostien sijainti
 - risteävät johdot ja kaapelit
 - virtaussulkujen sijainnit
- c) Tiedot maaperästä ja maan pinnasta
 - nykyinen maanpinnan korkeus
 - rakennettavan maanpinnan (esim. kadun) korkeus tai muu mahdollinen täyttötaso
 - kallion tai kovan pohjan korkeus putkilinjalla
 - pohjatutkimus- ja maalajitietoja, sekä kairausdiagrammit
 - pohjavedenpinnan korkeus
 - tarvittaessa maankäyttötarkoitus putkilinjalle



Kuva 5.12. Pituusleikkaus.

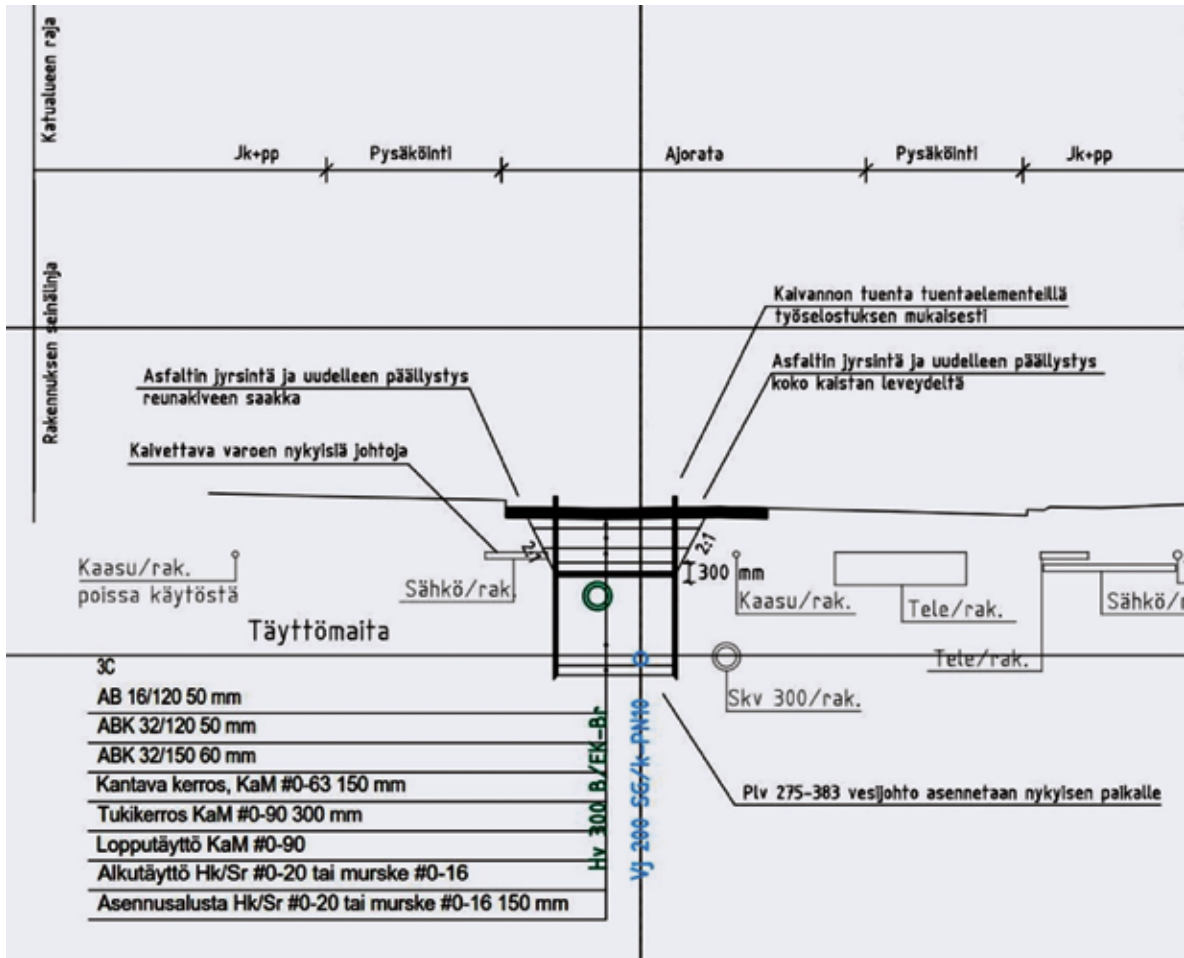
Poikkileikkaus

Kaivannon tyypipoikkileikkaukset esitetään yleensä mittakaavassa 1:100, 1:50 tai 1:20 ja ne esitetään paalulukemien kasvusuuntaan katsottuna (**kuva 5.13**).

Poikkileikkauksia esitetään tarpeellinen määrä kaivannon leveyksien ja luiskankaltevuuksien suhteen poikkeavista kohdista. Erillinen poikkileikkauksen rakennepiirustus esitetään aina mm. teräsbetoni-laatoista.

Poikkileikkauksessa esitetään:

- paalulukema tai paaluväli, mitä leikkaus koskee
- kaivannon leveys- ja syvyysmitat
- luiskan kaltevuudet ja/tai tuentatyytit
- putkien sijainti ja keskinäiset etäisyydet kaivannossa
- asennusalusta ja arina
- putkien perustamistapa
- mahdollisen betonilaatan rauditus ja laatan koko
- täyttömateriaalit ja -tasot
- tuennan periaate
- maanpinnan ja kallionpinnan korkeus
- pohjatutkimus- ja maalajitietoja, sekä kairausdiagrammit
- kaivannon sijoittuminen katualueelle, katualueen rajat, kiinteistörajat



Kuva 5.13. Poikkileikkauspiirustus.

Kaivantosuunnitelma

Kaivantosuunnitelmassa esitetään

- kaivannon tuentatyyppi (esim. ponttiseinä tai tuentaelementti)
- tuennan mitoituslaskelmat
- kaivannon poikkileikkauspiirustuksia
- tuettavan kaivanto-osuuden sijainti (paaluväli)
- erikoiskohtien suunnitelmat (esim. liittymäalueet, yms.)
- ohjeet kaivannon tekemiseen, kerrallaan auki kaivettavan osuuden pituuteen, kuivatukseen, pohjaveden alentamiseen, putkien asentamiseen, täytön tekemiseen ja tuennan poistamisen työjärjestys sekä kaivannon kuivana pito
- seurantamittaussuunnitelma ja -ohjelma (painumat, sivusiirtymät, yms.)

Muut erikoissuunnitelmat

Muita putkilyn erikoissuunnitelmia voivat olla esim.:

- kaivojen rakenne- ja mittapiirustukset
- liikenneväylien alitussuunnitelmat (putken tunkkaus, poraus)
- suojaputkirakenteiden suunnitelmat
- erikoiskaivojen ja putkiliitosten rakennesuunnitelmat
- kulmatukien piirustukset
- kaivoihin sijoitettavien laitteiden suunnitelmat
- venttiilien ja palopostien suunnitelmat
- erikoisrakenteisten kansistojen suunnitelmat
- putkien purkupäiden erikoisrakenteiden suunnitelmat
- nykyisten putkien ja rakenteiden työnaikaiset tuentasuunnitelmat

Työselostus

Keskeisin vesihuoltotöiden rakentamisasiakirja on InfraRYL -julkaisusarja, jossa esitetään hyvä rakentamistapa ohjetasolla. Sen lisäksi tehdään tarvittaessa työkohtainen työselostus. Siinä kerrotaan ne työtavat ja laatuvaatimukset, mitkä poikkeavat yleisestä työselostuksesta, samoin joitakin työvaiheita voidaan täydentää ja tarkentaa.

Määrälaskelma ja kustannusarvio

Määrälaskelma ja kustannusarvio laaditaan rakennussuunnitelman perusteella. Tiedot palvelevat rakennuttajaa budjetoinnissa ja suunnitelmien tarkastamisessa. Määrälaskelma liitetään yleensä tarjouspyyntöasiakirjoihin.

Turvallisuusasiakirjat

Turvallisuusasiakirjassa selvitetään ja esitetään rakennustyöhön sisältyvien kohteiden ominaisuuksista, olosuhteista ja luonteesta aiheutuvia vaara- ja haittatekijöitä sekä ongelmia. Turvallisuusasiakirjat sisältävät rakennustyön tilaajan antamia tietoja hankkeesta sekä menettelyohjeita, jotka rakennustyön toteuttajan on huomioitava ja noudatettava.

Muut asiakirjat

Edellä esitettyjen lisäksi voidaan laatia rakentamista palvelevia mittaus- ja koordinaattiluetteloita, kaivoluetteloita (ks. 6.1.2) sekä erikoisrakenteiden ja suuridimensioisten vesijohtojen osaluetteloita.

6 Tuotetiedot

6.1 EK-järjestelmä

EK-järjestelmä muodostuu kiintotiivisteputkista, -kaivoista ja -soviteosista. Kiintotiivisteputket voivat olla suoraseinäisiä tai muhwillisia tai ne voivat olla pyöreitä tai jalallisia riippuen valmistajasta. Poikkileikkaus voi olla myös soikea (munanmuotoinen).

Kokoluokissa ≤ 600 mm EK-putkia käytetään sekä raudoittamattomina että raudoitettuina. EK-putkia voi käyttää raudoittamattomina aina 1000 mm:iin saakka käyttötarkoituksesta sekä linjan sijainnista riippuen. Yleensä 800 mm:n ja 1000 mm:n putket ovat kuitenkin raudoitettuja.

EK-kaivojen pohjaelementteihin voidaan tehdä liittymät mittatilaustyönä kaikille käytössä oleville putkimateriaaleille. Pohjaelementin korkeutta voidaan säädellä liittymien tason ja kaivon korkeuden mukaan. EK-kaivo voidaan varustaa myös teleskoopikannella.

Järjestelmään kuuluvat tuotteet voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- putket
- kaivot
- täydentävät tuotteet

Putket ryhmitellään poikkileikkausmuotonsa perusteella

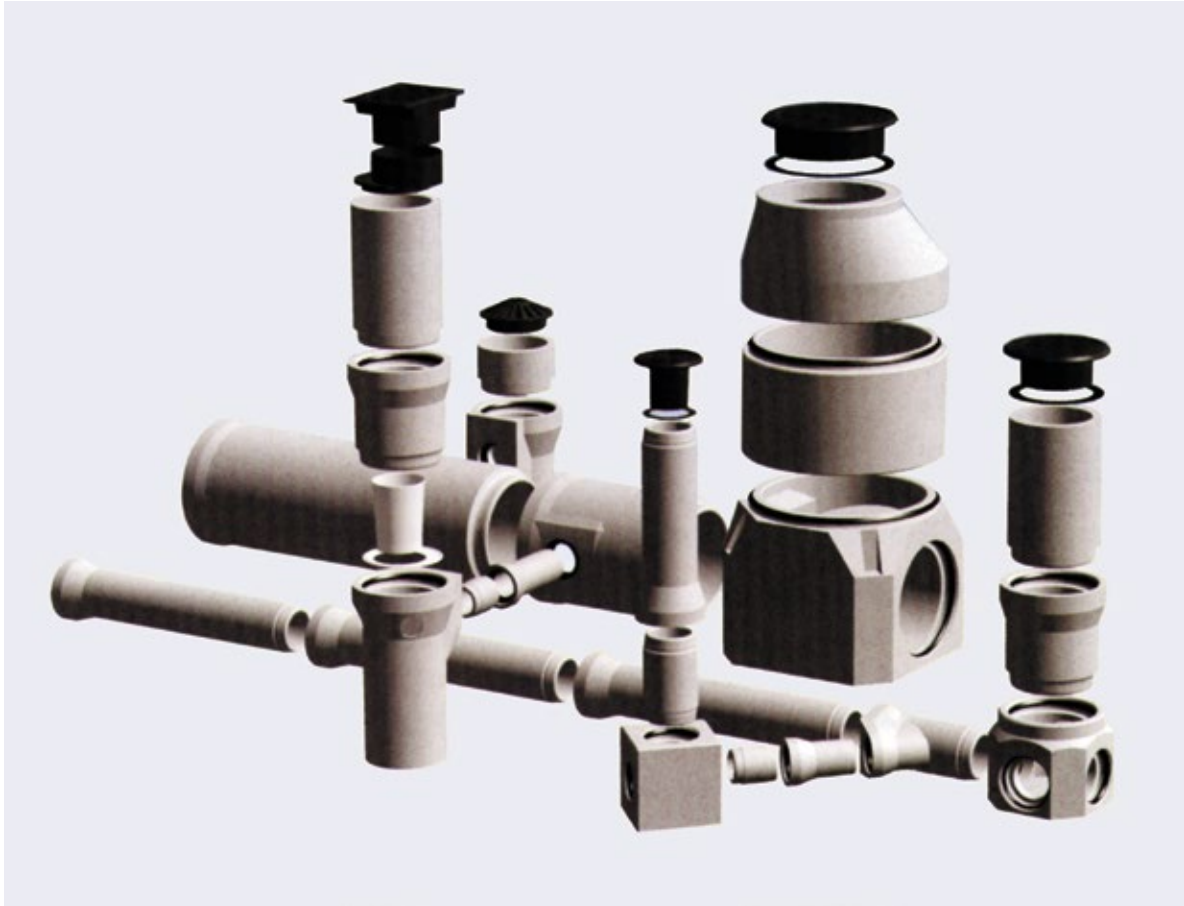
- pyöreät putket (muhwilliset putket, suorat putket)
- pyöreät jalalliset putket
- jalalliset munanmuotoiset putket

Putkia täydentäviä tuotteita ovat mm.

- soviteputket
- haaraputket
- käyrät putket
- kärkikappaleet
- vaihtoliitokset
- tulpat

Kaivot ryhmään kuuluu seuraavia tuotteita

- kaivonrenkaat
- pohjarenkaat
- kartiorenkaat
- kannet
- supistuskannet
- korotusrenkaat



Kuva 6.1. EK-järjestelmään kuuluu putkien ja kaivonosien lisäksi laaja valikoima erilaisia soviteosia.

Kaivoihin liittyviä täydentäviä tuotteita ja palveluita ovat mm.

- valuliittymät betoniputken liittämiseksi kaivoon
- poraukset muoviputken liittämiseksi kaivoon
- valuliittymät muoviputkille
- pohjakourujen valu
- holkki muoviputken läpivientiä varten

Asennukseen liittyviä tuotteita ovat

- liukuaineet
- saumanauhat
- asennuslaitteet

Jäljempänä esitetyissä taulukoissa olevat tuotetiedot ovat standardien vaatimuservoja (CE-merkityt tuotteet). Esim. putken pituuden, seinämän vahvuuden ja painon osalta eri valmistajien tuotteet poikkeavat jossain määrin toisistaan ja nämä tuotetiedot tulee tarkistaa valmistaja-kohtaisesti CE-merkinnän suoritusasiloituksesta ja tuotelehdistä valmistajakohtaisesti. Valmistajien tuotevalikoimissa on myös eroja ja putkien saatavuus tulee tarkistaa.

Kansallisen soveltamisohjeen mukaan vakiotuotannossa olevien putkien käyttöikä on joko 50 tai 100 vuotta SFS-EN 206 ja SFS 7022 rasitusluokissa XC2 ja XA1. Käyttöikävaatimuksen ollessa 50 vuotta on raudotteiden betonipeitteen paksuus vähintään 20 mm ja käyttöikävaatimuksen ollessa 100 vuotta betonipeitteelle vaatimus on vähintään 25 mm. Betonin lujuus on vähintään 40 MPa ja vesisementtisuhte $\leq 0,45$

6.2 Tuotteiden tunnukset

CE-merkittyjen tuotteiden standardeissa vaaditut ominaisuudet ilmoitetaan suoritustaso-ilmoituksessa DoP. CE-merkityistä betoniputkista tulee ilmoittaa seuraavat asiat:

- tuotteen valmistuspäivämäärä (päivä, kuukausi, vuosi esim. 1.7.2015)
- tuotteen tunnus (putket ks. **taulukko 6.1**, kaivot ks. **taulukko 6.2**)
- paikkakunta (tehdas), missä tuote on valmistettu

Taulukko 6.1. Betoniputkien materiaali- ja tuotetietojen kuvauksessa käytettävä tunnukset (SFS 7033).

Ilmoitettava ominaisuus		Ominaisuutta vastaava tunnus
Betonituote	Putki	Bp
	Työntöasennettava putki	BpT
Putken halkaisija	Ilmoitetaan millimetreissä	Lukuarvo, mm
Muoto	Pyöreä	P
	Jalallinen pyöreä	JP
	Jalallinen munanmuotoinen	JM
Raudoitus	Raudoittamaton	B
	Normaali raudoitus	Br
	Vahva raudoitus	Dr
	Teräskuituvahvisteinen	Kr
	Momenttiraudoituksen lisätunnus	Mo
	Erikoisraudoitus	Er
Käyttöolosuhteet ¹⁾	Normaalit käyttöolosuhteet	Ei merkkiä
	Vaativat käyttöolosuhteet	Vk

¹⁾ Valmistettaessa betoniputkia standardin SFS-EN 1916 mukaisesti täyttävät ne standardissa esitetyn mukaisesti kotitalouksien ja teollisuuden käsittelyjen jätevesien sekä maaperän ja pohjavesien vähimmäisrasitukset.

Valmistettaessa betoniputkia edellä esitettyä normaalia poikkeaviin olosuhteisiin on tuotteen merkinnässä osoitettava tuotteen rasituskestävyys. Rasituskestävyyden määrittämisessä käytetään standardia SFS-EN 206 ja sen kansallisen liitteen SFS 7022 mukaista rasitusluokitusta.

Esimerkkejä tuotteen merkinnästä **taulukon 6.1** tuotetunnuksilla:

Bp300PB = betoniputki, pyöreä halkaisija 300 mm, raudoittamaton, normaalit käyttöolosuhteet

Bp600PBr = Betoniputki, pyöreä halkaisija 600 mm, normaali raudoitus, normaalit käyttöolosuhteet

Bp1400JPDrMoVk = betoniputki, jalallinen pyöreä 1400 mm, vahva raudoitus, momenttiraudoitus, vaativat käyttöolosuhteet.

Taulukko 6.2. Betonikaivojen tuotetunnukset kuvaamaan materiaali- ja muototietoja

		Tunnus
Betonituote	Kaivonrenkas ¹⁾	BKr
	Pohjarenkas	BPo
	Kansi	BKa
	Korokerengas	BKo
Tuotteen halkaisija	Ilmoitetaan millimetreissä	(lukuarvo)
Tuotteen korkeus/ Kannen aukko	Ilmoitetaan millimetreissä	(/lukuarvo)
Kannen aukko	Liikennealueen ulkopuolinen raudoitus	Br
Raudoitus	Normaali raudoitus (liikennealueelle)	Cr
	Teräskuituvahvisteinen	Kr
	Erikoisraudoitus	Er
Käyttöolosuhteet	Normaalit käyttöolosuhteet	Ei merkkiä
	Vaativat käyttöolosuhteet	Vk

¹⁾Kartionmuotoinen rengas eli kartiorengas ilmoitetaan tuotteen halkaisijan avulla, esim. 1000/600.

Esimerkkejä tuotteen merkinnästä **taulukon 6.2** tunnuksilla:

BKr1000x1000Cr = Betonirengas, halkaisija 1000 mm, renkaan korkeus 1000 mm, normaali raudoitus, normaalit käyttöolosuhteet

Br1000/600x750Cr = Betoninen kartiorengas, halkaisija 1000 mm, aukko 600 mm, renkaan korkeus 750 mm, normaali raudoitus

BR800/600x500Cr = Betoninen kartiorengas, halkaisija 800 mm, aukko 600 mm, renkaan korkeus 500 mm, normaali raudoitus

BKa1200/600Cr = Aukollinen betonikansi, halkaisija 1200 mm, aukon halkaisija 600 mm, renkaan korkeus 500 mm, normaali raudoitus

BKo600Vk = Korokerengas, halkaisija 600 mm, vaativat käyttöolosuhteet.

Valmistettaessa tuotteita standardin SFS-EN 1916 ja 1917 mukaisesti täyttävät ne em. standardeissa esitetyn mukaisesti normaalit kotitalouksien ja teollisuuden käsiteltyjen jätevesien sekä maaperän ja pohjavesien vähimmäisrasitukset. Valmistettaessa tuotteita edellä esitettyä normaalia rasitusta poikkeaviin olosuhteisiin tulee tuotteen merkinnässä osoittaa tuotteen rasituskestävyys. Rasituskestävyyden määrittämisessä käytetään standardin SFS-EN 206 ja sen kansallisen liitteen SFS 7022 mukaista rasitusluokitusta.

6.3 Putkien, kaivonrenkaiden ja -kansien lujuusvaatimukset

6.3.1 Putkien lujuusvaatimukset ja peitesyvyydet

Pyöreiden ja jalallisten putkien lujuusvaatimukset esitetään **taulukossa 6.3** ja soikeiden (munamuotoisten) putkien lujuusvaatimukset **taulukossa 6.4** standardin SFS-EN 1916 mukaisessa viivakuormatestissä.

Betoniputkille **taulukon 6.3** lujuusluokilla sallitaan seuraavat peitesyvyydet:

- rauditusluokka B, peitesyvyys 0,60...5,0 m
- rauditusluokka Br, peitesyvyys 0,40...5,0 m
- rauditusluokka Dr, peitesyvyys 0,20...13,0 m

Peitesyvyydet edellyttävät, että putkilinjan alkutäyttö on tehty tiivistettynä kitkamaalla. B-lujuusluokan putkien käyttökohdemitoituksessa (peitesyvyyksien laskenta) liikennekuormana on käytetty betonirakenteiden eurokoodin SFS-EN 1992-1-1+AC kansallisessa soveltamisohjeessa NCCI 1:ssä (Liikennevirasto 2011) esitettyä kevyen liikenteen huoltoajoneuvon kuormaa.

Br- ja Dr lujuusluokkien käyttökohdemitoituksessa (peitesyvyyksien laskenta) tieliikennekuormamitoitus on laskettu NCCI 1:ssä (Liikennevirasto 2011) esitetyn kuormakaavio LM1:n perusteella kaistan nro 1 kuormilla, tai putken ollessa kaistojen välissä kaistojen nro 1 ja 2 kuormilla. Mikäli putkeen kohdistuva kuormitus on suurempi kuin em. mitoittavat kuormitukset (esim. junakuorma) tulee putken kestävyys tarkastella erikseen.

Taulukko 6.3. Pyöreiden tai pyöreiden jalallisten putkien lujuusvaatimukset.

Sisähalkaisija DN (mm)	Pyöreä tai jalallinen betoniputki Raudittamaton (B) (romahdus) murtolujuus	Liikennealueella vaadittavat tuotetyypit			
		Pyöreä tai jalallinen betoniputki Normaali rauditus, (Br)		Pyöreä tai jalallinen betoniputki Normaali rauditus, (Dr)	
		Hyväksymis- rajakuorma F _{c 0,3}	(romahdus) murtolujuus F _u	Hyväksymis- rajakuorma F _{c 0,3}	(romahdus) murtolujuus F _u
CE-merkityt putket, SFS-EN 1916					
225	168	142	227	218	347
300	146	130	207	190	303
400	135	128	205	170	273
500	118	118	192	148	240
600	105	95	180	135	225
800	88	87	156	120	198
1000	80	84	142	112	182
1200	-	82	140	108	180
1400	-	81	136	106	177
1600	-	81	136	105	176
FI-merkityt putket					
1800	-	79	135	104	176
2000	-	79	135	104	177
2500	-	80	136	105	178
3000	-	82	139	107	182

Lujuusvaatimuksena oleva kuorman yksikkö ilmoitetaan standardin SFS-EN 1916 mukaisesti. Kuorman yksikkö ilmoitetaan putken laella vaikuttava viivakuorma kN/m jaottuna putken halkaisijalla DN yksikkönä (m). Viivakuorman arvo saadaan siten kertomalla taulukossa oleva lukuarvo putken vastaavalla halkaisijalla, jolloin viivakuorman yksikkö on kN/m.

Taulukko 6.4. Jalallisen munanmuotoisen raudoittamattoman betoniputken romahdusmurtokuormavaatimukset (SFS 7033).

Sisähalkaisija DN/WN (leveys/korkeus)	Munanmuotoinen jalallinen putki, raudoittamaton (B) Romahdusmurtolujuus F_u
300/450	146
500/750	118

Romahdusmurtolujuusvaatimuksena oleva kuorman yksikkö ilmoitetaan standardin SFS-EN 1916 mukaisesti. Kuorman yksikkö ilmoitetaan putken laella vaikuttava viivakuorma kN/m jaettuna putken sisäkorkeudella WN yksikkönä (m). Viivakuorman arvo saadaan siten kertomalla taulukossa oleva lukuarvo putken vastaavalla sisähalkaisijalla, jolloin viivakuorman yksikkö on kN/m.

6.3.2 Betonirenkaiden ja -kansien lujuusvaatimukset sekä asennussyvydet

Kaivonrenkaiden lujuusvaatimukset SFS-EN 1917 mukaisessa viivakuormatestissä esitetään **taulukossa 6.5**. Betonirenkaita valmistetaan lujuusluokissa Br (kevyt raudoitus) ja Cr (normaali raudoitus).

Kaivonrenkaiden sallitut asennussyvydet **taulukon 6.5** lujuusvaatimuksilla ovat:

- Br-luokka, maksimi asennussyvyys 6,7 m
- Cr-luokka, maksimi asennussyvyys 10,0 m.

Peitesyvyyksille edellytyksenä on, että putken ympäristä tiivistetään kitkamaalla 18 kN/m³. Liikennekuormana kaivonrenkaan asennussyvyyden ja renkaan mitoituksessa on käytetty Liikenneviraston määrittelemää yhtenäistä liikennekuormaa 81 kPa (kuva 4-1, Liikennevirasto 2012), joka perustuu NCCI 1:ssä (Liikennevirasto 2011) esitettyyn kuormakaavio LM1:een. Kuorman on oletettu jakaantuvan suhteessa 2:1 syvyyden funktiona. Jos kaivonrenkaiden käyttöolosuhteet poikkeavat edellisestä ne tarkastellaan tapauskohtaisesti.

Taulukko 6.5. Betonirenkaiden lujuusvaatimukset SFS-EN 1917 mukaisessa viivakuormatestissä.

Sisähalkaisija DN (mm)	Betonirengas, raudoitettu, Br-luokka		Betonirengas, raudoitettu, Cr-luokka²⁾	
	Hyväksymisraja- kuorma ¹⁾ $F_{c0,30}$	(romahdus)murto- lujuus ¹⁾ F_u	Hyväksymisraja- kuorma ¹⁾ $F_{c0,30}$	(romahdus)murto- lujuus ¹⁾ F_u
CE-merkityt tuotteet				
600	25	14	36	54
800	23	12	33	48
1000	21	11	31	44
1200	20	11	30	41
FI-merkityt tuotteet				
1500	19	10	28	37
1600	17	9	26	34
2000	16	9	25	30
2500	14	7	24	26
3000	13	7	22	22

¹⁾ Hyväksymisraja-kuorma $F_{c0,30}$ ja (romahdus)murtolujuus F_u ilmoitetaan SFS-EN 1917 mukaisesti siten, että kuorma pituusyksikköä kohti (kN/m) jaetaan renkaan sisähalkaisijalla (m).

²⁾ Liikennealueilla vaaditaan renkailta luokka Cr.

Betonikansien lujuusvaatimukset SFS-EN 1917 mukaisessa testissä esitetään **taulukossa 6.6**.

Taulukko 6.6. Betonisten kaivonkansien romahdusmurtokuormavaatimukset F_u (SFS-EN 1917).

Sisähalkaisija DN (mm)	Betonikansi, raudoitettu, Br-luokka F_u (kN)	Betonikansi, raudoitettu, Cr-luokka ¹⁾ F_u (kN)
600-1250	90	300

¹⁾ Liikennealueilla vaaditaan raudoitettu Cr-luokan kansi. Lisäksi kannen on kestävä vähintään hyväksyntäraja-kuorma 120 kN. Tällöin halkeamaleveys ei saa ylittää 0,15 mm yli 300 mm:n matkalla eikä halkeaman pituus saa olla tuotteen kuormitus-suunnan pituinen.

6.4. EK-putket, mitat ja sallitut mittapoikkeamat

HUOM! TÄSSÄ LUVUSSA ESITETYT DIMENSIOMITAT SAATTAVAT VALMISTAJAKOHTAISESTI POIKETA ESITETYISTÄ JA NE TULEE TARKISTAA TAPAUSKOHTAISESTI.

6.4.1 Pyöreät putket

Kiintotiivisteputkien sallitut mittapoikkeamat esitetään **taulukoissa 6.7 ja 6.8**.

Taulukko 6.7. Kiintotiivisteputkien sisähalkaisijan sallitut mittapoikkeamat, seinämävahvuuden minimimitat ja sallitut mittapoikkeamat sekä kärjen ulkohalkaisijan sallitut mittapoikkeamat.

Sisähalkaisijan Nimellismitta DN [mm]	Putken tyyppi B = raudoittamaton Br = normaali raudoitus Dr = vahva raudoitus	Sisähalkaisijan sallittu poikkeama nimellismitasta Δd_s [mm]	Seinämän paksuuden vähimmäis- nimellis- mitta t_{min} [mm]	Seinämän paksuuden sallittu poikkeama nimellis- mitasta Δt [mm]	Kärjen ulkohalkaisijan d_2 sallittu mittapoikkeama Δd_s [mm]	Kärjen ulkohalkaisijan d_2 mitta- etäisyys kärjen päästä m (mm)
CE-merkityt tuotteet, SFS-EN 1916, DN≤1750 mm						
225	B,Br,Dr	± 3	40	± 3	± 2,0	39
300	B,Br,Dr	± 4	45	± 3	± 2,0	39
400	B,Br,Dr	± 4	60	± 4	± 2,3	43
500	B,Br,Dr	± 5	65	± 5	± 2,3	43
600	B,Br,Dr	± 6	75	± 5	± 2,3	43
800	B,Br,Dr	± 7	90	± 6	± 3,0	47
1000	B,Br,Dr	± 8	100	± 6	± 3,0	47
1200	Br,Dr	± 9	125	± 7	± 3,6	58
1400	Br,Dr	± 10	140	± 7	± 3,6	58
1600	Br,Dr	± 12	160	± 8	± 4,2	69
FI-merkityt tuotteet						
1800 ¹⁾	Br,Dr	± 13	180	± 8	± 4,2	69
2000	Br,Dr	± 14	200	± 8	± 4,2	69
2500 ¹⁾	Br,Dr	± 15	250	± 9	± 6,0	75
3000 ¹⁾	Br,Dr	± 16	300	± 9	± 6,0	75

¹⁾ Putkikoko ei ole vakiotuotannossa.

Huom.

- ≥600 putket ovat pääosin raudoitettuja (Br, Dr)
- Putkien hyötypituudet valmistajasta riippuen 1500, 1750, 2000 tai 2250 mm
- Hyötypituuden sallittu mittapoikkeama -20...+50 mm
- Seinämän paksuudet, ulkomitrat ja painot vaihtelevat valmistajasta riippuen



Kuva 6.2. Pyöreä EK-putki.

Taulukko 6.8. Putken liitospäiden vinouden enimmäismäärä.

Putket	Putken sisähalkaisija DN (mm)				
	150-500 ¹⁾	600-1000 ¹⁾	1200-1750 ¹⁾	1800-2000 ²⁾	2500-3000 ²⁾
a_1, a_2 (mm)	<5	<8	<12	<12	<20
a_0 (mm)	<8	<12	<16	<16	<25

¹⁾ CE-merkityt tuotteet, putken sisähalkaisija ≤ 1750 mm

²⁾ FI-merkityt tuotteet, valmistuksen tarkastus

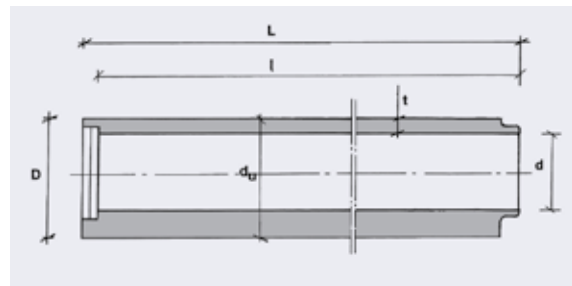
Huom.

Putken liitospäiden kokonaisvinous a_0 on molempien liitospäiden yhteenlaskettu vinous ($a_1 + a_2$). Yksittäisen liitospään vinous on putkien pituusakseliin nähden kohtisuoran, liitospäätä sivuavan tason suurin etäisyys kyseisestä liitospäädästä.

6.4.2. Jalalliset putket ja munanmuotoiset Qmax putket

Jalallisia putkia käytetään sadevesi-, jätevesi- ja rumpulinjoissa. Se on erinomainen myös vaikeissa olosuhteissa esimerkiksi paikoissa, joissa on vesinostetta. Jalallinen putki ei tarvitse täyttövaiheessa alkutuentaa. Putkea on myös saatavana tilauksesta teollisuusputkistojen erityisvaatimukset täyttävänä. Tällöin esiasennettu kiintotiiviste on esimerkiksi öljyä tai korkeita lämpötiloja kestävä.

Jalallisten putkien sisähalkaisijat ovat 500, 600, 800, 1000 ja 1200 mm. Putkien hyötypituudet ovat 2000 ja 2250 mm. Putken kestävyysluokka on joko Br tai Dr sekä peitesyvyys min. 0,20 m ja max. 13,0 m. Putket täyttävä standardin SFS-EN 1916 ja SFS 7033 vaatimukset ja ovat CE-merkittyjä. Tuotevalikoimat poikkeavat eri valmistajilla toisistaan ja saatavuus tulee varmistaa etukäteen.



Kuva 6.3. Jalallinen EK-putki.

Munamuotoinen putki soveltuu hyvin olosuhteisiin, joissa virtaamat vaihtelevat tavanomaista enemmän ja putkilinjan itsepuhdistuvuus on tärkeää varmistaa.

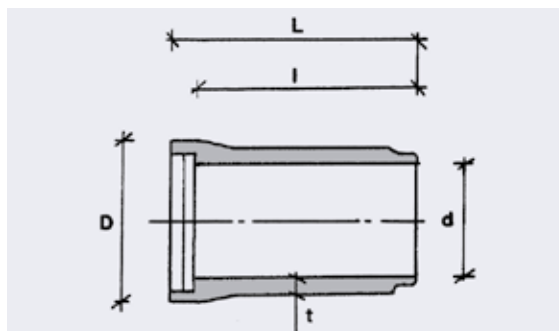
Munanmuotoisia putkia valmistetaan kahta kokoa Qmax 300/450 ja Qmax 500/750 (numeroarvot tarkoittavat putken leveyden suurin sisämitta/korkeuden sisämitta). Kummallakin putkikokoolla hyötypituudet ovat 750 mm ja 2000 mm. Qmax putkia toimitetaan lujuusluokassa B.



Kuva 6.4. Qmax putki.

6.4.3 Soviteputket

Lyhyitä soviteputkia käytetään kaivoon liityttäessä sekä siirtymäkiilojen alueella tasamaan maapohjan muodonmuutoksista aiheutuvia rasituksia. Sisähalkaisijaltaan yli 500 mm putket ovat yleensä raudoitettuja. Sisähalkaisijaltaan ≤ 600 mm putket ovat muhviputkia ja ≥ 800 mm putket ovat suoraseinämäisiä.



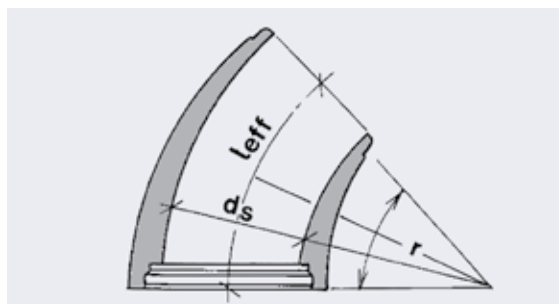
Taulukko 6.9. EK-soviteputket.

Kuva 6.5. EK-soviteputki.

Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitus	Hyötypituus L (mm)	Huom.
225	B	330	
225	B	500	
225	B	950	Hyötypituus voidaan valita mitasta 950 ylöspäin
225	B	1000	
300	B	330	
300	B	500	
300	B	950	Hyötypituus voidaan valita mitasta 950 ylöspäin
300	B	1000	
400	B	330	
400	B	500	
400	B	1000	
500	B,Br,Dr	500	
500	B, Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
600	B,Br,Dr	500	
600	Br, Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
800	Br,Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
1000	Br,Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
1200	Br,Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
1400	Br,Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
1600	Br,Dr	1000	Hyötypituus voidaan valita mitasta 1000 mm lähtien
1600	Br,Dr	1250	
1600	Br,Dr	2000	
2000	Br, Dr	950	Hyötypituus voidaan valita mitasta 950 mm lähtien
2000	Br,Dr	1000	
2000	Br,Dr	1250	
2000	Br,Dr	1750	

6.4.4 Käyrät putket

Kiintotiivisteellinen SFS-EN 1916 mukainen raudoittamaton muhwillinen betoniputki. Käyriä putkia käytetään sadevesi-, jätevesi- ja rumpulinjojen sovitekappaleena. Mahdollistaa putkilinjan pienet suunnanmuutokset.



Kuva 6.6. EK-käyrä putki.

Taulukko 6.10. EK-käyrä.

Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitus	Kulma V	Säde r (mm)
225	B	5	380
225	B	10	380
225	B	15	380
225	B	22,5	380
225	B	45	380
300	B	5	480
300	B	10	480
300	B	15	480
300	B	22,5	480
300	B	45	480
400	B	5	600
400	B	10	600
400	B	15	600
400	B	22,5	600
500	B	11,25	1495

6.4.5 Kulmaputket

Kulmaputkissa putkeen tehdään 0...45 asteen kulma, joka on vapaasti valittavissa. Kulmaputkien sisähalkaisijat ovat samat kuin pyöreillä putkilla DN 225...2000 ja kestävyysluokka B, Br tai Dr.

6.4.6 Haaraputket

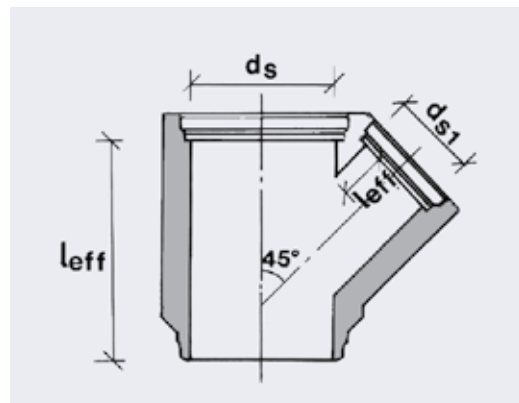
Kiintotiivisteellinen standardin SFS-EN 1916 mukainen raudoittamaton muhwillinen betoniputki. Käytetään sadevesi-, jätevesi- ja rumpulinjojen sovitteikkapaleena, kun halutaan liittyä suoraan esimerkiksi kiinteistöliittymällä suoraan linjaan. Peitesyvyys tiivistetyllä alkuäytöllä min. 0,60 m ja max. 5,0 m.

Taulukko 6.11. EK-haaraputket.

Nimi	Sisähalkaisija DN (mm)	Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitus	Hyöty- pituus l (mm)
EK-haara 225/225-B	225	225	B	700
EK-haara 300/225-B	300	225	B	600
EK-haara 400/225-B	400	225	B	600



Kuva 6.7. Kulmaputki.



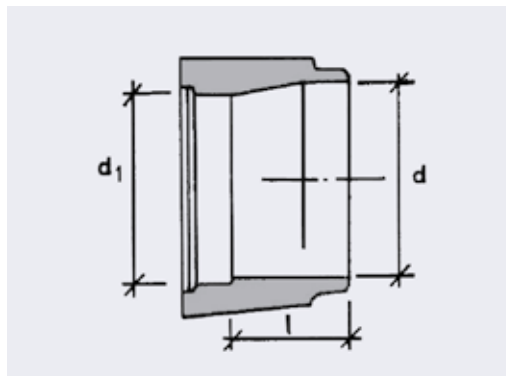
Kuva 6.8. Haaraputki.

6.4.7 Vaihtoliitosputket

Kiintotiivisteellinen SFS-EN 1916 mukainen raudoittamaton muhvinen betoniputki. Käytetään sadevesi-, jätevesi- ja rumpulinjojen sovitekappaleena, kun putkilinjan kokoa ja materiaalia halutaan muuttaa kesken linjan.

Taulukko 6.12. EK-vaihtoliitokset.

Muoviputken halkaisija d (mm)	Betoniputken sisähalkaisija mm	Hyöty-pituus mm	Piirustus-merkintä
160	225	270	160M/225 B/EK
200	225	257	200M/225 B/EK
250	300	257	250M/300 B/EK
315	300	257	315M/300 B/EK
Supistusputki: EK 300-EK 225		300	300EK/225EK
EK 400-EK 225		500	400EK/225EK
EK 400-EK 300		500	400EK/300EK

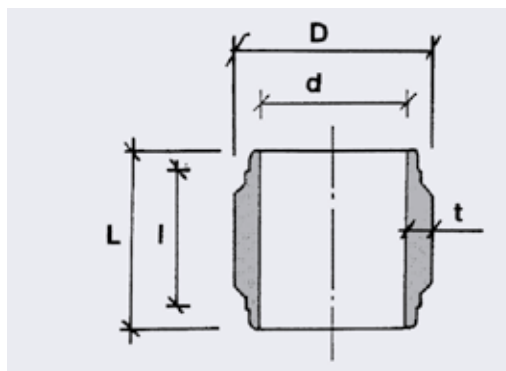


Kuva 6.9. EK-vaihtoliitos.

6.4.8 Kärkikappaleet

Taulukko 6.13. EK-kärkikappaleet.

Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitus-Luokka B	Hyöty-pituus mm	Piirustus-merkintä
225	B	420	225 KK/EK
300	B	420	300 KK/EK
400	B	500	400 KK/EK
500	B	650	500 KK/EK
600	B	650	600 KK/EK



Kuva 6.10. Kärkikappale.

6.4.9 EK-tulpat

Taulukko 6.14. EK-tulpat.

Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus T (mm)	Piirustus-merkintä
225	40	225 T/EK
300	60	300 T/EK
400	70	400 T/EK
500	70	500 T/EK
600	70	600 T/EK
800	80	800 T/EK
1000	100	1000 T/EK
1200	120	1200 T/EK
1400	140	1400 T/EK
1600	160	1600 T/EK
2000	200	2000 T/EK



Kuva 6.11. EK-tulppa.

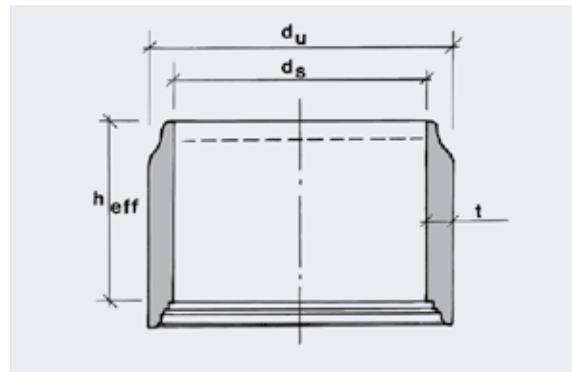
6.5. EK-kaivot

Kaivonrenkaat halkaisijaltaan $DN \leq 1250$ mm ovat CE-merkittyjä. Halkaisijaltaan >1250 kaivonrenkaat kaivonrenkaat kuuluvat FI-merkinnän piiriin, jossa valmistus on kolmannen osapuolen tarkastuksessa.

6.5.1 Kaivonrenkaiden mitat ja toleranssit

Kaivonrenkaiden koot, mitat ja sallitut mittapoikkeamat esitetään **taulukoissa 6.15 ja 6.16**.

Kaivonrenkaiden hyötykorkeuden tulee olla vähintään 0,25 m ja 0,25 m:n kerrannainen. Hyötykorkeuden sallittu poikkeama on -20 mm...+20 mm. Hyötykorkeuden vaihtelevat välillä 250....2000 mm. Tuotevalikoimissa ja mitoissa on valmistajakohtaisia eroja.



Kuva 6.12. EK-vaihtoliitos.

Taulukko 6.15. Kaivonrenkaiden sisähalkaisijan ja seinämävahvuuden sallitut mittapoikkeamat, seinämävahvuuden vähimmäispaksuus sekä kärjen ulkohalkaisijan sallitut mittapoikkeamat.

Sisähalkaisijan nimellismitta DN (mm)	Sisähalkaisijan sallittu mittapoikkeamat ΔDN (mm)	Seinämän paksuuden vähimmäis-nimellismitta t_{min} (mm)	Seinämän paksuuden sallitut poikkeamat nimellimitasta Δt (mm)	Kärjen ulkohalkaisijan sallitut poikkeamat nimellimitasta Δd_2 (mm)	d_2 :n mitta-asetäisyys kärjen päästä m (mm)
<i>CE-merkityt kaivonrenkaat</i>					
600	± 6	80	± 5	$\pm 2,0$	43
800	± 7	80	± 6	$\pm 2,0$	43
1000	± 8	90	± 7	$\pm 2,0$	43
1200	± 9	120	± 7	$\pm 3,6$	58
<i>FI-merkityt kaivonrenkaat</i>					
1500	± 10	150	± 8	$\pm 3,6$	58
1600	± 10	150	± 8	$\pm 4,2$	69
2000	± 15	190	± 8	$\pm 4,2$	69
2500	± 15	230	± 10	$\pm 5,5$	75
3000	± 15	280	± 10	$\pm 5,5$	75

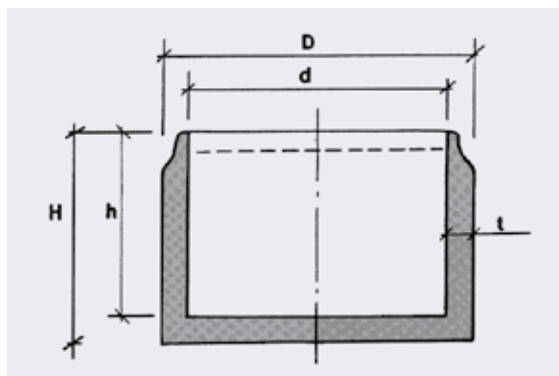
Taulukko 6.16. Renkaiden liitospäiden vinouden enimmäismäärä.

Renkaat	Sisähalkaisija DN (mm)			
	≤ 600	$>600 \dots \leq 1000$	$\geq 1200 \dots \leq 2000$	$>2000 \dots \leq 3000$
a_0	<8	<12	<16	<20

Taulukko 6.17. EK-kaivonrenkaiden koot, raudoitusluokat ja hyötykorkeudet.

Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitus- luokka	Hyötykorkeus h (mm)
600	Br, Cr	500
	Br, Cr	750
	Br, Cr	1000
	Br, Cr	1250
	Br, Cr	1500
	Br, Cr	1750
800	Br, Cr	250
	Br, Cr	500
	Br, Cr	750
	Br, Cr	1000
	Br, Cr	1250
	Br, Cr	1500
1000	Br, Cr	250
	Br, Cr	500
	Br, Cr	750
	Br, Cr	1000
	Br, Cr	1250
	Br, Cr	1500
1200	Cr	500
	Br,Cr	750
	Br,Cr	1000
	Br,Cr	1250
	Br,Cr	1500
	Br,Cr	2000
1500	Cr	500
	Cr	750
	Cr	1000
	Cr	1250
	Cr	1500
	Cr	2000
1600	Br,Cr	500
	Br,Cr	750
	Br,Cr	1000
	Br,Cr	1250
	Br,Cr	1500
	Br,Cr	2000
2000	Br,Cr	500
	Br,Cr	750
	Br,Cr	1000
	Br,Cr	1250
	Cr	1500
	Br,Cr	1750
Br,Cr	2000	

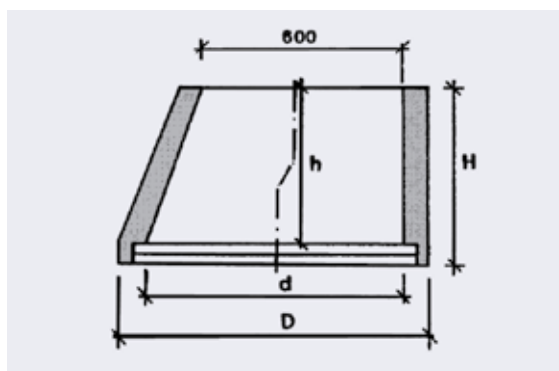
6.5.2 Pohjarenkaat



Kuva 6.13. EK-pohjarengas.

Pohjarenkaiden kokovalikoima on sama kuin kaivonrenkailla ks. **taulukko 6.17.**

6.5.3 Kartiorenkaat

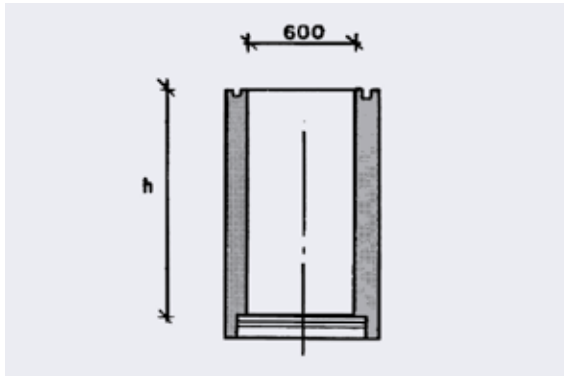


Kuva 6.14. Kartiorengas.

Taulukko 6.18. EK-kartiorenkaat.

Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitus- luokka	Hyöty- korkeus h (mm)	Kokonais- korkeus H (mm)
800/600	Cr	500	574
1000/600	Cr	750	824

6.5.4 EK-rengas valurautakansistolle



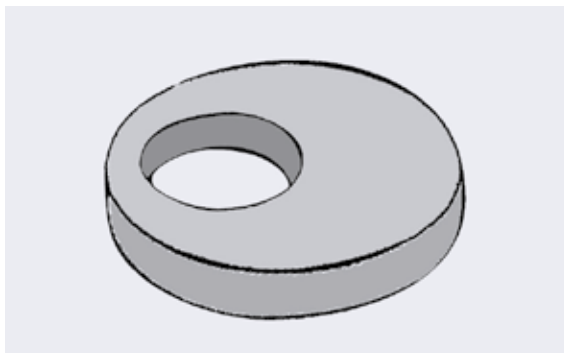
Kuva 6.15. EK-rengas valurautakansistolle.

Käytetään kartiorengaan asemasta Ø 600 EK-kaivoissa.

Taulukko 6.19. EK-renkaat valurautakansistolle.

Sisähalkaisija x korkeus DN (mm) x h (mm)	Raudoitusluokka
600 x 500	Cr
600 x 750	Cr
600 x 1000	Cr
600 x 1250	Cr
600 x 1500	Cr
600 x 1750	Cr

6.5.5 EK-kansilevyt



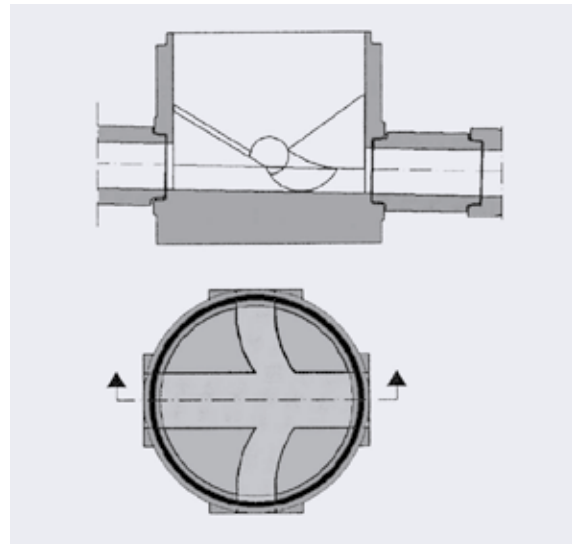
Kuva 6.16. EK-kansilevy.

Kansilevy voi olla umpinainen tai siinä voi olla pyöreä tai muunmuotoinen reikä miesluokua varten. Kansilevyjä on saatavana myös teleskooppiputkilla ja kansilla. Kansilevyjä voidaan käyttää myös supistuskantena, kun kaivoa jatketaan pienemmällä renkaalla..

Taulukko 6.20. EK-kansilevyt.

Sisähalkaisija DN (mm)	Raudoitusluokka	Hyötykorkeus mm	Kokonaiskorkeus H mm	Ulkohalkaisija D mm
600	Cr	100	170-174	760
800	Cr	100-130	170-204	970
1000	Cr	130	200-204	1200
1200	Cr	150-170	275	1480
1500	Cr	200	325	1800
1600	Cr	170	300	1960
2000	Cr	190-278	320-395	2380

6.5.6 EK-pohjaelementit



Kuva 6.17. Kaivon pohjaelementti.

Pohjaelementit valmistetaan tilauksen mukaisesti.

Tilattaessa tulee ilmoittaa

- kaivon halkaisija
- pohjaelementin korkeus
- liittyvien putkien halkaisijat, keskinäinen sijainti ja korkeuserot
- liittyvien putkien tyyppi, kaivon numero

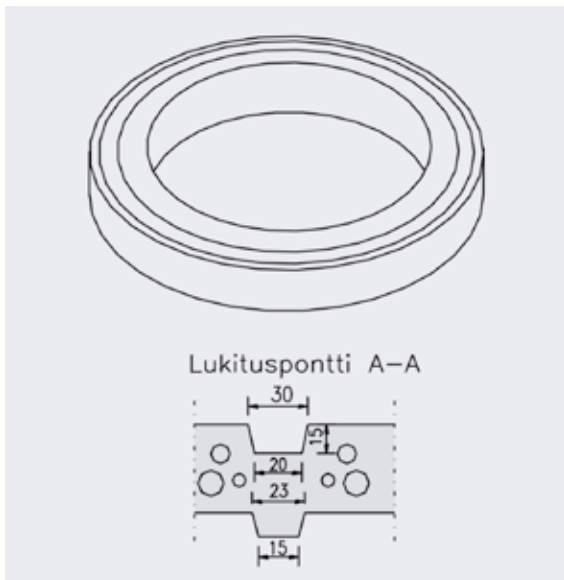
Betoniputkille valuliittyviä on yleisesti saatavilla betoniputkille sisähalkaisijaltaan DN 222...1600 mm sekä munanmuotoisille putkille 300/450 Qmax ja 500/750 Qmax. Muoviputkille valuliittyviä on saatavissa putken ulkohalkaisijoille 110, 160, 200, 250, 315, 400 ja 500 mm.

Porausliittymiä muoviputkille on saatavissa kokoon 600 mm saakka. Tätä isommat porausliittymät tehdään työmaalla.

Tilaus tehdään kirjallisena ja tarvittaessa liitetään mukaan selventävä piirros. Valmiiksi painettuja kaivokortteja on saatavina eri valmistajilta.

6.5.7 Korotusrenkas

Korotusrenkaat voivat olla suoria tai vinoja. Vinojen korotusrenkaiden reunat ovat 50 mm ja 35 mm tai 75 mm ja 60 mm. Vinoilla korokerenkailla pystytään kaivon kannen tasoa kääntämään kaltevan maanpinnan suuntaiseksi. Asentamalla taas vinot pinnat vastakkain saadaan kannen taso vaakasuoraksi.

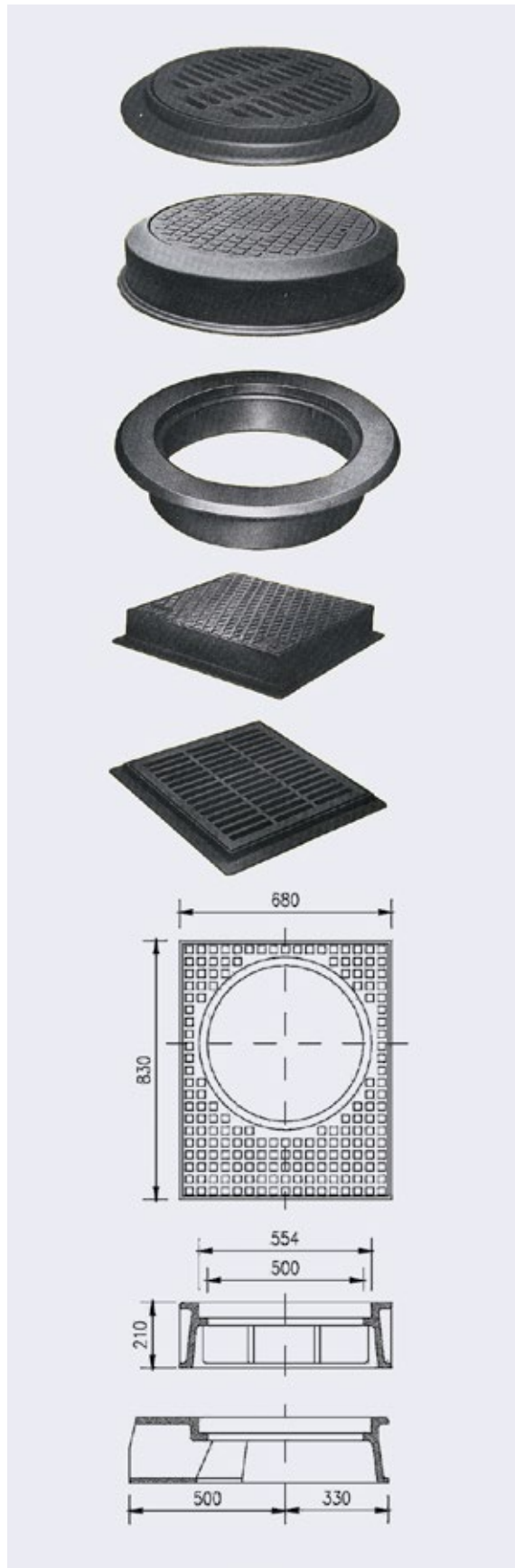


Kuva 6.18. Korotusrenkas.

Taulukko 6.21. Korotusrenkaat.

Halkaisija mm	Korkeus mm
600	50
600	75
600	100
600	150
600	200
600	250
665	70

6.5.8 Valurautakansistot



Kuva 6.19. Valurautakansistoja EK-kaivoille..

Portaattomasti säädettävä kansisto 600 mm:n kartiorenkaalle (550 sarja).

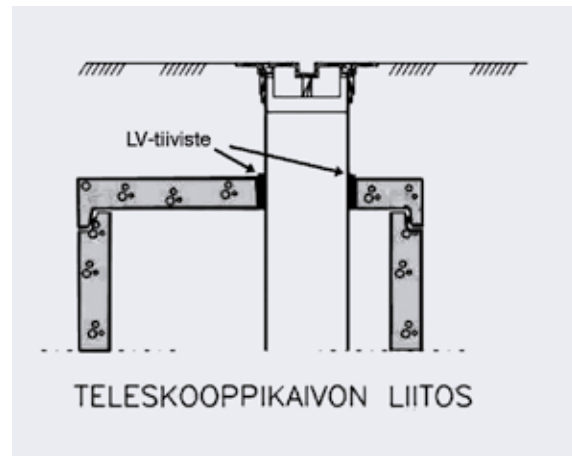
Taulukko 6.22. Valurautakansistot 550 sarja.

Kansistotyyppi	Kuormituksen kesto kN
Kehys, pyöreä	400
Kehys, neliskanttinen	400
Umpikansi	400
Umpikansi	250
Ritiläkansi	400
Ritiläkansi	250

Taulukko 6.23. Valurautakansistot 600 sarja.

Kansistotyyppi	Kuormituksen kesto kN
Kehys pyöreä 2 kannella	400
Kehys pyöreä 1 kannella	400
Kiinteä h-100 kehys	400
Umpikansi	400
Umpikansi	250
Ritiläkansi	400
Ritiläkansi	250
Väläkansi	
Sadevesi kupukansi viheralueille	-
Kävelykatukansisto	250

6.5.9 Teleskooppikansistot



Kuva 6.20. Teleskooppikaivon liitos.

Teleskooppikansistoinen betonirengaskaivo muodostuu betonirenkailla tehdystä alaosasta sekä teleskooppisesta muoviputkiosuudesta sekä valurautakehyksestä ja kannesta. Teleskooppikannen betonirengas voi olla suora tai kartionmuotoinen. Muoviputkiosuuden (teleskooppiputki) ulkohalkaisija voi olla Ø 315, 500, 560 tai 630 mm.

7 Ylläpito

7.1 Yleistä

Viemäriverkoston toimivuuden takaava toiminta voidaan jaotella seuraavasti:

- ennalta arvaamattomat työt (sulatukset, tukkeutumiset, sortumat)
- määräaikaiset työt (tarkastukset keväisin ja syksyisin, pumppujen huollot)
- harkinnanvaraiset työt

Viemäriverkon kunnossapito sisältää seuraavia tehtäviä:

- kunnossapidon suunnittelu
- kunnossapitotyöt ja tarkkailu
- viemäreiden paikallistaminen (johtojen ja laitteiden tarkka sijainti)
- viemäreiden kunnon tutkiminen
- viemäreiden huuhtelut
- viemäreiden kuvaukset
- sulatukset

Huolellisesti rakennettu ja hyvissä olosuhteissa toimiva viemäri on varsin pitkäikäinen. Viemäriin käyttökäähä voivat kuitenkin lyhentää mm.:

- tukkeumat, hiekka, liete, puiden juuret jne.
- puutteellinen tuuletus (betoniputkissa rikkivetykorrosio)
- viemäriveden laatu (kemikaaleista aiheutuva syöpyminen)
- maaperän ja pohjaveden laatu

7.2 Tarkastukset

Robottikameralla tehtävä videokuvaukset on yleinen tapa viemäriin kunnon selvittämiseen. Viemäreiden videokuvaukseen edeltää useimmissa tapauksissa kuvattavan osuuden puhdistus. Puhdistamalla pyritään poistamaan kaikki irtonainen aines putken sisältä ja saamaan näin aikaan olosuhteet, joissa kameraa pystytään helpommin ohjaamaan ja joissa saadaan parempi kuva putken sisältä. Vanhoissa viemäreissä kuvauksen tekeminen saattaa lisäksi edellyttää puun juurien leikkaamista.

Kuvauksessa kameraa kuljetaan tavallisesti myötävirtaan. Kameran vieminen kuvattavaan viemäriin edellyttää viemärikaivolta **taulukossa 7.1** esitettyjä vähimmäismittoja.

Taulukko 7.1. Kaivon vähimmäishalkaisija.

Viemäriin halkaisija	Kaivon sisähalkaisija
Ø 225 – 300 mm	Ø 315 mm
Ø > 300 mm	Ø 560 mm

Videokuvassa tulee näkyä kunkin kuvausjakson alussa otsikkokuva, jossa on mainittu ainakin seuraavat asiat:

- kuvausajankohta
- tilaaja
- kuvauskohde (esim. kadun nimi)
- verkostolaji ja putken tunnus
- aloituskaivon ja lopetuskaivon tunnus
- putkikoko (mm)
- materiaali
- kuvaajayrityksen nimi ja kuvaaja sekä
- kuvauksen aikana tulee näkyä kuljettu matka ja putken reaaliaikainen kaltevuus, jotta voidaan tarkkailla toteutuuko suunniteltu kaltevuus.

Videokuvauksessa havaitut vikatyypit ja niiden vakavuusaste luokitellaan standardissa SFS-EN 13508-2+A1: 2011. Investigation and assessment of drain and sewer systems outside buildings. Part 2: Visual inspection coding system. Kuvauksista tehdään raportti, jossa käydään läpi, joka kaivoväli ja kaivo. Raporttiin piirretään suunniteltu korkeusprofiili ja toteutunut korkeusprofiili. Lisäksi kaivovälin putkistossa havaitut relevantit seikat todetaan, mm. vauriot ja niiden vakavuusaste.

Ohjeistusta videokuvaukseen annetaan julkaisussa:

Vesilaitosyhdistys VVY, Viemäreiden TV-kuvauksen tulkintaohje, Helsinki 2005

Videokuvauksen tulokset voidaan esittää Vesilaitosyhdistys VVY:n julkaisemalla lomakkeella "Viemäriin tutkimusraportti" (excel- ja pdf-lomake).

7.3 Puhdistus

Puhdistus voi liittyä verkoston toiminnallisen kunnan hoitoon tai olla videokuvausta edeltävä toimenpide. Viemäriin puhdistamisella pyritään poistamaan kaikki irtonainen aine putken sisältä. Kuvauksen varten puhdistamisella aikaansaadaan olosuhteet, joissa kamera pystyy helpommin kulkemaan putkessa ja putkesta saadaan riittävän hyvä kuva putken kunnan arvioimiseksi.

Puhdistustyöhön käytetään ns. yhdistelmäautoa, jossa on tehokas painepesu- ja imulaitteisto. Puhdistus tapahtuu työntämällä pesuletkua puhdistettavaan viemäriin vastavirtaan. Suuttimesta taaksepäin suuntautuvat vesisuihkut työntävät vesiletkua eteenpäin ja irrottavat irtoainesta putken pinnasta. Vesiletkua kelattaessa takaisin vesisuihkut työntävät irtoainesta edellään puhdistuksen aloituskohtaan, josta irtoaineksen ja veden sekoitus imetään auton säiliöön.

Puhdistuksessa käytetyn vesisuihkun painetta voidaan säädellä. Paineet ovat normaalisti 150...200 bar. EK-tiiviste kestää puhdistustyössä tavanomaisesti käytettävät huuhtelupaineet.

Puhdistus ei poista putkesta suuria esineitä eikä juuria.

7.4 Putkikorjaukset

Viemäreiden ja niihin liittyvien laitteiden saneerauksia tehdään ensisijassa putkistojen rakenteellisen kunnan ja toimivuuden parantamiseksi. Rakenteellisia syitä ovat mm. putken lujuuden heikkeneminen, ulkopuolisen kuormituksen aiheuttamat putkien rikkoutumiset, muodonmuutokset ja siirtymät, putkiston sisä- tai ulkopuolinen korroosio sekä putkistoihin liittyvien laitteiden, kaivojen, venttiileiden jne. kunnan heikentyminen. Hydrauliseen tilaan vaikuttavat vuodot, vesilammikot, liettyminen ja juurien tunkeutuminen putkeen. Viemäreiden toimivuuden heikentyminen voi johtua saostumista, putkien painumista ja kaltevuuden muutoksista, verkoston kapasiteettitarpeen muutoksista (esimerkiksi hulevesien erillisviemärointi ja pumppaamoiden ylivuotojen vähentäminen) tai verkostojen osana olevien laitteiden toimintahäiriöistä. Saneeraustarvetta voivat aiheuttaa myös katujen kokonaissaneeraus sekä ympäristön suojelulliset tekijät kuten ylivuotojen poistaminen ja pohjavesien pilaantumisriskit.

Uusiminen auki kaivamalla on yleisin saneerausmenetelmä. Putkilinjan sisäpuolinen saneeraus ilman merkittäviä rakennusteknisiä töitä ja kaivamista on myös yleinen vaihtoehto. Betoniviemäreiden sisäpuolisia saneerausmenetelmiä ovat sukkasujutus ja muotoputkisujutus. Sukitus tehdään kaivoväleittäin, mutta korjaus voidaan tehdä myös osittain tietyllä putkilinjan osalla.

Mikäli vesihuoltolaitosten viemärisaneerauksissa halutaan poiketa standardin SFS-EN 1610 vaatimuksista, tiivistystauksen vaatimukset tulee esittää työselostuksessa.

Sisäpuolisista viemärisaneerausmenetelmistä sukkasujutukselle ja muotoputkisujutukselle on olemassa vapaaehtoisia standardeja, jotka on tarkoitettu vesihuoltolaitosten maanalaisten verkostojen korjaamiseen.

Sujutusmenetelmissä vanhat viemäri- ja putkilinjat uusitaan sujuttamalla niiden sisään uudet putket. Sujutusmenetelmä sopii parhaiten suoriin putkilinjoihin ja se voidaan tehdä erilaisilla menetelmillä riippuen asennuspaikasta ja putkiston kapasiteettitarpeesta. Myös paikalle tehtävien kaivutöiden laajuus voi vaikuttaa sopivan menetelmän valintaan.

Sukkasujutuksessa polyesterihuovasta tai joustavasta polyesterikudoksesta tehty putki, kyllästetään kemiallisesti kovettuvalla kemikaalilla (esim. 2-komponenttisella epoksilla). Sukituksen asennus tapahtuu paineilman avulla. Sukan muodostama putki paineistetaan kovettumisen ajaksi muottina toimivan korjattavan putken muotoon paineilmalla, höyryllä tai vedellä.

Muotoputkisujutuksessa muotopuristettu halkileikkaukseltaan munuaisen muotoinen muoviputki vedetään lämmitettynä vaijerilla korjattavan putken sisään. Muotoputki palautetaan pyöreään muotoonsa paineilmalla ja se lujittuu jäähtyessään.

Paikallisina korjausmenetelminä tulevat kysymykseen kohdeinjektointi, korjausholkkien, korjausmuhvien tai tiivistysrenkaan käyttö sekä kutistenauhan käyttö.

Ulkupuolinen putken korjaustyö voidaan tehdä kutistenuhua käyttäen. Seuraavassa kuvasarjassa esitetään työvaiheittain kutistenuhan käyttö paikallisessa korjauksessa.



Kuva 7.1. Kutistenuhan käyttö betoniviemäriin korjaustyössä.

Paikallisiin korjauksiin (tai kahdesta suunnasta tulevan asennuksen yhdistämiseen) soveltuu esim. haponkestävästä teräksestä tehty panta, jonka sisäpinnalla on vulkanoitu kumi.

Kuvassa 7.2 esitetään työvaiheittain korjauspannan käyttö paikallisessa korjauksessa.



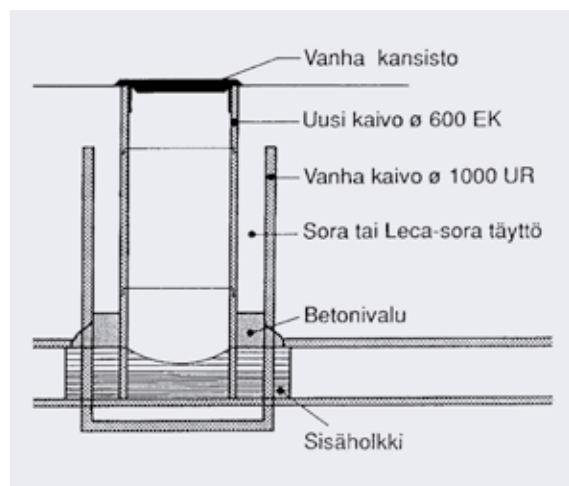
Kuva 7.2. Korjausmuhvin käyttö korjaustyössä.



7.5 Viemärikaivojen saneeraus

Rakenteeltaan heikentynyt tai runsaasti vuotava vanha kaivo uusitaan poistamalla vanha kaivo. Ainoastaan pohjaelementti jätetään paikalleen, mikäli tämä on ehjä. Käyttämällä muutoselementtiä voidaan uusi kaivo yleensä rakentaa EK-kaivona. Muutoselementissä (kaivon rengas) on toisessa päässä uurreliitos vanhaan renkaaseen liittymistä varten ja yläreuna on EK-renkaan liitos.

Vanhan kaivon sisään voidaan rakentaa uusi kaivo seuraavan periaatekuvan (**kuva 7.3**) mukaan.



Kuva 7.3. Uuden kaivon rakentaminen vanhan kaivon sisään.

8 Betoni viemäröintimateriaalina

8.1 Betoni ja sen ainesosat

8.1.1 Betoni

Betoni koostuu runkoaineesta, sideaineesta ja vedestä, minkä lisäksi seos- ja lisäaineita käyttämällä on mahdollista sovittaa betonin ominaisuuksia halutunlaisiksi. Putkimateriaalina betoni on ihanteellinen korkean rakenteellisen lujuutensa, jäykkyytensä ja hyvän kuormien kestävyytensä ansiosta. Betoniputken ja betoniterästen lämpöliike on pieni ja muodonmuutokset voidaan hallita putkien saumoissa.

Betoniputket ja -kaivot valmistetaan erittäin korkealuokkaisesta betonista, jolle on tyypillistä hyvä tiiviys, lujuus ja lämpötilavaihteluiden kesto. Tiiviys ja lujuus estävät haitallisten aineiden tunkeutumista betoniin, joten betoni kestää hyvin kemiallisia rasituksia sekä veden, hiekan ja muiden kiintoainesten kulutusta. Betonin osa-aineiden keskeiset standardit esitetään **taulukossa 8.1**.

Taulukko 8.1. Betonin osa-aineet ja standardit

Osa-aine	Standardi
Kiviainekset	SFS-EN 12620 ja SFS 7003
Sementti	SFS-EN 197-1+A1
Seosaineet, käytön yleiset edellytykset	SFS-EN 206, SFS 7022
Lentotuhka	SFS-EN 450-1
Silika	SFS-EN 13263-1
Jauhettu granuloitu masuunikuona	SFS-EN 15167-1
Vesi	SFS-EN 1008
Lisäaineet	SFS-EN 934-2 ja/tai SFS-EN 934-5 ja SFS-EN 934-6
Kuidut	SFS-EN 14889-1 ja SFS-EN 14889-2

Betonin sallittu laskennallinen kloridipitoisuus on raudoitetuilla ja teräskuiduilla vahvistetuilla putkilla ja kaivonrenkailla $\leq 0,2$ % ja raudoittamattomilla putkilla ja renkailla ≤ 1 % sementin painosta.

8.1.2 Kiviaines

Betonin kiviaineena käytetään seulottua luonnonkiviainesta ja yhä enenevässä määrin murskattua kiviainesta. Kiviainetta ja sementtiä korvaavia yleisimpiä ainesosia betonin valmistuksessa ovat lentotuhka ja jauhettu masuunikuona. Kiviaineilta vaadittavia ominaisuuksia ovat sopiva rakeisuus, puhtaus ja ominaisuuksien mahdollisimman vähäiset vaihtelut.

Betonin valmistukseen käytetään yleensä seuraavia lajitteita:

- filleri 0 - 1 mm
- hienot lajitteet 0 - 4, 0 - 8 mm
- karkeat 4 - 8, 8 - 16, 16 - 32 mm

Putkien valmistuksessa käytetyt kiviainekset ovat CE-merkittyjä **taulukossa 8.1** esitettyjen standardien mukaisesti.

8.1.3 Side- ja seosaineet

Betoniputkien ja -kaivojen valmistuksessa käytetään tavanomaisia rakennussementtejä. Sulfaatinkestävää sementtiä käytetään silloin, kun putket joutuvat alttiiksi sulfaattirasitukselle. Sulfaatteja esiintyy eräin paikoin maaperässä esim. muinaiset merenpohja-alueet ja teollisuusprosessien jätevesissä.

Tuoreen tai kovettuneen betonin ominaisuuksien säätämiseen voidaan valmistuksessa käyttää mineraalisia seosaineita, joita ovat lentotuhka, jauhettu masuunikuona ja silika. Mineraalisilla seosaineilla voidaan parantaa betonin tiiviyyttä ja kestävyttä sulfaatteja vastaan sekä vähentää hiilijalanjälkeä korvaamalla sementin osuutta betonissa.

Sekä sementti että mineraaliset seosaineet ovat CE-merkittyjä asianomaisten eurooppalaisten standardien mukaisesti (**ks. Taulukko 8.1**).

8.1.4 Vesi

Veden pitää olla puhdasta, jotta hydrataatio voi edetä häiriöttä. Betoniin sekoitettavalle vedelle vaatimukset esitetään standardissa SFS-EN 1008.

8.1.5 Lisäaineet

Viemärituotteissa lisäaineita käytetään yleensä vain erikoistapauksissa esim. lujuuden, säilyvyyden, pakkasenkestävyyden tai tiiviyn parantamiseksi.

Lisäaineet ovat CE-merkittyjä **taulukossa 8.1** esitettyjen standardien mukaisesti.

8.1.6 Kuidut

Betoniputkien raudoitteina voidaan käyttää teräskuituja. Kuiduilla parannetaan betonin sitkeysominaisuuksia halkeamien muodostumisen jälkeisessä kuormituksessa. Kuidut parantavat rakenteen kestävyttä taivutusvedolle ja vedolle, leikkaukselle, väsytytkuormitukselle (toistuva veto ja puristus), iskuille ja sysäyksille. Kuidut parantavat betonin vetolujuutta ja lisäävät sitkeyttä murtumistilanteessa eli murtumista edeltää suuri muodonmuutos. Kuiduilla ei ole kuitenkaan merkittävää vaikutusta betonin puristuslujuuteen. Halkeamien muodostumisen jälkeen kuitubetonin kapasiteetti määritellään muodonmuutosta vastaavana jäännöslujuutena.

Teräskuitujen tulee olla CE-merkittyjä standardin SFS-EN 14889-1 mukaisesti.

8.2 Betonin ominaisuudet

8.2.1 Puristuslujuus

Betoniviemärituotteissa vaatimuksena on minimilujuus 40 MPa ja vesisementtisuhte $\leq 0,45$. Tuotteissa käytetyn betonin lujuusluokka on käytännössä yleensä C40/50...C50/60, mikä on noin kaksinkertainen tavalliseen talonrakennuksessa käytettäviin rakennebetoneihin verrattuna. Tarvittaessa betoniputkien valmistuksessa betonin lujuusluokka voi olla jopa C80/95. Betoniputkien ja -kaivojen valmistukseen käytettävän betonin vesisementtisuhte on alhainen, tyypillisesti noin 0,3...0,4. Betonin pieni vesi-sementtisuhte parantaa monia kovettuneen betonin ominaisuuksia, kuten puristuslujuutta, tiivyttyä, kemiallista kestävyyttä, kulutuskestävyyttä sekä pakkasenkestävyyttä.

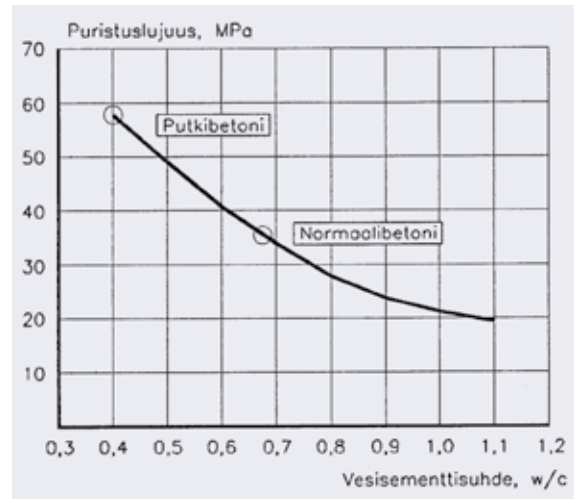
8.2.2 Tiiviys

Teollinen valmistustekniikka mahdollistaa betonin alhaisen vesisementtisuhteen ja tämän vuoksi betoniviemärituotteiden rakenne on erittäin tiivis eikä käytännössä läpäise esim. vettä. Hyvä tiiviys parantaa samalla puristuslujuutta sekä pakkasen- ja korroosionkestävyyttä. **Kuvassa 8.2** esitetään vesisementtisuhteen vaikutus betonin tiiviyteen.

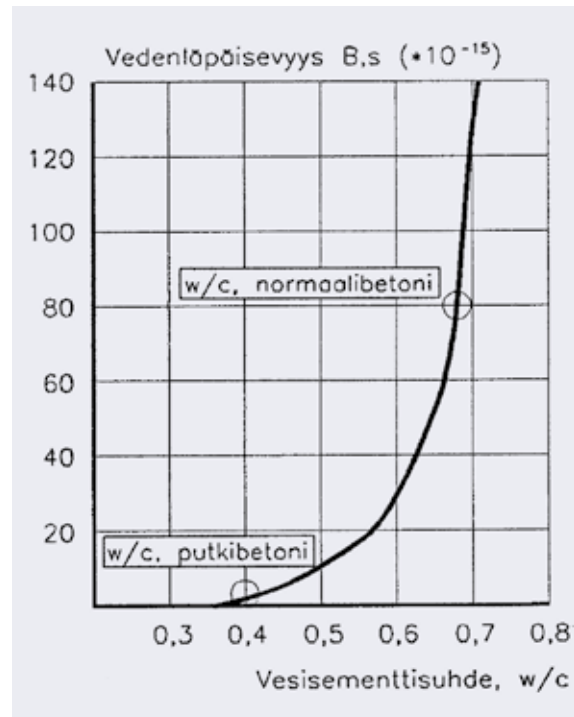
8.2.3 Kulutuskestävyys

Betoniputki kestää hyvin kulutusta, staattisia ja dynaamisia kuormituksia, se on luja ja jäykkä. Betonin murtuminen sekä puristus- että veto- rasitukselle on hauras, mutta murtuminen saadaan sitkeäksi (murtumista edeltää näkyvät muodonmuutokset, halkeamat jne.) raudoituksella (betoniteräkset, kuidut).

Jäte- ja hulevesi sisältävät hiekkaa ja muita kovia partikkeleita, jotka pyrkivät kuluttamaan viemäriputken seinämiä. Kulutusrasitus on suurin siellä, missä putkilinjan suunta muuttuu. Tutkimusten mukaan betoniputkille voidaan tavanomaisissa olosuhteissa ennustaa



Kuva 8.1. Vesisementtisuhteen vaikutus puristuslujuuteen.



Kuva 8.2. Vesisementtisuhteen vaikutus tiiviyteen.

kulumisriskillä mitoitettuna 100 vuoden käyttöikä.

8.2.4 Pakkaskestävyys

Tavanomaisissa jätevesi- ja hulevesiviemärisä betoniputket eivät joudu yleensä toistuvalla jäätymis/sulamisrasitukselle alttiiksi eikä pakkasenkestävyyden turvaamiseksi tarvitse ryhtyä erikoistoimenpiteisiin. Kuitenkin rumpuihin

käytettävien betonituotteiden on kestävä toistuvaa jäätymistä ja sulamista, minkä lisäksi niihin saattaa kohdistua suolapakkasrasitusta. Betoniputkissa ja -kaivoissa käytettävä korkealaatuinen betoni tarjoaa yleensä riittävän hyvän suojan pakkasrasitusta vastaan. Tarvittaessa pakkasenkestävyyttä voidaan parantaa betonin lujuutta ja tiiviyyttä lisäämällä sekä pakkasenkestävyyttä parantavilla lisäaineilla. Betoniputkissa ja kaivoissa käytettävää betonia ei voi lisähuokostaa eikä pakkasenkestävyyttä voi arvioida huokosrakenteen perusteella. Pakkaskestävyyden arviointi tapahtuu parhaiten jäädytys-sulatuskokeella joko suolaliuoksessa tai ilman.

8.3 Kemiaallinen kestävyys

8.3.1 Betoniputkien kestävyys jätevesikuormituksessa

Kemiaallisten rasitusten sieto riippuu betonin valmistuksessa käytetyn sementin määrästä ja tyypistä sekä kovettuneen betonin ominaisuuksista. Betonin sideaineen eli sementtikiven huokoisuus ja erityisesti betonin tiiviys vaikuttavat siihen kuinka helposti betonia vahingoittavat aineet voivat siihen tunkeutua. Sementtikiveen muodostuva huokosmäärä ja huokosten koko riippuvat pääasiassa betonin vesisementtisuhde. Betoniputkissa käytettävän betonin vesisementtisuhde on alhainen (noin 0,3-0,4) ja betonin tiiviys sekä korkea lujuus turvaavat ilman erityistoimenpiteitä hyvän kemiallisen kestävyden. Betonille haitallisimpia ovat happamat ja toisaalta sulfaattipitoiset jätevedet. Teollisuudessa käytettiin 1950- ja 1960-luvuilla runsaasti kemiallisesti aggressiivisia aineita, ja niitä sisältävät jätevedet laskettiin suoraan viemäriin aiheuttaen putkistoille vaurioita. Sittemmin ympäristötietous on kasvanut ja tämän päivän jätevesiolosuhteissa betoni kestää kemiallista korroosiota hyvin. Betoni kestää erinomaisesti myös pitkäaikaisessa käytössä nykyisin suositeltavat suurimmat yleiseen viemäriverkostoon johdettavien jätevesien haitallisten aineiden tyypilliset raja-arvot, kuten pH 6-10 ja sulfaattipitoisuus alle 400 mg/l (**ks. taulukko 8.2**). Lisäksi on olemassa joukko aineita, joita ei saa ollenkaan johtaa yleiseen viemäriverkostoon. Rajoituksia on asetettu viemäriinjojen toiminnan, huollontarpeen ja jäteveden puhdistuslaitosten lähtökohdista.

Putkiston tiivistämateriaalin kestävyys tulee selvittää erikseen, mikäli putkistossa johdetaan muuta kuin normaalia jätevettä. Tiivistämateriaalien ominaisuuksia on esitetty taulukossa 8.5.

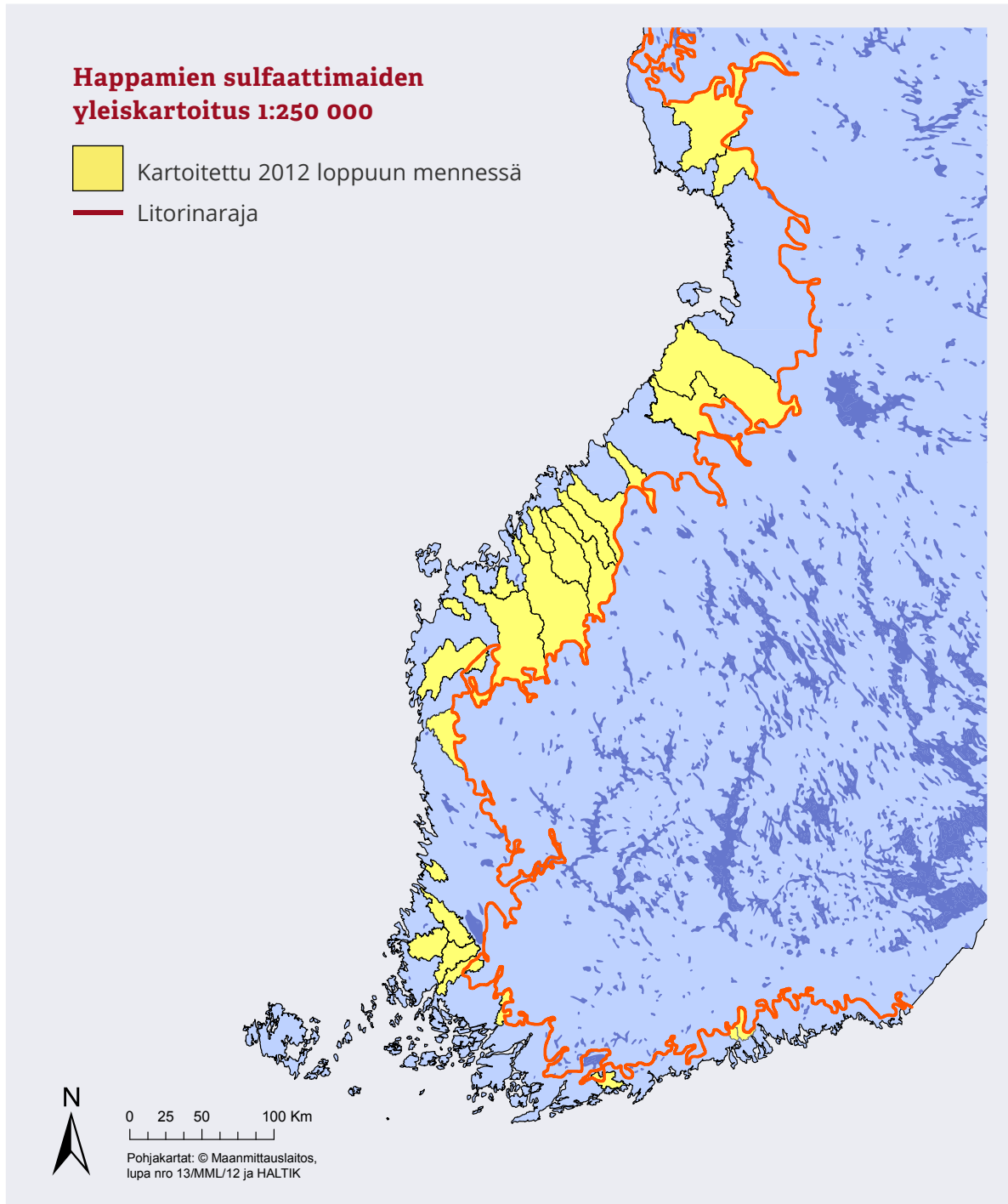
Betonille haitallisten aineiden luettelo ja haitallisuusluokittelu on esitetty **liitteessä 1**.

Taulukko 8.2. Viemäriverkolle haitallisten aineiden raja-arvoja suurimmissa kunnissa Suomessa.

Viemäriverkolle haitallisten aineiden raja-arvoja			
Alkuaineet	Mg/l	Kemiaalliset yhdisteet	mg/l
Arseeni (As)	0,1	Sulfidi	5,0
Elohopea (Hg)	0,01	Ammoniikki, ammonium	40
Hopea (Ag)	0,1...0,2	Sulfaatti, tiosulfaatin ja sulfiitin summa-arvo	400
Kadmium (Cd)	0,01	Magnesium	300
Kokonaiskromi (Cr)	0,5...1,0	Rasva	150
Kromi (VI) (Cr ⁶⁺)	0,1	Kokonaishiilivetyypitoisuus (C ₁₀ – C ₄₀), max.	100
Kupari (Cu)	2,0	Kloorivapaat VOC yhdisteet (esim. tolueni ksyleeni), max.	3
Lyijy (Pb)	0,5	Muu ominaisuus	
Nikkeli (Ni)	0,5	pH min	6,0
Sinkki (Zn)	3,0	pH max.	11,0
Kokonaissyaniidi (CN)	0,5	Lämpötila T _{max} °C	40
Tina (Sn)	2,0		
Seleen (Se)	1,0		

Tavalliset betoniputket voidaan Suomessa pääsääntöisesti asentaa ilman vaaraa maaperän aiheuttamista kemiallisista vaurioista. Riskialueilla vaurioihin on kuitenkin syytä varautua. Esimerkkejä alueista, joilla on syytä hakea putkivalmistajan kanssa yhteistyössä oikeat betonitekniset ratkaisut ovat:

- sellu- ja paperitehtaiden lähistöllä maaperä saattaa sisältää liian korkeita sulfaatti- tai sulfittipitoisuuksia
- kiisupitoisten kallioiden alueet (esimerkiksi Porin seutu)
- suoalueet, joissa on hiilihappopitoinen pohjavesi ja
- sulfaattipitoiset savimaat.



Kuva 8.3. Happamat sulfaattimaat Suomessa yleistilanne (lähde. www.gtk.fi).

Epäiltäessä aggressiivisia maaperäolosuhteita on tutkimusten perusteella yhteistyössä putki- valmistajan kanssa valittava oikeat tuoteominaisuudet niin, että hankalissakin oloissa saavutetaan tavoitekäyttöikä. Lisäksi tiivistämällä putken ympärys esimerkiksi moreenisavella voidaan betoni- viemärille haitallista pohjaveden virtaamaa pienentää niin, että aggressiiviset pohjavedet ovat put- kelle melko vaarattomia. Seuraavassa käydään lyhyesti läpi joitakin betonia vaurioittavia kemikaa- leja ja olosuhteita. **Taulukossa 8.3** annetaan ohjeita kemiallisten aineiden haitallisten vaikutusten torjumiseksi betonissa.

Taulukko 8.3. Kemialliset rasitukset ja toimenpiteet (SFS-EN 206).

Rasitustekijä	Testausmenetelmä	Rasitusluokka SFS-EN 206		
		XA1	XA2	XA3
Pohjavesi				
SO ₄ ²⁻ mg/l	SFS-EN 196-2	≥ 200 ja ≤ 600	> 600 ja ≤ 3000	> 3000 ja ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 ja ≥ 5,5	< 5,5 ja ≥ 4,5	< 4,5 ja ≥ 4,0
CO ₂ mg/l aggressiivinen	SFS-EN 13577	≥ 15 ja ≤ 40	> 40 ja ≤ 100	> 100 kyllästymiseen asti
NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 ja ≤ 30	> 30 ja ≤ 60	> 60 ja ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	ISO 7980	≥ 300 ja ≤ 1000	> 1000 ja ≤ 3000	> 3000 kyllästymiseen asti
Maaperä				
SO ₄ ²⁻ mg/kg kokonaismäärä ¹⁾	SFS-EN 196-2 ²⁾	≥ 2000 ja ≤ 3000 ³⁾	>3000 ³⁾ ja ≤ 12000	> 12000 ja ≤ 24000
Happamuus ml/kg Bauman Gullyn mukaisesti	prEN 16502	> 200 Baumann Gully	Ei esiinny käytännössä	Ei esiinny käytännössä
Betonille asetettavat vaatimukset, käyttöikä 100 vuotta				
Vesi-sementtisuhde		0,50	0,45	0,40
Lujuus		C30/37	C35/45	C40/50
Sementtimäärä kg/m ³		300	320	360
Sementtilaatu, kun rasitus johtuu sulfaatista		ei vaatimusta	SR-sementti	SR-sementti

Yksittäisen kemiallisen ominaisuuden suurimman rasituksen arvo määrittää rasitusluokan (ks. SFS-EN 206)

Jos kaksi tai useampi aggressiivista ominaisuutta johtaa samaan luokkaan, ympäristö luokitellaan seuraavaan korkeampaan luokkaan, ellei erityisesti tätä varten suoritettulla selvityksellä osoiteta, ettei se ole tarpeen.

¹⁾ Savimaat, joiden läpäisevyys on pienempi kuin 10⁻⁵ m/s, voidaan luokitella alempaan luokkaan.

²⁾ Testausmenetelmän periaate on uuttua SO₄²⁻ suolahapolla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vesiuuttoa, jos betonin käyttöpaikalla on siitä kokemusta.

³⁾ Raja-arvo 3000 mg/kg lasketaan arvoon 2000 mg/kg, jos betonin toistuva kuivuminen ja kastuminen tai kapillaarinen kastuminen aiheuttaa betonin sulfaatti-ionien kasaantumisriskin.

Happamat olosuhteet, orgaaniset liuottimet ja pesuaineet

Veden aggressiivisuus riippuu sen kovuudesta siten, että pehmeä vesi, jossa on vähän kalsium- yhdisteitä, on vaarallisempaa kuin kova vesi. Toisaalta suuri hiilihapon (HCO₃, mikä tarkoittaa veteen liuennutta hiilidioksidia) määrä alentaa betonin emäksisyyttä ja heikentää betonin teräksiä suojaavia ominaisuuksia. Orgaaniset liuottimet ja pesuaineet eivät yleensä aiheuta haittaa betoni- viemärille.

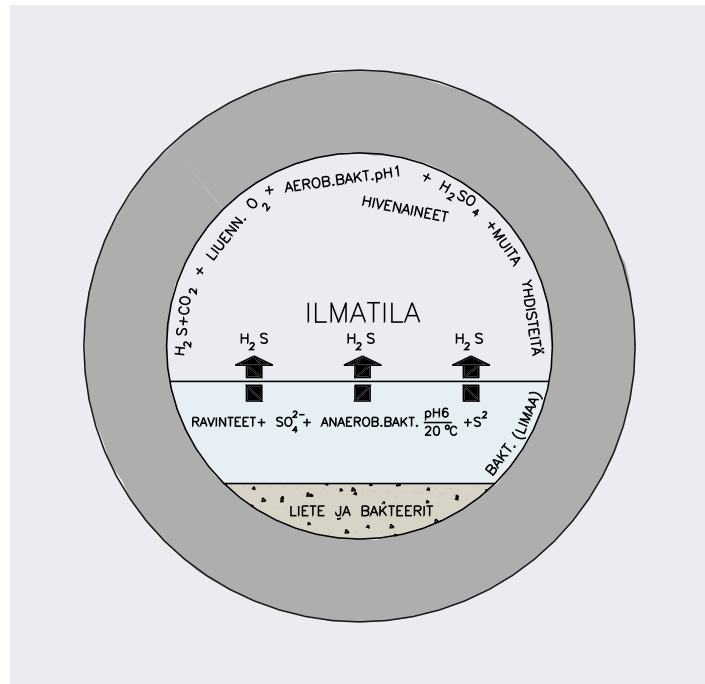
Karbonatisoituminen

Karbonatisoitumisessa sementtikivi muuttaa koostumustaan ilmassa olevan hiilidioksidin vaikutuksesta. Kemiallisen reaktion tuloksena syntyy kalsiumkarbonaattia (CaCO_3) samalla, kun sementtikiven emäksisyys laskee, mikä puolestaan heikentää betonikerroksen terästä suojaavaa vaikutusta. Betoniputkissa ja -kaivoissa käytettävä korkealaatuinen betoni tarjoaa yleensä riittävän hyvän suojan karbonatisoitumista vastaan.

Rikkiyhdisteet

Jos sulfaattipitoisuus on erittäin korkea (ks. **taulukko 8.3.**) tulee putken valmistuksessa käyttää sulfaatinkestävää sementtiä.

Rikkivetykorrosio on mahdollinen, jos viemäriveredessä ja siinä olevassa lietteessä on hapettomissa olosuhteissa toimivia bakteereita, jotka rikkiyhdisteitä hajottaessaan synnyttävät rikkivetyä. Rikkivetykaasu liukenee viemärivereteen ja siitä edelleen viemäriputken ilmatilaan, mistä rikkivety imeytyy betoniputken kosteaan pintaan, jossa bakteerit muuttavat rikkivedyn edelleen rikkihapoksi. Väkevä rikkihappo reagoi kovettuneen sementin kanssa ja reaktiotuote on kipsi.



Kuva 8.4. Viemäriputken rikkivetykorrosion muodostuminen.

Suurimpana syynä rikkivetykorrosioon on viemäriinjojen puutteellinen tuuletus, jolloin hapettomassa tilassa orgaanisten aineiden mätänemisen seurauksena syntyy rikkivetyä.

Rikkivetykorrosiota voidaan estää seuraavin keinoin:

- suunnittelemalla betoniputki kestävämmän vallitsevat olosuhteet
- käsittelemällä oikein jätevettä (pH-arvon korottaminen)
- ilmastamalla vettä
- kasvattamalla virtaamaa
- tuulettamalla viemärit ja
- huuhtelemalla viemärit silloin tällöin puhtaalla vedellä.

Terästen korrosio

Teräksen korroosiotuotteiden tilavuus on ehjää terästä suurempi, minkä seurauksena etenevä ruoste murtaa betonia ja vaurioittaa rakennetta. Korroosion eteneminen on usein seurausta betonin karbonatisoitumisesta ja kloridipitoisista jätevesistä. Parhaiten korroosiota voi estää huolehtimalla siitä, että betoni on vallitsevissa ympäristöolosuhteissa riittävän korkealaatuista ja että suojabetonikerroksen paksuus terästen ympärillä on riittävä.

Lisätietoa kemiallisten aineiden vaikutuksesta betoniin saa standardista SFS-EN 206 sekä **liitteestä 1.**

8.3.2 Säilyvyyden parantaminen

Betonin kemiallisen rasituksen kestävyttä voidaan tapauskohtaisesti parantaa tapauskohtaisesti putkitoimittajan kanssa valitsemalla sopiva sementtityyppi sekä lisäämällä betonin lujutta ja tiivyyttä. Betonin tiivyyttä voidaan parantaa nostamalla betonin lujutta, lisäämällä sementin määrää tai käyttämällä lisä- ja seosaineita, esimerkiksi lentotuhkaa tai silikajauhetta. Vaikeissa olosuhteissa voidaan harkita ruostumattomien raudotteiden käyttöä tai betonirakenteen pinnoittamista kestävämmän ulkoiset rasitukset.

8.3.3 Kemialliset reaktiot kovettuneessa betonissa

Betoni on emäksinen rakennusaine. Kovettumisen jälkeen sen pH-arvo on 12 - 13,5. Emäksisyys johtuu kalsiumhydroksidista $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ja se suojaa tehokkaasti raudoitusta syöpymiseltä. Erityisesti teollisuusympäristöissä ilmassa on rikki- ja hiilidioksidia, jotka reagoivat kalsiumhydroksidin kanssa muodostaen kalsiumkarbonaattia, jolloin betonin emäksisyys laskee. Kun betonin pH on alentunut noin yhdeksään, sen emäksisyys ei enää suojaa teräksiä ja ne alkavat ruostua.

Betonin säilyvyyteen vaikuttaa usein sen kemiallinen hajoamisnopeus. Ympäristöstä voi kulkeutua betoniin aggressiivisiä hiukkasia - ioneja ja molekyyliä - betonin sisältämien reaktiivisten aineiden käyttöön. Vaikka aggressiivista ainetta olisi muutenkin betonissa, sen täytyy silti kulkeutua reaktiivisen aineen saataville, jotta reaktio voi tapahtua. Ilman aineen tai yhdisteen kulkeutumista reaktio ei pääse käynnistymään ja oleellinen ehto haitallisten yhdisteiden kulkeutumiselle on veden läsnäolo, nesteinä tai höyrynä. Reaktio tapahtuu yleensä välittömästi, kun aineet kohtaavat. Jos kulkeutuminen on hidasta, reaktioiden vauriovaikutukset näkyvät vasta vuosien kuluttua. Aggressiivisten aineiden kulkeutumisnopeuteen vaikuttavat mm. betonissa olevat halkeamat ja niiden leveys sekä betonin pinnan huokoisuus.

Tärkeimmät reaktiot betonissa ovat:

- happojen, typhen suojojen, magnesiumin suojojen ja makean veden reaktiot kovettuneen sementin kanssa
- sulfaattien reaktiot betonissa olevien aluminaattien kanssa ja
- emäksien reaktiot betonin reaktiivisten kiviainesten kanssa.

Karbonatisaatio

Raudoituksen syöpymistä lisäävät kemialliset reaktiot betonissa tapahtuvat kalsiumyhdisteiden, ensisijaisesti kalsiumhydroksidin $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ja hiilidioksidin CO_2 välillä. Hiilidioksidia on aina liuenneena huokosliuokseen tai sitä on vapaana huokosissa. Tästä seuraa betonin karbonatisaatio ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$), missä hiilidioksidi reagoi sementtikiven aineosien kanssa. Tämä pienentää emäksisyyttä, jolloin raudoituksen syöpymisriski kasvaa. Emäksisyyden pienenemisen lisäksi karbonatisoituminen muuttaa sementtikiven kemiallista ja mineralogista koostumusta sekä mikrorakennetta niin, että erilaisten aineiden tunkeutuminen betoniin helpottuu. Karbonatisoituminen ei sinänsä aiheuta betonin rapautumista, mutta sillä on tätä edesauttavia vaikutuksia, mm. karbonatisoitumiseen liittyvä kutistuminen.

Karbonatisoituminen alkaa rakenteen pinnalta ja etenee hidastuvalla nopeudella rakenteen sisään. Ilmiön aikariippuvuutta nimitetään karbonatisoitumisnopeudeksi. Siihen vaikuttavat:

- betonin huokosrakenne
- karbonisoituvan aineksen määrä
- ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuus
- betonin suhteellinen kosteus ja jälkihoito sekä
- betonin lujuusluokka (karbonatisaatio hidastuu lujuuden kasvaessa).

Ehjän betonin karbonatisoitumista ajan suhteen kuvataan yleensä neliöjuurimallin avulla **(kaava 8.1)**:

$$d_{\text{carb}} = c_{\text{carb}} \sqrt{t} \quad (8.1)$$

missä d_{carb} on karbonatisoitumissyvyys (mm),
 c_{carb} on karbonatisoitumiskerroin (mm/a),
 t on aika (a).

Karbonatisoitumiskerroin on ympäristökijöiden ja betonin lujuusluokan funktio siten, että $c_{\text{carb}} = Fx E$. Tässä E edustaa ympäristökijöitä (E on pienin kuivissa olosuhteissa ja kasvaa ilman kosteuden ja saastuneisuuden mukaan, täysin märkä betoni ei karbonisoidu) ja F on betonin lujuusluokan vaikutusta kuvaava paraabelifunktio, minkä perusteella:

$$C_{\text{carb}} = E \times F = E (0,0063(54,5 - f_{\text{cm}})^2 + 1,6) \quad (8.2)$$

jossa f_{cm} = betonin lujuusluokka (lieriölujuus, N/mm²) + 8.

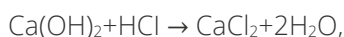
Edellisen yhtälön avulla voidaan helposti tutkia suhteellista karbonatisoitumista betonin eri lujuusluokissa. **Taulukon 8.4** mukaan betonin lujuusluokalla on huomattava vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen.

Taulukko 8.4. Betonin lujuuden vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen.

Betoniluokka	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
c_{carb}	4,51 E	3,32 E	2,43 E	1,87 E

Happorasitus

Happorasitus muuttaa kovettuneessa betonissa sementtikiven kalsiumyhdisteitä kyseisen hapon suoloiksi. Suolahapon HCl vaikutuksesta syntyy kalsiumkloridia:

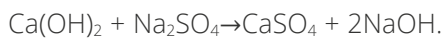


joka liukenee hyvin veteen. Rikkihapon H₂SO₄ vaikutuksesta muodostuu kalsiumsulfaattia CaSO₄, joka saostuu kipsiksi CaSO₄•2H₂O ja typpihappo HNO₃ tuottaa kalsiumnitraattia Ca(NO₃)₂, joka on hyvin veteen liukenevaa. Orgaanisten happojen tuotos on vastaavaa. Reaktioiden seurauksena kovettuneen sementin rakenne voi tuhoutua.

Reaktioiden nopeus ei riipu rasituksen voimakkuudesta vaan tuotoksena syntyvän kalsiumsuolan vesiliukoisuudesta. Mitä huonommin liukenevaa suola on, sitä passivoivampi vaikutus sillä on. Jos suola on liukenevaa, reaktion nopeuden määrää suolan liukenemisnopeus.

Sulfaattirasitus

Päinvastoin kuin happorasituksen tapauksessa happo reagoi sementin kaikkien yhdisteiden kanssa, sulfaattirasitus (pohjavedet ja merivesi) kohdistuu vain tiettyihin sementin yhdisteisiin. Tämä rasitus on aggressiivisena aineena toimivien sulfaatti-ionien kemiallinen reaktio portlandsementin tai portlandklinkkeriä sisältävän sementin aluminaattiyhdisteiden hydrataatiotuotteiden kanssa, mistä lopputuotteena syntyy pääasiassa ettringiittiä ja vähäisessä määrin kipsiä:



Nämä reaktiot aiheuttavat betoniin sisäisiä jännityksiä ja seurauksena voi olla betonin halkeilua, jos tarpeeksi vettä on saatavilla. Reaktioiden seurauksena betonin vedenläpäisevyys lisääntyy ja prosessi jatkuu johtaen ääritapauksessa betonin täydelliseen rapautumiseen. Betonin laajenemiseen vaikuttavat eniten:

- ympäristöolosuhteet, ts. rasituksen voimakkuus
- betonin vedenläpäisevyys (aineiden kulkeutumisenopeus betonissa)
- sementin tyyppi (reaktiivisten aineiden määrä sementissä) ja
- veden läsnäolo.

Betonia voidaan suojata sulfaattirasitukselta joko sementin tyyppin valinnalla, jauhetun masuunikuonan (osuus vähintään 70 % sideaineseoksessa) käytöllä ja/tai vesitiiviyttä parantamalla.

Alkalirasitus

Alkalirasitus tarkoittaa alkalimetalli-ionien aiheuttamaa kemiallista rasitusta. Se on periaatteeltaan sulfaattirasituksen kaltaista, koska rasitus kohdistuu vain tiettyihin betonin aineosiin. Ero sulfaatti- ja alkalirasituksen välillä on siinä, että alkalirasitus kohdistuu kiviainekseen, kun se sulfaattirasituksessa kohdistuu sementin hydrataatiotuotteisiin eli sementtikiveen. Emäksinen liuos betonin huokosissa on aina kalkin kyllästämää ja se sisältää vaihtelevia määriä natriumin ja kaliumin ioneja.

Alkaliliuokset voivat rasittaa piitä sisältäviä kiviaineksia, mikä aiheuttaa betonia vaurioittavaa laajenemista. Näkyvä vaurioituminen alkaa pieninä pintahalkeamina, joita seuraa vähitellen betonin rapautuminen. Laajeneminen etenee pienimmän vastuksen suuntaan, mistä seuraa, että esimerkiksi laatoissa yhdensuuntaiset pintahalkeamat tai puristetussa rakenteen osissa (pilarit ja jännitetyt rakenteet) halkeamat, jotka ovat puristusjännitystrajektorien suuntaisia, leviävät pinnaan sisäänpäin. Vaurion etenemisen merkkejä ovat lohkeamat ja lasimaisina pisaroina tihkuvat eri yhdisteet. Laajenemisen syistä ei ole täydellistä selitystä, mutta käytännössä siihen vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat:

- kiviaineksen reaktiivisuus, kun siinä on amorfista tai osittain kiteistä kvartssia
- reaktiivisen kiviaineksen raekoko
- alkali- ja kalsiumkonsentraatio huokosvedessä
- sementin tyyppi
- ympäristöolosuhteet (lämpötila ja kosteus) ja
- veden läsnäolo.

Alkalirasiitusta esiintyy Suomessa vain satunnaisesti ja sen aiheuttamat vauriot ovat yleensä vähäisiä. Ulkomailta tuodun kiviaineksen herkkyys alkalirasiitokselle on kuitenkin syytä erikseen selvittää. Alkalirasiitusta voi esiintyä erilaisissa säiliöissä ja varastoissa .

Betonissa olevien kloridien vaikutus

Betonirakenteeseen klorideja tulee lähinnä jään ja lumen sulatussuoloista tai merivedestä. Betonin valmistuksessa ei Suomessa käytetä klorideja lisäaineina. Kloridien määrä on lisäksi rajattu viemärituotteita koskevissa EN-tuotestandardeissa.

Kloridit eivät ole haitallisia itse betonille, mutta ne toimivat katalysaattorina raudoituksen korrosioreaktiolle rikkomalla teräksiä suojaavan passiivikalvon, kun kloridikonentraatio teräksen pinnalla on riittävän suuri.

8.3.4 Betonin suojaaminen erittäin aggressiivisia olosuhteita vastaan

Betonin säilyvyyttä erilaisia ympäristön rasituksia vastaan on esitetty julkaisussa by65 Betoninormit 2016, jossa esitetään rasiitusluokat ympäristöolosuhteiden mukaisesti ja betonille asetettavat vaatimukset rasiitusluokkien mukaisesti.

Betonille haitallisten aineiden luettelo ja luokitus on esitetty kirjan **liitteessä 1**.

Jätevesiviemäreissä betonille haitallisimpia ovat happamat ja toisaalta sulfaattipitoiset jätevedet. Yleiseen viemäriverkostoon johdettavien jätevesien happamuus vaihtelee välillä pH 6...10 ja sulfaattipitoisuus on alle 400 mg/l.

Betoninormeissa (by65 Betoninormit 2016) kemiallisesti aggressiiviset olosuhteet on luokiteltu kolmeen ryhmään XA1 kemiallisesti heikosti aggressiivinen ympäristö, XA2 kemiallisesti kohtalaisesti aggressiivinen ympäristö ja XA3 kemiallisesti voimakkaasti aggressiivinen ympäristö. Tyypillinen jätevesi aiheuttaa betonille luokkaan XA1 kuuluvat rasiitukset happamuuden ja sulfaattirasiituksen osalta. Kun

rakenteelta vaaditaan 100 vuoden käyttöikä, tulee betonin vesi-sementtisuhteen olla vähintään 0,50, lujuusluokan vähintään C30/37 ja sementtimäärän vähintään 300 kg/m³. Betoniputkissa ja -kaivoissa betoni täyttää nämä vaatimukset ilman erityistoimenpiteitä.

Erittäin aggressiivisissa olosuhteissa, kun jäteveden pH ≤4,0, betoni joudutaan suojaamaan pinnoittamalla. Esim. paineellisissa jätevesiviemäreissä riittävää tuuletusta on hankala järjestää ja viemäriin syntyy olosuhteet, joissa betoniin syntyy vaurioita ja viemäriin käyttöikä voi jäädä odotettua lyhyemmäksi. Olosuhteet voivat olla myös ankarat paineviemäriin purkukaivossa ja siitä lähtevässä purkuviemärisä, kunnes riittävä viemäriin tuulettuminen on mahdollista järjestää.

Betoniputket ja -kaivot voidaan pinnoittaa tehtaalla kestävämpään happamia tai sulfaattipitoisia olosuhteita. Pinnoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi polyurea- tai polyuretaanipinnoitteita, joissa tyypillinen kerrospaksuus on 2...3 mm. Näillä pinnoitteilla on hyvä kestävyys kemiallisia ja mekaanisia rasituksia vastaan (kulukestävyys, lujuus, tartunta, halkeamien silloituskyky).



Kuva 8.5. Pinnoitettu pohjaelementti.

8.4 Betonin ekologisuus putkimateriaalina

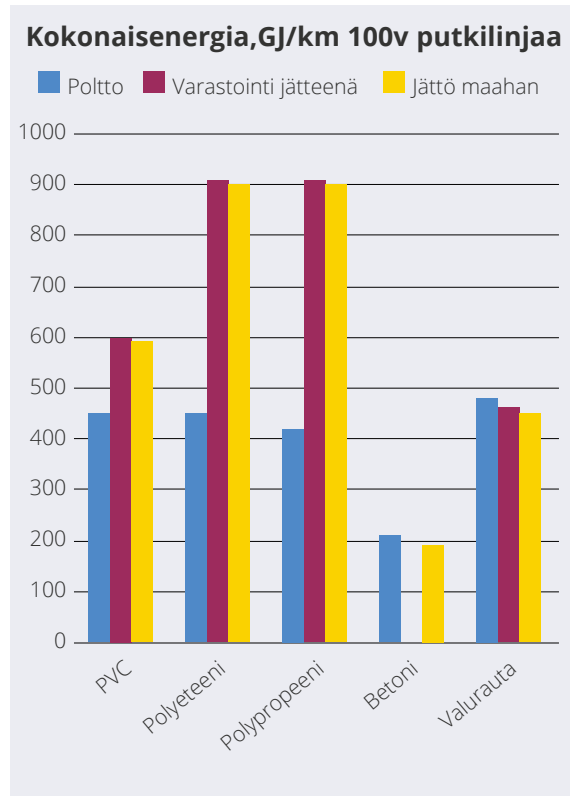
Betoniputket valmistetaan yleisesti saatavilla olevista mineraalisista raaka-aineista, sementistä kiviaineksesta ja vedestä. Betonituotteiden ympäristövaikutukset muodostuvat luonnon raaka-aineiden käytöstä, jatkojalostuksen vaatimasta energiasta sekä kuljetuksista prosessin eri vaiheissa. Tuotteiden valmistus, kuljetukset ja asennus aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä ympäristöön, minkä lisäksi asennuksesta syntyy maankäyttöön liittyviä yleensä paikallisia vaikutuksia. Kaivuumaiden käyttö täyttömateriaalina vähentää osaltaan hiilidioksidipäästöjä. Kaikkiaan betoni menestyy erinomaisesti verrattaessa eri putkimateriaalien ympäristövaikutuksia.

Betoniteollisuuden kehittämällä hiilijalanjälkilaskurilla hiilidioksidipäästöt voidaan laskea tuotekohtaisesti (www.betoni.com)

8.4.1 Energian käyttö valmistuksessa

Suurin osa betonituotteiden valmistuksessa tarvittavasta energiasta kuluu sementin poltossa, jossa jauhettu kalkkikivi kuumennetaan runsaaseen 1400°C:een. Sementin valmistustekniikan kehittyessä tämä energiamäärä on pudonnut vuodesta 1960 lähes puoleen. Hiilidioksidipäästöjä on pystytty vähentämään yli neljänneksellä viimeisen 25 vuoden aikana. Sementin valmistuksen hiilidioksidipäästöt Suomessa ovat alle 1 % koko hiilidioksidipäästöistä (ks. www.finnsementti.fi).

Viime vuosikymmeninä on alettu käyttää yhä enemmän seossementtejä, joissa portlandsementtiä osittain korvataan seosaineilla, piilevästi hydralisella masuunikuonalla tai pozzolaanisella lentotuhkalla. Ne ovat teollisuuden tuotantoprosesseissa syntyviä sivutuotteita. Seosaineiden käyttö pienentää betonin energiasisältöä merkittävästi. Betoniputkien ja -kaivojen valmistuksen osuus putkilinjan rakentamisen koko energiankäytöstä on noin kolmannes. **Kuvassa 8.6** esitetään yleisimmin käytettyjen viemärimateriaalien valmistukseen käytetty energiamäärä.



Kuva 8.6. Viemärimateriaalien valmistukseen käytetty energiamäärä.

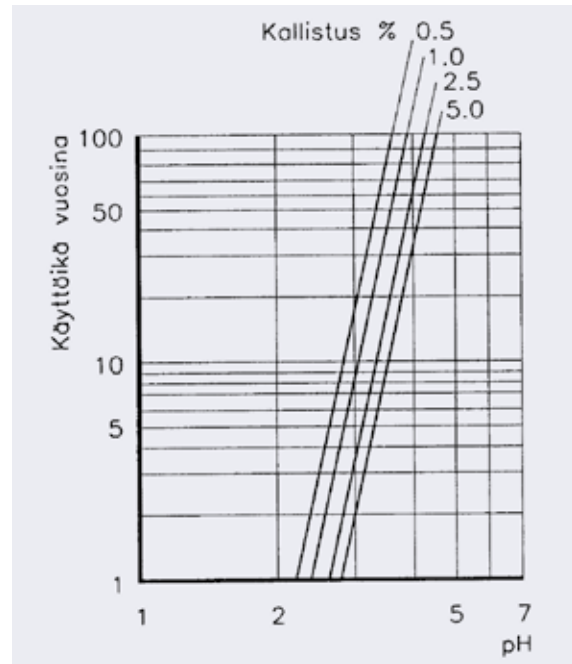
8.4.2 Käyttöikä

Betoniputkiverkoston käyttöikä riippuu kaivu- ja asentamistyön laadusta, täyttötöistä, maaperän olosuhteista ja sen kuormittamisesta sekä putkessa johdettavan veden laadusta. Lisäksi putkilinjan käyttöikä riippuu saumojen ja tiivisteiden käyttöikästä sekä betonin ja raudotteiden kestävydestä. Tavoitteeksi asetettu 100 vuoden käyttöikä saavutetaan nykyisillä korkealuokkaisesta betonista valmistetuilla kiintotiivisteputkilla, mikäli putkessa johdettava jätevedessä olevat ainesosat eivät ylitä niille asetettuja raja-arvoja ja putkilinja on suunniteltu ja asennettu asianmukaisesti.

Putkilinjan epätasaisten painumien on todettu aiheuttavan lisäkuormituksia ja usein sallitut arvot ylittäviä kulmanmuutoksia putkien liitoksiin, jonka seurauksena saumat ovat alkaneet vuotaa.

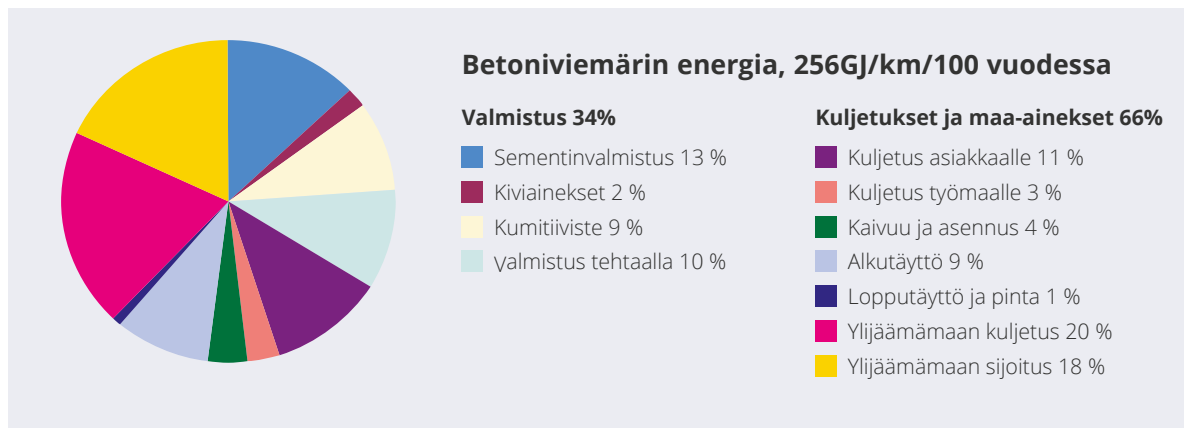
8.4.3 Ympäristövaikutukset

Betoniputken valmistukseen kuuluu suhteellisen vähän energiaa. Putkien valmistuksessa käytettävästä betonista noin 80 painoprosenttia on kiviainesta ja loppuosa sementtiä ja vettä. Osa vedestä reagoi sementin kanssa ja loppuosa jää betonin huokosiin tai poistuu tasapainokosteuden edellyttämään kosteustilaan. Sementin valmistuksessa vapautunut hiilidioksidi palautuu betoniin hitaasti karbonatisoitumisen myötä, mutta laskelmissa kuitenkin kalkkikiven hiilidioksidi oletetaan yleensä lopullisesti ilmaan jääväksi. Putkien kierrätyksessä hiilidioksidin voidaan katsoa sitoutuvan takaisin kierrätysmateriaalista tehtyyn tuotteeseen. Betoniputkiviemäriin rakentamiseen ja ylläpitoon 100 vuoden käyttöaikana käytetystä energiasta noin 60 – 70 % kuluu asennuksen aikaisiin maamassojen siirtoihin ja täyttötöihin. Kuljetusten huolellinen suunnittelu on helpoin keino pienentää ympäristövaikutuksia. Täyttömassojen ja ylijäämämassojen kuljetukseen kuluu noin 50 % putkilinjan rakentamiseen kuluva energiasta. Putkien ja kaivojen



Kuva 8.7. Veden happamuuden ja virtausolosuhteiden vaikutus betoniputken kestoikään.

kuljetukseen osuus on noin 15 % energiankulutuksesta. Kuljetustarvetta vähentää se, että betoniputkilinjan täytöissä voidaan hyödyntää kaivuumassoja.



Kuva 8.8. Energiankäytön jakaantuminen.

Betoni on sekä varastoituna että maaperään asennettuna stabiilia ja vaaratonta. Tuotteiden pitkä käyttöikä ja helppo kierrätettävyys takaavat betonin ympäristöystävällisyyden sekä alhaisen elinkaarikustannuksen. Saavutettuaan kestoikänsä betoniputki on helppo kierrättää murskaamalla käytettäväksi esimerkiksi tienrakennuksen runkoaineena. Samalla kerätään raudotteet ja kumitiivisteet talteen omiin kierrätysprosesseihinsa. Käytöstä poistettu betoniviemäri voidaan myös jättää paikalleen ilman, että on pelättävissä haitallisia ympäristövaikutuksia.

8.5 Putken rakenne

8.5.1 Betonirakenne

Betoniputki voi olla suora tai muhvollinen ja poikkileikkaus pyöreä tai jalallinen. Poikkileikkauksen muoto voi olla myös ympyrästä poikkeava esim. munanmuotoinen. Poikkileikkauksen muodolla voidaan optimoida virtausominaisuuksia ja putken itsepuhdistuvuutta.

Kestävyysluokat

Tuotteet valmistetaan siten, että ne täyttävät betoniputkia käsittelevässä standardissa **SFS-EN 1916+AC Betoniset putket ja osat, raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut.**

sekä em. standardiin liittyvässä kansallisessa soveltamisohjeessa (NAS)

SFS 7033 Betoniputkilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot.

Asetetut vaatimukset

Lisäksi noudatetaan soveltuvin osin standardia SFS-EN 206 ja SFS 7022 sekä betoninormeja by 65 Betoninormit 2016.

Betoniputkia valmistetaan seuraavia lujuusluokkia:

- raudoittamaton (sisähalkaisija ≤ 1000 mm), tunnus B
- normaali raudoitus, tunnus Br
- vahva raudoitus, tunnus Dr

Putket sisähalkaisijaan 1750 mm saakka kuuluvat CE-merkinnän piiriin. Tätä suuremmat putket on toistaiseksi rajattu pois standardista SFS-EN 1916 eikä niitä voi CE-merkitä. Suuret putket (sisähalkaisija > 1750 mm) ovat FI-merkittyjä, joka tarkoittaa, että valmistus on kolmannen osapuolen tarkastuksessa. CE-merkittyjen tuotteiden ominaisuudet ilmoitetaan suoritusasoilmoituksessa DoP. Munamuotoiset putket kokoon WN/HN 1200/1800 saakka ovat CE-merkittyjä. Putkivalmistajat, jotka noudattavat valmistuksessaan eurooppalaisen tuotestandardin lisäksi kansallista soveltamisstandardia SFS 7033 voivat FI-merkitä myös CE-merkinnän piirissä olevat tuotteet. Tällöin valmistajan on kuuluttava kolmannen osapuolen tarkastuksen piiriin.

Tuotteen lujuusluokan ja kestävyysluokan valitsee suunnittelija. Tuotteen lujuusluokka ilmoitetaan suoritusasoilmoituksena SFS-EN 1916 mukaisesti siten, että putken vähimmäismurtolujuus (kN/m) jaetaan putken halkaisijalla (m). Lujuusluokka ilmoitetaan kuitenkin ilman yksikköä pelkänä numeroarvona.

FI-merkittyjen tuotteiden lujuusluokat ja muut ominaisuudet ilmoitetaan kuten CE -merkityillä tuotteilla. FI-merkintä tarkoittaa, että ympäristöministeriön hyväksymä valmistuksen laadunvalvonnan varmentamiselin (kolmas osapuoli) tarkastaa ja valvoo tuotteen valmistusta.

8.5.2 Raudoitteet

Betoniputkissa ja -kaivoissa käytetään raudoitteita ja raudoite-elementtejä, jotka voivat olla poikkileikkausmuodoltaan pyöreitä tai soikeita. Kumpaakin poikkileikkausmuotoa voi käyttää myös momenttiraudoitteissa. Pyöreät raudoitteet voidaan valmistaa joko yksittäisinä renkaina tai jatkuvina

useita kierroksia käsittävinä spiraaleina. Raudoitteet toimitetaan betonituotetehtaalte suurina kieppeinä, irtonaisina renkaina tai valmisraudoitteina, 'häkkeinä', joissa on tarvittava rengasmäärä.

Raudoitteiden valmistukseen käytetään seuraavia teräslaatuja:

- B500K-teräs, myötölujuus 500 MPa
- JS-teräs, myötölujuus 500 MPa
- S235JRG2-teräs, myötölujuus 235 MPa

Raudoitteiden tulee olla FI-merkitty ja kel-
poisuus osoitettu varmennustodistuksella
tai tyyppihyväksynnällä. Betoniteräksen tulee
olla FI-merkitty ja tai kansallisen rakennus-
tuotteita koskevien vaatimusten mukaan
tyyppihyväksytty.



Kuva 8.9. Raudoitteiden valmistuskone.

Raudoitteina voidaan käyttää tarvittaessa syöpymätöntä terästä tai teräskuituja.

Raudoittamattomat betoniputket

Raudoittamattomia betoniputkia käytetään sisähalkaisijaltaan ≤ 1000 mm:n viemäreissä, joista kokoluokat 800 mm ja 1000 mm soveltuvat tyyppillisesti ainoastaan liikennealueiden ulkopuolelle.

Raudoitettut betoniputket

Raudoitettuja putkia käytetään pääosin suuriläpimittaisissa viemäreissä. Kansallisissa soveltamisohjeissa SFS 7033 on annettu kestävyysvaatimukset kestävyysluokille Br ja Dr sekä halkaisijoille 225...1750 mm. Sisähalkaisijaltaan > 1750 mm putkien vaatimukset esitetään **kohdassa 5**. Raudoituksella parannetaan putkilinjan (putken taivutus poikkisuunnassa ja pituussuunnassa) murtumissitkeyttä, rajoitetaan halkeamaleveyksiä ja estetään putkien äkillinen sortuminen poikkeuksellisten, suurten ennakoimattomien kuormien tai painumien varalta. Raudoituksella lisätään putken lujuutta väsytytkuormitusta vastaan esim. rautateiden alitse kulkevissa rummuissa ja putkistoissa.

8.6 Kaivon rakenne

8.6.1 Betonirakenne

Kestävyysluokat

Tuotteet valmistetaan siten, että ne täyttävät standardissa

SFS-EN 1917+AC Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot, raudoitetut ja raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut

sekä kansallisissa soveltamisohjeissa

SFS 7035 Betonirenkailta (Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

esitetyt ja kullekin tuotteelle sekä kestävyysluokalle asetetut vaatimukset. Lisäksi noudatetaan soveltuvin osin standardia SFS-EN 206 ja SFS 7022 sekä betoninormeja by 65 Betoninormit 2016.

Kaivonrenkaita valmistetaan kahta kestävyysluokkaa

- kevyt raudoitus, merkintä Br
- normaali raudoitus, merkintä Cr

Kaikki renkaat raudoitetaan kaivoja koskevien standardien ja kansallisten soveltamisohjeiden mukaisesti. Kestävyysluokka valitaan kansallisen soveltamisohjeen peitesyvyysrajojen mukaan. Liikennealueilla käytetään Cr-luokan kaivonrenkaita. Pohjaelementeille asetetaan samat vaatimukset kuin suorille kaivonrenkaille.

Betonisia kaivoelementtejä on saatavissa sisähalkaisijaltaan 600, 800, 1000, 1200, 1600 tai 2000 mm. Kaivoelementtien korkeudet voivat olla 250...2000 mm. Kaivojen rakentamisessa käytetään SFS-EN 1917 ja kansallisten soveltamisohjeiden SFS 7035 mukaisia pohjaelementtejä, kaivonrenkaita, kartiorenkaita ja korotusrenkaita. Kaivojen 800 ja 1000 mm yläosa tehdään kartiorengas- tai tasakantta käyttäen. Kaivojen pohjaelementteihin voidaan tehdä liittymät mittatilaustyönä kaikille käytössä oleville putkimateriaaleille. Kaivoihin on saatavana myös teleskoopikansia.

Halkaisijaltaan ≤ 1250 mm kaivoelementit ovat CE-merkittyjä ja standardeissa vaaditut ominaisuudet ilmoitetaan suoritusasteilmoituksessa DoP. Lujuusluokka ilmoitetaan standardin SFS-EN 1917 mukaisesti jakamalla lujuus renkaan halkaisijalla. Lujuusluokka ilmoitetaan pelkkänä numeroarvona kuten putkilla. CE-merkintä koskee tarkastuskaivoja (ei ihmisen mentävää sisäänpääsyä), joiden asennussyvyys on alle 2,0 metriä. Viemärikaivoihin (miesluukku) ei liity asennussyvyysrajoituksia.

Halkaisijaltaan > 1250 mm kaivoelementit ovat FI-merkittyjä. FI-merkintä tarkoittaa, että ympäristöministeriön hyväksymä laadunvalvonnan varmentamiselin (kolmas osapuoli) tarkistaa ja valvoo tuotteiden valmistusta. Putkivalmistajat, jotka noudattavat valmistuksessaan eurooppalaisen tuotestandardin lisäksi kansallista soveltamisstandardia SFS 7033 voivat FI-merkitä myös CE-merkinnän piirissä olevat tuotteet. Tällöin valmistajan on kuuluttava kolmannen osapuolen tarkastuksen piiriin.

Kaivon tyyppin ja kestävyysluokan valitsee suunnittelija.

8.6.2 Raudoitus

Betonikaivoissa käytetään yksittäisiä raudoitteita ja/tai raudoite-elementtejä. Raudoitteet voidaan valmistaa joko yksittäisinä renkaina tai jatkuvina useita kierroksia käsittävinä spiraaleina.

Raudoitteiden valmistukseen käytetään yleensä seuraavia teräslaatuja:

- B500K-teräs, myötölujuus 500 MPa
- JS-teräs, myötölujuus 500 MPa
- S235JRG2-teräs, myötölujuus 235 MPa

Raudoitteiden tulee olla FI –merkittyjä. Betoniteräksen tulee olla FI –merkitty tai kansallisen rakennustuotteita koskevien vaatimusten mukaan tyyppihyväksyty.

Raudoitteina voidaan tarvittaessa käyttää syöpymätöntä terästä tai teräskuituja.

8.7 Liitostekniikka ja tiivisteet

EK-järjestelmä

EK-betoniviemärijärjestelmän lyhenne "EK" tarkoittaa 'esiasennettua kiintotiivistettä'. Järjestelmään kuuluvat betoniputket ja -kaivot sekä liitos- ja sovitusosat.

EK-järjestelmällä on seuraavia ominaisuuksia:

- Tehtaalla asennetun tiivisteän ansiosta sauma pysyy tiiviinä myös kuormituksen muuttuessa.
- Liitos kestää sekä yli- että alipainetta.
- Liitos kestää painepesua.
- Tiiviste on aina paikallaan ja varmasti oikean kokoinen eikä sitä voi asentaa väärin.
- Liitos kestää linjaan kohdistuvia kuormia tiiviinä, koska tiiviste on osittain upotettu putken muhviin.
- Liitos sallii standardin kullekin putkikoolle salliman kulmamuuoksen tiiviyden kärsimättä.
- Liitokseen ei synny kulmamuuoksessa betonikontaktia, sillä tiiviste kantaa koko kuorman.
- Liitos on itse keskittyvä ja sopii erityisesti koneelliseen asennukseen.
- Liitoksella on suuri lukitusvoima liukuaineen kuivuttua.

Kumitiivisteet

Betonisista viemäriputkista on käyttökokemuksia noin 150 vuoden ajalta. Betoniviemäreissä kumitiivisteitä alettiin käyttää 1950-luvulla, mutta vasta 70-luvun puolella markkinoille tuli kumitiivisteitä, joilla saavutettiin nykyiset vaatimukset täyttävä tiiviyys. Ennen kumitiivisteiden aikakautta saumojen tiivistykseen käytettiin esim. tervalla kyllästettyä hamppua, lankaa, sementtilaastia, bitumia ja kittejä. Ensimmäiset kumitiivisteet olivat luonnonkumia, mutta varsin pian kumin ominaisuuksia alettiin parantaa vulkanoimalla. Tiivisteet olivat työmaalla asennettavia irtotiivisteitä tyypiltään o-rengastiivisteitä, pyörähdystiivisteitä tai liukutiivisteitä. Nykyisiin käytössä oleviin tehtaalla asennettuihin kiintotiivisteisiin siirtyminen alkoi 1980-luvulla (**Kuva 8.10**).

Tiivisteiden materiaaleissa on tapahtunut kehitystä ja nykyisissä kunnallisteknisissä putkissa ja kaivoissa käytetään seuraavia kumilaatuja ja tiivisteitä:

- SBR tiiviste (styrene-butadiene-rubber)
- EPDM tiiviste (ethylene-propylene-diene-monomer (M-class) rubber), joka on betoniputkien ja -kaivojen tiivisteiden materiaalina yleisin sekä
- NBR tiiviste (nitrile-butadiene-rubber), jolla on hyvä kestävyys öljyä ja bensiiniä vastaan. Ominaisuutta tarvitaan mm. öljynerotuskaivoissa.

Tiivisteissä käytettävien kumilaatujen keskinäisiä ominaisuuksia esitetään **taulukossa 8.5.**

Taulukko 8.5. Putkien tiivistemateriaalien välisiä eroja.

Ominaisuus	Tiivistemateriaali		
	SBR	EPDM	NBR
Kovuus			
• kovuusalue	38...65 °	38...70 °	45...50 °
• mahdollinen kovuusalue	30...80 °	30...80 °	30...60 °
Mekaaniset ominaisuudet			
• vetolujuus	+++	++(+)	+++
• murtovenymä	+++	+++	++
• iskukimmoisuus	+++	+++	++
• repäisylujuus	++	++	++
• kulutuskestävyys	+++	++(+)	+++
• puristuspainuma	++	++	++
Kestävyys			
• ikääntyminen	++	++++	++
• sää	+(+)	++++	+
• otsoni	+(+)	++++	+
• bensiini	-	-	++++
• öljy	-	-	++++
• hapot	++	++++	+
• lipeä	++	+++	++
• ph-arvo	2...12	2...12	2...12
• Terminen käyttäytyminen			
• joustavuus kylmässä	++	+++	++
• lämpötila, käyttöalue	-50...100 °C	-50...150 °C	-40...110 °C

++++ (erittäin hyvä), +++ (hyvä), ++ (tydyttävä), + (välttävä), - (ei sovellu)

Viemäreiden kuntoa on tutkittu robottikameroilla 1980-luvulta lähtien. Tehtyjen selvitysten perusteella tiivisteiden vuotaminen joko viemäriin tai viemäristä pois on vähäistä silloin, kun viemäri on suunniteltu ja asennettu oikein eikä viemäriinjassa tapahdu merkittävää painumista. Ruotsissa tehtyjen selvitysten mukaan (kirjallisuusviitteet /30/ ja /31/) betoniviemäreiden kestoikä on yleensä vähintään 100 vuotta.

EK-järjestelmän kumitiivisteet asennetaan putkiin ja kaivonrenkaiisiin tehtaalla valmistuksen yhteydessä. Tiiviste on aina oikean kokoinen ja pysyy varmasti paikallaan varastoinnin ja kuljetuksen aikana sekä putkea asennettaessa. Lisäksi tiiviste pysyy oikeassa suunnitellussa kohdassaan asennuksen jälkeenkin ja takaa tiiviin liitoksen koko järjestelmän käyttöäiksi.

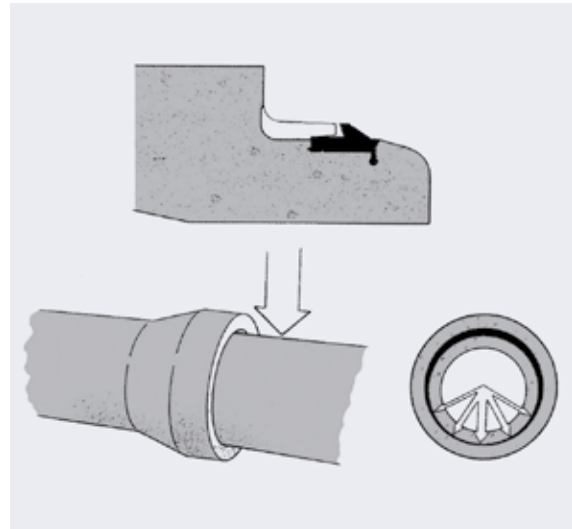
Tiivisteiden tulee täyttää standardin SFS-EN 681-1 Elastomeeriset tiivisteet. Vesi- ja viemäriputkistojen tiivisteiden materiaalivaatimukset. Osa 1: Vulkanoitu kumi vaatimukset.

Tiivistemateriaali riippuu käyttökohteesta:

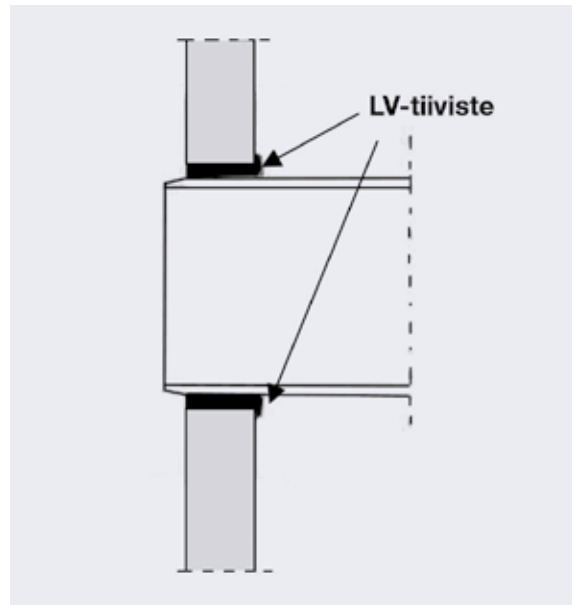
- Normaali EK-tiiviste on tarkoitettu tavanomaisiin jäte- ja sadevesiviemäriin, joissa lämpötila jää alle +45 0C:n. Tiivisteiden materiaalina on SBR tai EPDM-kumilaatu.
- Öljynkestäviä EK-tiivisteitä käytetään esimerkiksi öljynerotuskaivoissa. Tiivistemateriaalina on NBR-kumilaatu.
- Tiivisteet lämmönkestävyyttä (+80 0C) vaativiin kohteisiin, kuten prosessiteollisuuden putkistoihin. Tiivistemateriaalina on EPDM-kumilaatu. Hyvin korkeat lämpötilat voivat vaatia tietyn tähän tarkoitukseen valmistetun EPDM-laadun käyttöä.

Vuotojen estämisen lisäksi tiivisteiden tehtävänä on keskittää putkilinja niin, ettei siihen muodostu virtausominaisuuksia ja kunnossapittoa vaikeuttavia porrastuksia. Tiiviste on suunniteltu kantamaan koko putkelle tulevan yläpuolisen kuormituksen. EK-järjestelmän liitososat mahdollistavat sauman kulmamuuutoksia, minkä ansiosta putkilinjat ovat joustavia tiivisten kärsimättä. EK-liitos ottaa vastaan linjassa tapahtuvat lämpö- ja kosteusliikkeet.

Putkea asennettaessa muhvin oleva solumuoviosaa irtoaa vetämällä sen pinnassa olevasta teipistä, jolloin muhvi puhdistuu jäästä ja liasta. Markkinoilla on myös tiivisteratkaisuja, joissa ei ole solumuoviosaa. Tiivisteiden saa talvella pehmeämmäksi ja helpommin asennettavaksi naputtamalla sitä kumivasaralla. Nestekaasuliekkä ei suositella käytettäväksi. Ennen asennusta kärjen päälle levitetään putkenvalmistajan suosittelemaa liukuvoidetta, joka ei sisällä tiivistettä vahingoittavia liuotainaineita. Asentaminen kovassa pakkasessa helpottuu, jos liukuvoidetta sivellään putken kärjen vaippapinnan lisäksi tiivisteiden etureunaan. Qmax-putken asennuksessa ja silloin kun asennus tuntuu normaalia tiukemmalta tätä suositellaan aina.



Kuva 8.10. EK-tiivisteiden toimintatapa, kun putken kohdistuu ylimääräistä leikkausta.

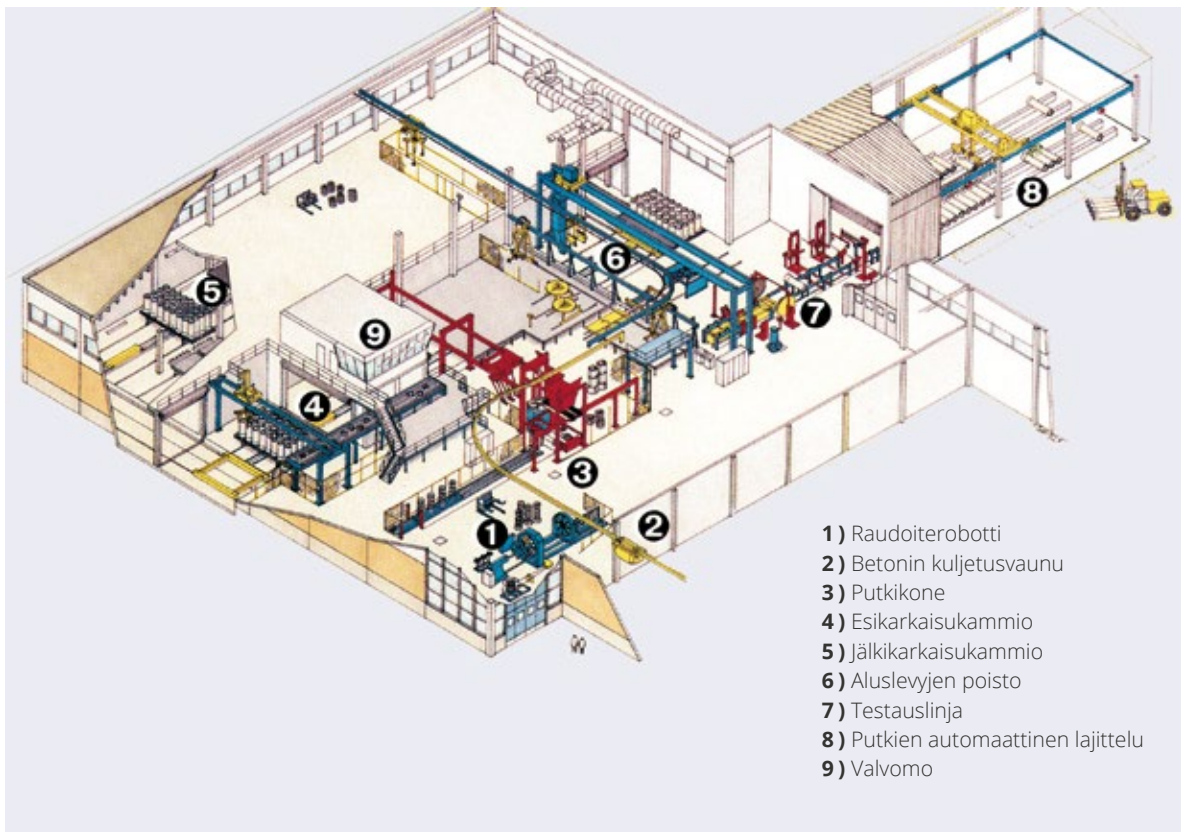


Kuva 8.11. Kaivon porausliitoksen tiiviste.

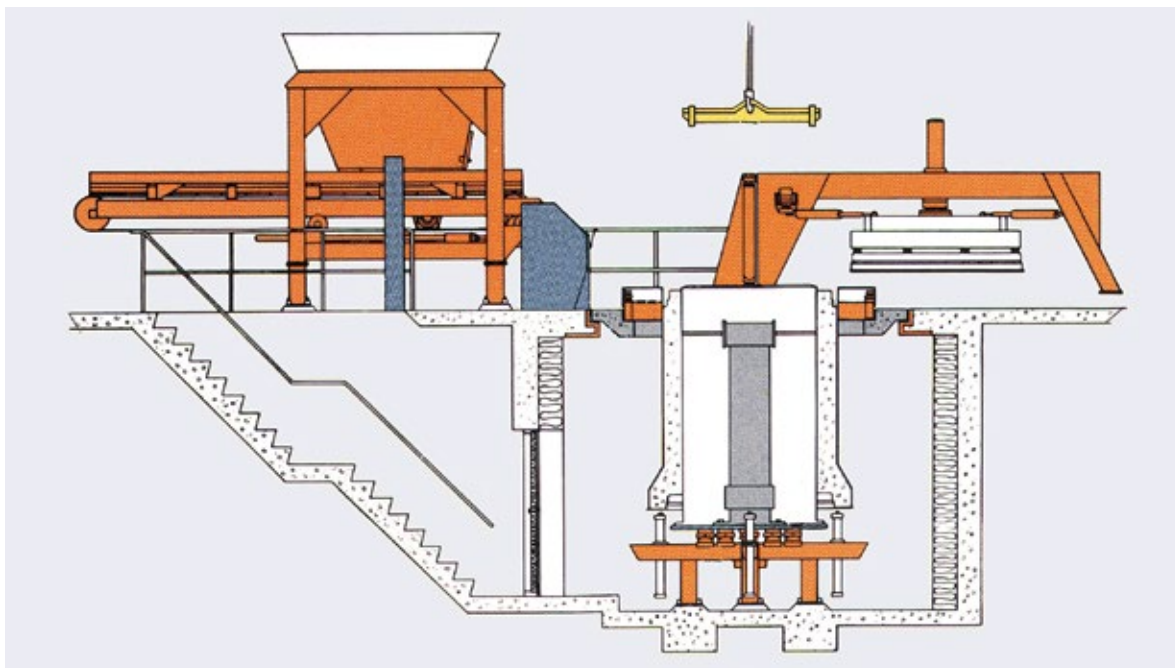
Putkilinja liitetään kaivoon lyhyitä soviteputkia käyttäen. Näin rakennettu linja on joustava ja sallii putken ja kaivon eritahtisen liikkumisen vaurioitumatta. EK-putkien kaivoliitokset ovat osa EK-järjestelmää, mutta muista materiaaleista valmistetut putket liitetään esimerkiksi kumisilla läpivienti- eli poraustiivisteillä (**Kuva 8.11**). EK-järjestelmään kuuluu myös teleskooppikaivo, jossa betonisen pohjaelementin, kaivonrenkaiden tai kartion päälle tulee kansi, johon on liitetty muovinen valurautakannella varustettu teleskooppiosa. Betonisten korotusrenkaiden väliin tulee asentaa tiivistysnauha. Nauhan koko tulee valita siten, että se ei nosta kokonaiskorkeutta vaan ainoastaan tiivistää sauman.

8.8 Tuotteiden valmistus

Nykyaikainen betonituotetehdas (**Kuvat 8.12 ja 8.13**) on pitkälle koneellistettu ja automatisoitu. Valmistusta ohjataan ja valvotaan keskitetysti, minkä lisäksi prosessinohjausjärjestelmä säätelee automaattisesti tuotteiden esi- ja jälkikovettumisen lämpö- ja kosteusolosuhteita. Muottien siirto on automatisoitu ja robotti valmistaa putkien raudoitteet. Jälkikäsitteilyyn kuuluvat putkien liitospäiden siistiminen, putkien painetestausta, mittojen tarkistus sekä tuotteisiin tulevat tunnistetiedot. Tavoitteena on saavuttaa lopputuotteen korkea ja tasainen laatu. Tarvittaessa käytetään esimerkiksi lisä- ja seosaineita haluttujen betonin ominaisuuksien saavuttamiseksi. Maakostean betonimassan käyttö yhdessä mittatarkkojen muottien kanssa takaa osaltaan tuotteiden vähäiset mittavaihtelut sekä tehostaa tuotantoa nopeuttamalla tehtaan muottikiertoa.



Kuva 8.12. Nykyaikainen putkien ja kaivojen tuotantolaitos.



Kuva 8.13. Putkikone.

Tuotteiden valmistuksen päävaiheet ovat:

- betonimassan valmistus ja siirto koneen muottiin,
- tuotteen tärytys muotissa ja samanaikainen hydraulinen puristus,
- tuotteen nosto muotista ja siirto kovettumistilaan sekä
- jälkihoito (kosteus, lämpötila, jälkihoitoaika).

Tärytyksen jälkeen maakostea betoni on tiivistä ja koossapysyvää siten, että tuotteita voidaan käsitellä ja siirtää kovettumispaikalle. Valmiin tuotteen mittatarkkuuden varmistamiseksi tuoreen putken alareuna tuetaan pohjarenkaalla ja yläreuna ulko- ja sisäpuolisilla tukirenkailla. Betoni kovettuu valmistusta seuraavan vuorokauden aluslevyn päällä pystyssä.

Putken tai renkaan kovettuttua mitataan kaikkien tuotteiden päiden vinous, halkaisijat sekä pituus ja korkeus mittatulkilla symmetrisesti vähintään neljästä pisteestä, jolloin varmistetaan, että putkien mittatarkkuus täyttää standardien vaatimukset.

Seinäpaksuudeltaan alle 125 mm:n putkille tiiviystarkastus tehdään painekokeella.

Kaikkiin tuotteisiin tehdään valmistettaessa pysyvästi ja selvästi seuraavat merkinnät annetussa järjestyksessä:

- 1)** valmistusajankohta: päivä, kk, vuosi
- 2)** kestävyysluokka esim. B tai Br
- 3)** momenttiraudoitettujen putkien erikoismerkki M sekä putken asennussuuntaa osoittava nuoli, esim. M↑ ja rengasraudoitetut putket O
- 4)** tuotteen valmistaja, esim. Betoni Oy
- 5)** kolmannen osapuolen tarkastus, tarkastavan organisaation nimi
- 6)** tuotteen paino, mikäli se on yli 1000 kg.
- 7)** CE- tai FI-merkintä (**Kuva 8.14**)



Kuva 8.14: CE-merkintä ja FI-merkintä.

8.9 Tuotteiden laadunvarmistus

8.9.1 Tuotteille asetetut vaatimukset

Tuotteille asetettavat vaatimukset voidaan jakaa:

- raaka-aineille ja betonille asetettaviin vaatimuksiin,
- mitoille asetettaviin vaatimuksiin,
- mekaaniselle kestävyydelle asetettaviin vaatimuksiin,
- tiiviydelle asetettaviin vaatimuksiin sekä
- säilyvyydelle asetettaviin vaatimuksiin (kemialliset rasitukset, pakkasenkestävyys).

Betoniviemärituotteissa käytettävän betonin, raudotteiden ja tiivisteiden laatuvaatimukset esitetään voimassaolevissa standardeissa ja kansallisissa soveltamisohjeissa. Mittavaatimuksia esitetään halkaisijalle, seinämöpaksuudelle, pituudelle, päiden vinoudelle ja päiden kulmapoikkeamalle sekä tiivisteiden kokoonpuristumalle. Vaatimus esitetään sallittuna mitta-poikkeamana, toleranssina, jota ei saa ylittää. Tuotteiden kuormituksenkestovaatimukset ja sallitut toleranssit esitetään standardissa SFS 7033 (putket) ja SFS 7035 (kaivot) sekä standardin piiriin kuulumattomilla tuotteilla tämän käsikirjan **kohdassa 6**.

8.9.2 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla pyritään varmistamaan tuotteille asetettujen vaatimusten mukainen standardissa esitetty laatu. Vastuu tuotteiden laadusta on tuotteiden valmistajalla. Valmistaja on velvollinen suorittamaan ja suorituttamaan tuotteiden laadunvalvontaan sisältyvät testaukset ja mittaukset standardeissa esitetyllä tavalla. Laadun alittuessa tulee ryhtyä



Kuva 8.15. Tuotteiden laadunvalvontaa tehtaalla.

välittömästi korjaaviin toimenpiteisiin. Laadunvalvontaan sisältyvät seuraavat toimenpiteet:

- yksittäisten tuotteiden laadun toteaminen,
- tarkastuserille suoritettavat kelpoisuuskokeet ja
- tyyppikoeket tuotantoon otettaville uusille tuotteille.

EK-betoniputkia ja -kaivoja valmistavat yritykset kuuluvat kolmannen osapuolen tarkastuksen piiriin ja tuotteissa käytetään tästä valvonnasta kertovaa tunnusta. Kolmannen osapuolen tarkastus on puolestaan ympäristöministeriön valvonnassa.

8.9.3 Putken laskennallinen mitoitus

Putket (ja kaivot) voidaan tarvittaessa laskennallisesti mitoittaa vallitseville kuormituksille. Tällöin ei ole vaatimusta kokeellisesta lujuudenvarmistuksesta. Laskennallinen mitoitus tulee kysymykseen valmistettaessa erityisen suuria vakiotuotantoon kuulumattomia putkia tai varauduttaessa tavanomaisesta poikkeaviin kuormituksiin. Betoniputkien rakenteellinen tarkastelu tehdään eurokoodien SFS-EN 1992-1-1 ja SFS-EN 1992-1-2 mukaan ja julkaisun by 65 Betoninormit 2016 ohjeiden mukaan. Voimasuuret voidaan laskea esimerkiksi **liitteen 2** avulla tai käyttää laskennassa tietokonesovelluksia.

Kirjallisuutta

1. SFS-EN 1916+AC:2008. Betoniset putket ja osat, raudoitetut, raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut.
2. SFS-EN 1917+AC: 2008. Betoniset miesluukut ja tarkastuskaivot, raudoitetut, raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut.
3. SFS-EN 681-1 +A1+A2+A3+AC: 2006. Elastomeeriset tiivisteet. Vesi- ja viemäriputkistojen tiivisteiden materiaalivaatimukset. Osa 1: Vulkanoitu kumi.
4. SFS 7033: 2014. Betoniputkilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot.
5. SFS 7035: 2014. Betonirenkailta (betoniset hulevesi- ja viemärikaivot) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot.
6. SFS-EN 752: 2008. Drain and sewer systems outside buildings.
7. SFS-EN 13508-1: 2012. Investigation and assessment of drain and sewer systems outside builings. Part 1: General requirements.
8. SFS-EN 13508-2+A1: 2011. Investigation and assessment of drain and sewer systems outside builings. Part 2: Visual inspection coding system.
9. SFS-EN 206. Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus
10. SFS 7022. Betoni. Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa
11. SFS-EN 14889-1. Betoniin käytettävät kuidut: Osa 1: Teräskuidut. Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus
12. SFS-EN 12390-3 .Kovettuneen betonin testaus. Osa 3: Koekappaleiden puristuslujuus
13. SFS-EN 13249: 2015. Geotekstiilit ja vastaavat tuotteet Teiden ja muiden liikennöityjen alueiden rakentamisessa käytettäviltä geotekstiileiltä ja vastaavilta tuotteilta vaadittavat ominaisuudet.
14. InfraRYL 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1. Väylät ja alueet
15. by 65. Betoninormit 2016
16. by 68. Betonin valinta ja käyttökäsuunnittelu - Opas suunnittelijoille 2016.
17. RIL 263-2014. Kaivanto-ohje
18. RIL 237-1-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, perusteet ja toiminnallisuus
19. RIL 237-2-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu.
20. RIL 261-2013. Routasuojaus -rakennukset ja infrarakenteet
21. RIL 254-2011. Paalutusohje PO-2011
22. RIL 124-1-2003. Vesihuolto I
23. RIL 124-2-2003. Vesihuolto II
24. Suomen Kuntaliitto, Hulevesiopas, 2012
25. Suomen Geoteknillinen yhdistys, SGY 201 Pohjatutkimusmerkinnät, 2007
26. Suomen Kuntatekniikan yhdistys. Betoniputkinormit 2001, julkaisu 1
27. Betoniviemärit 2003 -käsikirja, Rakennusteollisuus RT/Betoniteollisuus toimiala.
28. EK-järjestelmän asennusohjeet, putket, kaivot, Betonikeskus ry 2004
29. Matti V. Leskelä, Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus, Suomen betoniyhdistys ry, 2008
30. Svensk Vatten Utveckling. Rörsmaterial i svenska VA-ledningar -egenskaper och livslängd. Rapport nr 2011-14.
31. Svensk Vatten Utveckling, Livslängdsbedömning av gummiringar hos VA-ledningar, Rapport nr 2014-04, 2014
32. Vesilaitosyhdistys VVY, Viemäreiden TV-kuvauksen tulkintaohje, Helsinki 2005
33. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset. Tiehallinto. Helsinki 2008
34. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013, Helsinki 2013
35. RT89-11196. Hulevesien hallinta. Ohjeet marraskuu 2015
36. Tuija Kaunisto ja Aino Peltö-Huikko, Viemäreiden sisäpuoliset saneerausmenetelmät, Vesi-Instituutin julkaisuja, 2014
37. Eeva Rantanen, Mervi Harju, Loviisa Norokorpi, Juha Uusitalo, Vaara vaanii kaivannoissa. Tutkimushanke kaivantojen turvallisuudesta. Liikennevirasto, tutkimuksia ja selvityksiä 9/2013
38. Hulevesien viivyttäminen Ruduksen tuotteilla. Ramboll. 30.12.2015
39. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2015. Suomen ympäristökeskus.
40. Walski Thomas, Barnard Thomas ym. Wastewater collection. System modelling and design. Haestad Methods.
41. HSY:n vesihuolto. Verkostosuunnittelukäytännöt, vol. 3. 10.6.2016.
42. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

Kemikaalien aggressiivisuus betonille

(lähde by 68. Betonilinta ja käyttöikäsuunnittelu - opas suunnittelijoille 2016)

Aggressiivisuusluokat:

1 = vaaraton

2 = lievästi aggressiivinen

3 = kohtalaisen aggressiivinen

4 = voimakkaasti aggressiivinen

5 = erittäin voimakkaasti aggressiivinen

Aggressiivisuuteen vaikuttaa aineen kemiallisen koostumuksen lisäksi mm. aineen pitoisuus, liuoksen pH sekä lämpötila.

KEMIKAALIEN AGGRESSIIVISUUS BETONILLE

Aine	Reaktiotapa	Aggressiivisuus- luokka
HAPOT:		
<i>Etikkahappo</i>	liuottaa	3 – 4
<i>Boorihappo</i>	liuottaa	2
<i>Fenoli</i>	liuottaa/ioninvaihto	2 – 3
Sitruunahappo	liuottaa	4
Fosforihappo	liuottaa	4
Humushappo	liuottaa	4
<i>Maitohappo</i>	liuottaa	3
<i>Muurahaishappo</i>	liuottaa	3
<i>Oksaalihappo</i>	liuottaa	1
Typpihappo	liuottaa	5
<i>Parkkihappo</i>	liuottaa	1 – 2
Fluorivetyhappo	liuottaa	5
<i>Viinihappo</i>	liuottaa	1
Suolahappo	liuottaa / teräskorroosio	5
<i>Rikkivety</i>	liuottaa	2
Rikkihappo	liuottaa / paisuttaa	5
SUOLAT:		
<i>Ammoniumkarbonaatti</i>	ioninvaihto	2
<i>Formiaatti</i>		1
<i>Kaliumkarbonaatti</i>	paisuttaa	2
<i>Natriumkarbonaatti</i>	paisuttaa	2
<i>Alumiinikloridi</i>	ioninvaihto / teräskorroosio	3
<i>Ammoniumkloridi</i>	ioninvaihto / teräskorroosio	3
<i>Kalsiumkloridi</i>	teräskorroosio	1
<i>Kaliumkloridi</i>	teräskorroosio / paisuttaa	1
<i>Kuparikloridi</i>	teräskorroosio	1
<i>Elohopeakloridi</i>	teräskorroosio	1
<i>Magnesiumkloridi</i>	ioninvaihto / teräskorroosio	3
<i>Natriumkloridi</i>	teräskorroosio / paisuttaa	2
<i>Rautakloridi</i>	teräskorroosio	2

KEMIKAALIEN AGGRESSIIVISUUS BETONILLE

Aine	Reaktiotapa	Aggressiivisuus- luokka
Sinkkikloridi	teräskorroosio	2
Ammoniumfluoridi	ioninvaihto	4
Ammoniumhydroksidi		1
Kalsiumhydroksidi		1
Kaliumhydroksidi	paisuttaa	2
Natriumhydroksidi	paisuttaa	2
Ammoniumnitraatti	ioninvaihto	5
Kalsiumnitraatti		1
Kaliumnitraatti	ioninvaihto / paisuttaa	3
Natriumnitraatti	ioninvaihto / paisuttaa	3
Alumiinisulfaatti	paisuttaa	4
Ammoniumsulfaatti	ioninvaihto / paisuttaa	5
Kalsiumsulfaatti	paisuttaa	4
Kaliumsulfaatti	paisuttaa	4
Kuparisulfaatti	paisuttaa	4
Mangaanisulfaatti	paisuttaa	4
Magnesiumsulfaatti	ioninvaihto / paisuttaa	5
Natriumsulfaatti	paisuttaa	4
Nikkelisulfaatti	paisuttaa	4
Rautasulfaatti	paisuttaa	4
Sinkkisulfaatti	paisuttaa	4
MAAÖLJYTISLEET:		
Bensiini		1
Kerosiini		1
Naftaleeni		1
Paloöljy		1
Kevyt öljy		1
Raskas öljy		1
Dieselöljy		1
KIVIHIILITISLEET:		
Antraseeni		1
Benzeeni		1
Kumeeni		1
Kreosootti		1
Parafiini		1
Terva		1
Tolueeni		1
Ksyleeni		1
KASVIÖLJYT:		
Manteliöljy	ioninvaihto	3
Kiinanpuuöljy	ioninvaihto	3
Puuvillasiemenöljy	ioninvaihto	3
Kookosöljy	ioninvaihto	3
Pellavasiemenöljy	ioninvaihto	3
Unikonsiemenöljy	ioninvaihto	3
Maapähkinäöljy	ioninvaihto	3
Turnipsiöljy	ioninvaihto	3
Risiiniöljy	ioninvaihto	3

KEMIKAALIEN AGGRESSIIVISUUS BETONILLE

Aine	Reaktiotapa	Aggressiivisuus- luokka
<i>Soijapapuoöljy</i>	ioninvaihto	3
<i>Mäntyöljytärpätti</i>	ioninvaihto	3
<i>Saksanpähkinäöljy</i>	ioninvaihto	3
ELÄINPERÄISET RASVAT:		
<i>Hirvensarvenöljy</i>	liuottaa	2
<i>Sian ihra</i>	liuottaa	2
<i>Kalaöljy</i>	liuottaa	2
<i>Teurasjätteet</i>	liuottaa	3
SEKALAISET:		
<i>Alkoholi</i>		1
<i>Asetoni</i>		1
<i>Ammoniakki</i>		1
<i>Olut</i>	liuottaa	2
<i>Valkaisuaine, natriumhypokloriitti</i>	teräskorroosio	2
<i>Booraksi</i>		1
<i>Lipeäkivi</i>		1
<i>Siideri, omenaviini</i>	liuottaa	4
<i>Eetteri</i>		1
<i>Eteeriset öljyt</i>		1
<i>Fenoli</i>	ioninvaihto	3
<i>Formaldehydi</i>	ioninvaihto	3
<i>Rypälesokeri</i>	ioninvaihto	3
<i>Glyseriini</i>	ioninvaihto	1
<i>Hunaja</i>		1
<i>Puuhioke</i>		1
<i>Kaliumpermangnaatti</i>		1
<i>Kalkki</i>		1
<i>Hiilidioksidi</i>		1
<i>Säilörehu</i>	liuottaa	5
<i>Lyijy</i>		1
<i>Aurinkovoide</i>		1
<i>Melassi</i>	ioninvaihto	3
<i>Maito</i>		1
<i>Lanta</i>	liuottaa / ioninvaihto	4
<i>Sokeri, kuiva</i>		1
<i>Sokeriliuos</i>	ioninvaihto	3
<i>Tolueeni</i>		1
<i>Trikloorietyleeni</i>		1
<i>Urea</i>		1
<i>Virtsa</i>	liuottaa / ioninvaihto	3
<i>Vaseliini</i>		1
<i>Hedelmämehu</i>	liuottaa	4
<i>Vesilasi</i>		1
<i>Veri</i>	liuottaa	3
<i>Viini</i>		1
<i>Pehmeä vesi (kokonaiskovuus < 0,55 mmol/l)</i>	liuottaa	3
<i>Saippua</i>		1
<i>Rikki</i>		1

Putkien ja renkaiden mitoitusperusteet

1	Putket	131
1.1	Putkien peitesyvydet	131
1.2	Putkien kuormitusotaksumat	132
1.2.1	Särökuorma	132
1.2.2	Murtokuorma	132
1.3	Putkiin kohdistuvien kuormien laskeminen	133
1.3.1	Peitemaakuorma	133
1.3.1.1	Kaivantotapaus	133
1.3.1.2	Pengertapaus	134
1.3.2	Putken omasta painosta aiheutuva kuorma	135
1.3.3	Vedenpainekuorma	135
1.3.4	Liikennekuorma	135
1.3.5	Poikkeukset	136
1.4	Putkien tukeutuminen	136
1.5	Putkien mitoitus	138
1.5.1	Mitoitus särökuormalle	138
1.5.2	Mitoitus murtokuormalle	140
1.5.3	Sitkeysvaatimus	142
2	Kaivonrenkaat	143
2.1	Kaivojen asennussyvydet	143
2.2	Kaivonrenkaiden kuormitusotaksumat	143
2.2.1	Särökuorma	143
2.2.2	Murtokuorma	143
2.3	Kaivonrenkasiin kohdistuvien kuormien laskeminen	144
2.3.1	Maanpainekuorma	144
2.4	Kaivonrenkaiden mitoitus	145

1 Putket

1.1 Putkien peitesyvyydet

Pyöreiden ja jalallisten putkien lujuusvaatimukset esitetään Betoniviemärit -käsikirjan **taulukossa 4.3** ja soikeiden (munamuotoisten) putkien lujuusvaatimukset **taulukossa 4.4** standardin SFS-EN 1916 mukaisessa kuormituskokeessa.

Em. lujuusvaatimukset täyttävälle betoniputkille sallitaan **taulukon 1** mukaiset peitesyvyydet. Toisin sanoen putkille havainnollistaa tehdä laskennallista mitoittamista, kun alla mainitut ehdot täyttyvät.

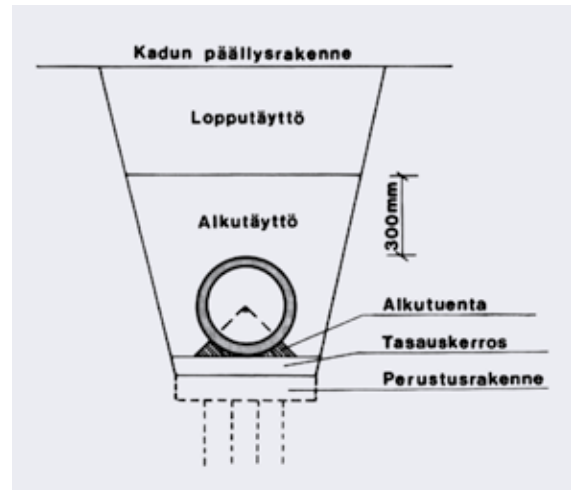
Peitesyvyydet edellyttävät, että putkilinjan alkutäyttö (**ks. kuva 1**) on tehty tiivistettynä kitka- maalla. B-lujuusluokan putkien käyttökohdemitoituksessa (peitesyvyyksien laskenta) liikenne- kuormana on käytetty betonirakenteiden eurokoodin SFS-EN 1992-1-1+AC kansallisessa soveltamisohjeessa NCCI 1:ssä (Liikenneviraston ohjeita 24/2014) esitettyä kevyen liikenteen huoltoajoneuvon kuormaa.

Br- ja Dr lujuusluokkien käyttökohdemitoituksessa (peitesyvyyksien laskenta) tieliikennekuorma- mitoitus on laskettu NCCI 1:ssä (Liikenneviraston ohjeita 24/2014) esitetyn kuormakaavio LM1:n perusteella kaistan nro 1 kuormilla, tai putken ollessa kaistojen välissä kaistojen nro 1 ja 2 kuormilla. Mikäli putkeen kohdistuva kuormitus on suurempi kuin em. mitoittavat kuormitukset (esim. junakuorma) tulee putken kestävyys tarkastella tapauskohtaisesti erikseen.

Erikoisolosuhteissa, joissa putkiin aiheutuu poikkeuksellisia dynaamisia kuormia (lentokentät, junaliikenne, suojaputkikäytöt tms.) tai peitesyvyydet poikkeavat **taulukon 1** enimmäis- tai vähimmäisarvoista, tulee putkien kestävyys varmistaa tapauskohtaisesti laskelmin.

Taulukko 1. Putkien (pyöreä, jalallinen, munamuotoinen) sallitut peitesyvyydet (m) standardin SFS 7033 mukaan.

Putkiluokka	Alkutäyttö (ks. kuva 1)	
	Minimi (m)	Maksimi (m)
B	0,60	5,00
Br	0,40	8,00
Dr	0,20	13,00



Kuva 1. Putkilinjan rakenneosat

1.2 Putkien kuormitusotaksumat

Seuraavassa esitetään putkien rakenteellista mitoitusta varten tarvittavien voimasuureiden määrittämiseen käsin laskentaan soveltuva menettely. Putkien mitoituksessa putkiin vaikuttavat pystysuorat kuormat otetaan huomioon **kohdissa 1.2.1 – 1.2.2** esitettyjen kuormitusoletusten mukaisesti.

1.2.1 Särökuorma

Standardeissa SFS-EN 1916+AC ja SFS 7033 raudoitetuilla putkilla kuormituskokeessa kuormaa, jolla halkeaman leveyttä $\leq 0,3$ mm vastaavaa kuormitusta kutsutaan hyväksymisrajakuormaksi ($F_{c0,3}$), ja jota tässä ohjeessa kutsutaan särökuormaksi (Q_h).

B luokan putkilla ensimmäisen halkeaman syntyessä putki menettää kantavuutensa, josta johtuen putken särökuorma vastaa murtokuormaa ja putken kestävyys lasketaan **kohdan 1.2.2** mukaisesti.

$$Q_h/k_{tkoe} \geq Q_m/k_{tm} + Q_g/k_{tg} + Q_v/k_{tv} + Q_{ln}/k_{tln}$$

jossa	Q_h	= särökuorma
	Q_m	= peitemaakuorma
	Q_g	= putken omasta painosta aiheutuva kuorma
	Q_v	= vedenpaineakuorma
	Q_{ln}	= tavallinen liikennekuorma
	k_{tkoe}	= koekuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen
	k_{tm}	= peitemaakuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen
	k_{tg}	= putken painosta aiheutuvan kuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen
	k_{tv}	= vedenpaineakuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen
	k_{tln}	= tavallisen liikennekuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen

1.2.2 Murtokuorma

Putken murtokuorman (standardissa SFS 7033 murtolujuus F_u) laskentaan voimassaolevien standardien mukaisilla kuormakertoimilla. Tässä käsikirjassa lasketussa esimerkissä kuormayhdistelminä on käytetty betonirakenteiden eurokoodin SFS-EN 1992-1-1+AC kansallisessa soveltamisohjeessa NCCI 1:ssä (Liikenneviraston ohjeita 24/2014) mukaisia kuormayhdistelmiä. Murtorajatilan kuormakertoimilla kerrottuja kuormia voidaan verrata putken standardinmukaiseen murtolujuuteen kaavalla:

$$Q_u/k_{tkoe} \geq Q_{m,d}/k_{tm} + Q_{g,d}/k_{tg} + Q_{v,d}/k_{tv} + Q_{ln,d}/k_{tln}$$

jossa	Q_u	= murtokuorma
-------	-------	---------------

Alaviite "d" viittaa murtorajatilan kuormakertoimella kerrottuun kuormaan. Muuten symbolien selitteet ovat samat kuin **luvussa 1.2.1**.

Raudoitettujen betoniputkien murtokestävyysvaatimukseen liittyy myös sitkeyttä koskeva vaatimus. Putken on kestävä vaadittu murtokuorma, kunnes putken vaakahalkaisijan pituuden muutos on ≥ 2 %.

1.3 Putkiin kohdistuvien kuormien laskeminen

1.3.1 Peitemaakuorma

Putkien kestävyysvaatimukset on määrätty edellyttäen, että putki voidaan asentaa sekä kaivantoon että penkereeseen. Putkeen kohdistuvan pystysuoran peitemaakuorman otaksutaan vaikuttavan tasaisesti putken ylimmän neljänneskaaren leveydellä. Kun putken sivustat tiivistetään huolellisesti noin 300 mm putken laen yläpuolelle, peitemaakuorma kohdistuu osittain myös putken sivupintoihin. Maanpainelaskelmissa otaksutaan maan tilavuuspainoksi $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

1.3.1.1 Kaivantotapaus

Putkelle tulevaa peitemaakuormaa laskettaessa oletetaan kaivannon seinämät yleensä pystysuoriksi. Käytännön kokeissa on todettu, että vinoseinämäisten kaivantojen kuormalle saadaan riittävä tarkkuus mittaamalla kaivannon leveys putken laen korkeudelta.

Putkien kestävyysvaatimuksia määrättäessä kaivannon leveydeksi otaksutaan $d_u + 0,8 \text{ m}$, jossa d_u = putken vaakasuora ulkohalkaisija. Putkeen kohdistuvan sivupaineen on otaksuttu olevan 0 silloin, kun maata putken sivuilla ei tiivistetä ohjeiden mukaisesti.

Koska kaivannon leveyden suhde putken leveyteen vaikuttaa merkittävästi putkeen kohdistuvaan kuormitukseen, on kuormitus laskettava kolmella tavalla seuraavasti:

a) Tavanomainen hautateoria (ks. kuva 8)

Otaksutaan, että koko kaivannon levyinen, putken laen yläpuolinen täytemaapatsas lepää putken päällä. Täytemaan ja kaivannon seinämän välisestä kitkasta johtuva ja laskelmissa huomioon otettava vähennys lasketaan lähtemällä yhtälöstä

$$\mu K_a = 0,11$$

jossa $K_a = \tan^2(45^\circ - \Phi/2)$ eli vaakapaineen suhde pystypaineeseen (aktiivipainekerroin)
 Φ = täytemaan sisäinen kitkakulma [°]
 μ = kitkakerroin täytemaan ja kaivannon seinämän välillä.

Peitemaakuorma lasketaan kaavalla

$$Q_{mk} = C_{mk} \gamma b_k^2$$

jossa $C_{mk} = \frac{1 - e^{-2\mu K_a h / b_k}}{2\mu K_a}$

Q_{mk} = peitemaakuorma kaivannossa [kN/m]
 b_k = kaivannon leveys [m]
 γ = maan tilavuuspaino = 18 kN/m^3
 h = peitesyvyys [m]
 e = 2,718

b) Keskimääräinen maapatsas

Otaksutaan, että putken päällä lepää täytemaapatsas, jonka leveys on

$$d_u + \frac{b_k - d_u}{2} = \frac{d_u + b_k}{2}$$

Putkeen kohdistuva peitemaakuorma lasketaan kaavalla

$$Q_m = \gamma h \frac{d_u + b_k}{2}$$

c) Pengertarkistus

Pystysuora kuorma lasketaan kuten penkereessä (**kohta 1.312**), mutta putkeen kohdistuvan sivupaineen otaksutaan olevan = 0.

Peitemaakuorma lasketaan kaavalla

$$Q_{mp} = \gamma d_u^2 (1,62 h/d_u - 0,27)$$

jossa Q_{mp} = peitemaakuorma penkereessä, kun sivupainetta ei oteta huomioon [kN/m]
 γ = maan tilavuuspaino = 18 kN/m³
 d_u = putken vaakasuora ulkohalkaisija [m]

Koska putkeen kohdistuva kuorma ei voi olla suurempi kuin kohdan a), b) tai c) antama arvo, voidaan mitoitusvalintaan valita pienin em. kohtien mukaan lasketuista arvoista.

Kun putkien sivut tiivistetään huolellisesti noin 300 mm putken laen yläpuolelle (ks. **kuva 1** alkutäyttö), saadaan peitemaakuormasta kaivantotapauksessa tehdä sama vähennys kuin penkereessä **kohdassa 1.312/a**.

1.3.1.2 Pengertapaus

Pystysuora peitemaakuorma lasketaan seuraavalla kaavalla

$$Q_{mp} = \gamma d_u^2 (1,62 h/d_u - 0,27)$$

Pystysuorasta kuormasta saadaan pengertapauksessa tehdä sivupaineesta johtuvat vähennykset

a) ennen ensimmäistä halkeamaa

$$\Delta Q_{mp} = 0,3 \gamma d_u^2 (h/d_u + 0,5)$$

b) ensimmäisen halkeaman jälkeen

$$\Delta Q_{mp} = 0,45 \gamma d_u^2 (h/d_u + 0,5)$$

Putkeen kohdistuva peitemaakuorma pengertapauksessa lasketaan siis kaavalla

$$Q_{mpr} = Q_{mp} - \Delta Q_{mp}$$

jossa Q_{mpr} = redusoitu peitemaakuorma penkereessä [kN/m]

1.3.2 Putken omasta painosta aiheutuva kuorma

Putken oman painon aiheuttaman kuorman voidaan otaksua vaikuttavan samalla tavoin kuin pystysuora peitemaakuorma ja sen suuruudeksi otaksutaan

$$Q_g = G/2$$

jossa Q_g = putken omasta painosta aiheutuva kuorma [kN/m]

G = putken oma paino [kN/m]

1.3.3 Vedenpaineakuorma

Putken sisällä virtaavan veden aiheuttaman kuorman voidaan otaksua vaikuttavan samalla tavoin kuin pystysuora peitemaakuorma ja sen suuruudeksi otaksutaan

$$Q_v = 0,5 d_s^2$$

jossa Q_v = vedenpaineakuorma [kN/m]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

1.3.4 Liikennekuorma

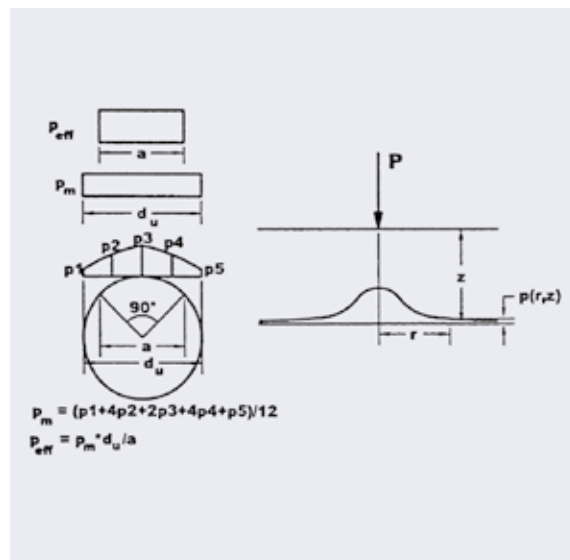
Liikennekuormat (moottoriajoneuvot, juna) määritetään eurokoodin SFS-EN 1992-1-1+AC ja kansallisen soveltamisohjeen NCC1 (Liikenneviraston ohjeita 24/2014) mukaisesti.

Liikennevälineen (moottoriajoneuvo) pyörä aiheuttaa täyterroksen päällä vaikuttavan pistemäisen kuorman, jonka katsotaan vaikuttavan määrättyllä neliön tai suorakaiteenmuotoisella alueella (ks. em. ohje NCCI 1) pyörän alla.

Täyterroksen päällä vaikuttavan pistemäisen kuorman putkeen kohdistama paine pinta-alayksikköä kohti lasketaan Boussinesqin kaavan mukaan

$$p_z(z) = \frac{3P}{2\pi} z^3 (r^2 + z^2)^{-5/2}$$

missä z on syvyys ja r tutkitun pisteen vaakaprojektion etäisyys kuormasta P , **kuva 2**.



Kuva 2. Putkeen vaikuttava painekuorma ja pistekuorman aiheuttama paine.

Liikennekuorma putkelle lasketaan integroimalla putken laen tasolla vaikuttava paine putken vaakaprojektion yli (**kuva 2**). Riittävä laskentatarkkuus saavutetaan, kun paine lasketaan putken keskellä, $\frac{1}{4}$ -pisteessä ja reunalla sekä lasketaan keskimääräinen paine Simpsonin kaavalla.

Kuorman jakautuminen maaperässä junakuorman ja harvinaisen ajoneuvokuorman yhteydessä lasketaan esim. Boussinesqin teorian mukaisella ratkaisulla pystyjännitysten jakautumisesta syvyyden z funktiona tasaisesti kuormitetun suorakaiteen (sivut B ja L) muotoisen taipuisan laatan nurkkapisteen alla

$$\sigma_z(z) = \frac{p}{2\pi} \left[\arctan\left(\frac{BL}{zR_3}\right) + \frac{BLz}{R_3} \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

$$R_1 = \sqrt{B^2 + z^2}$$

$$R_2 = \sqrt{L^2 + z^2}$$

$$R_3 = \sqrt{B^2 + L^2 + z^2}$$

Kaavan avulla voidaan laskea jännitys mielivaltaisessa pisteessä myös laatan sisä- tai ulkopuolella superpositioperiaatteen avulla. Menetelmää on selostettu useissa geotekniikan käsikirjoissa (ks. esim. RIL157-2-Geomekaniikka II 1990).

1.3.5 Poikkeukset

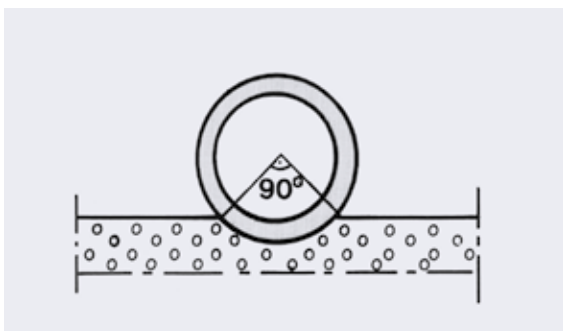
Suurten putkien ja pienten peitesyvyyksien tapauksessa on erityisesti selvitettävä paikallisten painehuippujen aiheuttamat rasitukset putkissa sekä kehän että akselin suunnassa.

1.4 Putkien tukeutuminen

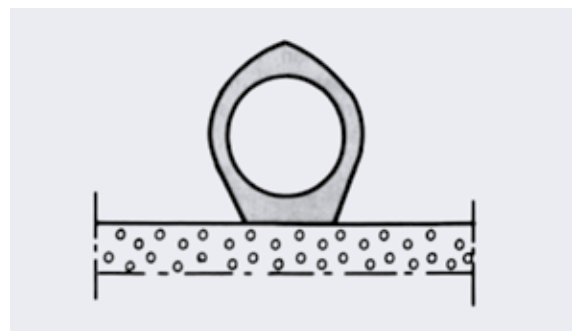
Putkien mitoituksessa otetaan huomioon tukeutumistavan vaikutus tukivoiman jakautumiseen putken alapinnassa.

Putkien normaalituennalla tarkoitetaan:

- pyöreät putket tukeutuvat alimman neljänneskaaren leveydeltä (**kuva 3**)
- jalalliset putket tukeutuvat koko jalan leveydeltä (**kuva 4**).



Kuva 3. Pyöreän putken tukeutuminen.



Kuva 4. Jalallisen putken tukeutuminen.

Tuentakertoimella tarkoitetaan suhdetta

$$k_{ti} = \frac{\text{kuormitus, jonka putki kestää koekuormituksessa}}{\text{kuormitus, jonka putki kestää maassa}}$$

Tuentakertoimen suuruuteen vaikuttaa tuentatavan eli tukireaktion jakautumisen ohella kuormituksen jakautuminen. Yleensä putkien mitoitustarkasteluissa oletetaan, että kuormitus maassa vaikuttaa tasaisesti putken ylimmän neljänneskaaren leveydellä.

Raudoittamattomien betoniputkien tuentakertoimien arvot ovat samat kuin raudoitettujen betoniputkien ensimmäistä halkeamaa vastaavat tuentakertoimet.

Tuentakertoimet, joilla putkien testauksessa saavutetut lujuudet voidaan muuntaa eri kuormitus-tilanteita vastaaviksi voidaan laskea seuraavasti:

Normaalituenta

Ennen ensimmäisen halkeaman syntymistä oletetaan momenttien, normaalivoimien ja jännitysten jakautuvan kimmoteorian mukaisesti. Tuentakerroin lasketaan momenttikertoimista seuraavien kaavojen avulla (ks. **kohta 1.6.1**):

$$\text{Pyöreä putki} \quad k_{ti} = \frac{0,159 - 0,125\delta}{0,0844}$$

$$\text{Jalallinen putki} \quad k_{ti} = \frac{0,246 - 0,125\delta}{0,1714}$$

Ensimmäisen halkeaman syntymisen jälkeen oletetaan momenttien jakautuvan plastisuusteorian mukaisesti. Sallittua halkeamaa ja murtotilaa vastaava tuentakeroiin lasketaan kaavalla (ks. **kohta 1.6.2**):

$$k_{ti} = \frac{d_s / 2 + z - e_{koe}}{d_s / 2 + z - e_{maa}}$$

Esimerkki

Pyöreä Dr -luokan putki, jonka sisähalkaisija on 1200 mm ja seinämävahvuus 125 mm. Putken lujuuden testauksessa käytetään standardin SFS-EN 1916 liitteen C mukaista murtolujuuden koemenetelmää ja standardin liitteen C/kuvan c.2 b mukaista koejärjestelyä.

SFS 7033 mukainen putken särökuorma (hyväksymisraja-kuorma $F_{c,0,3}$) on 108 kN/m. Kertomalla lujuusarvo putken sisähalkaisijalla 1,2 m saadaan.

$$\text{särökuorma } Q_h = 1,2 \times 108 = 129,6 \text{ kN/m}$$

SFS-EN 1916 liitteen C/kuvan c.2 b koejärjestelyssä taulukon 2/kuormitustapaus 1 momenttikerroin korjataan kuormitus-tilannetta vastaavaksi kaavalla (**ks. kuva 5**)

$$\alpha_{red} = \alpha - 0,125\delta = \alpha - 0,125 \times 2 \times C / d_k \cong 0,159 - 0,125 \times 2 \times 171 / (1200 + 125) \cong 0,127.$$

Tuentakertoimelle saadaan arvo $k_{ti} = 0,127 / 0,084 = 1,51$

Tarkasteltavan putken särökuorma taulukon 2 kuormitus- ja tuentatavalle 2 (ns. normaalituenta) on

$$Q_y = 1,51 \times 129,6 = 196 \text{ kN/m}$$

eli putki kestää tämän kuormituksen maahan asennettuna em. kuormituseroilla ennen kuin putkeen tulee korkeintaan 0,3 mm leveä halkeama. Kun putken alkutäyttö on tiivistetty, särökuormitusta voidaan kasvattaa **kohdassa 1.3.1.2 a** esitetyn mukaisesti.

1.5 Putkien mitoitus

Putkien mitoituksessa on otettava huomioon seuraavat vaatimukset:

- särökuormavaatimus: Raudoitettujen putkien halkeamaleveys ei saa olla yli 0,3mm särökuorman vallitessa. Raudoittamattomilla tai vähän raudoitetuilla eli haurailta tuotteilla särökuorma vastaa murtokuormaa.
- murtokuormavaatimus, joka raudoittamattomalla B-luokan putkella ja vähän raudoitetulla Br-luokan putkella vastaa ensimmäisen halkeaman syntymiseen vaadittavaa kuormaa ja raudoitetulla Dr-luokan putkella kuormaa, jolla putkeen syntyy niin monta myötöniveltä, että rakenteesta syntyy mekanismi.
- sitkeysvaatimus.

Terästen sijoitus ja mahdolliset taivutukset on lisäksi tehtävä niin, että ne vastaavat todellisen kuormituksen jakaantumista.

1.5.1 Mitoitus särökuormalle

Raudoittamattomissa putkissa voidaan momenttien, normaalivoimien ja jännitysten otaksua jakaantuvan kimmoteorian mukaan. Raudoitettujen putkien osalta noudatetaan kimmoteoriaa ensimmäisen halkeaman syntymiseen asti.

Putkessa suurimmat momentit esiintyvät pohjalla laella ja sivuilla. Poikkileikkauksen taivutusmomentti M ja normaalivoima N voidaan määrittää kaavoilla.

$$M = \alpha d_k Q$$
$$N = \beta Q$$

joissa	M	= taivutusmomentti [kNm]
	α	= momenttikerroin
	β	= normaalivoimakerroin
	d_k	= $d_s + t$ = putken keskihalkaisija [m]
	Q	= pystysuora kuorma [kN]
	N	= normaalivoima [kN]

Pyöreiden, seinämiltään tasapaksujen putkien mitoitukseen voidaan käyttää **taulukossa 2** esitettyjä α ja β -kertoimia.

Jalallisten putkien, joiden seinämäpaksuuksien suhteet ja jalan leveys täyttävät SFS-EN 1916+AC:2008 ja SFS 7033:2014 esitetyt ehdot, vastaavat kertoimet on esitetty **taulukossa 3**. Mikäli seinämiltään vaihtelevan paksuinen putki ei täytä edellä mainittuja vaatimuksia, on momenttien ja normaalivoimien suuruus määrättävä yleisesti hy-väksytyllä menetelmällä kaikissa tapauksissa erikseen.

Taulukko 2. Pyöreiden, seinämiltään tasapaksujen putkien momentti- ja normaalivoimakertoimien arvot.

	Kuormitus- ja tukemistapa	Kerroin ¹⁾	Sijainti		
			Pohja	Sivut	Laki
1	Viivakuorma	α	+0,159	0,091	+0,159
	Viivatuki	β	0	-0,5	0
2	Neljännesympyräkuorma	α	+0,0844	-0,077	+0,0844
	Neljännesympyrätuki (normaalituenta)	β	0	-0,5	0

1) α = momenttikerroin, β = normaalivoimakerroin.

Taulukko 3. Jalallisten putkien momentti- ja normaalikertoimien arvot.

	Kuormitus- ja tukemistapa	Kerroin ¹⁾	Sijainti		
			Pohja	Sivut	Laki
1	Viivakuorma	α	+0,246	-0,053	+0,157
	Viivatuki	β	+0,0835	-0,5	-0,0835
2	Neljännesympyräkuorma	α	+0,1714	-0,0478	+0,0752
	Tasainen tuki (normaalituenta)	β	+0,0659	-0,5	-0,0659

1) α = momenttikerroin, β = normaalivoimakerroin.

Koska tämän ohjeen mukaisessa koekuormituksessa kuorma vastaa likimain kuormituslistan jalkojen leveydelle jakaantunutta tasaista kuormaa, voidaan pohjan ja laen positiivisista momenteista vähentää momentti ΔM (kuva 5).

$$\Delta M = 0,125 \delta dk \cdot Q$$

jossa $\delta = 2C / dk$

$$M_{red} = M - \Delta M = (\alpha - 0,125 \delta) dk \cdot Q$$

Koekuormituksessa ovat pyöreillä putkilla määrittäviä pohjan ja laen momentit, joiden molempien redusoimatonmomenttikerroin $\alpha = 0,159$. Vastaava jalallisen putken momentti esiintyy pohjassa, redusoimattoman momenttikerroimen ollessa $\alpha = 0,246$. Ks. **taulukot 2 ja 3**.

Kuva 5. Koekuormituksesta aiheutuvan momentin redusointi.

Jännityksiä laskettaessa on otettava huomioon raudoitus sekä putken seinämän käyrityksen jännityksiä lisäävä vaikutus putken sisäpinnassa, pohjassa ja laessa (**taulukko 4**).

Taulukko 4. Putken seinän käyryyden vaikutus jännityksiin.

<i>t/r</i>	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Jännitysten lisäys [%]	20,0	17,5	15,3	13,5	11,7	9,0	7,2
Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti t = putken seinän paksuus r = putken seinän kaarevuussäde							

Raudoitetut putket mitoitetaan siten, että ne eivät halkea suunnittelukuormilla. Jos tämä ei toteudu, halkeamaleveys tulee mitoittaa eurokoodien mukaisesti ympäristöolosuhteet huomioon ottaen. Jos rakenteeseen kohdistuu liikenne- tai rautatiekuormia, tulee ottaa huomioon myös ko. viranomaisohjeet.

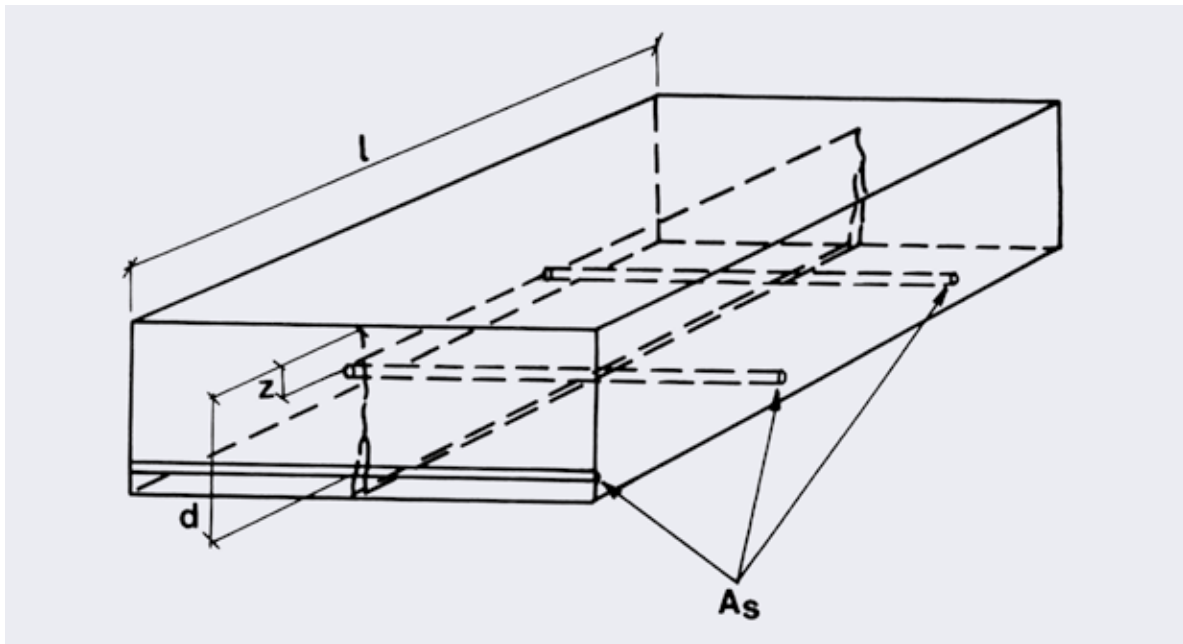
1.5.2 Mitoitus murtokuormalle

B- ja Br luokan putkien suurin kuormankantokyky saavutetaan juuri ennen ensimmäisen halkeaman syntymistä. Dr luokan putkilla raudoitemäärä on niin suuri, että putken kuorma voi kasvaa ensimmäisen halkeaman syntymisen jälkeen. Tässä kappaleessa esitetty menetelmä koskee Dr luokan putken murtokuorman analysointia B- ja Br luokan putkien murtokuorma voidaan määrittää **kappaleen 1.5.1** menetelmällä. Mitoitus murtokuormalle tehdään käyttäen voimassaolevia eurokoodeja ja näissä esitettyjä materiaalien osavarmuuslukuja. Tässä luvussa on esitetty putken kestävyuden laskentaan tarvittavat kaavat yleisessä muodossa käyttäen yleisiä termejä: myötölujuus ja puristuslujuus. Jos betoniputkella on riittävästi plastista muodonmuutoskykyä, voidaan putken kestävyuden analyysissä käyttää plastisuusteoriaa. Tällöin rakenne mitoitetaan murtokuormalle, joka vastaa kuormaa, jolla rakenteeseen on syntynyt niin monta myötöniveltä, että siitä muodostuu mekanismi.

Myötönivelen kohdalla teräs on vedossa myötäen saavuttanut myötölujuutensa ja betoni puristuslujuutensa. Poikkileikkauksen murtomomentti voidaan laskea seuraavalla kaavalla (**kuva 6**)

$$M_y = F_{sy}(d-z/2)$$

jossa	M_y	= myötömomentti [kNm]
	F_{sy}	= $A_s f_y$ = terästen yhteenlaskettu myötövoima
	A_s	= terästen pinta-ala [m ²]
	f_y	= terästen ominaislujuus [MN/m ²]
	d	= terästen painopisteen etäisyys puristetusta reunasta [m]
	z	= $\frac{F_{sy}}{l f_c}$ = myötönivelen etäisyys puristetusta reunasta [m]
	l	= poikkileikkauksen pituus [m]
	f_c	= betonin ominaisuuspuristuslujuus [MN/m ²]



Kuva 6. Poikkileikkaus putken seinämästä.

Putken murtokuorma Q_u voidaan määrittää seuraavan likimääräiskaavan avulla

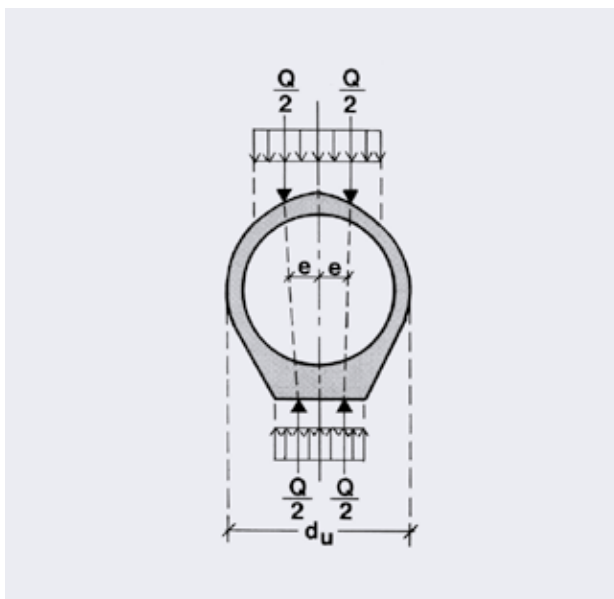
$$Q_u = \frac{M_{yp} + M_{yl} + 2M_{ys}}{d_s / 2 + z - e}$$

M_{yp} , M_{yl} , M_{ys} = pohjan, laen ja sivun myötömomentit [MNm]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

e = kahdeksi viivakuormaksi jaetun kuorman ja tukireaktion

viivakuormien keskimääräinen vaakasuora etäisyys pystysuorasta symmetriatasosta [m] (kuva 7).



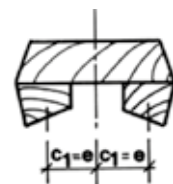
Kuva 7. Kuorman ja tukireaktion jakaminen kahdeksi viivakuormaksi.

Esim.

Jalallinen putki $e = 1/8 (d_u/2 + b)$
 (1/4 ympyräkuorma)
 jossa b = jalallisen putken jalan leveys

Ympyräputki $e = d_u/4 \cdot \sqrt{2}$
 (1/4 ympyräkuorma)

Koekuormituslista



Jos putkessa on harja, vastaava laen myötömomenti on otettava huomioon 0,93-kertaisena, koska vastaava myötönivel siirtyy harjan kohdalla sivullepäin. Jos putken muoto eroaa näiden normien mukaisista putkista tai putken pohjan ja laen myötömomentit poikkeavat huomattavasti toisistaan, voidaan laskentaan käyttää esimerkiksi elementtimenetelmää.

Edellä esitetyt laskentaperusteet edellyttävät, että putki todella saavuttaa myötövaiheen eikä hauraita murtumia betonissa synny. Näin voidaan olettaa, jos seuraavat ehdot on täytetty:

a) jokaisen myötönivelen kohdalla puristava normaalivoima N ja jäykistysaste z/d täyttävät ehdon

$$\frac{|N|}{F_{sy}} + 2 \frac{z}{d} \leq 1$$

Tästä seuraa, että jäykistysaste z/d ei saa ylittää arvoa 0,5 eikä normaalivoima saa ylittää terästen myötövoimaa ($|N| \leq F_{sy}$).

b) pohjan ja laen sisäpuolisen terästen betonipeitekerroksen murtumisen ehkäisemiseksi täytyy putken raudoituksen muodosta betoniin aiheutuvien vetojännitysten täyttää ehto

$$Q = \frac{F_{sy}}{l_{eff} r_s} \leq 150(1 + 50c)$$

jossa F_{sy} = kaarevien terästen yhteinen myötövoima [kN]
 r_s = terästen kaarevuussäde [m]
 c = terästen etäisyys putken sisäpinnasta [m]
 l_{eff} = putken hyötypituus [m]

Edellä esitetyt ehdot rajoittavat teräksen määrän lisäämistä putkia valmistettaessa. Jos esimerkiksi putken kestävyys edellyttää b-kohdan mukaista suurempaa teräsmäärää, on lisäterästen oltava suorina.

1.5.3 Sitkeysvaatimus

Raudoitettut betoniputket on suunniteltava siten, että ne kestävät vaaditun myötö-kuorman, kunnes putken vaakahalkaisijan pituuden muutos on ≥ 2 %.

2 Kaivonrenkaat

2.1 Kaivojen asennussyvydet

Kaivonrenkaiden sallitut asennussyvydet Betoniviemärit -käsikirjan **taulukon 4.5** lujuusvaatimuksilla ovat:

- Br-luokka, maksimi asennussyvyys 6,7 m
- Cr-luokka, maksimi asennussyvyys 10,0 m.

Peitesyvyyksille edellytyksenä on, että putken ympäristä tiivistetään kitkamaalla 18 kN/m^3 . Liikennekuormana kaivonrenkaan asennussyvyyden ja renkaan mitoituksessa on käytetty Liikenneviraston määrittelemää yhtenäistä liikennekuormaa 81 kPa (kuva 4-1, Liikennevirasto 2012), joka perustuu NCCI 1:ssä (Liikennevirasto 2011) esitettyyn kuormakaavio LM1:een. Kuorman on oletettu jakaantuvan suhteessa 2:1 syvyyden funktiona.

Jos kaivonrenkaiden käyttöolosuhteet poikkeavat edellisestä ne tarkastellaan tapauskohtaisesti.

2.2 Kaivonrenkaiden kuormitusotaksumat

Kaivonrenkaiden mitoituksessa otetaan huomioon vaakasuorat kuormat **kohdissa 2.21 ja 2.22** esitettyjen kuormitusotaksumien mukaisesti. Kuormien otaksutaan epäedullisimmassa tapauksessa vaikuttavan yhdensuuntaisina ja tasaisina vastakkaisten neljännesympyräkaarien leveydellä. Tehollista asennussyvyttä määrättäessä otetaan huomioon kaivon suun viereen otaksuttava 1 m:n korkuisen täytemaakerroksen tai liikennekuorman vaikutus.

2.2.1 Särökuorma

Ensimmäinen halkeama saa syntyä aikaisintaan silloin, kun renkaaseen vaikuttaa lepopaine. Mitoitusyhtälö voidaan esittää kaavalla

$$Q_h/k_{\text{tkoe}} \geq Q_{\text{ml}}/k_{\text{tml}}$$

jossa

Q_h	= särökuorma [kN/m]
Q_{ml}	= maanpainekuorma (lepopaine) [kN/m]
k_{tkoe}	= koekuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen
k_{tml}	= maanpainekuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen (lepopaine)

2.2.2 Murtokuorma

Kaivonrenkaan murtokuorman tulee olla vähintään yhtä suuri kuin renkaaseen vaikuttava kitkamaan aktiivipaine tai koheesiomaan paine. Mitoitusyhtälö voidaan esittää kaavalla:

$$Q_u/k_{\text{tkoe}} \geq Q_{\text{ma.d}}/k_{\text{tma}}$$

jossa

Q_u	= murtokuorma [kN/m]
$Q_{\text{ma.d}}$	= maanpainekuorman suunnitteluarvo (kitkamaan aktiivipaine tai koheesiomaan paine) [kN/m]
k_{tkoe}	= koekuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen
k_{tma}	= maanpainekuorman tuentakerroin viivakuorman suhteen (aktiivipaine)

2.3 Kaivonrenkaiisiin kohdistuvien kuormien laskeminen

Renkaalle tuleva kuorma lasketaan kaavalla

$$Q = p d_u / \sqrt{2}$$

jossa Q = renkaalle tuleva kuorma [kN/m]
 p = maanpaineen suuruus pinta-alayksikköä kohti [kN/m]

2.3.1 Maanpaine kuorma

Kitkamaalajit

Aktiivipaine lasketaan kaavalla

$$p_a = 0,2 \gamma H$$

jossa p_a = aktiivipaine pinta-alayksikköä kohti [kN/m²]
 γ = maan tilavuuspaino = 18 kN/m³
 H = tehollinen asennussyvyys [m]

Lepopaine lasketaan kaavalla

$$p_o = 0,4 \gamma H$$

jossa p_o = lepopaine pinta-alayksikköä kohti [kN/m²]

Muut merkinnät ovat samat kuin edellä.

Koheesiomaalajit

Maanpaine lasketaan kaavalla

$$p_k = \gamma H - 4s$$

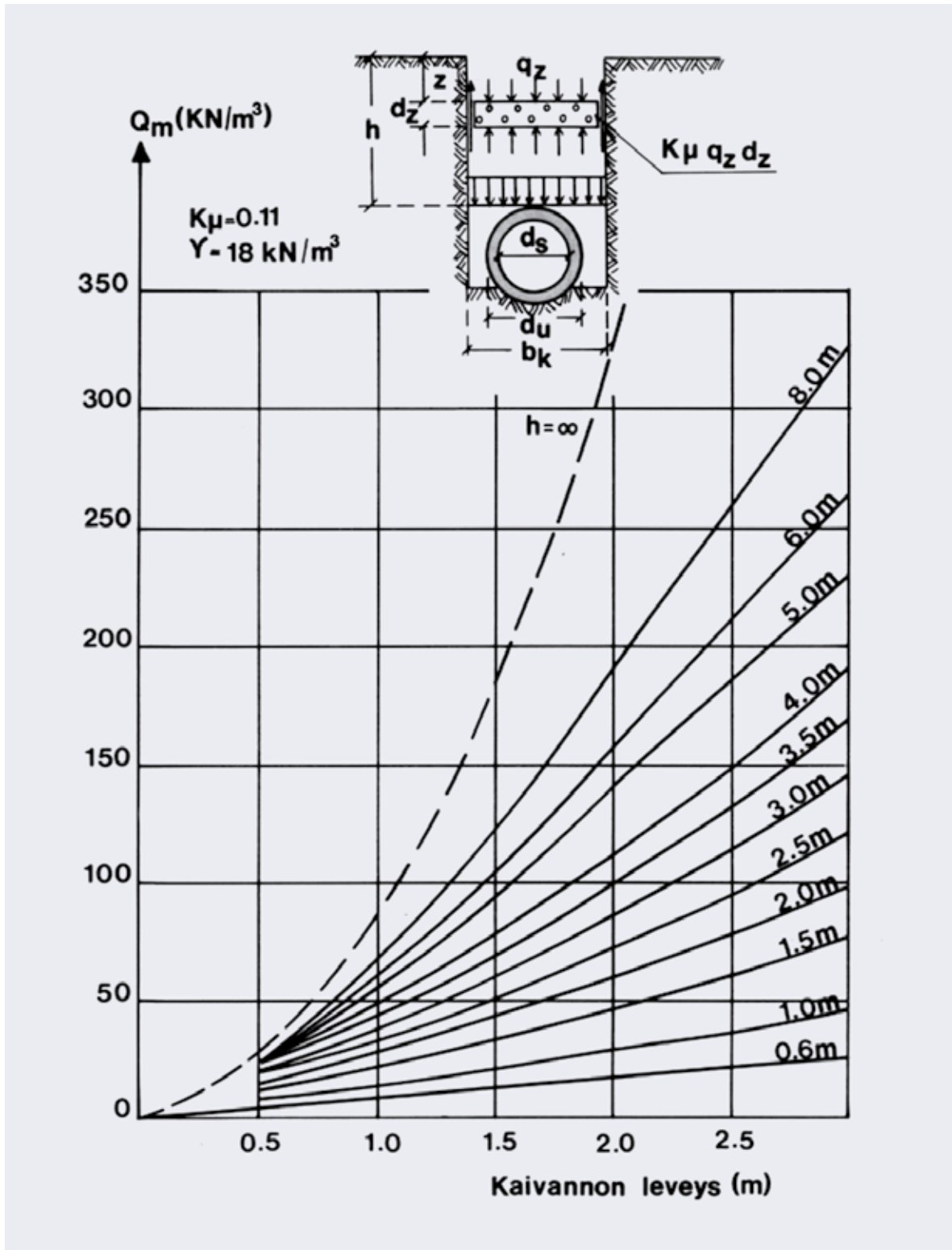
jossa p_k = koheesiomaan paine pinta-alayksikköä kohti [kN/m²]
 s = koheesiomaan leikkauslujuus [kN/m²]

Ottamalla huomioon renkaan holvivaikutus voidaan löyhässä savimaassa käyttää arvoa $s = 15$ kN/m² ja sitkeässä savimaassa arvoa $s = 25$ kN/m².

Muut merkinnät ovat samat kuin edellä.

2.4 Kaivonrenkaiden mitoitus

Kaivonrenkaat mitoitetaan särökuormalle ja myötökuormalle samoin perustein kuin putket.



Kuva 8. Putkeen kohdistuva maanpainekuorma kaivannossa hautateorian mukaan.

Betoniputkiviemäri esimerkkilaskelma

Sisähalkaisijaltaan 1400mm oleva Dr luokan betoniputkiviemäri asennetaan peitesyvyydelle 0,8m. Putken yli ajetaan työmaaolosuhteissa erikoiskalustolla, jonka akselipaino on 500kN. Tarkastetaan putken kestävyys.

1. Materiaaliominaisuudet

1.1. Maan materiaaliominaisuudet

Tilavuuspaino: $\gamma_m := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Sisäinen kitkakulma: $\Phi := 38^\circ$

Kitkakerroin täytemaan ja kaivannon seinän välillä: $\mu := 0.35$

1.2. Putken materiaaliominaisuudet

Betoni

Lieriöpuristuslujuus $f_{ck} := 40\text{MPa}$

Osavarmuusluku: $\gamma_c := 1.5$

Kerroin: $\alpha_{cc} := 0.85$

Suunnittelupuristuslujuus: $f_{cd} := \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = 22.7 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Tiheys: $\gamma_b := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Harjateräkset B500B

Myötölujuus: $f_y := 500\text{MPa}$

Osavarmuusluku: $\gamma_s := 1.15$

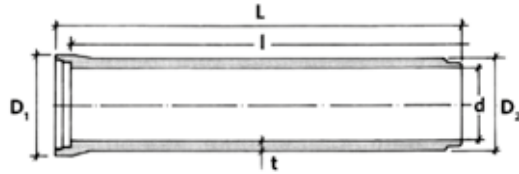
Suunnittelumyötölujuus: $f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_s} = 434.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Kimmokerroin: $E_s := 200\text{GPa}$

2. Geometriset suuret

2.2 Putki

Käytetään Pyöreää putkea.



Ulkohalkaisija:

$$d_u := 1760\text{mm}$$

Sisähalkaisija:

$$d_s := 1400\text{mm}$$

Seinämäpaksuus:

$$t := \frac{d_u - d_s}{2} = 180\text{mm}$$

Putken keskihalkaisija:

$$d_k := \frac{(d_u + d_s)}{2} = 1580\text{mm}$$

Neljännesputken vaakaleveys:

$$C_u := \frac{(d_u)}{2} \cdot \sin(45^\circ) = 0.622\text{m}$$

Raudoitus

Betonipeitepaksuus

$$c_{\text{nom}} := 50\text{mm}$$

halkaisija:

$$\phi := 10\text{mm}$$

jako:

$$kk := 110\text{mm}$$

Teräspinta-ala/m

$$A_s := \frac{\frac{\phi^2 \cdot \pi}{4}}{kk} = 714 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

2.1 Kaivanto

Peitesyvyys:

$$h := 0.8\text{m}$$

Kaivannon leveys:

$$b_k := d_u + 0.8\text{m}$$

3. Kuormat

3.1. Peitemaakuorma

3.1.1 Tavanomainen hautateoria

Aktiivipainekerroin:

$$K_a := \tan\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)^2 = 0.238$$

Kerroin:

$$C_{mk}(b_{kk}) := \frac{1 - e^{-2 \cdot \mu \cdot K_a \cdot \frac{h}{b_{kk}}}}{2 \cdot \mu \cdot K_a}$$

Peitekuorma:

$$Q_{mk}(b_{kk}) := C_{mk}(b_{kk}) \cdot \gamma_m \cdot b_{kk}^2$$

3.1.2 Keskimääräinen maapatsas

Peitemaakuorma:
$$Q_m(b_{kk}) := \gamma_m \cdot h \cdot \frac{d_u + b_{kk}}{2}$$

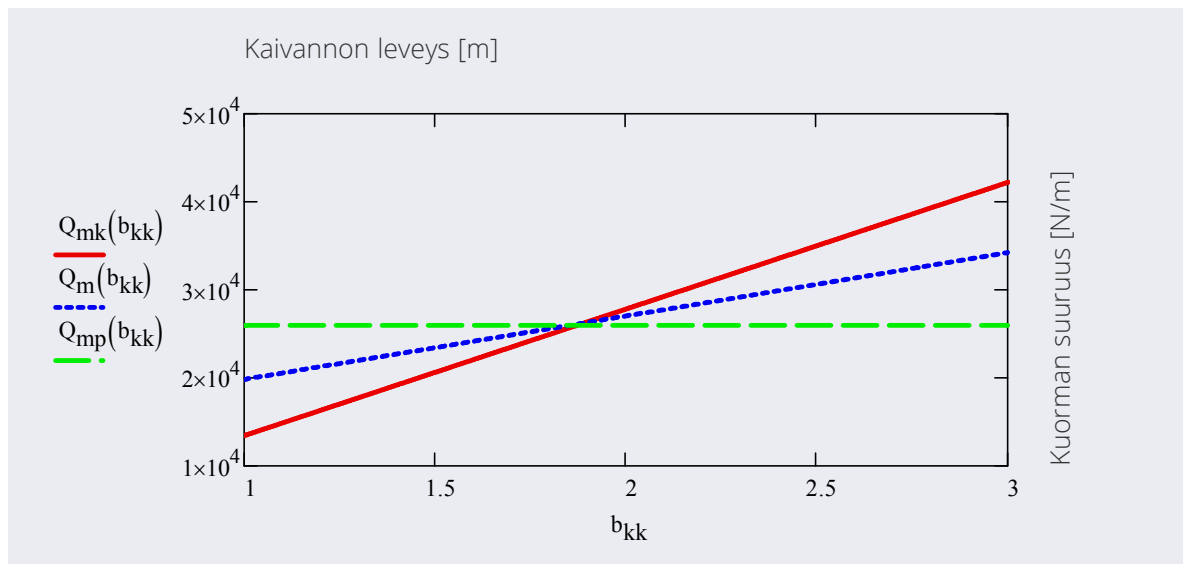
3.1.2 Pengertarkistus

Peitemaakuorma:
$$Q_{mp}(b_{kk}) := \gamma_m \cdot d_u^2 \cdot \left(1.62 \cdot \frac{h}{d_u} - 0.27 \right)$$

3.1.3 Pienin kuorma

Peitemaakuorma:
$$Q_{m.min}(b_{kk}) := \min(Q_{mk}(b_{kk}), Q_m(b_{kk}), Q_{mp}(b_{kk}))$$

$$Q_{m.min}(b_k) = 26 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



3.2. Kuorma omasta painosta

Oma paino:
$$G := \frac{[d_u^2 - (d_u - t)^2] \cdot \pi}{4} \cdot \gamma_b = 11.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kuorma omasta painosta:
$$Q_g := 0.5 \cdot G = 5.902 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.3. Vedenpaineakuorma

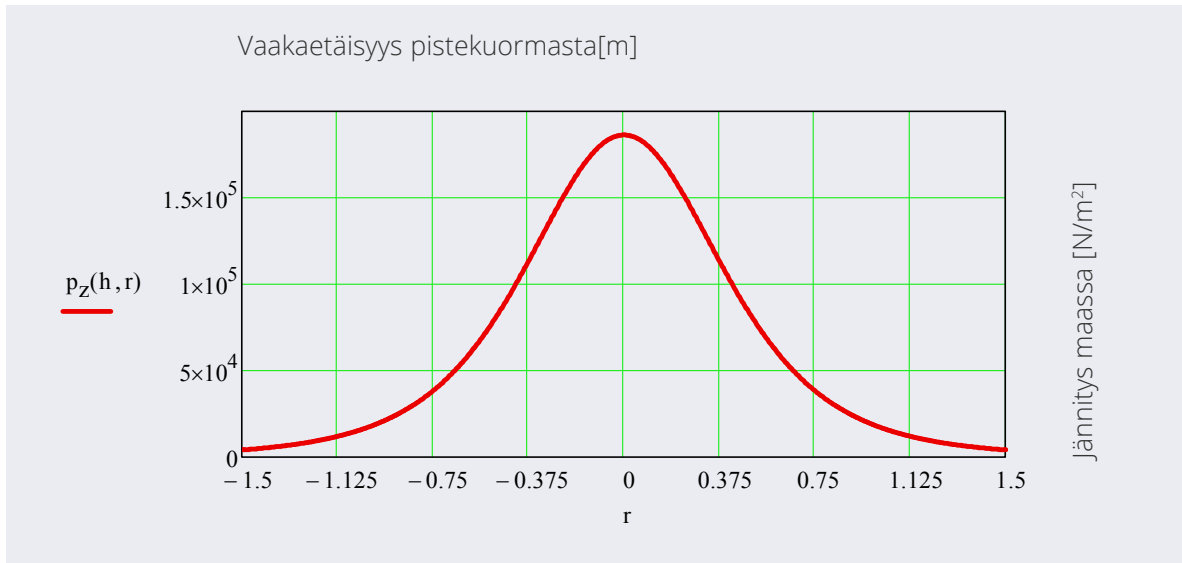
$$Q_v := 0.5 \cdot d_s^2 \cdot m^{-2} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0.98 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.4. Liikennekuorma

Pyöräkuorma:
$$F_{\text{pyörä}} := 250 \text{ kN}$$

Ratkaistaan paine maassa Boussinesqin teorian mukaisella ratkaisulla:

$$p_z(z, r) := \frac{3 \cdot F_{\text{pyörä}} \cdot z^3}{2 \cdot \pi} \cdot (r^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$



Lasketaan kuorman arvo integroimalla piste-kuorman lauseketta putken leveyden yli:

$$Q_{lk} := \int_{-\frac{d_u}{2}}^{\frac{d_u}{2}} p_z(h, r) dr = 180.511 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

4. Putken tuentakertoimet

Oletetaan, että kaikki kuormat vaikuttavat putken ylimmän neljänneksen alueelle ja, että putki on tasaisesti tuettu alimman neljänneksen alueelta.

1	Viivakuorma		α	+0,159	-0,091	+0,159
	Viivatuki		β	0	-0,5	0
2	Neljännesympyräkuorma		α	+0,0844	-0,077	+0,0844
	Neljännesympyrätuki (normaalituenta)		β	0	-0,5	0

Ennen ensimmäisen halkeaman syntymistä:

Kuormituslistan leveys keskiakselilta mitattuna: $C_k := 228\text{mm}$

Koekuorman tuentakerroin normaalituennan suhteen:

$$k_{h.ti} := \frac{0.159 - \frac{0.125 \cdot (2 \cdot C_k)}{d_k}}{0.0844} = 1.456$$

Ensimmäisen halkeaman syntymisen jälkeen:

Teräksen mitoitusmyötövoima:

$$F_{\text{syd}} := A_s \cdot f_{\text{yd}} = 310.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Puristusalueen leveys:

$$z := \frac{F_{\text{syd}}}{f_{\text{cd}}} = 13.7 \cdot \text{mm}$$

Koekuorman tuentakerroin
normaalituennan suhteen:

$$k_{\text{y.ti}} := \frac{\frac{d_s}{2} + z - \frac{C_k}{2}}{\frac{d_s}{2} + z - \frac{C_u}{2}} = 1.49$$

4.1 Särökuorma

Kokonaiskuorma:

$$Q_{\text{h.ulk}} := Q_{\text{m.min}}(b_k) + Q_g + Q_v + Q_{\text{lk}} = 213.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Putken hyväksymisraja-kuorma
saadaan standardista SFS 7033:

$$F_{\text{c.0.3}} := 106 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

hyväksymisraja-kuormaa vastaava viivakuorma
saadaan kertomalla särökuorman arvo putken
sisähalkaisijalla.

$$Q_{\text{h}} := F_{\text{c.0.3}} \cdot d_s \cdot \text{m}^{-1} = 148.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Putken kestävyys
standardikuormituksessa:

$$Q_{\text{h.korj}} := Q_{\text{h}} \cdot k_{\text{h.ti}} = 216.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Putken käyttöaste särökuormalle:

$$KA_{\text{h}} := \frac{Q_{\text{h.ulk}}}{Q_{\text{h.korj}}} = 99.0\%$$

4.2 Murtokuorma

Putken Murtorajatilan määrävänä kuormayhdistelmä pienen peitesyvyyden tapauksessa on NCCI1 ohjeen mukainen yhdistelmä 6.10b.

Murtorajatilan määrävä kuorma oletetaan putken sisällä virtaavan veden kuorma pysyväksi kuormaksi, joka on varmalla puolella oleva olettaus:

$$Q_{\text{u.ulk}} := (1.25 Q_{\text{m.min}}(b_k) + 1.25 Q_g + 1.25 Q_v + 1.35 \cdot Q_{\text{lk}}) = 284.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Putken murtokuorma saadaan
standardista SFS 7033:

$$F_{\text{u}} := 177 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

murtokuormaa vastaava viivakuorma saadaan
kertomalla standardin SFS 7033 arvo putken
sisähalkaisijalla.

$$Q_{\text{u}} := F_{\text{u}} \cdot d_s \cdot \text{m}^{-1} = 247.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Putken viivakuormakestävyys

$$Q_{\text{u.korj}} := Q_{\text{u}} \cdot k_{\text{y.ti}} \cdot d_s \cdot \text{m}^{-1} = 516.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Putken käyttöaste murtokuormalle:

$$KA_{\text{y}} := \frac{Q_{\text{u.ulk}}}{Q_{\text{u.korj}}} = 55.0\%$$

Putken käyttöaste ei ylitä murto- tai särökuormalla, jolloin putken kestävyttä voidaan pitää riittävänä.

Osoita tuotteesi laatu



Tunsit meidät aiemmin Inspectana - nyt olemme Kiwa Inspecta

FI-merkintöjen lisäksi myönnämme
betonituotesertifiointeja:



- CE-merkinnällä
- Varmennustodistuksella
- Tyyppihyväksynnällä

Lisätietoja

[sertifointi@
inspecta.com](mailto:sertifointi@inspecta.com)

010 521 600

Trust, Quality & Progress

ERLATEK



KAIKKI NOSTOVÄLINEET JA ALAN PALVELUT SAMAN KATON ALTA

Erikoisnostovälineet
Koulutus
Kuormansidonta
Nostokorvat
Nostomagneetit
Sakkelit
Teräsköydet

Kettinkiraksit ja komponentit
Kunnossapito
Käsitaljat ja siirtovaunut
Nostoliinat
Putoamissuojaimet
Tarraimet

ERLATEK OY

Lukkokatu 2, 05840 Hyvinkää
puh: 019 458 4500 fax: 019 483 018
nostovalineet@erlatek.fi
www.erlatek.fi



TEOLLISTA
TOIMINTAA
VUODESTA
1850

PERINTEIKÄS LANKA- JA NAULATEHDAS

Valmistamme tuotteemme ensiluokkaisesta raaka-aineesta kotimaisella osaamisella, keskellä Suomea pienille ja suurille asiakkaille.

Meiltä saat silotut terälangat kiepeissä, pyörötangot määrämittaisina, harjateräkset määrämittaisina ja kiepeissä, myös ruostumattomina. Lisäksi teemme vakio-, erikois- ja konenaulat.

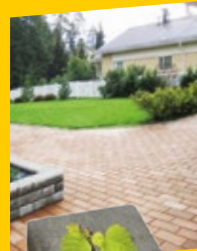


 HELSINGIN RAUTA OY
KOSKENZAAREN TEHTAAT



VALMISBETONISTA PIHAKIVIIN

VALITSE BETONIALAN AMMATTILAISET JA ONNISTU KERRALLA!



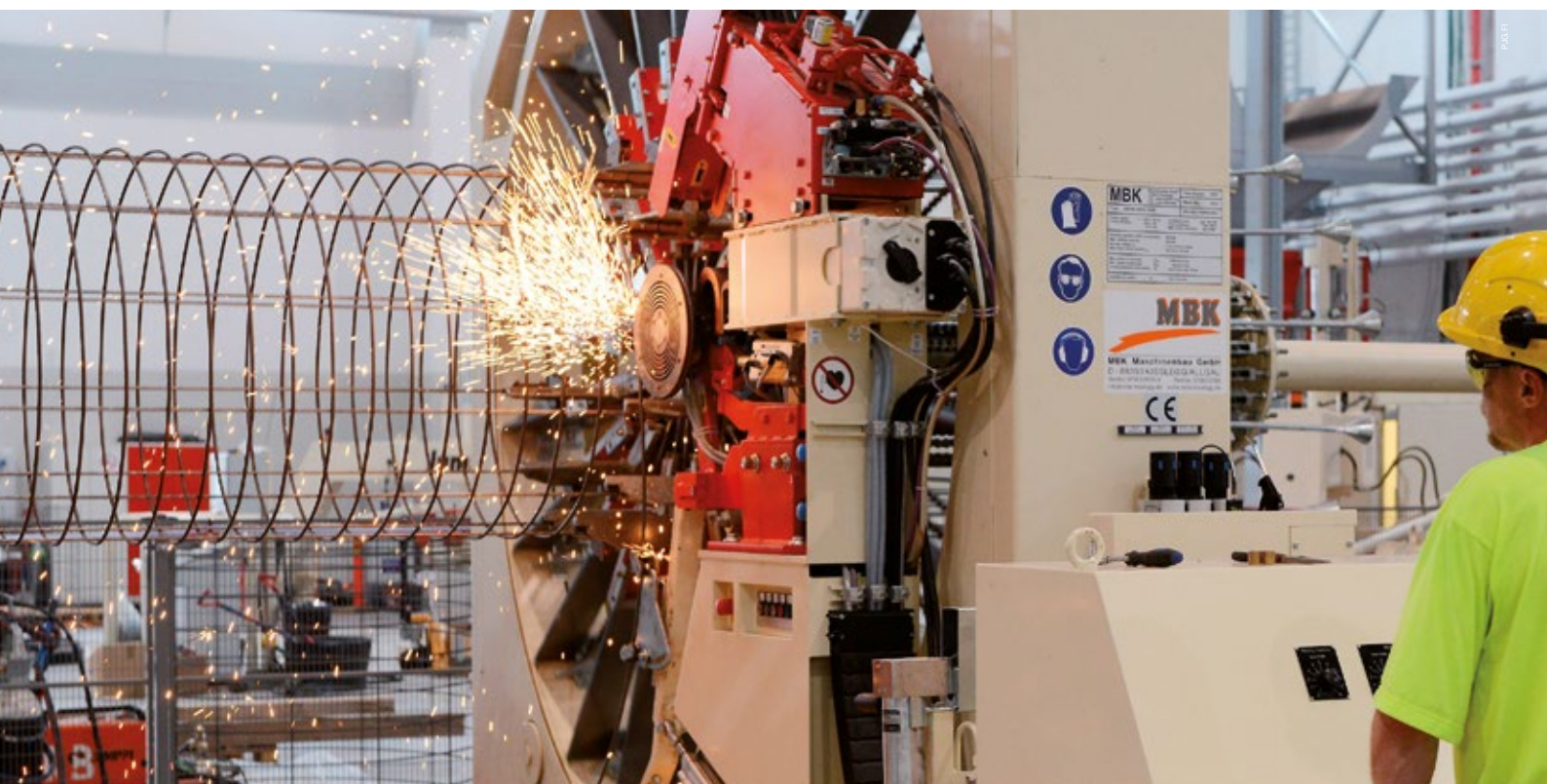
LAATUTUOTTEITA YRITYKSILLE JA YKSITYISILLE
YLI 60 VUODEN KOKEMUKSELLA.



OHENMÄEN SORA OY

IISALMI, puhelin 017 744 221 | KIURUVESI, puhelin 017 753 224

www.ohenmaensora.fi



TUOTTEET RAUDOITTAMISEEN

pintos
GROUP

pintos Raudoitteet

OKARIA Betonivalutarvikkeet

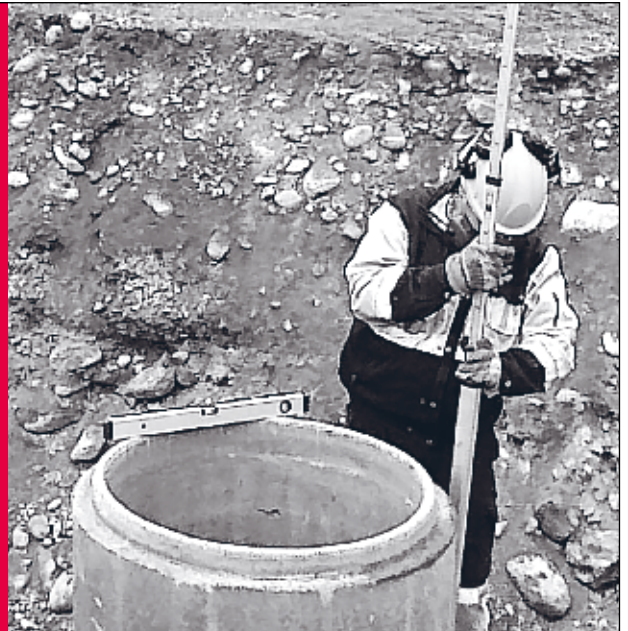
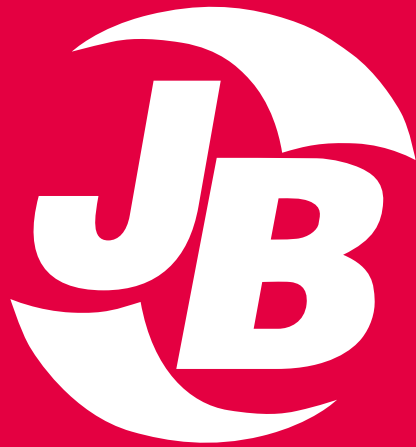


Betoniosaamista yli 30 vuoden kokemuksella

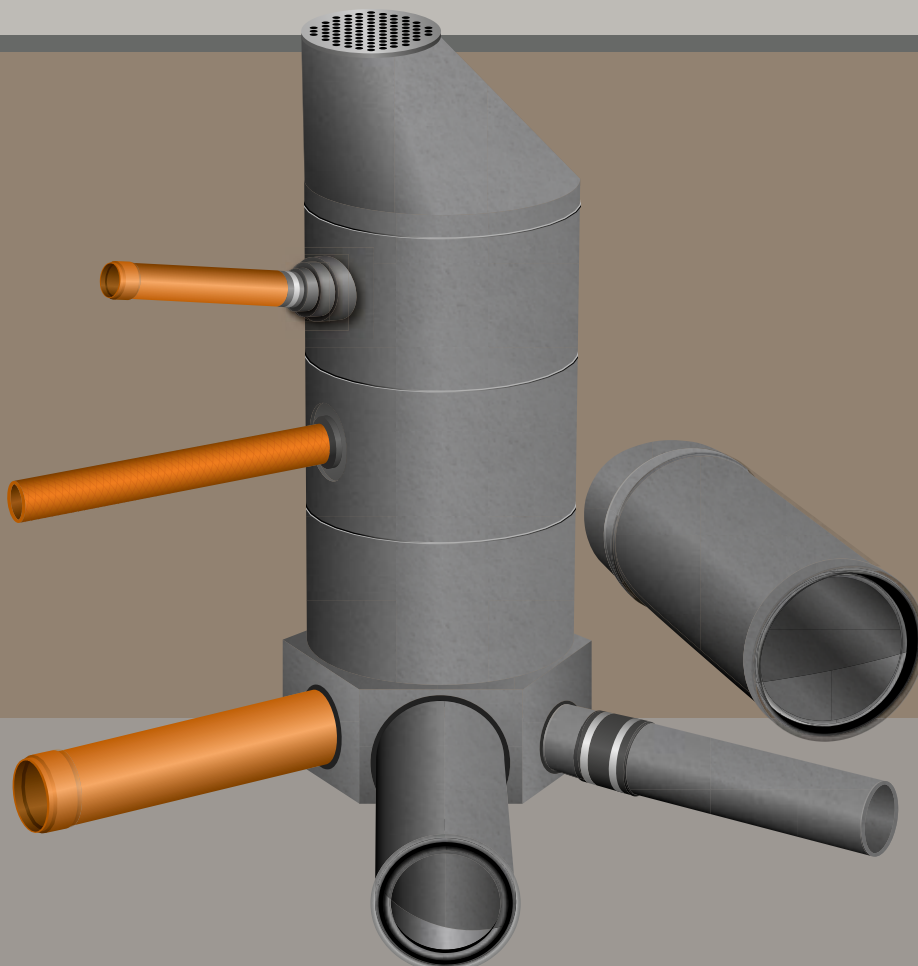
Ruskon Betoni Oy on infratuotteiden ja valmisbetonin valmistamiseen ja siihen liittyviin palveluihin keskittynyt kotimainen perheyriyys. Panostamme toiminnassamme ja tuotteissamme tinkimättömään laatuun ja joustavaan asiakaspalveluun. Käytämme aina uusinta, ensiluokkaista betoniteknologiaa.

 **RUSKON BETONI OY**





Laaja valikoima laadukkaita kaivoja eri tarkoituksiin



Tiivis
liitos joka
saumaan

semtu

www.semtu.fi
09 274 7950, mailbox@semtu.fi



Kestävää ympäristöä rakentamassa

Suuri osa kunnallistekniikan ja yhdyskuntien infrastruktuurin rakentamisesta jää maan alle. Kestävyys ja pitkäikäisyys ovat käytettävien rakennusmateriaalien ja -tuotteiden perusvaatimuksia. Ruduksen betoniset kaivot ja putket kestävät normaaleissa käyttöolosuhteissa vähintään 100 vuotta.

Rudukselta saat lisäksi kiviainekset, betonit sekä maisema- ja infrarakentamisen tuotteet laadukkaaseen rakentamiseen. Ruduksen osaava ja ystävällinen henkilökunta palvelee erilaisissa rakennusprojekteissa. Tutustu Ruduksen laadukkaisiin tuotteisiin osoitteessa www.rudus.fi

Rudus

www.rudus.fi

AJATTELE KESTÄVÄSTI (TOTEUTA ELINVOIMAINESTI)

www.ramboll.fi/palvelut

RAMBOLL

ASIAANTUNTIJAPALVELUITA INFRASTRUKTUURIN, YMPÄRISTÖN JA RAKENNUSTEN SUUNNITTELUUN, RAKENTAMISEEN JA YLLÄPITOON SEKÄ JOHDON KONSULTOINTIIN.



Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät / suunnittelu ja toteutus -julkaisu käsittelee betonisten viemäri- ja hulevesijärjestelmien, teollisuusputkistojen, verkostotunnelien, tierumpujen sekä kaivojen ja pumppaamoiden suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa. Julkaisu on tarkoitettu infra-alan ammattilaisille, rakennuttajille, urakoitsijoille, suunnittelijoille ja valmistajille. Julkaisu soveltuu myös opetukseen ja alan opettajia kannustetaan ottamaan julkaisu oppimateriaaliksi syventäville kursseille sekä täydennyskoulutukseen. Myös satunnaisesti betoniviemäreitä rakentavat voivat kirjan avulla päivittää tietojaan. Tämä julkaisu korvaa Betoniviemärit 2003 -käsikirjan.

Tämä kirja tarjoaa ajantasaista, kokonaisvaltaista tietoa betonisista viemäreistä ja hulevesijärjestelmistä ja niiden suunnittelusta sekä mitoituksista. Lisäksi käsitellään geoteknistä ja tuotteiden rakenteellista mitoitusta Elinkaarimitoituksen, ympäristövaikutusten sekä työturvallisuuden painoarvo on lisääntynyt ja nämä on julkaisussa otettu huomioon. Asennus- ja ylläpitoluvuissa esitellään työmailla yleistyneitä uusia asennuslaitteita ja -tekniikoita, jotka helpottavat asennusta sekä lisäävät tehokkuutta ja työturvallisuutta merkittävästi.

Kirja auttaa lukijaa ymmärtämään betonin potentiaalinen viemärintiratkaisuna ja opastaa ottamaan suunnittelussa huomioon betonin materiaalitekniset ominaisuudet. Siinä on myös esitelty säilyvyyden ja ympäristövaikutusten osalta optimaalisia ratkaisuja.

Tämän kirjan laatimisen ja julkaisun on ovat taloudellisesti mahdollistaneet:

Rudus Oy www.rudus.fi

Ruskon Betoni Oy www.ruskonbetoni.fi

JA-KO Betoni Oy www.jakobetoni.fi

Ohenmäen Sora Oy www.ohenmaensora.fi

Kouvolan Betoni Oy www.kouvolanbetoni.fi

Rakennustuotteiden laatusäätiö SR

Lisätietoa:

Betoniteollisuus ry www.betoni.com