

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Infratekniikka

2012

Jonne Oja

PUTKIMATERIAALIEN VAIKUTUS HULEVESIPUTKISTOJEN RAKENTAMISKUSTANNUKSIIN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Turun ammattikorkeakoulu
Tekniikka, ympäristö ja talous
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infratekniikka
Jonne Oja
Opinnäytetyö

PUTKIMATERIAALIEN VAIKUTUS HULEVESIPUTKISTOJEN
RAKENTAMISKUSTANNUKSIIN

Hyväksytty

Turussa ____/____ 2012

Valvoja

DI Pirjo Oksanen

Koulutuspäällikkö

Tekn. Tri. Raimo Vierimaa

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikka | Infratekniikka

2012 | Sivumäärä 66

Ohjaaja: DI Pirjo Oksanen

Jonne Oja

PUTKIMATERIAALIEN VAIKUTUS HULEVESIPUTKISTOJEN RAKENTAMISKUSTANNUKSIIN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla betonista, muovista ja teräksestä rakennettujen hulevesilinjojen rakentamiskustannuksia. Esimerkkilinjoina lasketaan 1000 m pitkien linjojen rakentamiskustannukset kolmella putkikoolla kolmenlaisissa kaivannoissa.

Hulevesijärjestelmät rakennetaan yleensä betonisia, muovisia tai teräksisiä putkia käyttäen. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan putkimateriaalien ominaisuuksia niin kemiallisen ja fyysisen kestävyuden kuin ympäristövaikutusten kautta. Lisäksi käydään läpi yleisimmät perustamistavat ja niihin liittyvät työtekniikat.

Haastatteleamalla Powerman Oy:n työnjohtajia tuodaan työhön kokemusperäistä tietoa hulevesijärjestelmien rakentamisen haasteista sekä asennuksen ja varastoinnin eroista eri putkimateriaalien välillä. Haasteina nähdään esimerkiksi betonisten putkien painon tuoma käsittelyn ja varastoinnin hankaluus verrattuna kevyempiin muovi- ja teräsputkiin sekä muoviputkien haurastuminen auringonvalon vaikutuksesta pidemmän varastoinnin aikana.

Lopuksi kustannusvertailusta huomataan, että betoniset järjestelmät tulevat kalleimmiksi vertailussa mukana olevissa tapauksissa johtuen materiaalien hinnoista sekä teräs- ja muoviputkia hitaammasta asennusnopeudesta. Putkikoon ollessa pieni muovi on halvin materiaali, mutta jo 600 mm:n putken halkaisijalla teräksinen järjestelmä tulee kokonaiskustannuksiltaan selvästi halvimmaksi. Vaikka kaivannon tyypillä on merkittävä vaikutus kokonaisrakentamiskustannuksiin, ei se vaikuta putkimateriaalin valintaan, sillä erot putkimateriaalien välille tulevat materiaali- ja asennuskustannuksista.

ASIASANAT:

Hulevesi, sadevesi, kustannuslaskenta, hintavertailu

Jonne Oja

EFFECT OF PIPING MATERIALS ON CONSTRUCTION COSTS OF RAINWATER PIPING SYSTEMS

The aim of this thesis was to compare the building costs of rainwater piping systems constructed from concrete, plastic and steel. As example systems 1000 m long piping systems with three pipe diameters in three different kind of excavations were calculated.

Rainwater piping systems are usually constructed with concrete, plastic or steel pipes. In this study pipe materials were compared with regard to their chemical and physical strength as well as their impact on environment. Most common types of methods of substructure construction were also examined.

By interviewing two foremen at Powerman Oy on-site knowledge concerning the differences in the storage and installation of pipes made from different materials was added to this thesis. Problems caused by the greater weight of concrete pipes compared with plastic and steel ones were seen in storage and installation. Embrittlement due to effect of sunlight is problematic for plastic pipes during long storage periods on site.

Finally, in the cost comparison part of this thesis it was seen that rainwater pipe systems constructed from concrete are less cost effective than plastic and steel systems. Greater costs are caused by the more expensive parts and slower installation. In smaller pipe systems plastic is the most cost efficient material, but when the diameter of the system exceeds 600 mm, steel systems are significantly cheaper to build. Even though the type of the excavation greatly affects the construction costs of the pipe system, it does not affect the choice of pipe material because cost differences arise from the prices of the parts of the system and differences in installation time.

KEYWORDS:

Rainwater piping, cost accounting, cost comparison

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	8
2 PUTKIMATERIAALIEN OMINAISUUDET	10
2.1 Mekaaninen kestävyys	10
2.2 Kemiallinen kestävyys	11
2.3 Ympäristövaikutukset	12
2.4 Käyttöikä	13
3 TYÖMENETELMÄT	14
3.1 Työtekniikat	14
3.1.1 Kaivanto	14
3.1.2 Perustaminen	16
3.1.3 Asennusalusta	23
3.1.4 Asentaminen	25
3.1.5 Alkutäyttö	26
3.1.6 Lopputäyttö	30
3.1.7 Routasuojaus ja lämmöneristys	31
4 RAKENTAMISKUSTANNUKSET	32
4.1 Materiaalikustannukset	32
4.1.1 Betoni	32
4.1.2 Muovi	41
4.1.3 Teräs	43
4.2 Työkustannukset	45
4.2.1 Kaivuu ja täyttö 2,3 m syvässä luiskatussa kaivannossa	45
4.2.2 Kaivuu ja täyttö minimipeitesyvyydellä luiskatussa kaivannossa	52
4.2.3 Kaivuu ja täyttö 2,3 m kaivantosyvyydellä tuetussa kaivannossa	55
4.2.4 Asennus	60
5 TYÖMAAHAVAINNOT	61
5.1 Varastointi	61
5.2 Asennus	61
6 KUSTANNUSVERTAILU	62
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	64
LÄHTEET	65

KUVAT

Kuva 1. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat.	15
Kuva 2. Rumpujen arinat ja pohjanvahvistukset tierakenteissa.	17
Kuva 3. Kiviainesarina katurakenteessa.	18
Kuva 4. Hirsiarina.	20
Kuva 5. Maanvarainen teräsbetonilaatta-arina.	22
Kuva 6. Kaivannon vaiheittainen tiivistäminen.	28

TAULUKOT

Taulukko 1. EK-järjestelmän osien mitat ja hinnat.	33
Taulukko 2. Betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta 400 mm putkilinjalla.	34
Taulukko 3. Betonisen sadevesikaivon osat ja kokonaishinta 2 m peitesyvyydellä.	34
Taulukko 4. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm putkilinjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.	35
Taulukko 5. Betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta 600 mm putkilinjalla.	35
Taulukko 6. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm putkilinjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.	36
Taulukko 7. Betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta 800 mm putkilinjalla.	37
Taulukko 8. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm putkilinjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.	37
Taulukko 9. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan tarkastuskaivon osat ja hinnat.	38
Taulukko 10. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan sadevesikaivon osat ja hinnat.	38
Taulukko 11. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan osat ja kokonaishinnat.	39
Taulukko 12. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan tarkastuskaivon osat ja hinnat.	39
Taulukko 13. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan sadevesikaivon osat ja hinnat.	39
Taulukko 14. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan osat ja kokonaishinnat.	40
Taulukko 15. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan tarkastuskaivon osat ja hinnat.	40
Taulukko 16. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan sadevesikaivon osat ja hinnat.	40
Taulukko 17. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan osat ja kokonaishinnat.	41
Taulukko 18. Muovisen sadevesilijan osat ja hinnat.	41
Taulukko 19. Muovisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan materiaalit ja kustannukset.	42
Taulukko 20. Muovisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan materiaalit ja kustannukset.	43
Taulukko 21. Muovisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan materiaalit ja kustannukset.	43
Taulukko 22. Teräksisen sadevesilijan osat ja hinnat.	44
Taulukko 23. Teräksisen, halkaisijaltaan 400 mm putkilinjan osat, määrät ja niiden kokonaiskustannukset.	44
Taulukko 24. Teräksisen, halkaisijaltaan 600 mm putkilinjan osat, määrät ja niiden kokonaiskustannukset.	45

Taulukko 25. Teräksisen, halkaisijaltaan 800 mm putkilinjan osat, määrät ja niiden kokonaiskustannukset.	45
Taulukko 26. Arinan työ- ja materiaalikustannukset.	47
Taulukko 27. Putkien tilavuudet.	48
Taulukko 28. Alkutäyttöjen määrät.	48
Taulukko 29. Murskeiden määrät ja kustannukset.	49
Taulukko 30. Alkutäytön työkustannukset.	50
Taulukko 31. Lopputäyttöjen kokonaismäärät.	50
Taulukko 32. Lopputäytön työkustannukset.	51
Taulukko 33. Läjitys paikalle kuljetettavan moreenin määrä ja työkustannukset.	52
Taulukko 34. Muoviputkien lopputäyttöjen määrät minimipeitesyvyyksillä.	53
Taulukko 35. Betoni-, muovi- ja teräsputkien täyttö- ja kaivuumateriaalimäärät minimipeitesyvyydellä.	53
Taulukko 36. Kaivuun työkustannukset.	53
Taulukko 37. Alkutäytön kokonaiskustannukset.	54
Taulukko 38. Muoviputkien lopputäyttöjen kokonaiskustannukset.	54
Taulukko 39. Läjitys paikalle kuljetettavien kaivuumassojen määrät ja työkustannukset.	55
Taulukko 40. Arinan työ- ja materiaalikustannukset tuetussa kaivannossa.	56
Taulukko 41. Alkutäytön määrät tuetussa kaivannossa.	57
Taulukko 42. Murskeiden määrät ja hinnat tuetussa kaivannossa.	57
Taulukko 43. Alkutäytön työkustannukset tuetussa kaivannossa.	58
Taulukko 44. Lopputäytön määrät tuetussa kaivannossa.	59
Taulukko 45. Lopputäytön työkustannukset tuetussa kaivannossa.	59
Taulukko 46. Poisvietävät kaivuumassat ja niiden työkustannukset tuetussa kaivannossa.	60
Taulukko 47. Asennuskustannukset.	60
Taulukko 48. Esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset 2,3 m syvässä luiskatussa kaivannossa.	62
Taulukko 49. Esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset minimipeitesyvyydellä luiskatussa kaivannossa.	63
Taulukko 50. Esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset 2,3 m syvässä tuetussa kaivannossa.	63

1 JOHDANTO

Vesihuollossa ja viemäroinnissä käytetään nykyään pääasiassa muovisia putkijärjestelmiä. Putkistoissa käytetään useimmiten polyvinyylikloridi (PVC), polyeteeni (PE) tai polypropeeniputkia (PP). PE- ja PP- muovilajit ovat kestumuoveja, ja niitä voidaan muovata ja sulattaa korkeissa lämpötiloissa. Näitä ominaisuuksia hyödynnetään putkien tuotannon lisäksi myös asennuksissa ja liitoksissa (Uponor Suomi 2009a, 2). Muoviputkien etuina on hydraulisesti erittäin edullinen, täysin sileä sisäpinta sekä rakennustyötä helpottava keveys ja suuri pituus. Ne ovat myös täysin tiiviitä ja helposti liitettäviä. Muoviputkia voidaan asentaa sekä maahan että veteen. Vietto johdon putkiluokan valintaan vaikuttavat putken ympärillä käytettävä alkutäyttömateriaali ja sen tiiviys sekä putkeen kohdistuvat kuormitukset (Karttunen 2004, 473-474.)

Betoni koostuu runkoaineesta, sideaineesta ja vedestä, lisäksi seosaineita käyttämällä voidaan sovittaa betonin ominaisuuksia haluttuun suuntaan (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 9). Putkikokoja on tarjolla sisähalkaisijaltaan 225-2000 mm, sitä suuremmat putket ovat tilaustavaraa. Sisähalkaisijaltaan 225-500 mm:n putket ovat pääsääntöisesti raudoittamattomia. Hyötypituudet ovat 1500, 1750, 2000 tai 2250 mm valmistajasta riippuen. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 28.)

Teräksinen putki soveltuu erityisesti pienille peitesyvyyksille ja suurille akselikuormille (Rumtec oy 2012b). Ruostumattoman teräsputken karheus on hyvin pieni, joten sakkaumia, jotka voivat johtaa tukkeutumiseen, ei pääse muodostumaan. Ruostumattomasta teräsohutlevyistä valmistettujen putkien painon ja lujuuden suhde on erinomainen. (Blücher 2012b.) Sinkittyä teräsputkea voidaan käyttää sellaisenaan, tai se voidaan lisäsuojata epoksihartsimaali- tai polymeeripinnoituksella (Rumtec 2012a, 2). Polymeeripinnoitetut sinkityt teräsputket valmistetaan kierresaumalla, jolloin

polymeeripinta toimii yhdessä sinkityksen kanssa ja molempien hyvät ominaisuudet säilyvät. (Rumtec 2012c, 2.) Teräsputkia on saatavana sisähalkaisijaltaan jopa yli 2000 mm:n koossa (Rumtec 2012a, 2).

Hulevesilinjan kustannuksiin vaikuttavat olennaisesti linjan osien lisäksi kaivannon tuenta sekä peitesyvyys. Lisäksi laatuvaatimusten määräämät täyttömateriaalit tuovat eroja putkimateriaalien välille. Tämän työn tarkoituksena on löytää rakentamiskustannuksiltaan edullisin putkimateriaali eri pohjaolosuhteissa.

2 PUTKIMATERIAALIEN OMINAISUUDET

2.1 Mekaaninen kestävyys

PP- ja PE-muoviset putket ja yhteet kestävät vahingoittumattomina voimakkaitakin iskuja, ja niiden iskulujuus säilyy hyvin myös talvisissa asennusolosuhteissa. Lisäksi polypropeeni säilyttää rakenteellisen lujuutensa myös korkeissa lämpötiloissa. PP- ja PE-putkilla on erinomainen hankauskestävyys. (Uponor Suomi 2007, 2-3.)

PVC-putkia on käytetty Suomessa yli 50 vuotta, ja ne ovat osoittaneet hyvän kestävyys- ja jäykkyysominaisuutensa lisäksi kyvyn sietää hyvin aggressiivisiakin aineita. PVC-putki on tiheämpi ja jäykempi kuin PP- ja PE-putket, mutta sen iskulujuus on pienempi kylmissä olosuhteissa. (Uponor Suomi 2009a, 3.)

Betoni on putkimateriaalina luja, jäykkä ja hyvin kuormia kestävä. Betoniputken ja betoniterästen lämpölaajenema on vain 1/17 PEH-putken vastaavasta (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 9). Raudoituksella parannetaan putkilinjan murtumissitkeyttä ja estetään putkien äkillinen sortuminen poikkeuksellisen suurten ennakoimattomien kuormien tai painumien varalta. Betoniputket on jaettu kestävyysluokkiin, ja niitä valmistetaan raudoitettuna ja raudoittamattomana. Raudoittamattoman putken suurin halkaisija on 1000 mm ja kestävyysluokka B. Raudoitettun putken kestävyysluokka on Br tai Dr, joista Dr on lujempi. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 15.) Betoni kestää hyvin lämpötilavaihteluita (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 9). Alhaisen vesisementtisuhteen vuoksi betoniviemärituotteiden pintarakenne on erittäin tiivis, joka takaa vesitiiviyyden, korkean puristuslujuuden sekä hyvän pakkasen- ja korroosionkestävyyden (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 10). Betoni kestää UV-säteilyä, pakkasta ja kuumuutta muotoaan muuttamatta, joten se soveltuu hyvin ulkoarastointiin (Rudus Oy 2012a).

Ruostumattoman teräksen suuren vetolujuuden ansiosta materiaali kestää iskuja kaikissa lämpötiloissa. Materiaaliin kohdistuvat ankarat iskut voivat

tietyissä tapauksissa aiheuttaa lommoja, mutta eivät yleensä riko materiaalia. Ruostumattomasta teräksestä tehdyillä putkilla on pieni pituuden lämpötilakerroin, joten lämpötilavaihtelut eivät vaikuta haitallisesti putkiston toimintaan. (Blücher 2012a, 16.) Kierresaumatulla teräsputkella alkutäytön jälkeinen muodonmuutos on erittäin pieni (Viapipe 2012). Polymeeripinnoitetussa putkessa polymeeripinta on sinkityn teräslevyn molemmilla puolilla, joten se suojaa putkea kuljetuksen, varastoinnin ja rakentamisen aikaisilta rasituksilta sekä käytön aikaiselta kulutukselta sisäpuolelta (Rumtec Oy 2012c, 2).

2.2 Kemiallinen kestävyys

Muoviputken vanhenemiseen vaikuttavat muun muassa ympäristön lämpötila ja happipitoisuus. Polymeeriketjujen sidokset katkeavat ajan myötä ja muovi haurastuu. Prosessin estämiseksi muoviin lisätään valmistusvaiheessa lisäaineita, esimerkiksi antioksidantteja, jotka sitovat happea ja ehkäisevät siten muovin polymeeriketjujen hapettumista. Muoviputket kestävät jäteveden normaalia kemiallista rasitusta hyvin. (Uponor Suomi 2009a, 3-4.)

Betonin kemiallisten rasitusten sieto riippuu valmistuksessa käytetyn sementin määrästä ja tyypistä. Sementtikiven huokoisuus ja betonin tiiveys vaikuttavat siihen, kuinka helposti vahingoittavat aineet voivat siihen tunkeutua. Normaaleissa olosuhteissa betoni kestää kemiallista korroosiota hyvin. Pääsääntöisesti betoniputket voidaan Suomessa asentaa ilman vaaraa maaperän aiheuttamista kemiallisista vaurioista. Riskialueilla, kuten sellu- ja paperitehtaiden lähistöllä ja suoalueilla, joissa on hiilihappopitoinen pohjavesi, on syytä varmistaa putkien kestävyys. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 11-12.)

Betonin terästen korroosiotuotteiden tilavuus on ehjää terästä suurempi, joten ruoste murtaa pintabetonin ja vaurioittaa rakenteen. Terästen korroosiota voi estää riittävän korkealaatuisella betonilla ja varmistamalla että suojabetonipaksuus terästen pinnalla on riittävä. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 13.)

Kuumasinkittyä teräsputkea voidaan käyttää tavanomaisissa olosuhteissa, voimakkaasti suolatuilla teillä voidaan käyttää epoksihartsimaali- tai polymeeripinnoitettua putkea (Rumtec Oy 2012, 2). Lisäksi voidaan käyttää ruostumattomasta teräksestä tehtyjä putkia. Nimikettä ”ruostumaton teräs” voidaan käyttää teräslajeille, jotka sisältävät vähintään 12 % kromia. Yleisesti korroosionkestävyys paranee kromipitoisuuden kasvaessa. Kun teräkseen lisätään seosaineena kromia, muodostuu teräksen pintaan oksidikerros, joka suojaa teräksen pintaa ilmassa ja vedessä olevaa happea vastaan. Ruostumattomalla teräksellä on kyky saada kromioksikerros automaattisesti uudelleen aikaan, jos teräksen pinta paljastuu. Seoksilla, joissa on 12-13 % kromia, on kyllin vahva passiivikerros, joka estää teräksen ruostumisen normaaleille tai heikosti aggressiivisille aineille altistettuna. Nikkeli seosaineena parantaa korroosionkestävyyttä tiettyjä aineita vastaan. (Blücher 2012a, 15.)

Sekä betoni-, teräs- että muoviputkia on saatavana Ely-keskuksen korroosionkestävyysvaatimukset kaikissa olosuhteissa täyttävinä (Tiehallinto 2004, 10).

2.3 Ympäristövaikutukset

PP- ja PE-putket voi kierrättää jätteenpolttolaitoksille poltettavaksi energiantuotannossa, mutta PVC-putkia ei voi polttaa, sillä sen palaessa vapautuu vetykloridi-kaasua ja halogenoituja hiilivetyjä (Turun Seudun Jätehuolto 2012).

Betoniputkilinjan rakentamiseen ja ylläpitoon 100 vuoden käyttöaikana käytetystä energiasta n. 60 % kuluu asennuksen aikaisiin maamassojen siirtoihin ja täyttötöihin. Betoni on sekä varastoituna että asennettuna maaperään stabiilia ja vaaratonta. Betonin voi kierrättää, sillä saavutettuaan käyttöikänsä betoni voidaan murskata käytettäväksi esimerkiksi tienrakennuksen runkoaineena. Loppuunkäytetyt betoniviemärit voidaan myös jättää paikoilleen ilman, että niistä vapautuu ympäristölle haitallisia aineita. (Betoniteollisuus ry 2012.)

Ruostumaton teräs on myrkytöntä ja 100-prosenttinen kierrätysmateriaali. Jos osia pitää vaihtaa, materiaalin hävittäminen ei kuormita ympäristöä. (Blücher Oy 2012b.)

2.4 Käyttöikä

Muovituotteiden käyttöiällä tarkoitetaan aikaa, jonka jälkeen vanheneminen on heikentänyt materiaalin mekaanisia ominaisuuksia siinä määrin, ettei se ole enää käyttökelpoista. Nykyaikaiset valmistusmenetelmät ja materiaalit täyttävät 100 vuoden käyttöikävaatimukset. Oikein asennettuna normaalioloissa käyttöikä voi olla jopa yli 100 vuotta. (Uponor Suomi 2009a, 4-5.)

Betoniputken käyttöikä riippuu kaivu-, asennustyö- ja täyttötöiden laadusta, maaperän olosuhteista ja sen kuormittamisesta sekä putkessa johdettavan veden laadusta. Lisäksi käyttöikään vaikuttavat saumojen ja tiivisteiden käyttöikä sekä terästen kestävyys. Asianmukaisesti asennetulle, korkealuokkaisesta betonista tehdylle putkistolle voidaan ennustaa 100 vuoden käyttöikää. Lisäksi korkealaatuinen betoni tarjoaa riittävän hyvän suojan pakkasrasitusta vastaan. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 10-11, 13.)

Oikeantyyppisellä teräsputkella saavutetaan jopa 100 vuoden käyttöikä (Rumtec 2012a, 2).

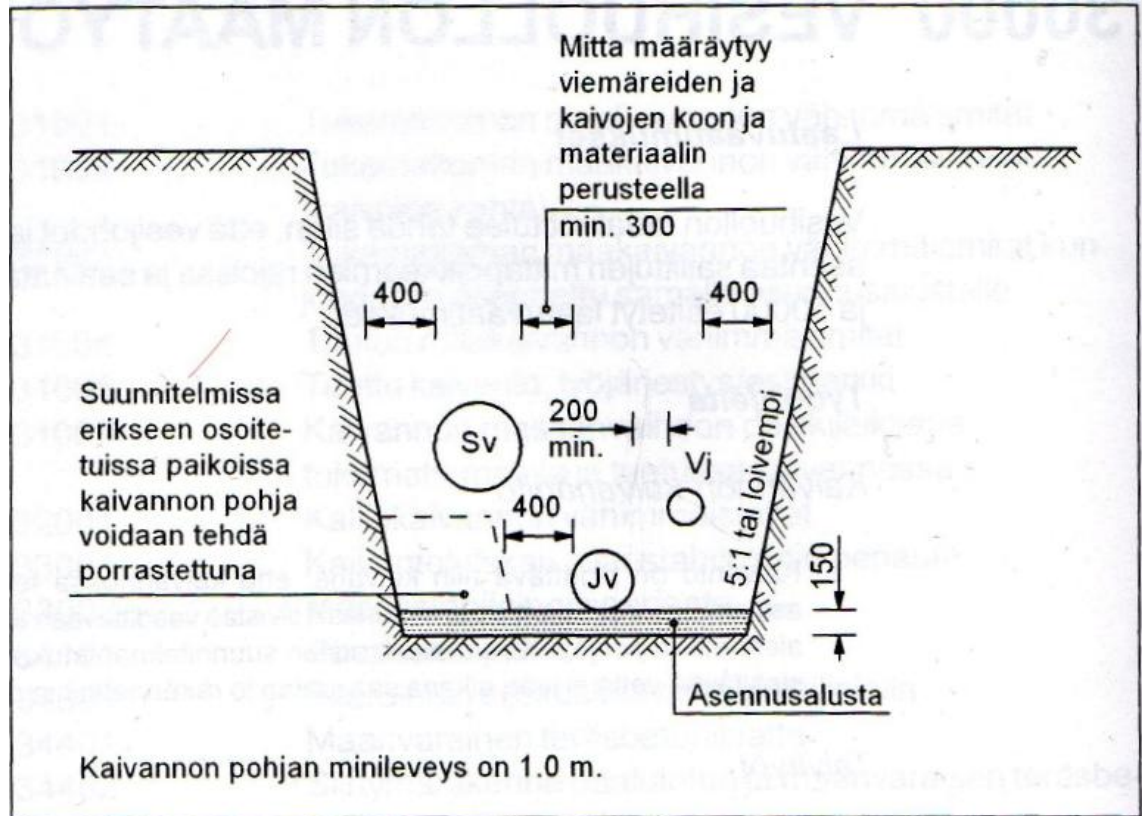
3 TYÖMENETELMÄT

3.1 Työtekniikat

3.1.1 Kaivanto

Koska viettojohtojen toimintavarmuus riippuu putkikaivannon kaikkien rakenneosien toiminnasta, on putken, perustuksen ja alkutäyttömateriaalin väliseen yhteistoimintaan kiinnitettävä huomiota. Mahdollinen routasuojaus tai lämmöneristys sekä mahdolliset muut kaivantoon sijoitettavat putket on myös otettava huomioon kaivantoa suunniteltaessa. (RIL ry 2005, 15.)

Kaivannon poikkileikkauksen koko ja muoto suunnitellaan asennettavan putken tai putkien koon sekä pohjatutkimuksilla hankittujen maaperätietojen perusteella yleensä mahdollisimman kapeaksi. Mahdollisten tukirakenteiden vaatima leveys, työskentelytila ja alkutäytön kunnollisen tiivistämisen vaatima tila on otettava huomioon. Avokaivannon pohjan minimileveys on 1,0 m ja tuetun kaivannon 1,2 m. Kaivantoa ei kannata tehdä liian leveäksi, jottei alkutäytön putkelle sivutukea antava vaikutus heikkene. (RIL ry 2005, 15-16.) Kuvassa 1 tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (Suomen Kuntaliitto 2002, 200).



Kuva 1. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat.

Kaivanto on pidettävä riittävän kuivana, jotta kaivannossa tehtävät työt voidaan asianmukaisesti suorittaa ja materiaalit tiivistää vaadittavaan tiiveyteen. Pohjavettä alennetaan tarvittaessa ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti. Talvella estetään kaivannon pohjan jäätyminen joko tekemällä loppukaivu valittömästi ennen putkiasennusta tai käyttämällä sopivia suojaustoimenpiteitä. Kaivannon seinämien jäätyminen tulee estää kaivannon ylimmän putken laen korkeutta alemmaksi. (Suomen Kuntaliitto 2002, 199.)

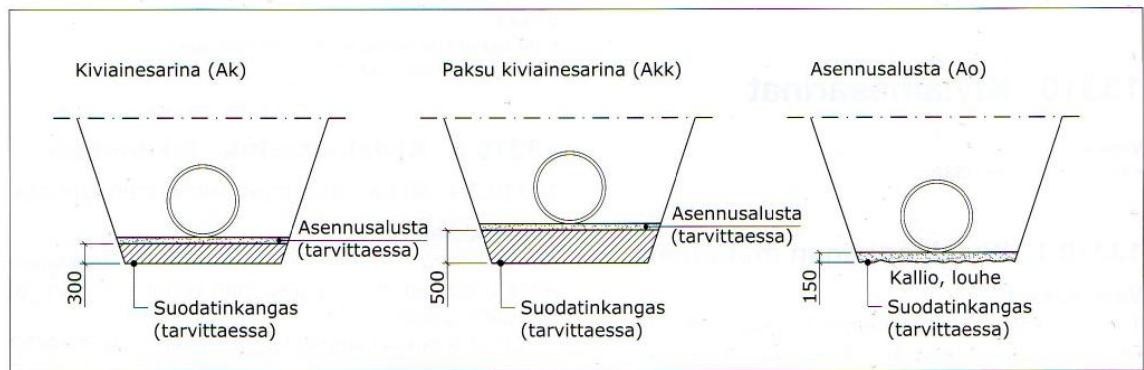
Kaivannossa ei saa olla poikkeamia suunnitelmien mukaisesta sijainnista ja muodosta. Kaivojen ja muiden laitteiden kohdalla tulee olla tarvittaessa riittävät levennykset. Kaivojen kohdalla kaivanto tehdään tarvittaessa laajempaan siten, että kaivannon seinät tulevat vähintään 400 mm:n etäisyydelle kaivosta. Kaivutyö tehdään kaivantosuunnitelman mukaisesti huomioiden maan laatu, kaivannon syvyys, olevat rakenteet, luiskan kaltevuus, kuormitukset sekä veden ja liikenteen tärinän aiheuttamat riskitekijät. Liiallista kaivua leveys- ja

pituussuunnassa sekä kaivannon pohjan alapuolisen maan tarpeetonta häirintää on vältettävä. Kaivumaat on sijoitettava niin, ettei niistä aiheudu kaivannolle sortumisvaaraa, eivät putoa kaivantoon, vaaranna työturvallisuutta tai estä putkiasennuksessa tarvittavien työkoneiden pääsyä kaivannon viereen. Tarpeettomat kaivumassat on kuljetettava välittömästi ylijäämämassoille varatulle alueelle. (Suomen Kuntaliitto 2002, 199, 202.)

Kaivannon seinät tuetaan, jos luiskia ei voida tai haluta tehdä riittävän loivina. Tukemistavan valintaan vaikuttavat mm. työturvallisuus, rakentamispaikan pohjaolosuhteet, työtilan, olevien rakenteiden ja kaivannon koon perusteella. Kaivannon tuennan tulee olla sellainen, että kaivannon seinän sortuminen, kaivannon pohjan hydraulinen murtuminen ja maa-aineksen putoaminen kaivannon seinästä ja maan pinnalta kaivantoon estetään. Kaivanto voidaan tukea esimerkiksi kaivantoelementeillä, teräsponsilla, puulankuilla, pilari- tai massastabiloinnilla. Kaivannon tuennan laadun toteaminen perustuu suunnitelman toteutuksen valvontaan ja työsuorituksen menetelmävalvontaan. (Suomen Kuntaliitto 2002, 207-209.)

3.1.2 Perustaminen

Putkien perustamisrakenteilla tarkoitetaan asennusalustan alapuolisia rakenteita. Jos perustamisrakenteita ei tehdä, putket perustetaan maan laadusta riippuen suoraan maan tai asennusalustan varaan. Hyvin kantavilla maapohjilla putket voidaan perustaa suoraan maan varaan, huonosti kantavilla maapohjilla arinarakenteelle tai paaluille. Perusmaan pintaan voidaan asentaa suodatinkangas estämään arinarakenteen, asennusalustan tai alkutäytön materiaalien sekoittuminen perusmaahan. (RIL ry 2005, 18). Kuvassa 2 on esitettyinä rumpujen arinat ja pohjanvahvistukset tierakenteissa (RTS 2010, 78).



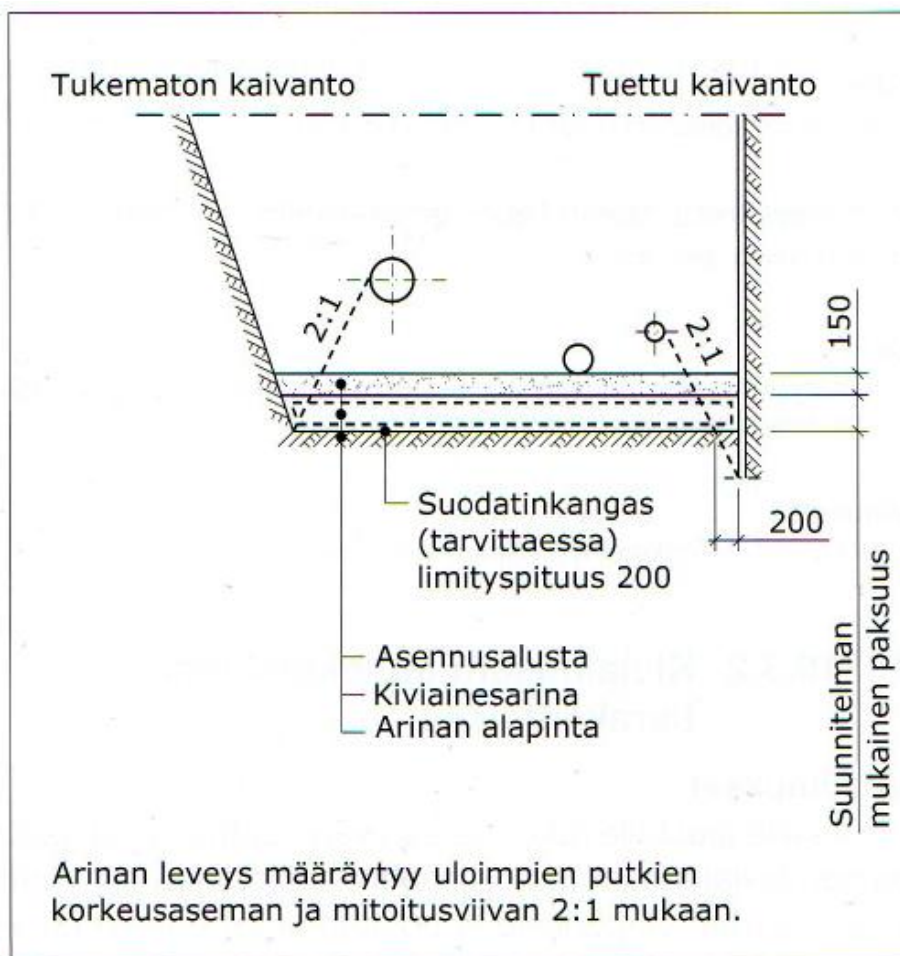
Kuva 2. Rumpujen arinat ja pohjanvahvistukset tierakenteissa.

Tasauskerrosta käytetään, kun kaivannossa on epätasaisuuksia tai kiviä, eikä kiviainesarinaa rakenneta tai jos kaivanto on liian syvä. Tasauskerrosta käytetään myös silloin, jos arinassa on yli 150 mm kiviä. Tasauskerroksen variseminen louheen päällä estetään louhekerroksen asianmukaisella tiivistämisellä, kiilauksella ja vähintään N3-luokan suodatinkankaalla. Tasauskerrokseen käytettävän materiaalin raekoko saa olla korkeintaan puolet kerroksen paksuudesta ja enintään 65 mm. Muovi- ja teräspuutilla maksimiraekoko on edellä mainitun lisäksi enintään 10 % putken sisähalkaisijasta. (Tiehallinto 2004, 30.)

Routivalle pohjalle rakennettavan kiviainesarinan on oltava vähintään 300 mm paksu tai jos arinan yläpinta jää siirtymäkiilasyvyyden yläpuolelle ja pohjamaa on erittäin routivaa tai pehmeää, on arinan paksuuden oltava vähintään 500 mm. (RTS 2010, 77.) Arinan varaan perustettaessa hyväksytään pohjamaan pieni, mutta putken toiminnan kannalta kohtuullinen painuminen ja putkilinjan toiminta varmistetaan riittävän jäykällä arinarakenteella. Arinatyyppejä ovat kiviainesarina, puuarina, teräslevyarina sekä teräsbetonilaatta. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 63.) Kiviainesarinassa materiaalina käytetään joko soraa tai mursketta maksimiraekooltaan 32 mm tai 2/3 kerroksen paksuudesta, kuitenkin enintään 150 mm (RTS 2010, 77). Rakentamissuunnitelma määrää kerrospaksuuden. Materiaali ei saa olla jäässä ja sen tiiviysvaatimus parannetulla Proctor-kokeella määritettynä on 90 %, jos suunnitelmassa ei ole toisin mainittu. Arinamateriaalina voidaan käyttää savikkoalueilla myös pohjatuhkaa, pohjakuonaa ja lentotuhkaa (1a). Tällöin tarvitaan erikseen laadittava suunnitelma tuhkan käytöstä. (RIL ry 2005, 18, 20.)

Tienrakentamisessa tulee käyttää suodatinkangasta (N3) märillä Si- tai SiMr- tai pehmeillä Sa-, Lj- tai Tv-alustoilla, jos kiviainesarinassa on 2 mm:n seulan läpäiseviä rakeita 25-50 %, huonosti kantavilla, routivilla alustoilla, jos kiviainesarinassa on 2 mm:n seulan läpäiseviä rakeita 15-25 % ja kaikilla alustoilla, jos kiviainesarinassa on 2 mm:n seulan läpäiseviä rakeita alle 15 % (RTS 2010, 78).

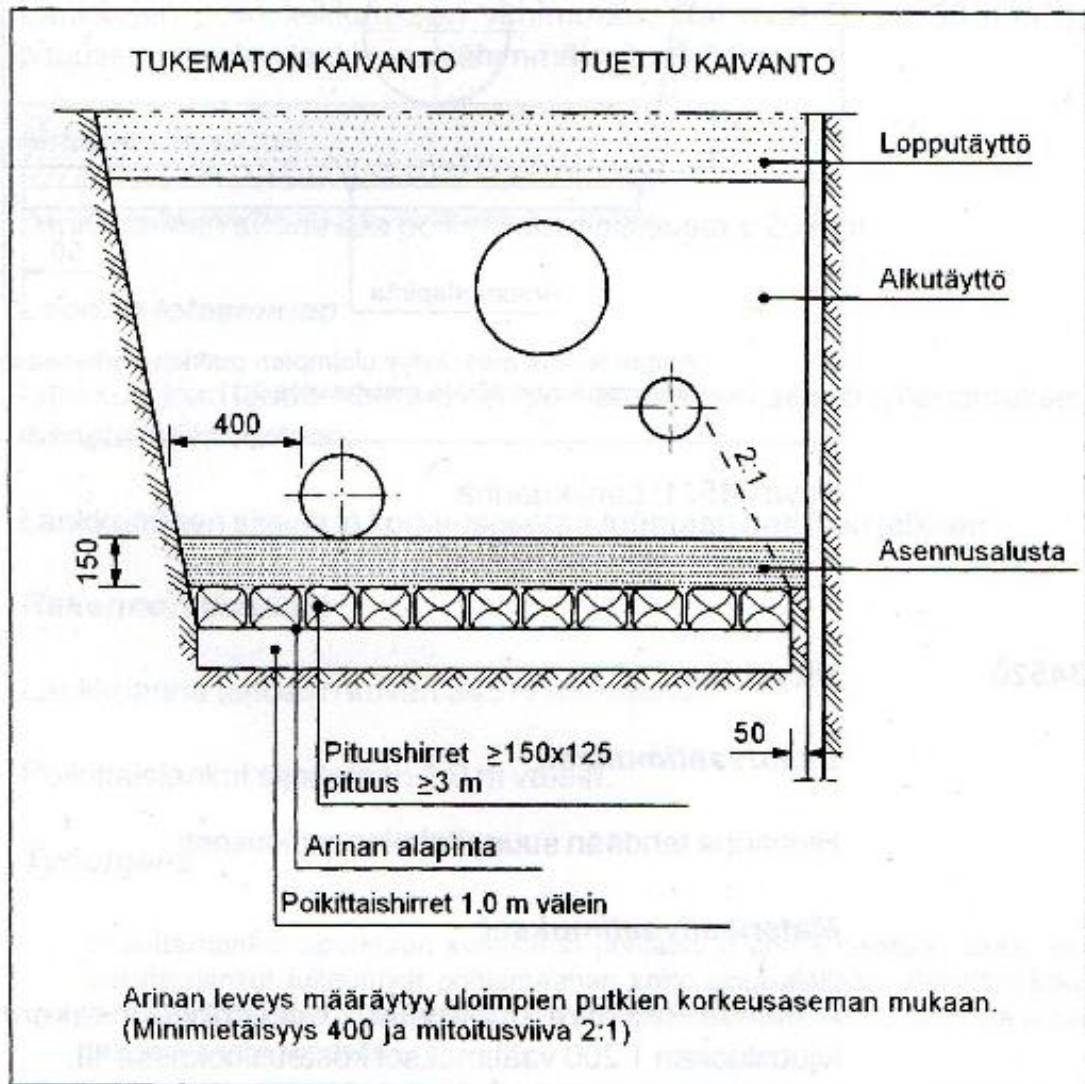
Arinan on ulotuttava vähintään arinan paksuuden verran rummun päiden ulkopuolelle (RTS 2010,77). Kiviainesarinan periaatekuva katurakenteessa kuvassa 3 (RTS 2010, 78). Kiviainesarinan suurin sallittu epätasaisuus on ± 20 mm 3 m:n matkalla. Suurin sallittu paksuuden poikkeama on +100 mm ja leveyden + 200 mm. Kiviainesarinan korkeusasema ja sijainti mitataan työn jälkeen ennen putkien ja rumpujen asentamista. (RTS 2010, 78-79.)



Kuva 3. Kiviainesarina katurakenteessa.

Puuarinaa käytetään, kun kiviainesarina ei ole riittävän jäykkä tasaamaan painumia. Puuarinaa ei voida käyttää käytännössä muualla kuin savimaassa pohjavedenpinnan alapuolella lahoamisriskin vuoksi. Puuarina voi olla joko lankku- tai hirsiarina. Puuarinassa käytetyn puutavaran on täytettävä rakennesahatavaran lujuusluokan T 200 vaatimukset kosteusluokassa III. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 63.) Puuarinan pitkittäislankut tai hirret upotetaan 1,0 m:n välein tasaiseen pohjamaahan niin, että ne tukeutuvat pohjamaahan koko pinta-alaltaan. Poikittäislankkujen kohdalla pitkittäislankut jatketaan naulaamalla, ja hirret jatketaan viistetyin päin naulaamalla. Vierekkäisiä hirsiiä tai lankkuja ei saa jatkaa samalla kohdalla. Hyvin pehmeällä pohjamaalla poikittäislankkuja ei saa siirtää niiden alas painamisen jälkeen jottei pohjamaa häiriinny. (RTS 2010, 81.)

Puuarinan laadun varmistaminen perustuu työsuorituksen menetelmävalvontaan ja suurin sallittu poikkeama suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä sijainnista on 50 mm. Puuarinan korkeusasema ja sijainti mitataan työn jälkeen ennen putkien ja rumpujen asentamista (RTS 2010, 81). Kuvassa 4 hirsiarinnan periaatekuva (Suomen Kuntaliitto 2002, 222).

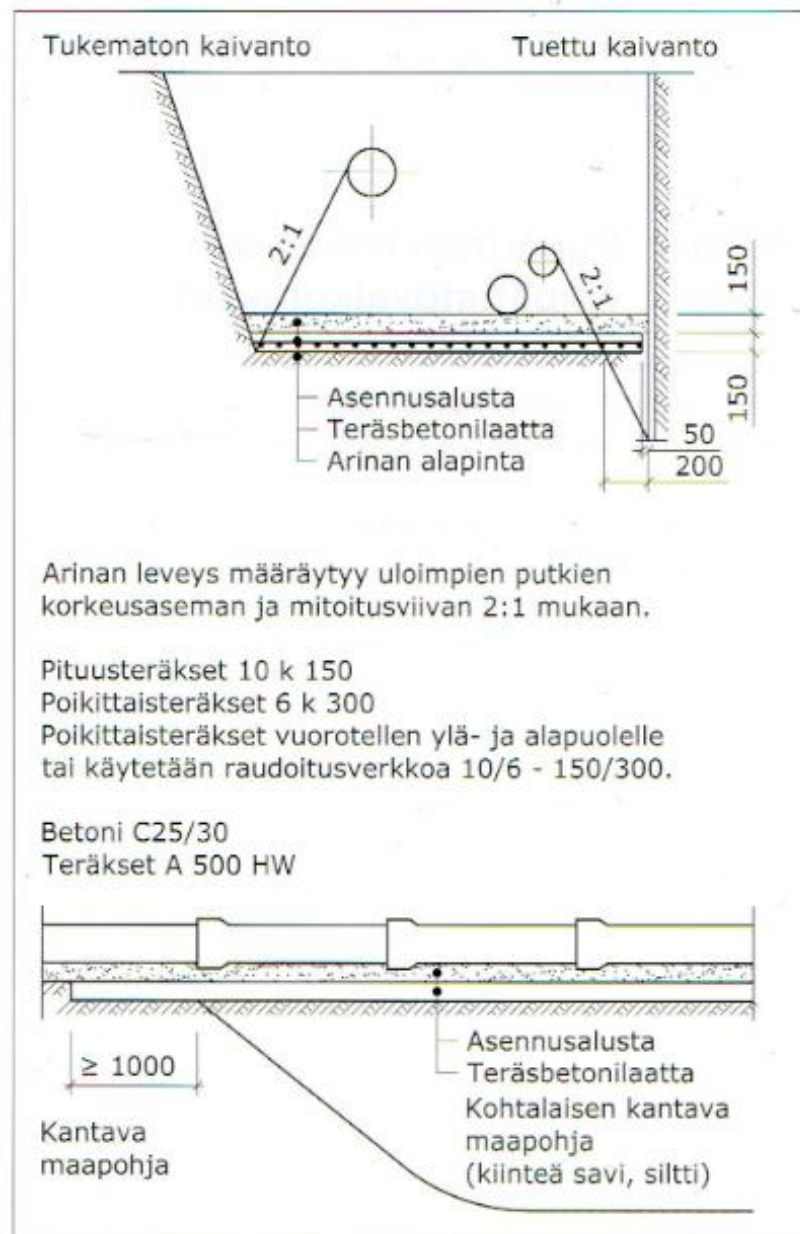


Kuva 4. Hirsiarina.

Teräslevyarinaa voidaan käyttää, kun pohjamaa on niin pehmeää, että se täyttää levyn alapuoliset urat. Teräslevyn tulee olla kuumasinkittyä poimulevyä, paksuudeltaan vähintään 0,7 mm. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 64.) Teräslevyarinassa kiviainesmateriaalina käytetään kivetöntä hiekkaa, soraa tai hiekkamoreenia. Kaivannon reunan ja arinan ulkosivun välinen tila tulee täyttää samalla materiaalilla. Kaivannon pohja kaivetaan mahdollisimman tasaiseksi n. 150 mm putkijohtojen asennustason alapuolelle. Arina nostetaan kaivannon pohjalle ja poljetaan kaivannon pohjaan niin, että levyn alapuoliset urat täyttyvät. Arinalevyt limitetään pituussuunnassa vähintään 500 mm ja poikittaissuunnassa vähintään 200 mm.

Teräslevyarinan suurin sallittu poikkeama on 50 mm suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä sijainnista. Kiviaineksen tiiviyyden on oltava keskimäärin 92 %. Arinan korkeusasema ja sijainti on todettava heti työn jälkeen sekä välittömästi ennen tasauserroksen tekemistä. Kantavuus- ja tiiviysmittauskokeiden tulokset, rakeisuuskäyrät, mittauspöytäkirjat ja materiaalitodistukset on liitettävä työmaan ajantasaiseen kelpoisuusasiakirjaan. (RTS 2010, 84-85.)

Teräsbetoni-laatan betonin lujuusluokan tulee olla vähintään C25/30 ja käytettävän terästyksen kuumavalssattua hitsattavaa harjatankoa tai verkkoa myötörajaltaan 500 N/mm^2 . Betonimassan ja pohjamaan sekoittuminen on estettävä tarvittaessa esimerkiksi suodatinkankaalla, muovilla tai työbetonilla. Teräsbetoniarinan rakenne on oltava suunnitelma-asiakirjoissa esitetyn mukainen. Suurin sallittu sijainnin poikkeama on korkeussuunnassa 20 mm ja sivusuunnassa 50 mm suunnitelma-asiakirjoissa esitettyyn verrattuna. Laatan korkeusasema ja sijainti on todettava tarkemittauksin ennen tasauserroksen tekoa ja putkien sekä rumpujen asentamista. Mittauspöytäkirjat ja materiaalitodistukset on liitettävä työmaalla ajantasaiseen kelpoisuusasiakirjaan. (RTS 2010, 82.) Kuvassa 5 periaatekuva maanvaraisesta teräsbetoni-laatta-arinasta (RTS 2010, 82).



Kuva 5. Maanvarainen teräsbetonilaatta-arina.

Kaikissa arinarakenteissa on veden haitallinen virtaus katkaistava moreeni- tai savisuluin, muovilla, bentoniittimatolla tai ponttiseinällä. Pohjaveden alennus tehdään, mikäli se on suunnitelma-asiakirjoissa mainittu. (RTS 2010, 80, 83, 85).

Kun arinan tai pohjamaan varaan perustaminen ei tule pohjamaan muodonmuutoksista johtuvien epätasaisten painumien vuoksi kyseeseen, vahvistetaan pohjamaata tai käytetään paaluperustusta. Paalut voivat olla

puuta, betonia tai terästä. Myös tällöin on tehtävä jonkinlainen arinarakenne putken alle. Puupaalujen on puuarinan tavoin oltava kokonaan pohjaveden alapuolella lahoamisen estämiseksi. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 66). Paalutuksesta on tehtävä paalutustyösuunnitelma. Asennetut paalut eivät saa liikkua pohjamaan liikkeiden tai myöhemmin lyötävien paalujen takia. (Suomen Kuntaliitto 2002, 212-213.)

Pohjamaata voidaan vahvistaa savi-, lieju- ja turvealueilla esikuormittamalla. Esikuormituksen yhteydessä voidaan käyttää pystyjoitusta prosessin nopeuttamiseksi. Esikuormitus on kuitenkin hidasta ja vaatii 1-3 vuotta ennen kuin rakentaminen voidaan aloittaa. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 66.)

Pohjamaata voidaan vahvistaa myös syvästabiloinnilla. Syvästabiloinnilla tarkoitetaan pohjamaan vahvistamista sekoittamalla siihen sideainetta. Se voidaan tehdä joko massa- tai pilaristabilointina. Syvästabiloinnilla voidaan saavuttaa jopa 5-15 kertainen lujuus alkuperäiseen verrattuna. Pilaristabiloinnin maksimisyyvyys on 20 m, massastabiloinnin 5 m. Stabiloinnin pitää antaa lujittua vähintään kuukauden ennen rakennustöiden aloitusta, jotta pohjamaa ehtii saavuttaa riittävän lujuuden. (Tiehallinto 2001, 13.) Sideaineena sementti ja kalkki ovat yleisimpiä, myös näiden sekoitusta käytetään. Stabilointityö tehdään aina erillisen suunnitelman mukaisesti. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 66.) Valmistajan laatututkimuksista todetaan kalkin ja sementin sopivuus stabilointiin. Stabiloinnin laatu ja lujuus todetaan tutkimusohjelman mukaisesti. Tutkimusohjelmaan kuuluu mm. kattavasti koko rakennuskohdetta edustavat valvontakairaukset. (Suomen Kuntaliitto 2002, 215.)

Perustamistavan vaihtuessa, kalliolta pehmeikölle siirryttäessä ja liikenneväylien alituskohdille on tehtävä epätasaisten painumien välttämiseksi siirtymärakenne (RIL ry 2005, 18, 20).

3.1.3 Asennusalusta

Perustusten päälle tehdään asennusalusta, jonka päälle putket asennetaan. Betoniputkille asennusalustan maksimirakoko on 32 mm, tierakenteissa 63

mm, kuitenkin enintään puolet asennusalustan paksuudesta. Muovi- ja teräsputkille asennusalustan maksimiraekoko luonnonkiviaineksella on 10 % putken nimellimitasta, kuitenkin niin, että halkaisijaltaan < 200 mm putkelle maksimiraekoko on 20 mm ja halkaisijaltaan > 600 mm putkelle maksimiraekoko on 60 mm. Mursketta voidaan käyttää nimellishalkaisijaltaan yli 100 mm muoviputkille jolloin maksimiraekoko on 16 mm. (Suomen Kuntaliitto 2002, 227.)

Asennusalustan jäätyminen ollessa mahdollista voidaan käyttää sepeliä tai sorasepeliä raekooltaan # 8-32 mm. Liiallinen hienoaineksen puuttuminen saattaa vaikeuttaa tiivysvaatimukseen pääsemistä. (Rakennuteollisuus RT ry 2003, 69.) Louheen päälle tehtävän asennusalustan variseminen estetään louhekerroksen tiivistyksellä, kiilauksella ja vähintään käyttöluokan N3 suodatinkankaalla (RTS 2010, 270).

Asennusalustan on oltava vähintään 150 mm paksu, ja sen tiivyyden oltava keskimäärin vähintään 90 % parannetulla proctor-kokeella tai keskimäärin alle 2,9 kannettavalla painopudotuslaitteella mitattuna. Pienin sallittu yksittäinen tulos tiivysasteen mittauksissa on 88 % ja tiivyyssuhteen mittauksissa 3,0. Asennusalusta on tiivistettävä talviaikaan ennen sen jäätymistä. Muhvien kohdille on tehtävä asennustilat. Asennusalustan suurin sallittu epätasaisuus vakiokaltevuusosuuksilla on ± 15 mm 3 m:n matkalla. Suurin sallittu mittapoikkeama on 30 mm suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä tasosta. Ennen putken asennusta on varmistettava perustuksen taso ja tasaisuus. (RTS 2010, 154, 271.)

Asennusalustan materiaalin kelpoisuus tutkitaan niin, että alkavasta 50 m³:n erästä otetaan yksi näyte, josta määritetään rakeisuuskoostumus (Suomen Kuntaliitto 2002, 228). Tiivysaste mitataan 100 m:n välein, pienemmissä kohteissa kuitenkin vähintään yksi mittaus. Tiivyyssuhde mitataan 20 m:n välein. (RTS 2010, 271.)

3.1.4 Asentaminen

Putkien ja tarvikkeiden tulee olla virheettömiä, ja niiden kunto tulee tarkistaa ennen asennustyöhön ryhtymistä. Putkien on oltava puhtaita, ne on pudistettava huolellisesti ennen asennusta. Putket asennetaan asennusalustalle tai tasatulle kaivannon pohjalle. Putken on tukeuduttava alustaan koko pituudeltaan. Muhvit eivät saa jäädä kantamaan putkea, vaan niiden kohdalle on kaivettava syvennys. (RIL ry 2005, 21.) Putkikaivannon ja asennusalustan suunnitelmanmukaisuus tarkistetaan ennen asennuksen aloittamista. Putket asennetaan asennetaan muhvit virtaussuuntaa vastaan. Putkia ei voida asentaa jäätyneelle maalle eikä puukapuloiden, kivien tai muun asennusvälikkeen päälle. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 84.)

Muoviputkia voidaan katkaista tavallisilla käsi- ja pistosahoilla, joten putkilinjan pituus saadaan tehtyä täysin suunnitellun pituiseksi (Uponor Suomi Oy 2007, 5). Betoniputkia ei voi katkaista, joten putkilinjan pituus määräytyy usein lyhimmän saatavilla olevan putken mukaan, useimmilla putkilla 500 tai 1000 mm (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 30). Teräsputkia voidaan katkaista esim. kulmahiomakoneella, mutta katkaisukohta on suojattava korroosion ehkäisemiseksi (Pitkänen 2012).

Kulma- ja muotokappaleet on tuettava putkivalmistajan ohjeen mukaan muhvilukolla tai betonituella. Betonituen on oltava sellainen, että se tukee putkea riittävästi kuormittamatta putkea ja sen on ulotuttava putkiyhteen ympäri. (RIL ry 2005, 21.) Jos alkutäyttöä ei tehdä välittömästi putken asennuksen jälkeen, on putki suojattava tarvittaessa putoavilta kiviltä alkutäytön tekoon saakka (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 30).

Putkilinjaa rakennettaessa putkien liitoskohdissa ei saa olla kulmamuutoksia välittömästi rakentamisen jälkeen. Sallitut kulmamuutokset on käsitettävä alueena, jossa putkilinja pysyy edelleen tiiviinä jos painumista tai siirtymistä putken käyttöään aikana tapahtuu. Putken suuntaus tehdään lasersuuntauslaitteella. Laserin avulla voidaan saavuttaa erittäin suuri tarkkuus sekä kallistukselle että putkilinjan suorudelle. Valmistuneen kaivon todellista

korkeutta verrataan suunniteltuun kaivovälin valmistuessa, ja vähäiset korkeuspoikkeamat voidaan korjata seuraavilla kaivoväleillä. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 30.)

Betoniputkien asentamiseen käytetään vetolaitetta tai kaivinkoneeseen liitettäviä asennuslaitteita, joilla voidaan nostaa putki kaivantoon ja ohjata ja työntää se paikalleen (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 30). Muoviputkille voidaan myös käyttää kaivinkoneeseen liitettäviä erikoislaitteita tai kaivinkoneen kauhaa. Kauhaa käytettäessä on putken pään ja kaivinkoneen kauhan väliin laitettava suojuus. Halkaisijaltaan pienet muoviputket voidaan asentaa käsin. (Uponor Suomi Oy 2009b, 110.) Teräsputket liitetään pantaliittimillä, joten putki voidaan nostaa kaivantoon esimerkiksi kaivinkoneella, eikä itse asennukseen tarvita erikoistyökaluja (Pitkänen 2012).

3.1.5 Alkutäyttö

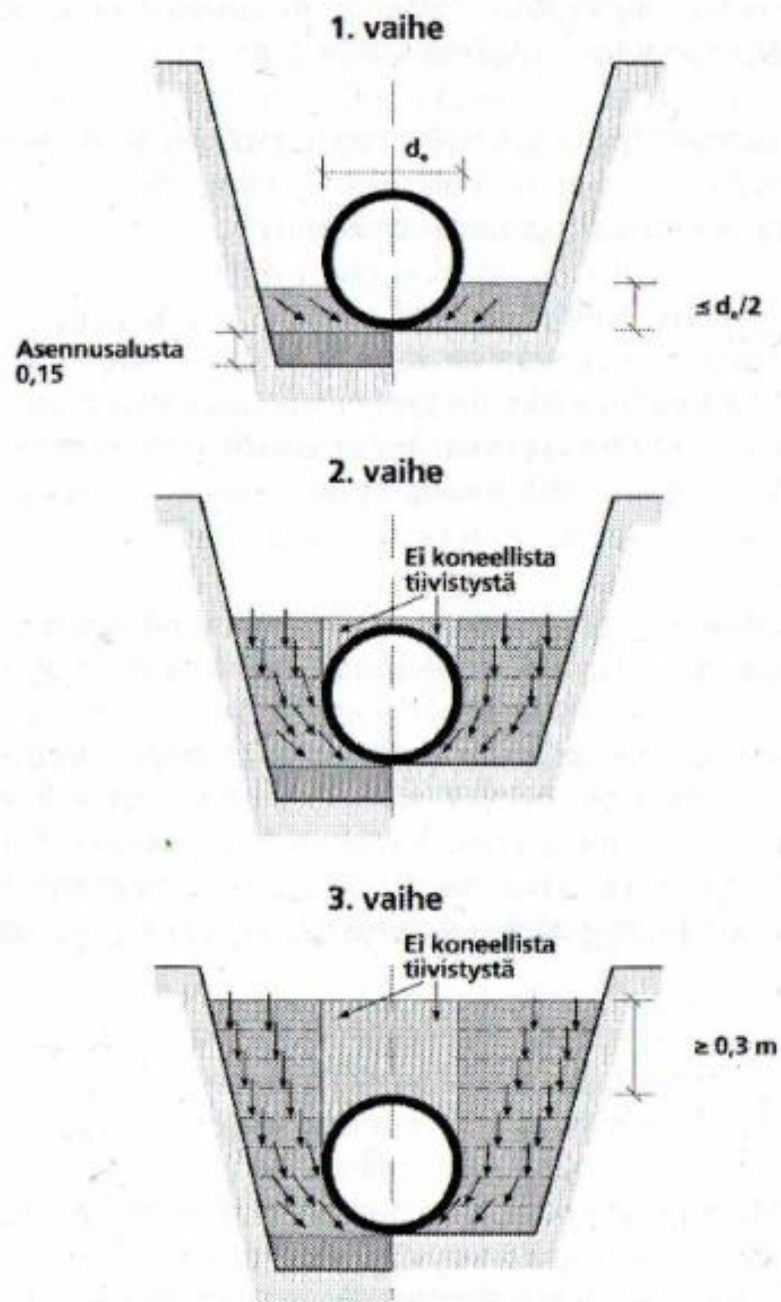
Alkutäytön tekemisessä on tärkeää, että putket pysyvät täytön levittämisen ja tiivistystyön aikana paikoillaan. Alkutäyttö uloitetaan vähintään 300 mm ylimmän putken yläpuolelle (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 88). Suoraan putken päältä ei voida tiivistää raskaalla kalustolla eikä yli voida ajaa kuorma-autolla tai työkoneilla ennen kuin materiaalipaksuus on betoniputkilla vähintään 300 mm ja muovi- ja teräsputkilla vähintään 500 mm. Alkutäytön paksuuden on oltava vähintään 300 mm, mikäli peitesyvyys sen mahdollistaa. (RTS 2010, 275.)

Muoviputkille alkutäyttömateriaalin suurin raekoko on alle 200 mm:n putkille 20 mm, 200-600 mm:n putkille 0,1*putken ulkohalkaisija ja yli 600 mm:n putkille 60 mm. Mursketta voidaan käyttää ulkohalkaisijaltaan vähintään 110 mm:n putkille ja maksimiraekoko on murskeella aina 16 mm. (RIL ry 2005, 20). Betoniputkille maksimiraekoko on sisähalkaisijaltaan enintään 300 mm:n putkille 65 mm ja tätä suuremmille putkille 100 mm (RTS 2010, 272). Teräsputkille maksimiraekoko on 65 mm ja suurin suositeltava raekoko on 35 mm (Tiehallinto 2004, 30). Polymeeripintaisille teräsputkille suositellaan suodatinkankaalla ympäröimistä, kun putken sisähalkaisija on vähintään 1200 mm, jos täyttöön

käytetään mursketta (Rumtec Oy 2012c, 2). Teräsputkikaivannoissa ei saa käyttää voimalaitoksen tuhkaa tai kuonaa (RTS 2010, 272).

Routivassa maassa alkutäytönä voidaan käyttää pohjamaata, josta on poistettu betoniputkilla yli 300 mm:n ja muovi- ja teräsputkilla yli 200 mm:n kivet (Tiehallinto 2004, 30).

Alkutäyttömateriaalia ei saa pudottaa putken päälle niin, että putki saattaa siirtyä tai vaurioitua. Täytekerros on pudotettava mahdollisimman tasaisesti putken molemmille puolille ja sitä on sullottava putken alle niin, ettei sen korkeusasema muutu. (RIL ry 2005, 23.) Ensimmäinen täyttökerros saa olla paksuudeltaan enintään puolet putken ulkohalkaisijasta silloin, kun putken sisähalkaisija on enintään 600 mm. Yli 600 mm:n putken ensimmäisen tiivistyskerroksen paksuus on korkeintaan 300 mm. Ensimmäisen tiivistyskerroksen jälkeen tiivistetään alkutäyttö 200-300 mm:n kerroksina samanaikaisesti putken molemmilta puolilla. (RTS 2010, 275). Kuvassa 6 esitetään periaatekuva muoviputken täytön tiivistämisestä (RIL ry 2005, 23).



Kuva 6. Kaivannon vaiheittainen tiivistäminen.

Putken tiivistystyön aikainen nouseminen on estettävä ankkuroinnilla tai putkea painamalla. Putki voidaan täyttää vedellä tiivistystyön ajaksi, jotta vältetään putken liikkuminen. Alkutäyttö on rakennettava homogeenisina kerroksina myös putkilinjan pituussuunnassa. (RIL ry 2005, 22.) Alkutäyttö on tiivistettävä kerroksittain. Suurin kerralla tiivistettävä kerrospaksuus riippuu asennetun

putken koosta, putken materiaalista ja käytettävästä tiivistyskalustosta (Suomen Kuntaliitto 2002, 232).

Alkutäyttömateriaali ei saa siirtyä eikä löyhtyä kaivannon tukirakenteita poistettaessa. Kaivannon sijaitessa huonosti vettä läpäisevässä maassa on veden virtaus estettävä kaivantoon 50 m:n välein rakennettavilla, 1 m:n pituisilla koko kaivannon levyisillä savipadoilla. Savipadon on ulotuttava vähintään 300 mm ylimmän putken laen yläpuolelle. (RIL ry 2005, 24.)

Alkutäyttömateriaalin tulee olla sellaista, joka sopii kaikille kaivannon putkille eikä vahingoita putkien pinnoitteita. Kun putkien välinen pystysuora korkeusero on vähintään 1000 mm, voidaan käyttää eri putkien korkeudella eri täyttömateriaalia. Tällöin alemman putken alkutäyttö on uloitettava 300 mm putken laen yläpuolelle. Jäätynyttä materiaalia ei voida käyttää alkutäytön tekemiseen. (Suomen Kuntaliitto 2002, 228, 230.)

Ennen täyttöä on tarkistettava, että vahingoittumattomat putket ovat suunnitelman mukaisessa paikassa ja oikein asennettu. Betonirakenteiden riittävä työnaikainen lujuus on varmistettava. Kaivannossa oleva lumi ja jää on poistettava. Alkutäytön on uloitettava lopputäytön suurimman lohkarokoon verran ylimmän putken laen yläpuolelle, kuitenkin vähintään 300 mm. (Suomen Kuntaliitto 2002, 232.) Liikennealueella teräs- ja muoviputkilla alkutäyttö on tiivistettävä siten, että putken pystyhalkaisija on 95-110 % alkuperäisestä pyöreän putken halkaisijasta vuoden liikennöinnin jälkeen (Tiehallinto 2004, 31). Alkutäytön tiiviyssasteen on oltava ≥ 95 % parannetulla Proctor-kokeella mitattuna tai tiiviyssuhteen $\leq 2,5$ kannettavalla painopudotuslaitteella mitattuna. Pienin sallittu yksittäinen mittaustulos saa olla tiiviyssasteelle 92 % tai tiiviyssuhteelle 2,8. Alkutäytön tiiviyssaste todetaan katurakenteissa mittauksin 50 m:n välein tai vähintään 1 mittaus työkohdetta kohti, ja tiiviyssuhde todetaan mittauksin 20 m:n välein. (RTS 2010, 277.)

3.1.6 Lopputäyttö

Materiaalin pitää olla tiivistämiseen sopivaa liikennealueilla. Kaivannosta saatavaa materiaalia voidaan käyttää jos se on hyvin tiivistyvää. Muualta tuodun lopputäyttömateriaalin pitää olla samoin routivaa kuin kaivannosta poistettu materiaali. Päälysrakenteen kohdalla lopputäyttömateriaalin tulee täyttää asianomaiselle rakennekerrokselle asetetut vaatimukset. Kivet ja lohkareet saavat olla korkeintaan 2/3 kerralla tiivistettävästä paksuudesta, ei kuitenkaan yli 400 mm. Lopputäytön ollessa niin ohut, ettei louhetta voida käyttää, käytetään kadun jakavan kerroksen materiaalia. Liikennealueella lopputäyttö ulotetaan rakennekerrosten alapintaan. Louheesta tehdyn lopputäytön yläpinta on kiilattava ja tiivistettävä kuten louhepenkereen pinta. Liikennealueen ulkopuolella voidaan täyttö tehdä kaivuumailloilla, mikäli ne täyttävät saman maksimiraekoon vaatimukset kuin liikennealueella. Lopputäyttö voidaan liikennealueen ulkopuolella jättää tiivistämättä tai tiivistää ympäröiviä olosuhteita vastaavaksi. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 88; RIL ry 2005, 24-25; RTS 2010, 279.)

Kaivannon täytöissä voidaan käyttää uusiomateriaaleja kuten tuhkia ja kuonia, jos aineet eivät vahingoita kaivannossa ja sen läheisyydessä olevia rakenteita tai laitteita. Lujuustaso on valittava lujittuvilla uusiomateriaaleilla niin, että kaivantojen aukikaivu on myöhemmin mahdollista. Tuhkan ja kuonan käytöstä on aina tehtävä erillinen suunnitelma. (Suomen Kuntaliitto 2002, 233.)

Liikennöitävällä alueella vaaditaan lopputäytöltä >90 % tiiviyssaste (Proctor) tai <2,8 tiiviyssuhde (kannettava painopudotuslaite). Tiiviyssasteen mittauksissa pienin yksittäinen tulos saa olla 88 % ja tiiviyssuhteen mittauksissa 3,0. Lopputäytön tiiviyssaste mitataan 50 m:n välein tai vähintään 1 mittaus per työkohte, tiiviyssuhde testataan 20 m:n välein. Tiedot katselmuksista, materiaaleista ja laadunvalvontakokeiden mittaukset liitetään työmaan kelpoisuusasiakirjaan. Tuetussa kaivannossa lopputäyttö on tehtävä tukirakenteiden poiston edetessä niin, ettei ole vaaraa kaivannon sortumisesta, kanavatäytön löyhtymisestä tai putkien siirtymisestä. Pontit on poistettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin ponttien aiheuttama tyhjä tila jää

niin vähäiseksi kuin mahdollista. Alkutäyttömateriaali ei saa valua pontin jättämään tyhjään tilaan. Kaivojen sivuilla vähintään 400 mm:n etäisyydellä ulkopinnasta lopputäyttö on tehtävä routimattomilla materiaaleilla. Täyttö on tehtävä hyvin vettä läpäisevistä materiaaleista imeytyskaivon ympärillä. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 88-89; Suomen Kuntaliitto 2002, 234.)

3.1.7 Routasuojaus ja lämmöneristys

Putken jäätyminen voidaan estää esieristetyillä putkilla, putken ympärille tehtävällä lämmöneristyksellä, erillisellä routasuojauksella tai lämmityskaapelilla. Koko putken ympäröivää lämmöneristystä käytetään routimattomassa maapohjassa ja kalliossa. Tällöin putken alapuolella oleva maapohja saa jäätyä. Putken yläpuolelle tehtävää routaeristystä käytetään routivilla maalajeilla, jolloin estetään putken alapuolisen maapohjan jäätyminen. Lämmityskaapeleita voidaan käyttää sekä routivassa että routimattomassa maassa. Routasuojauksen ja lämmöneristyksen mitoittamiseen vaikuttavat putkea ympäröivän maan tai kallion lämpötekniset ominaisuudet, putkissa virtaavan nesteen määrä ja lämpötila, ilmastotekijät ja asennussyvyys. (RIL ry 2005, 25-26.)

Routa- ja lämmöneristystä varten tehdään aina tapauskohtainen suunnitelma. Mikäli suunnitelmassa ei muuta mainita, eristelevynä käytetään suulakepuristettua (XPS) tai polystyreenistä paisuttamalla (EPS) valmistettua polystyreenimuovilevyä. Materiaalin kelpoisuus todetaan toimituserittäin tavarantoimittajan luovuttaman todistuksen perusteella. Lämpöeristeenä käytettävän kevytsoran on oltava raekooltaan # 8-20 mm. (RIL ry 2005, 26; RTS 2010, 111.)

4 RAKENTAMISKUSTANNUKSET

Laskuissa käytetään esimerkkinä 1000 m pitkän putkilinjan rakentamista sisähalkaisijoiltaan 400 mm, 600 mm ja 800 mm putkista. Linjalla on kaivot 50 m välein. Linjat lasketaan 2 m:n perustamissyvyydelle ja pienimmälle sallitulle peitesyvyydelle.

4.1 Materiaalikustannukset

4.1.1 Betoni

Betoniputkista käytetään esimerkkinä Rudus Oy:n EK-järjestelmää lujuusluokaltaan Dr. Dr-luokan betoniputkelle minimipeitesyvyys tiivistetyllä täytöllä on 0,3 m. Peitesyvyys mitataan putken laelta. (RTS 2010, 168.) Taulukossa 1 on esitetty EK-järjestelmän mitat ja ovh-hinnat (Rudus Oy 2012b, 7-12).

Taulukko 1. EK-järjestelmän osien mitat ja hinnat.

Osa	Hyötypituus (mm)	Korkeus (mm)	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€)
Putki	2000		400	161,80
Putki	2000		600	221,14
Putki	2000		800	391,60
Kaivon pohjarengas		454	600	72,00
Kaivon pohjarengas		454	800	139,00
Kaivon pohjarengas		454	1000	189,00
Pohjakourun valu			800	61,40
Pohjakourun valu			1000	79,80
Valuliittymä			225	94,10
Valuliittymä			400	147,60
Valuliittymä			600	247,20
Valuliittymä			800	462,00
Kaivonrengas		750	1000	147,40
Kaivonrengas		1000	800	141,00
Valuliittymä			800	462,00
Kartiorengas		500	800/600	110,00
Kartiorengas		750	1000/600	157,00
Kärkikappale	415		225	13,50
Soviteputki	500		400	71,50
Soviteputki	500		600	131,00
Soviteputki	500		800	231,50
Korotusrengas		50	600	16,10
Korotusrengas		100	600	25,80
Korotusrengas		200	600	39,20
Kannen kelluva kehys		enintään 200	600	98,70
Kansi			800/600	119,30
Kansi			1000/600	165,60
Umpikansi			600	88,70
Sadevesikansi			600	92,30

EK-järjestelmän kaivon hinta koostuu pohjarenkaasta, pohjakourun valusta, valuliittymistä, kaivonrenkaista, kartiorenkaasta sekä kansistosta.

Betoninen sisähalkaisijaltaan 400 mm esimerkkilinja 2 m:n kaivantosyvyydellä:

Taulukossa 2 on esitettyä betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta (Rudus Oy 2012b, 7-12).

Taulukko 2. Betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta 400 mm putkilinjalla.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	800	139,00	1	139,00
Pohjakourun valu	800	61,40	1	61,40
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Valuliittymä	400	147,60	2	295,20
Kartiorengas	800/600	110,00	1	110,00
Kansisto	600	187,40	1	187,40
Kaivonrengas 1000mm		141,00	1	141,00
Hinta yhteensä				1028,10

Taulukossa 3 on esitettyä betonisen sadevesikaivon osat ja kokonaishinta.

Taulukko 3. Betonisen sadevesikaivon osat ja kokonaishinta 2 m peitesyvyydellä.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	800	139,00	1	139,00
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Kartiorengas	800/600	110,00	1	110,00
Kansisto	600	191,00	1	191,00
Kaivonrengas 1000 mm	800	141,00	1	141,00
Hinta yhteensä				675,10

Tarkastus- ja sadevesikaivoja tulee 1000 m:n linjalle tulee 21 kpl kumpiakin. Sadevesikaivon ja tarkastuskaivon väliin sekä tarkastuskaivojen tuloliittymiin tulee sisähalkaisijaltaan 225 mm kärkikappale. Kaivojen väliin kärkikappaleita tarvitaan 21 kpl, tuloliittymiin 20 kpl.

Tarkastuskaivojen väliin asennetaan 24 kpl hyötypituudeltaan 2000 mm putkia, hyötypituudeltaan 415 mm kärkikappale ja hyötypituudeltaan 500 mm soviteputki. Kaivojen ulkohalkaisijan ollessa 960 mm yhden kaivovälin

kokonaimitaksi saadaan $24 * 2000 \text{ mm} + 415 \text{ mm} + 500 \text{ mm} + 960 \text{ mm} = 49\,875 \text{ mm} = 49,875 \text{ m}$. Ottaen huomioon päädyissä olevat kaivot, linjan kokonaispituus on $49,875 \text{ m} * 20 + 0,96 \text{ m} = 998,46 \text{ m}$. Kolmeen kaivoväliin asennetaan lisäksi ylimääräiset soviteputket hyötypituudeltaan 500 mm, jolloin päästään linjapituuteen $998,46 \text{ m} + 3 * 0,5 \text{ m} = 999,96 \text{ m}$.

Materiaalien yhteishinta saadaan, kun lasketaan yhteen sadevesi- ja tarkastuskaivojen, niiden välisten kärkekappaleiden ja tarkastuskaivojen välille asennettavien putkien, kärkekappaleiden ja soviteputkien hinnat yhteen. Taulukossa 4 on esitettyä linjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.

Taulukko 4. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm putkilinjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	675,10	21	14177,10
Tarkastuskaivo	1028,10	21	21590,10
Putki	161,80	480	77664,00
Kärkekappale	13,50	41	553,50
Soviteputki	71,50	23	1644,50
Hinta yhteensä			115629,20

Betoninen, sisähalkaisijaltaan 600 mm esimerkkilinja 2,3 m:n kaivantosyvyydellä:

Taulukossa 5 on esitettyä betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta. (Rudus Oy 2012b, 7-12).

Taulukko 5. Betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta 600 mm putkilinjalla.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	800	139,00	1	139,00
Pohjakourun valu	800	61,40	1	61,40
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Valuliittymä	600	247,20	2	494,40
Kartiorengas	800/600	110,00	1	110,00
Kansisto	600	187,40	1	187,40
Kaivonrengas 1000 mm	800	141,00	1	141,00
Hinta yhteensä				1227,30

600 mm linjan sadevesikaivon hinnat ja osat, sadevesi- ja tarkastuskaivojen määrät sekä putkien, määrät ja hyötypituudet ovat samat kuin 400 mm linjalla. 600 mm linjalla tarkastuskaivojen väliin kärkikappaleiden tilalle asennetaan soviteputket. Sadevesi- ja tarkastuskaivon välille tulee kärkikappale kuten 400 mm linjalla. Kaivojen ulkohalkaisijan ollessa 960 mm yhden kaivovälin kokonaismitaksi saadaan $24 * 2000 \text{ mm} + 2 * 500 \text{ mm} + 960 \text{ mm} = 49\,960 \text{ mm} = 49,960 \text{ m}$. Ottaen huomioon linjan päädyissä olevat kaivot, linjan kokonaispituus on $49,960 \text{ m} * 20 + 0,96 \text{ m} = 1000,16 \text{ m}$.

Taulukossa 6 on esitettyä linjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.

Taulukko 6. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm putkilinjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	675,10	21	14177,10
Tarkastuskaivo	1227,30	21	25773,30
Putki	221,14	480	106147,20
Kärkikappale	13,50	21	283,50
Soviteputki	131,00	40	5240,00
		Hinta yhteensä	151621,10

Betoninen, sisähalkaisijaltaan 800 mm esimerkkilinja 2 m:n kaivantosyvyydellä:

Taulukossa 7 on esitettyä betonisen, halkaisijaltaan 1000 mm tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta (Rudus Oy 2012b, 7-12).

Taulukko 7. Betonisen tarkastuskaivon osat ja kokonaishinta 800 mm putkilinjalla.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	1000	189,00	1	139,00
Pohjakourun valu	1000	79,80	1	61,40
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Valuliittymä	800	462,00	2	924,00
Kartiorengas	1000/600	157,00	1	110,00
Kansisto	600	187,40	1	187,40
Kaivonrengas 750 mm	1000	147,40	1	147,40
			Hinta yhteensä	1663,30

800 mm linjan sadevesikaivon hinnat ja osat, sadevesi- ja tarkastuskaivojen määrät sekä putkien, soviteputkien ja kärkikappaleiden määrät ja hyötypituudet ovat samat kuin 600 mm linjalla.

Kaivojen ulkohalkaisijan ollessa 1180 mm yhden kaivovälin kokonaismittaksi saadaan $24 * 2000 \text{ mm} + 2 * 500 \text{ mm} + 1180 \text{ mm} = 50\,180 \text{ mm} = 50,180 \text{ m}$. Ottaen huomioon linjan päädyissä olevat kaivot, linjan kokonaispituus on $50,180 \text{ m} * 20 + 1,180 \text{ m} = 1004,78 \text{ m}$. Jättämällä kahdesta kaivovälistä yksi 2000 mm betoniputki pois saadaan lopulliseksi linjapituudeksi $1004,78 \text{ m} - 2 * 2 \text{ m} = 1000,78 \text{ m}$. Taulukossa 8 on esitettyä linjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.

Taulukko 8. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm putkilinjan materiaalien kappalemäärät ja kustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	675,10	21	14177,10
Tarkastuskaivo	1663,30	21	34929,30
Putki	391,60	478	187184,80
Kärkikappale	13,50	21	283,50
Soviteputki	231,50	40	9260,00
			Hinta yhteensä
			245834,70

Minimipeitesyvyydellä betonisiin linjoihin käytetään kaivoja lukuun ottamatta samoja osia. Sadevesikaivo koostuu 600 mm pohjarenkaasta, 225 mm valuliittymästä ja kansistosta. Tarkastuskaivo koostuu 400 mm ja 600 mm linjoilla 800 mm kaivon pohjarenkaasta, valuliittymistä, pohjakourun valusta, kannesta, jossa reikä 600 mm kansistolle ja kansistosta. 800 mm linja eroaa 400 mm ja 600 mm linjoista 1000 mm pohjarenkaan ja kannen osalta.

Betoninen, sisähalkaisijaltaan 400 mm esimerkkilinja 0,3 m:n peitesyvyydellä:

Taulukossa 9 on esitettyä betonisen 400 mm linjan tarkastuskaivon ja taulukossa 10 sadevesikaivon osat ja niiden hinnat (Rudus Oy 2012b, 7-12). Taulukossa 11 on esitettyä esimerkkilijan osat ja kokonaishinta.

Taulukko 9. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan tarkastuskaivon osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	800	139,00	1	139,00
Pohjakourun valu	800	61,40	1	61,40
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Valuliittymä	400	147,60	2	295,20
Kansi	800/600	119,30	1	119,30
Kansisto	600	187,40	1	187,40
Hinta yhteensä				896,40

Taulukko 10. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan sadevesikaivon osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	600	72,00	1	72,00
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Kansisto	600	191,00	1	191,00
Hinta yhteensä				357,10

Taulukko 11. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan osat ja kokonaishinnat.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	357,10	21	7499,10
Tarkastuskaivo	896,40	21	18824,40
Putki	161,80	480	77664,00
Kärkikappale	13,50	41	553,50
Soviteputki	71,50	23	1644,50
Hinta yhteensä			106185,50

Betoninen, sisähalkaisijaltaan 600 mm esimerkkilinja 0,3 m:n peitesyvyydellä:

Taulukossa 12 on esitettyä betonisen 400 mm linjan tarkastuskaivon ja taulukossa 13 sadevesikaivon osat ja niiden hinnat (Rudus Oy 2012b, 7-12).

Taulukossa 14 on esitettyä esimerkkilijan osat ja kokonaishinta.

Taulukko 12. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan tarkastuskaivon osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	800	139,00	1	139,00
Pohjakourun valu	800	61,40	1	61,40
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Valuliittymä	600	247,20	2	494,40
Kansi	800/600	119,30	1	119,30
Kansisto	600	187,40	1	187,40
Hinta yhteensä				1095,60

Taulukko 13. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan sadevesikaivon osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	600	72,00	1	72,00
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Kansisto	600	191,00	1	191,00
Hinta yhteensä				357,10

Taulukko 14. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan osat ja kokonaishinnat.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	357,10	21	7499,10
Tarkastuskaivo	1095,60	21	23007,60
Putki	221,14	480	106147,20
Kärkikappale	13,50	21	283,50
Soviteputki	131,00	40	5240,00
Hinta yhteensä			142177,40

Betoninen, sisähalkaisijaltaan 800 mm esimerkkilinja 0,3 m:n peitesyvyydellä:

Taulukossa 15 on esitettyä betonisen 400 mm linjan tarkastuskaivon ja taulukossa 16 sadevesikaivon osat ja niiden hinnat (Rudus Oy 2012b, 7-12).

Taulukossa 17 on esitettyä esimerkkilijan osat ja kokonaishinta.

Taulukko 15. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan tarkastuskaivon osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	1000	189,00	1	189,00
Pohjakourun valu	1000	79,80	1	79,80
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Valuliittymä	800	462,00	2	924,00
Kansi	800/600	165,50	1	165,50
Kansisto	600	187,40	1	187,40
Hinta yhteensä				1639,80

Taulukko 16. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan sadevesikaivon osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	OVH-hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Kaivon pohjarengas	600	72,00	1	72,00
Valuliittymä	225	94,10	1	94,10
Kansisto	600	191,00	1	191,00
Hinta yhteensä				357,10

Taulukko 17. Betonisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan osat ja kokonaishinnat.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	357,10	21	7499,10
Tarkastuskaivo	1639,80	21	34435,80
Putki	391,60	478	187184,80
Kärkikappale	13,50	21	283,50
Soviteputki	231,50	40	9260,00
Hinta yhteensä			238663,20

4.1.2 Muovi

Muoviputkista käytetään esimerkkinä Uponor Suomi Oy:n Uponor IQ-hulevesijärjestelmää. Muoviputkia voidaan sahata käsisahalla, joten linjapituus voidaan tehdä täsmälleen oikean mittaiseksi. Minimipeitesyvyys on sama kuin halkaisija DN (RTS 2010, 170). Muoviset kaivot ovat teleskooppirungolla, joten korkeus saadaan säädettyä sopivaksi työmaalla. Kaivot ovat molemmilla kaivantosyvyyksillä samanlaiset, joten linjojen materiaalikustannukset ovat samat molemmille syvyyksille. Taulukossa 18 on esitettyä muovisten sadevesilinjojen osat ja niiden hinnat (Uponor Suomi Oy 2012, 210; Erkki Inkinen 2012). Putkien pituus on 6 m. Kaivojen hinnat sisältävät kansistot.

Taulukko 18. Muovisen sadevesilijan osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	Hinta (€/kpl)	Hinta (€/m)
Putki	200	63,95	10,66
Putki	400	352,70	58,79
Putki	600	804,65	134,11
Putki	800	1489,90	248,32
Tiiviste	200	2,05	
Tiiviste	400	8,00	
Tiiviste	600	48,00	
Tiiviste	800	57,60	
Tarkastuskaivo	800/500/450	385,00	
Tarkastuskaivo	800/500/675	620,00	
Tarkastuskaivo	1300/500/893	910,00	
Sadevesikaivo	560/400	291,60	

Linja koostuu 21 tarkastus- ja sadevesikaivosta, putkista ja tiivisteistä. Tarkastus- ja sadevesikaivojen väliin tulee halkaisijaltaan 200 mm ja pituudeltaan 500 mm putki. Jokaiseen putki- ja kaivoliitokseen tulee tiiviste. Tarkastus- ja sadevesikaivojen väliin tulee $21 * 2 = 42$ tiivistettä. 200 mm putkea kuluu $21 * 0,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$. Putkipituus on 6 m joten putkia tarvitaan 2kpl. Tarkastuskaivojen väliin putkia tulee 400 mm ja 600 mm linjoilla $1000 \text{ m} - 21 * 0,8 \text{ m} = 983,2 \text{ m}$. Putkipituuden ollessa 6 m putkia tulee 164 kpl ja hukkaa tulee 0,8 m. 800 mm putkilijalla putkia tulee $1000 \text{ m} - 21 * 1,3 \text{ m} = 972,7 \text{ m}$. Putkipituus on 6 m joten putkia tulee 163 kpl hukkan ollessa 5,3 m. 400 mm, 600 mm ja 800 mm tiivisteitä tulee 9 kpl jokaiseen tarkastuskaivoväliin, yhteensä $20 * 9 \text{ kpl} = 180 \text{ kpl}$. Taulukossa 19 on esitettyinä putkikooltaan 400 mm linjan kustannukset, taulukossa 20 putkikooltaan 600 mm linjan kustannukset ja taulukossa 21 putkikooltaan 800 mm linjan kustannukset.

Taulukko 19. Muovisen, sisähalkaisijaltaan 400 mm linjan materiaalit ja kustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	291,60	21	6123,60
Tarkastuskaivo	385,00	21	8085,00
Putki 200 mm	63,95	2	127,90
Putki 400 mm	352,70	164	57842,80
Tiiviste 200 mm	2,05	42	86,10
Tiiviste 400 mm	8,00	180	1440,00
Hinta yhteensä			73705,40

Taulukko 20. Muovisen, sisähalkaisijaltaan 600 mm linjan materiaalit ja kustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	291,60	21	6123,60
Tarkastuskaivo	620,00	21	13020,00
Putki 200 mm	63,95	2	127,90
Putki 600 mm	804,65	164	131962,60
Tiiviste 200 mm	2,05	42	86,10
Tiiviste 600 mm	48,00	180	8640,00
Hinta yhteensä			159960,20

Taulukko 21. Muovisen, sisähalkaisijaltaan 800 mm linjan materiaalit ja kustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	291,60	21	6123,60
Tarkastuskaivo	910,00	21	19110,00
Putki 200 mm	63,95	2	127,90
Putki 800 mm	1489,90	163	242853,70
Tiiviste 200 mm	2,05	42	86,10
Tiiviste 800 mm	48,00	180	8640,00
Hinta yhteensä			276941,30

4.1.3 Teräs

Teräsputkista käytetään esimerkkinä Rumtec Oy:n polymeeripinnoitettua sinkittyä teräsputkea. Putket voidaan katkaista kulmahiomakoneella halutusta kohtaa, joten linjapituus saadaan suunnitellun mittaiseksi. Minimipeitesyvyys on 1,2 mm materiaalivahvuudella ja Tr-profiililla 0,3 m sekä 400 mm, 600 mm että 800 mm putkilla (Rumtec 2012d, 1). Teräksiset kaivot toimitetaan tilaajan haluamilla mitoilla asennusvalmiina (Rumtec 2012a, 2). Tarkastuskaivot ovat satulakaivotyyppisiä, eli ne voidaan asentaa mihin kohtaan putkea tahansa ja ne ovat kaikilla esimerkkilinjojen putkikoilla samanlaisia. Kaivojen hintoihin

sisältyvät kansistot ja teleskoopit. Kaivot ovat molemmilla peitesyvyyksillä saman hintaiset, joten myös materiaalikustannukset ovat yhteneviä molemmilla esimerkkilinjoilla. Taulukossa 22 on esitettyä teräksisten esimerkkilinjojen osat ja hinnat (Pitkänen 2012).

Taulukko 22. Teräksisen sadevesilinjan osat ja hinnat.

Osa	Halkaisija (mm)	Hinta (€/kpl)	Hinta (€/m)
Putki	300	196,00	28,00
Putki	400	245,00	35,00
Putki	600	378,00	54,00
Putki	800	525,00	75,00
Pantaliitin	400	25,50	
Pantaliitin	600	35,20	
Pantaliitin	800	48,90	
Tarkastuskaivo	400	500,00	
Sadevesikaivo	800/400	1000,00	

Esimerkkilinja koostuu 21 tarkastus- ja sadevesikaivosta, putkista ja pantaliittimistä. Putken pituus on 7 m joten putkilinjalle tarvitaan 400 mm, 600 mm ja 800 mm putkia $1000 \text{ m} / 7 \text{ m} = 142,9$ kpl eli 143 kpl. Hukkaa jää $143 * 7 \text{ m} - 1000 \text{ m} = 1 \text{ m}$. Tarkastus- ja sadevesikaivon välillä käytetään 300 mm putkea, jota kuluu $21 * 0,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$, jolloin hukkaa jää $2 * 7 \text{ m} - 10,5 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$. Taulukossa 23 on esitettyä 400 mm putkilinjan, taulukossa 24 on esitettyä 600 mm putkilinjan ja taulukossa 25 on esitettyä 800 mm putkilinjan osat, määrät ja materiaalien kokonaiskustannukset.

Taulukko 23. Teräksisen, halkaisijaltaan 400 mm putkilinjan osat, määrät ja niiden kokonaiskustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	1000,00	21	21000,00
Tarkastuskaivo	500,00	21	10500,00
Putki 300 mm	196,00	2	392,00
Putki 400 mm	245,00	143	35035,00
Pantaliitin	25,50	142	3621,00
		Hinta yhteensä	70548,00

Taulukko 24. Teräksisen, halkaisijaltaan 600 mm putkilinjan osat, määrät ja niiden kokonaiskustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	1000,00	21	21000,00
Tarkastuskaivo	500,00	21	10500,00
Putki 300 mm	196,00	2	392,00
Putki 600 mm	378,00	143	54054,00
Pantaliitin 600 mm	35,20	142	4998,40
Hinta yhteensä			90944,40

Taulukko 25. Teräksisen, halkaisijaltaan 800 mm putkilinjan osat, määrät ja niiden kokonaiskustannukset.

Osa	hinta (€/kpl)	Tarvittava määrä	Hinta Yht. (€)
Sadevesikaivo	1000,00	21	21000,00
Tarkastuskaivo	500,00	21	10500,00
Putki 300 mm	196,00	2	392,00
Putki 800 mm	525,00	143	75075,00
Pantaliitin 800 mm	48,90	142	6943,80
Hinta yhteensä			113910,80

4.2 Työkustannukset

Esimerkkilinjoille työkustannukset lasketaan kullekin putkikoolle kolmessa erilaisessa kaivannossa, 2,3 m syvässä luiskatussa kaivannossa, putkimateriaalin- ja koon minimipeitesyvyyden määräämässä mahdollisimman matalassa kaivannossa sekä teräspontein tuetussa 2,3 m syvässä kaivannossa.

4.2.1 Kaivuu ja täyttö 2,3 m syvässä luiskatussa kaivannossa

Kaivuu suoritetaan 1 rakennusammattimiehen ja 21 tonnin hydraulisen telakaivinkoneen avulla. Kuorma-auton kantavuus 17,5 tonnia. Rakennusammattimiehen tuntiansio on 15,00 e/h, johon on lisättävä sosiaalikulut (70% tuntiansiosta) jolloin tuntikustannukseksi saadaan 15 e/h * 1,70 = 25,50 e (Rakennustieto Oy 2010, 14). Kaivinkoneen tuntihintana käytetään 55 e/h, kuorma-auton 54 e/h (Elo 2012).

Esimerkkilinja 1 asennetaan 2,3 m syvään kaivantoon keskitiiviiseen moreenimaahan. Kaivannon pohja on 1 m leveä ja luiskat tehdään kaltevuuteen 1,5 : 1. Kaivannon poikkileikkauksen ala on $1 \text{ m} * 2,3 \text{ m} + 2 * (1,53 \text{ m} * 2,3 \text{ m}) / 2 = 5,819 \text{ m}^2$ ja pituus 1000 m joten kaivettavaa maata on $5,819 \text{ m}^2 * 1000 \text{ m} = 5819 \text{ m}^3\text{tr}$. Lisäksi sadevesikaivoja varten kaivetaan 21 kpl 1,8 m * 1,6 m haaroja, joten kaivettavaksi kokonaismääräksi saadaan $5819 \text{ m}^3\text{tr} + [1,8 \text{ m} * 1,6 \text{ m} * 2,3 \text{ m} + 2 * (1,53 \text{ m} * 2,3 \text{ m}) / 2] * 21 = 6032 \text{ m}^3\text{tr}$. 21 tonnin telakaivinkoneen työvuoron kaivuusaavutus on $1000 \text{ m}^3\text{tr}$ (Rakennustieto Oy 2010, 23), joten kaivuuseen kuluu noin 6,1 työvuoroa eli noin 49 tuntia. Rakennusammattimiehen kustannukseksi tulee $49 \text{ h} * 25,50 \text{ e/h} = 1249,50 \text{ e}$ ja kaivinkoneen $49 \text{ h} * 55,00 \text{ e/h} = 2695,00 \text{ e}$. Kaivuun kokonaiskustannus on $1249,50 \text{ e} + 2695,00 \text{ e} = 3944,50 \text{ e}$.

Kaivannon pohjalle tehdään 300 mm paksu kiviainesarina. Työryhmänä on rakennusammattimies ja 21 tonnin telakaivinkone. Työryhmän tuntihinnaksi saadaan $25,50 \text{ e} + 55,00 \text{ e} = 80,50 \text{ e}$. Arinan tilavuus koostuu 1000 m putkilinjan sekä sadevesikaivoihin tarvittavan arinan summasta. Sadevesikaivojen arinan pohjan pituus on kaivon leveyden ja 0,5 m putken summa lisättynä arinan paksuudella eli yhteensä 1,8 m. Arinan tilavuus on $[1,0 \text{ m} * 0,3 \text{ m} + 2 * (0,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m}) / 2] * 1000 \text{ m} + [1,6 \text{ m} * 0,3 \text{ m} + 2 * (0,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m}) / 2] * 1,8 \text{ m} * 21 = 380 \text{ m}^3\text{tr}$. Arinan työsaavutus on 0,038 työntekijätuntia rakenneteoreettista kuutiometriä kohden ($\text{tth} / \text{m}^3\text{tr}$) (Rakennustieto Oy 2010, 30). 0-32 mm murskeen tiivistymiskerroin on 1,5 joten mursketta tarvitaan $1,5 * 380 \text{ m}^3\text{tr} = 570 \text{ m}^3\text{itd}$ ja murskeen massan ollessa $1,6 \text{ tn} / \text{m}^3\text{itd}$ saadaan määräksi 912 tn. (Maarakentajan työmaakansio, 29). 0-32 mm kalliomurskeen hinta on $5,90 \text{ e} / \text{tn}$ (Elo 2012). Arinan työ- ja materiaalikustannukset ovat esitettyinä taulukossa 26.

Taulukko 26. Arinan työ- ja materiaalikustannukset.

Määrä (tn)	Määrä (m ³ rtr)	Hinta (€ / tn)	Tarvittava aika (tth)	Hinta yhteensä (€)
912	380	5,90	14,44	6543,22

Arina tehdään maksimiraekooltaan 32 mm kiviaineksesta, joten erillistä asennusalustaa ei tarvita.

Alkutäyttö ulotetaan 300 mm putken laen yläpuolelle. Alkutäytön määrä saadaan laskettua kertomalla putken pituus ja alkutäytön poikkileikkauksen pinta-ala keskenään ja vähentämällä putkien viemä tilavuus. Kaivannon leveys arinan yläpinnan kohdalla on 1,4 m. Putken tilavuuden laskuissa on huomioitu myös sadevesi- ja tarkastuskaivojen välissä olevat putket. Putken tilavuus lasketaan kertomalla putken poikkipinta-ala putken yhteispituudella. Putken poikkipinta-ala lasketaan kaavalla πr^2 , jossa r on putken säde. Yhteispituudessa ei huomioida kaivoja. Alkutäytön korkeus on laskettu lisäämällä putken ulkohalkaisijaan 300 mm. Taulukossa 27 on esitettyinä putkien kokonaistilavuudet ja taulukossa 28 alkutäytön määrät. Taulukon 28 putkien tilavuuksissa ja pituuksissa on huomioitu sadevesi- ja tarkastuskaivon väliset pienemmät putket.

Taulukko 27. Putkien tilavuudet.

Materiaali	Ulkohalkaisija (m)	Säde (m)	Pituus (m)	Putken tilavuus (m ³)
Betoni (225 mm)	0,305	0,1525	8,715	0,64
Muovi (200 mm)	0,200	0,1	10,50	0,33
Teräs (300 mm)	0,300	0,15	10,50	0,74
Betoni (400 mm)	0,590	0,295	979,80	267,87
Muovi (400 mm)	0,450	0,225	983,20	156,37
Teräs (400 mm)	0,400	0,200	1000,00	125,66
Betoni (600 mm)	0,760	0,380	979,80	444,47
Muovi (600 mm)	0,680	0,340	983,20	357,06
Teräs (600 mm)	0,600	0,300	1000,00	282,74
Betoni (800 mm)	1,040	0,052	976,00	829,07
Muovi (800 mm)	0,902	0,451	972,70	621,54
Teräs (800 mm)	0,800	0,400	1000,00	502,64

Taulukko 28. Alkutäyttöjen määrät.

Materiaali	Alkutäytön korkeus (m)	Poikkileikkauksen pinta-ala (m ²)	Putken tilavuus	Putken pituus	Alkutäytön tilavuus (m ³)
Betoni (400 mm)	0,89	1,77	268,53	987,98	1481,17
Muovi (400 mm)	0,70	1,31	156,70	993,70	1144,05
Teräs (400 mm)	0,70	1,31	126,40	1010,50	1196,34
Betoni (600 mm)	1,060	2,23	445,11	987,98	1761,04
Muovi (600 mm)	0,980	2,01	357,39	993,70	1641,93
Teräs (600 mm)	0,900	1,80	283,48	1010,50	1535,42
Betoni (800 mm)	1,340	3,07	829,71	984,18	2194,66
Muovi (800 mm)	1,202	2,65	621,87	983,20	1979,68
Teräs (800 mm)	1,100	2,35	503,38	1010,50	1867,25

Alkutäyttömateriaalina käytetään betoniputkille 0-56 mm mursketta, muoviputkille 0-16 mm mursketta ja teräsputkille 0-32 mm mursketta. Kalliomurskeen muunnoskerroin todellisesta irtotiheydestä rakenteen kiintoteoreettiseen tilavuuteen on 0,65. Alkutäytön tilavuudet jaetaan 0,65:lla jotta saadaan selville ostettava määrä. 0-16 mm murske painaa n. 1500 kg, 0-32 mm murske n. 1600 kg ja 0-56 murske n. 1700 kg irtokuutiota kohti. Alkutäytön täytön ja tiivistyksen työmenekki on 0,038 tth/m³rtr rakennusammattimiehen ja 21 tonnin telakaivinkoneen työryhmällä joiden tuntihinta on 25,50 e + 55,00 e = 80,50 e. Taulukossa 29 on esitettyä murskeiden määrät ja niiden kustannukset sekä taulukossa 30 alkutäytön työkuustannukset. (Maanrakentajan työmaakansio, 29, Rakennustieto Oy 2010, 30; Elo 2012).

Taulukko 29. Murskeiden määrät ja kustannukset.

Materiaali	Rae-koko (mm)	Hinta (€/1000kg)	Määrä m ³ rtr	Määrä m ³ itd	Määrä (1000 kg)	Hinta (€)
Betoni (400 mm)	0-65	6,50	1481,17	2278,73	3873,84	25179,95
Muovi (400 mm)	0-56	5,25	1144,05	1760,08	2640,12	13860,65
Teräs (400 mm)	0-32	5,90	1196,34	1840,53	2944,85	17374,60
Betoni (600 mm)	0-65	6,50	1761,04	2709,29	4605,79	29937,65
Muovi (600 mm)	0-56	5,25	1641,93	2526,05	3789,08	19892,67
Teräs (600 mm)	0-32	5,90	1535,42	2362,18	3779,50	22299,02
Betoni (800 mm)	0-65	6,50	2194,66	3376,40	5739,88	37309,22
Muovi (800 mm)	0-56	5,25	1979,68	3045,66	4568,49	23984,55
Teräs (800mm)	0-32	5,90	1867,25	2872,70	4596,32	27118,26

Taulukko 30. Alkutäytön työkustannukset.

Materiaali	Työmenekki (tth/m ³ rtr)	Määrä (m ³ rtr)	Tarvittava aika (h)	Kustannus (€)
Betoni (400 mm)	0,038	1481,17	56,28	4530,91
Muovi (400 mm)	0,038	1144,05	43,47	3499,66
Teräs (400 mm)	0,038	1196,34	45,46	3659,62
Betoni (600 mm)	0,038	1761,04	66,92	5387,02
Muovi (600 mm)	0,038	1641,93	62,39	5022,68
Teräs (600 mm)	0,038	1535,42	58,35	4696,85
Betoni (800 mm)	0,038	2194,66	83,40	6713,46
Muovi (800 mm)	0,038	1979,68	75,23	6055,83
Teräs (800 mm)	0,038	1867,25	70,96	5711,93

Lopputäytön määrä saadaan laskettua kertomalla kaivannon alkutäytön yläpuolelle jäävän osan poikkileikkaus kaivannon pituudella. Kaivannon kokonaispituus koostuu suorasta putkilinjasta sekä sadevesikaivojen ja ne tarkastuskaivoihin yhdistävien putkien vaatimasta tilasta. Kaivannon pituus on $1000 \text{ m} + 21 * 1,8 \text{ m} = 1037,8 \text{ m}$. Taulukossa 31 on esitetty lopputäyttöjen kokonaismäärät ja taulukossa 32 lopputäytön työkustannukset. Lopputäyttö tehdään samalla työryhmällä kuin alkutäyttö joten tuntihinta on 80,50 e.

Taulukko 31. Lopputäyttöjen kokonaismäärät.

Materiaali	Lopputäytön korkeus (m)	Alkutäytön pinnan leveys (m)	Poikkileikkauksen pinta-ala (m ²)	Kaivannon pituus (m)	Lopputäytön tilavuus (m ³ rtr)
Betoni (400 mm)	1,11	2,59	3,70	1037,80	3836,02
Muovi (400 mm)	1,30	2,33	4,16	1037,80	4317,25
Teräs (400 mm)	1,30	2,33	4,16	1037,80	4312,75
Betoni (600 mm)	0,94	2,81	3,23	1037,80	3355,83
Muovi (600 mm)	1,02	2,71	3,45	1037,80	3584,98
Teräs (600 mm)	1,10	2,60	3,67	1037,80	3805,27
Betoni (800 mm)	0,66	3,19	2,39	1037,80	2484,08
Muovi (800 mm)	0,80	3,00	2,82	1037,80	2927,29
Teräs (800 mm)	0,90	2,87	3,12	1037,80	3237,94

Taulukko 32. Lopputäytön työkustannukset.

Materiaali	Työmenekki (tth/m ³ rtr)	Määrä (m ³ rtr)	Tarvittava aika (h)	Kustannus (€)
Betoni (400 mm)	0,038	3836,02	145,77	11734,39
Muovi (400 mm)	0,038	4317,25	164,06	13206,46
Teräs (400 mm)	0,038	4312,75	163,88	13192,70
Betoni (600 mm)	0,038	3355,83	127,52	10265,48
Muovi (600 mm)	0,038	3584,98	136,23	10966,44
Teräs (600 mm)	0,038	3805,27	144,60	11640,31
Betoni (800 mm)	0,038	2484,08	94,39	7598,79
Muovi (800 mm)	0,038	2927,29	111,24	8954,57
Teräs (800 mm)	0,038	3237,94	123,04	9904,85

Lopputäyttöön käytetään kaivuumaita. Ylimääräiset kaivuumaat kuljetetaan 2 kilometrin päähän läjitysalueelle. Kaivuumassojen kuljetus kestää 0,20 h / kuorma ja yhteen kuormaan mahtuu 17,5 tn maata (Rakennustieto Oy 2012, 22). Moreeni painaa 1700 kg / m³itd, joten yhdessä kuormassa saadaan vietyä 17500 kg / 1700 kg / m³itd = 10,3 m³itd. Tunnissa saadaan vietyä 10,3 m³itd / 0,20 h = 51,5 m³itd. Poisvienti suoritetaan kahden kuorma-auton ja yhden 21 tonnin hydraulisen telakaivinkoneen avulla, joten tunnissa saadaan vietyä 51,5 m³itd * 2 = 103 m³itd. Poisvietävän moreenin määrä saadaan vähentämällä kaikista kaivuumassoista lopputäytön määrä ja kertomalla se löyhtymiskertoimella 1,4 (Rakennustieto Oy 2010, 31). Kuorma-autojen ja kaivinkoneen tuntikustannus on yhteensä 2 * 54 e + 55 e = 163 e. Taulukossa 33 on esitettyä poiskuljetettavan moreenin määrä ja sen kustannukset.

Taulukko 33. Läjitys paikalle kuljetettavan moreenin määrä ja työ kustannukset.

Materiaali	Lopputäytön määrä (m ³ rtr)	Kaivuumassojen määrä (m ³ rtr)	Poisvietävä moreeni (m ³ itd)	Kuluva aika (h)	Kustannukset (€)
Betoni (400 mm)	3836	6032	2196	21	3475
Muovi (400 mm)	4317	6032	1715	17	2714
Teräs (400 mm)	4313	6032	1719	17	2721
Betoni (600 mm)	3356	6032	2676	26	4235
Muovi (600 mm)	3585	6032	2447	24	3872
Teräs (600 mm)	3805	6032	2227	22	3524
Betoni (800 mm)	2484	6032	3548	34	5615
Muovi (800 mm)	2927	6032	3105	30	4913
Teräs (800 mm)	3238	6032	2794	27	4422

4.2.2 Kaivuu ja täyttö minimipeitesyvyydellä luiskatussa kaivannossa

Arinan työ- ja materiaalikustannukset ovat samat kuin 2,3 m syvässä kaivannossa eli 6543,22 e. Betoni- ja teräspuutilla minimipeitesyvyys on 0,3 m, joten kaivuu ja täyttökustannukset ovat samat kuin 2,3 m kaivannossa alkutäytön yläpintaan saakka. Lisäksi on huomioitava että kaikki kaivuumaat on kuljetettava läjityspaikalle. Läjityspaikalle vietävää maata on sama määrä kuin arinan, alkutäytön ja putkilinjan yhteenlaskettu tilavuus. Muovipuutilla peitesyvyys on putken nimellishalkaisijan verran joten arinan ja alkutäytön lisäksi on laskettava lopputäyttöjen määrät. Arina- ja alkutäyttömäärät ovat samoja kuin 2,3 m:n kaivannossa. Kokonaiskaivuumäärä saadaan kun lasketaan arinan, alkutäytön, lopputäytön ja putkilinjan tilavuudet yhteen. Lopputäytön määrä saadaan laskettua kertomalla kaivannon alkutäytön yläpuolelle jäävän osan poikkileikkaus kaivannon pituudella. Taulukossa 34 on esitettyä muovipuutkien lopputäyttöjen määrät ja taulukossa 35 betoni-, muovi- ja teräspuutkien materiaalmäärät minimipeitesyvyydellä.

Taulukko 34. Muoviputkien lopputäyttöjen määrät minimipeitesyvyyksillä.

Materiaali	Peite- syvyys	Loppu- täytön korkeus (m)	Alkutäytön pinnan leveys	Poikkileik- kauksen ala (m ²)	Kaivannon pituus (m)	Loppu- täytön tilavuus (m ³)
Muovi (400 mm)	0,4	0,1	4,16	0,42	1037,80	438,64
Muovi (600 mm)	0,6	0,3	3,45	1,10	1037,80	1137,76
Muovi (800 mm)	0,8	0,5	2,82	1,58	1037,80	1636,61

Taulukko 35. Betoni-, muovi- ja teräsputkien täyttö- ja kaivuumateriaalimäärät minimipeitesyvyydellä.

Materiaali	Arina (m ³ rtr)	Alkutäyttö (m ³ rtr)	Lopputäyttö (m ³ rtr)	Putken tilavuus (m ³)	Kaivuu (m ³ rtr)
Betoni (400 mm)	380,00	1481,17	0,00	268,53	2129,70
Muovi (400 mm)	380,00	1144,05	438,64	156,70	2119,40
Teräs (400 mm)	380,00	1196,34	0,00	126,40	1702,74
Betoni (600 mm)	380,00	1761,04	0,00	445,11	2586,15
Muovi (600 mm)	380,00	1641,93	1137,76	357,39	3517,09
Teräs (600 mm)	380,00	1535,42	0,00	283,48	2198,90
Betoni (800 mm)	380,00	2194,66	0,00	829,71	2981,55
Muovi (800 mm)	380,00	1979,68	1636,61	621,87	4618,16
Teräs (800 mm)	380,00	1867,25	0,00	503,38	2750,63

Kaivuu suoritetaan kuten 2,3 m syvän kaivannon kohdalla joten työn tuntikustannus on 55,00 e + 25,50 e = 80,50 e. Löyhtymiskerroin on 1,4. Taulukossa 36 on esitettyä kaivuun työkustannukset.

Taulukko 36. Kaivuun työkustannukset.

Materiaali	Kaivuun määrä (m ³ ktr)	Työsaavutus (m ³ rtr/h)	Tarvittava aika (h)	Kustannus (€)
Betoni (400 mm)	2130	125	17,04	1371,53
Muovi (400 mm)	2119	125	16,96	1364,89
Teräs (400 mm)	1703	125	13,62	1096,57
Betoni (600 mm)	2586	125	20,69	1665,48
Muovi (600 mm)	3517	125	28,14	2265,00
Teräs (600 mm)	2199	125	17,59	1416,09
Betoni (800 mm)	2982	125	23,85	1920,12
Muovi (800 mm)	4618	125	36,95	2974,09
Teräs (800 mm)	2751	125	22,01	1771,41

Alkutäytöt tehdään samoilla määrillä ja materiaaleilla kuin 2,3 m syvän kaivannon kohdalla. Taulukossa 37 on esitettyä alkutäytön kokonaiskustannukset ja taulukossa 38 muoviputkien lopputäytön kustannukset. Lopputäytön kustannusten laskemisessa käytetään samoja hintoja ja työmenekkejä kuin 2,3 m syvän kaivannon kohdalla.

Taulukko 37. Alkutäytön kokonaiskustannukset.

Materiaali	Alkutäytön materiaalikustannus (€)	Alkutäytön työkustannus (€)	Yhteensä (€)
Betoni (400 mm)	25179,95	4530,91	29710,86
Muovi (400 mm)	13860,65	3499,66	17360,30
Teräs (400 mm)	17374,60	3659,62	21034,22
Betoni (600 mm)	29937,65	5387,02	35324,66
Muovi (600 mm)	19892,67	5022,68	24915,34
Teräs (600 mm)	22299,02	4696,85	26995,87
Betoni (800 mm)	37309,22	6713,46	44022,68
Muovi (800 mm)	23984,55	6055,83	30040,38
Teräs (800 mm)	27118,26	5711,93	32830,19

Taulukko 38. Muoviputkien lopputäytöjen kokonaiskustannukset.

Materiaali	Työmenekki (tth/m ³ rtr)	Määrä (m ³ rtr)	Tarvittava aika (h)	Kustannus (€)
Muovi (400 mm)	0,038	438,64	16,67	1341,81
Muovi (600 mm)	0,038	1137,76	43,23	3480,41
Muovi (800 mm)	0,038	1636,61	62,19	5006,39

Ylimääräisten kaivuumaiden poiskuljetus tehdään samoin kuin 2,3 m syvän kaivannon kohdalla. Tunnin työsaavutus on siis 103 m³itd ja työryhmän tuntikustannus 163 e. Poiskuljetettava määrä saadaan vähentämällä kokonaiskaivuutilavuudesta lopputäytön tilavuus. Taulukossa 39 on esitettyä läjitys paikalle vietävien kaivuumassojen määrät ja työkustannukset.

Taulukko 39. Läjitys paikalle kuljetettavien kaivuumassojen määrät ja työkustannukset.

Materiaali	Loppu- täytön määrä (m ³ rtr)	Kaivuumassojen määrä (m ³ rtr)	Poisvietävä moreeni (m ³ itd)	Kuluva aika (h)	Kustannuk- set (€)
Betoni (400 mm)	0	2130	2982	29	4718
Muovi (400 mm)	439	2119	2353	23	3724
Teräs (400 mm)	0	1703	2384	23	3772
Betoni (600 mm)	0	2586	3621	35	5730
Muovi (600 mm)	1138	3517	3331	32	5271
Teräs (600 mm)	0	2199	3078	30	4872
Betoni (800 mm)	0	2982	4174	41	6606
Muovi (800 mm)	1637	4618	4174	41	6606
Teräs (800 mm)	0	2751	3851	37	6094

4.2.3 Kaivuu ja täyttö 2,3 m kaivantosyvyydellä tuetussa kaivannossa

Esimerkkikaivannon tuenta tehdään 6 m pitkin teräspontein. Ponttaus tehdään rakennusammattimiehen ja 21 tonnin telakaivinkoneen työryhmällä. Työryhmän tuntihinta sama kuin tukemattoman kaivannon kohdalla eli 80,50 e. Teräsponttiseinän työmenekki on 0,04 tth / m² (Talonrakennusteollisuus Oy 2010, 22). Pontti lyödään kaivannon molempiin reunoihin, jolloin ponttauksen pinta-ala on kuuden metrin ponteilla $(1000 \text{ m} + 21 * 1,8 \text{ m}) * 6 \text{ m} * 2 = 12453,6 \text{ m}^2$. Työhön kuluva aika saadaan kertomalla määrä työmenekillä, $12453,6 * 0,04 \text{ tth} / \text{m}^2 = 498,144 \text{ h}$ eli noin 499 h. Kustannukseksi saadaan $499 \text{ h} * 80,50 \text{ e} / \text{h} = 40169,5 \text{ e}$.

Kaivuu ja täyttömäärät ovat tuetussa kaivannossa pienemmät kuin luiskatussa. Kaivannon syvyys on 2,3 m ja leveys 1,2 m joten kaivannon kokonaispituudella 1037,8 m kaivettavaksi määräksi saadaan $2,3 \text{ m} * 1,2 \text{ m} * 1037,8 \text{ m} = 2864,4 \text{ m}^3$ ktr. Kaivuusaavutus ja kaivuutyöryhmän tuntihinta ovat samat kuin

edellisissäkin kohdissa eli $125 \text{ m}^3\text{ktr} / \text{h}$ ja $80,50 \text{ e} / \text{h}$. Kaivuun kustannukseksi saadaan $2864,4 \text{ m}^3\text{ktr} / 125 \text{ m}^3\text{ktr} / \text{h} * 80,50 \text{ e} / \text{h} = 1844,7 \text{ e}$.

Arinan paksuus on 0,3 m joten sen tilavuus on $1037,8 \text{ m} * 1,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} = 373,6 \text{ m}^3\text{rtr}$. Arinan työsaavutus on $0,038 \text{ tth} / \text{m}^3\text{rtr}$ (Rakennustieto Oy 2010, 30). 0-32 mm murskeen tiivistymiskerroin on 1,5 joten mursketta tarvitaan $1,5 * 373,6 \text{ m}^3\text{rtr} = 560,4 \text{ m}^3\text{itd}$ ja murskeen massan ollessa $1,6 \text{ tn} / \text{m}^3\text{itd}$ saadaan määräksi $896,6 \text{ tn}$. (Maarakentajan työmaakansio, 29). 0-32 mm kalliomurskeen hinta on $5,90 \text{ e} / \text{tn}$ (Elo 2012). Arinan työ- ja materiaalikustannukset ovat esitettynä taulukossa 40.

Taulukko 40. Arinan työ- ja materiaalikustannukset tuetussa kaivannossa.

Määrä (tn)	Määrä (m^3rtr)	Hinta (€ / tn)	Tarvittava aika (tth)	Hinta yhteensä (€)
896,6	373,6	5,90	14,20	6432,78

Alkutäyttö ulotetaan 0,3 m putken laen yläpuolelle. Alkutäytön määrä saadaan vähentämällä alkutäytön tilavuudesta putken tilavuus. Putkien tilavuudet ovat samat kuin luiskatun kaivannon kohdalla. Taulukossa 41 on esitettynä alkutäyttöjen määrät tuetussa kaivannossa.

Taulukko 41. Alkutäytön määrät tuetussa kaivannossa.

Materiaali	Alkutäytön korkeus (m)	Poikkileikkauksen pinta-ala (m ²)	Putken tilavuus (m ³)	Putken pituus (m)	Alkutäytön tilavuus (m ³ rtr)
Betoni (400 mm)	0,89	1,07	268,53	987,98	786,63
Muovi (400 mm)	0,70	0,84	156,70	993,70	678,01
Teräs (400 mm)	0,70	0,84	126,40	1010,50	722,42
Betoni (600 mm)	1,060	1,27	445,11	987,98	811,59
Muovi (600 mm)	0,980	1,18	357,39	993,70	811,20
Teräs (600 mm)	0,900	1,08	283,48	1010,50	807,86
Betoni (800 mm)	1,340	1,61	829,71	984,18	752,84
Muovi (800 mm)	1,202	1,44	621,87	983,20	796,30
Teräs (800 mm)	1,100	1,32	503,38	1010,50	830,48

Alkutäytön murskeiden määrät ja hinnat sekä työkustannukset lasketaan kuten luiskatussa kaivannossa. Taulukossa 42 on esitettyä murskeiden määrät ja kustannukset, taulukossa 43 työkustannukset.

Taulukko 42. Murskeiden määrät ja hinnat tuetussa kaivannossa.

Putki-materiaali	Raekoko (mm)	Hinta (€/1000kg)	Määrä (m ³ rtr)	Määrä (m ³ itd)	Määrä (1000 kg)	Hinta (€)
Betoni (400 mm)	0-65	6,50	786,63	1210,20	2057,33	13372,66
Muovi (400 mm)	0-56	5,25	678,01	1043,09	1564,63	8214,33
Teräs (400 mm)	0-32	5,90	722,42	1111,42	1778,26	10491,76
Betoni (600 mm)	0-65	6,50	811,59	1248,61	2122,63	13797,10
Muovi (600 mm)	0-56	5,25	811,20	1248,00	1872,00	9828,01
Teräs (600 mm)	0-32	5,90	807,86	1242,86	1988,58	11732,61
Betoni (800 mm)	0-65	6,50	752,84	1158,22	1968,98	12798,34
Muovi (800 mm)	0-56	5,25	796,30	1225,07	1837,61	9647,45
Teräs (800 mm)	0-32	5,90	830,48	1277,66	2044,26	12061,12

Taulukko 43. Alkutäytön työkustannukset tuetussa kaivannossa.

Materiaali	Työmenekki (tth/m ³ rtr)	Määrä (m ³ rtr)	Tarvittava aika (h)	Kustannus (€)
Betoni (400 mm)	0,038	786,63	29,89	2406,29
Muovi (400 mm)	0,038	678,01	25,76	2074,03
Teräs (400 mm)	0,038	722,42	27,45	2209,88
Betoni (600 mm)	0,038	811,59	30,84	2482,67
Muovi (600 mm)	0,038	811,20	30,83	2481,46
Teräs (600 mm)	0,038	807,86	30,70	2471,24
Betoni (800 mm)	0,038	752,84	28,61	2302,95
Muovi (800 mm)	0,038	796,30	30,26	2435,87
Teräs (800 mm)	0,038	830,48	31,56	2540,44

Lopputäyttöön käytetään kaivuumaita. Lopputäytön määrä saadaan laskettua kertomalla kaivannon alkutäytön yläpuolelle jäävän osan poikkileikkaus kaivannon pituudella. Työryhmä on sama kuin alkutäytössä joten tuntihinta on 80,50 e. Taulukossa 44 on esitetty lopputäytön määrät ja taulukossa 45 lopputäytön kustannukset.

Taulukko 44. Lopputäytön määrät tuetussa kaivannossa.

Materiaali	Lopputäytön korkeus (m)	Kaivannon leveys (m)	Poikki-leikkauksen pinta-ala (m ²)	Kaivannon pituus (m)	Lopputäytön tilavuus (m ³ rtr)
Betoni (400 mm)	1,11	1,20	1,33	1037,80	1382,35
Muovi (400 mm)	1,30	1,20	1,56	1037,80	1618,97
Teräs (400 mm)	1,30	1,20	1,56	1037,80	1618,97
Betoni (600 mm)	0,94	1,20	1,13	1037,80	1170,64
Muovi (600 mm)	1,02	1,20	1,22	1037,80	1270,27
Teräs (600 mm)	1,10	1,20	1,32	1037,80	1369,90
Betoni (800 mm)	0,66	1,20	0,79	1037,80	821,94
Muovi (800 mm)	0,80	1,20	0,96	1037,80	993,80
Teräs (800 mm)	0,90	1,20	1,08	1037,80	1120,82

Taulukko 45. Lopputäytön työkustannukset tuetussa kaivannossa.

Materiaali	Työmenekki (tth/m ³ rtr)	Määrä (m ³ rtr)	Tarvittava aika (h)	Kustannus (€)
Betoni (400 mm)	0,038	1382,35	52,53	4228,61
Muovi (400 mm)	0,038	1618,97	61,52	4952,42
Teräs (400 mm)	0,038	1618,97	61,52	4952,42
Betoni (600 mm)	0,038	1170,64	44,48	3580,98
Muovi (600 mm)	0,038	1270,27	48,27	3885,75
Teräs (600 mm)	0,038	1369,90	52,06	4190,51
Betoni (800 mm)	0,038	821,94	31,23	2514,31
Muovi (800 mm)	0,038	993,80	37,76	3040,03
Teräs (800 mm)	0,038	1120,82	42,59	3428,60

Ylimääräiset kaivuumassat on kuljetettava läjitysalueelle. Hinnat ja työsaavutukset ovat samat kuin luiskatun kaivannon kohdalla. Poiskuljetettavan massan määrä saadaan laskettua vähentämällä kaivetusta määrästä lopputäyttöön hyödynnettyjen massojen määrä. Taulukossa 46 on esitettyä poisvietävät määrät ja niiden työkustannukset.

Taulukko 46. Poisvietävät kaivuumassat ja niiden työkustannukset tuetussa kaivannossa.

Materiaali	Lopputäytön määrä (m ³ rtr)	Kaivuumassojen määrä (m ³ rtr)	Poisvietävä moreeni (m ³ itd)	Kuluva aika (h)	Kustannukset (€)
Betoni (400 mm)	1382	2864	2075	20	3284
Muovi (400 mm)	1619	2864	1744	17	2759
Teräs (400 mm)	1619	2864	1744	17	2759
Betoni (600 mm)	1171	2864	2371	23	3753
Muovi (600 mm)	1270	2864	2232	22	3532
Teräs (600 mm)	1370	2864	2092	20	3311
Betoni (800 mm)	822	2864	2859	28	4525
Muovi (800 mm)	994	2864	2619	25	4144
Teräs (800 mm)	1121	2864	2441	24	3863

4.2.4 Asennus

Muoviputkien asennusnopeus on halkaisijaltaan yli 300 mm putkille 0,26 työntekijätuntia juoksumetriä kohti (tth/jm). Teräsputkille voidaan käyttää samaa arvoa ja betoniputkille 75 % muoviputken asennusnopeudesta eli 0,26 tth / jm / 0,75 = 0,35 tth / jm (Elo 2012, Viitanen 2012, Pitkänen 2012). Kaivojen asennusnopeutena käytetään arvoa 1,00 tth/kpl (Rakennustieto Oy 2010, 32). Asennustyö suoritetaan kahden rakennusammattimiehen ja yhden 21 tonnin telakaivinkoneen työryhmällä. Tuntikustannukseksi tulee $2 * 25,50 \text{ e} + 55,00 \text{ e} = 106,00 \text{ e} / \text{h}$. Taulukossa 40 on esitettyä asennettavien putkien ja kaivojen määrä, työhön kuluva aika ja työn kustannukset.

Taulukko 47. Asennuskustannukset.

Materiaali	Putkien määrä (m)	Kaivojen määrä (kpl)	Kuluva aika (h)	Kustannus (€)
Betoni (400 ja 600 mm)	988,7	42	194	20566,39
Betoni (800 mm)	984,7	42	193	20492,19
Muovi	993,7	42	150	15919,19
Teräs	1010,5	42	151	16150,69

5 TYÖMAAHAVAINNOT

Tässä luvussa olevat tiedot on saatu haastattelemalla Powerman Oy:n työjohtajia Sami Eloa ja Pekka Viitasta.

5.1 Varastointi

Muoviputkia on helpompi varastoida kuin betoniputkia, koska betoniputket vaativan varastointialustaltaan enemmän suuremman massansa vuoksi. Muoviputkille mainitaan ongelmaksi pitkäaikaisen auringonvalon haurastuttavan vaikutuksen, jonka takia putket pitää asentaa välittömästi työmaalle tuonnin jälkeen tai peittää, mikäli niitä säilytetään työmaalla pidempään.

5.2 Asennus

Muoviputket on vaivattomampi asentaa betoniputkiin verrattuna. Muoviputkiasennuksen etuina ovat keveyden tuoma helppo käsiteltävyys, asennuksen nopeus ja se, ettei erikoistyökaluja tarvita kuten betoniputkien kohdalla. Lisäksi betoniputki vaatii enemmän asennusalustaltaan taipumattomuutensa vuoksi, sillä toisin kuin muoviputkilla, betoniputki ei mukaudu alustan pieniin epätasaisuuksiin ja saattaa jopa katketa asennuksen jälkeisten painumien seurauksena siinä missä muoviputki ainoastaan taipuu. Betoniputkien jälkiliitosten tekeminen on huomattavasti hankalampaa kuin muoviputkeen johon on saatavilla monipuolisesti liitososia. Muoviputken ansiona sekä nähdään myös sen, että putken pään lohjettua voidaan putkesta sahata vain rikkimennyt osa pois, eikä koko putki mene täten hukkaan. Huonona puolena mainitaan rikkoontumisherkyys alhaisissa asennuslämpötiloissa. Betoniputki on muoviputkea huolettomampi täyttää ja tiivistää, sillä betoniputki ei rikkoonnu tai siirry yhtä helposti kuin muoviputki täyttö- ja tiivistystyön aikana. Lisäksi muoviputki saattaa mennä soikeaksi, jos alkutäytön tiivistys tehdään huonosti tai huolimattomasti.

6 KUSTANNUSVERTAILU

Linjojen kokonaisrakentamiskustannukset koostuvat putki- ja kaivomateriaaleista asennustarvikkeineen, kaivuu- ja täyttötöystä täyttömateriaaleineen sekä asennuskustannuksista. Taulukossa 47 on esitettyinä syvyydeltään 2,3 m luiskatun kaivannon, taulukossa 48 minimipeitesyvyyden määräämän syvyyden luiskatun kaivannon ja taulukossa 49 syvyydeltään 2,3 m tuetun kaivannon esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset. Tuetun kaivannon kaivuu- ja täyttötöy – kohdassa on huomioitu teräsponttaustyön kustannukset.

Taulukko 48. Esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset 2,3 m syvässä luiskatussa kaivannossa.

Materiaali	Materiaalit	Kaivuu ja täyttö	Asennus	Yhteensä
Betoni (400 mm)	115629,2	55408,16	20566,39	191603,75
Muovi (400 mm)	73705,4	43768,12	15919,19	133392,71
Teräs (400 mm)	70548	47435,40	16150,69	134134,09
Betoni (600 mm)	151621,1	60312,97	20566,39	232500,46
Muovi (600 mm)	159960,2	50241,98	15919,19	226121,37
Teräs (600 mm)	90944,4	52647,76	16150,69	159742,85
Betoni (800 mm)	245834,7	67723,87	20492,19	334050,76
Muovi (800 mm)	276941,3	54395,96	15919,19	347256,45
Teräs (800 mm)	113910,8	57644,43	16150,69	187705,92

Taulukosta 48 huomataan, että 400 mm putkikoolla betoni on selkeästi kallein muovi- ja teräslinjojen ollessa lähes saman hintaiset. 600 mm putkikoolla teräksinen linja on halvin ja muovisen ollessa vain hieman betonista halvempi. 800 mm putkikoolla muovi nousee kalleimmaksi teräksen ollessa selkeästi halvin ja betonin sijoituessa lähelle muovin hintaa.

Taulukko 49. Esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset minimipeitesyvyydellä luiskatussa kaivannossa.

Materiaali	Materiaalit	Kaivuu ja täyttö	Asennus	Yhteensä
Betoni (400 mm)	106185,5	42344,04	20566,39	169095,93
Muovi (400 mm)	73705,4	30333,99	15919,19	119958,58
Teräs (400 mm)	70548,0	32446,50	16150,69	119145,19
Betoni (600 mm)	142177,4	49263,06	20566,39	212006,85
Muovi (600 mm)	159960,2	42475,45	15919,19	218354,84
Teräs (600 mm)	90944,4	39826,92	16150,69	146922,01
Betoni (800 mm)	238663,2	59091,74	20492,19	318247,13
Muovi (800 mm)	276941,3	51169,80	15919,19	344030,29
Teräs (800 mm)	113910,8	47238,93	16150,69	177300,42

Taulukosta 49 nähdään, että putkikoon kasvaessa teräs tulee materiaalina kannattavammaksi ja hintaero muoviin kasvaa. Muovin hinta nousee eniten putkikoon kasvaessa, ohittaen betonin, kun putkikoko on suurempi kuin 400 mm.

Taulukko 50. Esimerkkilinjojen kokonaiskustannukset 2,3 m syvässä tuetussa kaivannossa.

Materiaali	Materiaalit	Kaivuu ja täyttö	Asennus	Yhteensä
Betoni (400 mm)	115629,2	71738,08	20566,39	207933,67
Muovi (400 mm)	73705,4	66447,05	15919,19	156071,64
Teräs (400 mm)	70548	68860,34	16150,69	155559,03
Betoni (600 mm)	151621,1	72060,32	20566,39	244247,81
Muovi (600 mm)	159960,2	68174,06	15919,19	244053,45
Teräs (600 mm)	90944,4	70152,47	16150,69	177247,56
Betoni (800 mm)	245834,7	70587,72	20492,19	336914,61
Muovi (800 mm)	276941,3	67714,72	15919,19	360575,21
Teräs (800 mm)	113910,8	70340,10	16150,69	200401,59

Taulukosta 50 nähdään, että tuetussa kaivannossa erot pysyvät samankaltaisina kuin samansyvyisessä luiskatussa kaivannossa teräksen ollessa selkeästi halvin kun putkikoko on yli 400 mm.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakentamiskustannuksiin vaikuttaa putkimateriaalin lisäksi merkittävästi sekä kaivannon syvyys että mahdollinen tuenta. Kaivannon tukeminen ei vaikuta merkittävästi putkimateriaalin valintaan, sillä tuenta on kustannuksiltaan samansuuruista betonilla, muovilla ja teräksellä.

Putkikoon ylittäessä 400 mm teräs tulee materiaalina selkeästi edullisemmaksi kuin betoni tai muovi. Teräksen edut tulevat esiin erityisesti pienillä peitesyvyyksillä, sillä sen minimipeitesyvyys on sama kuin betonilla, mutta materiaalit halvempia ja asennus nopeampaa jolloin kokonaiskustannukset jäävät pienemmiksi. Minimipeitesyvyydellä muovin heikkous lisää sen kustannuksia, sillä suuremman peitesyvyyksivaatimuksen vuoksi sen kaivuu- ja täyttökustannukset nousevat betonista ja teräksistä linjaa suuremmiksi. Koska muoviputkien hinnat nousevat putkikoon kasvaessa nopeammin kuin teräs- ja betoniputkilla, on muoviputkien käyttö taloudellista vain halkaisijaltaan pienillä putkilinjoilla.

Halkaisijaltaan 400 mm:n putkilinjoissa on lähinnä makuasia, kannattaako käyttää muovista vai teräksistä putkea, sillä kustannukset ovat erittäin lähellä toisiaan. Pienissä putkilinjoissa betoni on kokonaiskustannuksiltaan selkeästi kallein kalliimpien osien ja pienemmän asennusnopeuden vuoksi.

Tuloksia tarkasteltaessa tulee huomioida, että teräsputkille kaikkia hintoja ei ollut saatavana ovh-hintoina kuten betoni- ja muoviputkille. Tämä saattaa osaltaan selittää teräksisen linjan huomattavan edullisuuden kilpaileviin materiaaleihin verrattuna.

LÄHTEET

- Rakennusteollisuus RT ry 2003. Betoniviemärit 2003 käsikirja. Jyväskylä: Gummerus.
- Suomen Standardoimisliitto SFS 2005. Muoviputket. SFS-käsikirja 102. Helsinki: SFS.
- Karttunen, Erkki 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet, Helsinki: Opetushallitus
- Rakennustietosäätiö RTS 2010. InfraRYL, Helsinki: Rakennustieto Oy
- Karttunen, Erkki 2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, Saarijärvi.
- Karttunen, Erkki 2003. Vesihuolto I, Vammala: Vammalan kirjapaino.
- Karttunen, Erkki 2004. Vesihuolto II, Vammala: Vammalan kirjapaino.
- Betoniteollisuus ry 2012.
<http://www.betoni.com/fi/Betonituotteet/Putket+ja+renkaat/Betoni+putkimateriaalina/> Viitattu 17.1.2012
- Uponor Suomi Oy 2009a. Uponor yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Materiaalit ja käyttöäät.
- Uponor Suomi Oy 2007. Maaviemärijärjestelmät. Sadevesijärjestelmä PP.
- Uponor Suomi Oy 2009b. Uponor yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Putkijärjestelmä suurten hulevesien johtamiseen.
- Uponor Suomi Oy 2012. Hulevesiputkistot Hinnasto 1.3.2012.
- Blücher Oy 2012a. Blücher viemärijärjestelmät ruostumattomasta teräksestä. Viitattu 19.1.2012. Blücher.fi > esitteet.
- Blücher Oy 2012b. <http://www.blucher.fi/www.nsf/products-stainless-fi.html> Viitattu 19.1.2012
- Turun Seudun Jätehuolto Oy 2012. Tsj.fi > lajittelu Viitattu 24.1.2012
- Rudus Oy 2012a. rudus.fi > tuotteet > EK-järjestelmän edut <http://www.rudus.fi/tuotteet/kaivot-ja-putket/ekjarjestelman-edut> viitattu 29.1.2012
- Rudus Oy 2012b. Betoniputket ja –kaivot 2012. Tuoteluettelo/hinnasto 1.2.2012
- Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2005. Maahan ja veteen asennettavat kestopuoviputket. Asennusohjeet, TummaVuoren kirjapaino DARK.
- Suomen Kuntaliitto 2002. Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02. KT 02. Helsinki: Kuntatalon paino.
- Tiehallinto 2001. Syvästabiloinnin suunnitteluohje. Helsinki: Edita Oy.
- Tiehallinto 2004. Tienrakennustöiden yleiset työselitykset ja laatuvaatimukset. Kuivatusrakenteet ja putkistot. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Rumtec Oy 2012a. Sadevesijärjestelmät.
- Rumtec Oy 2012b. <http://www.rumtec.fi/tuotteet/sadevesilinjat/> viitattu 13.2.2012.
- Rumtec Oy 2012c. Polymeeripinnoitettu sinkitty teräsputki.
- Rumtec Oy 2012d. Metalliputkien materiaali- ja lujuustiedot.

Viapipe Oy 2012. <http://www.viapipe.fi/rumputuotteet.php> viitattu 13.2.2012

Talonrakennusteollisuus Ry 2010. Talonrakennustöiden menekit 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy 2010. Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SML 2000 Maarakentajan työmaakansio. Tientekemisen työn suunnittelu. TVH 1977

Elo, Sami 2012. Haastattelu 3.4.2012.

Viitanen, Pekka 2012. Haastattelu 9.4.2012.

Inkinen, Erkki 2012. Sähköpostihaastattelu 5.4.2012.

Pitkänen, Janne 2012. Sähköpostihaastattelu 30.3.2012 ja 10.4.2012