LAB University of Applied Sciences

Viemäriverkoston saneerausmenetelmien vertailu

LAB-ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari (AMK)
2022
Harri Piipponen

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Piipponen, Harri	Opinnäytetyö, AMK	2022
	Sivumäärä 23	

Työn nimi

Viemäriverkoston saneerausmenetelmien vertailu

Tutkinto ja koulutusala

Rakennusmestari (AMK)

Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)

Sami Ikonen, toimitusjohtaja, Kiteen Vesikunta

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena on selventää yleisimpien sujutusmenetelmien sekä kaivutyönä tehtävän viemäriverkostosaneerauksen työvaiheita ja käyttökohteita.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös viemäriverkoston saneerauksen tavoitteita, saneeraustarpeen ja saneeraustavan määrittämistä, sekä saneerausmenetelmän määrittämistä ja kustannuksia.

Opinnäytetyötä voi käyttää apuna saneerausmenetelmien valinnassa sekä kustannusten arvioinnissa. Liitteenä olevassa kustannusarviossa on realistista menekkitietoa helpottamaan kustannusten arviointia eri kohteissa.

Asiasanat

viemäriverkosto, saneeraus, sujutus, kaivutyö

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Piipponen, Harri	Thesis, UAS	2022
	Number of Pages 23	

Title of Publication

Comparison of sewer system renovation procedure

Degree and field of study

Construction Site Manager (UAS)

Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)

Sami Ikonen, CEO, Kiteen Vesikunta

Abstract

The purpose of the thesis is to clarify the work stages and applications of the most common relining methods and sewer system renovation done as excavation work.

The thesis also reviews the goals of the sewer system renovation, determining the need for renovation and the renovation method, as well as determining the renovation method and costs.

The thesis can be used as an aid in choosing renovation methods and in estimating costs. The attached cost estimate contains realistic consumption information to facilitate cost evaluation in different location.

Keywords

sewer system, renovation, relining, excavation work

Sisällys

1 Johdanto ... 1
2 Saneeraus ... 2
2.1 Viemäriverkosto ja sen saneerauksen tavoitteet ... 2
2.2 Saneeraustarpeen sekä -tavan määrittäminen ... 3
2.3 Saneerausmenetelmän määrittäminen ... 4
3 Sujutusmenetelmät ... 6
3.1 Putkisujutus ... 6
3.2 Staattinen pakkosujutus ... 8
3.3 Muotoputkisujutus ... 8
3.4 Sukkasujutus ... 9
3.5 Kuristussujutus ... 10
4 Kaivojen saneeraus ... 11
5 Saneeraus kaivutyönä ... 12
5.1 Kaivannon tekeminen ... 12
5.2 Putkien asennus ja alustavat työt ... 15
5.3 Täyttökerrokset ... 18
6 Kustannusvertailu ... 20
7 Yhteenveto ja pohdinta ... 22
Lähteet ... 23

Liitteet

Liite 1. Kartta saneeratusta kohteesta

Liite 2. Kaivutyönä tehtävän viemärisaneerauksen kustannusarvio

1 Johdanto

Opinnäytetyössä esitellään vaihtoehtoja viemärisaneerauksen toteuttamiseksi eri tekniikoilla. Vertailussa käydään läpi yleisimpien Suomessa käytettyjen sujutusmenetelmien sekä kaivamalla tehtävän saneerauksen työvaiheita. Työssä käydään myös läpi yleisellä tasolla viemäriverkoston saneerauksen tavoitteita, saneeraustarpeen ja -tavan määrittämistä, sekä saneerausmenetelmän määrittämistä. Lopuksi selvitetään pitkäsujutusmenetelmän sekä kaivamalla tehtävän verkostosaneerauksen kustannuseroja.

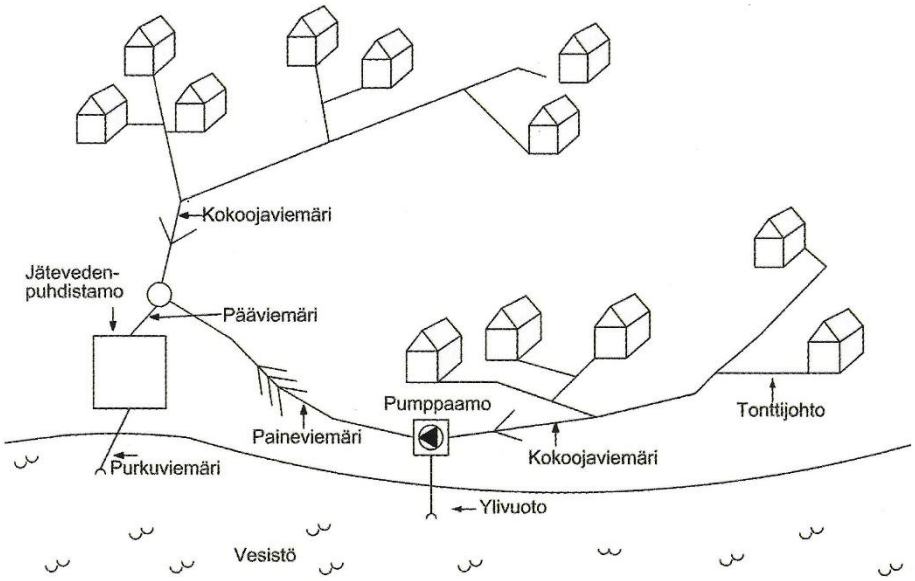
Kustannusvertailu tehdään liikennealueella sijaitsevasta kohteesta, jossa 1960-luvulla tehtyyn betoniviemäriin on vuosien 2017–2022 välillä tehty 417 metrin matkalle viemäriverkostosaneeraus sujuttamalla.

Työn toimeksiantajana toimii Kiteen Vesikunta, joka on osuuskuntamuotoinen yritys. Kiteen Vesikunta huolehtii omakustannusperiaatteella jätevesien johtamisesta ja puhdistamisesta sekä puhtaan käyttöveden hankinnasta ja jakelusta Kiteellä. Kiteen Vesikunta vastaa myös kyseisiin tehtäviin vaadittavien johtojen, laitteiden ja laitosten suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta.

2 Saneeraus

2.1 Viemäriverkosto ja sen saneerauksen tavoitteet

Viemäriverkon putkiosiin kuuluu pääviemärit (mukaan lukien siirtoviemärit), kokoojaviemärit ja tonttiviemärit. Kiinteistöissä syntyvät jätevedet johdetaan tonttiviemäreiden kautta kokoojaviemäreihin. Kokoojaviemärit yhdistyvät pääviemäriin, jota pitkin jätevedet siirtyvät kuvan 1 mukaisesti jäteveden puhdistamolle. Viemäriverkostoon sijoitetaan tietyille osuuksille tarkastuskaivoja, jotka toimivat myös tonttijohtojen liittyminä. (RIL 237-1-2010, 26–27.)



Kuva 1. Jätevesiverkoston osat (RIL 237-1-2010, 27)

Viemäriverkoston saneerauksien tavoitteena on verkoston parantamisen lisäksi saada pienenettyä vuotovesien aiheuttamia kustannuksia. Kustannuksia syntyy monista eri tekijöistä veden päästessä viemäriverkostoon.

Kustannuksia kylmät vuotovedet aiheuttavat suurentuneina jäteveden pumppauskuluina sekä rasvan liukenemattomuuden muodossa, joka johtaa helpommin tukoksiin verkostossa. Vuotovesiä voi tulla myös viemäristä ympäröivään maastoon, joka rasittaa ympäristöä ja mahdollisesti pohjavesiä. Vesi- ja viemärilaitoksen toimintaperiaatteiden mukaista ei ole määritellä kunnossapidon ja saneerauksen tarvetta pelkästään taloudellisin perustein.

2.2 Saneeraustarpeen sekä -tavan määrittäminen

Viemäriverkoston saneeraustarve voi aiheutua verkoston rakenteellisista tekijöistä, joita ovat putkien raaka-aineiden ja rakenteiden heikkeneminen, tiivisteiden rappeutuminen, painumat ja siirtymät sekä korroosio. Toiminnallisista tekijöistä johtuvia saneeraustarpeen aiheuttajia ovat verkon kapasiteetin lasku, alikuormitus sekä ylikuormitus. Muista tekijöistä johtuvia saneeraustarpeen aiheuttajia ovat muutos maankäytössä, muu rakennustoiminta sekä olosuhteiden muuttuminen verkoston yläpuolella. Saneeraussuunnittelun kaikissa vaiheissa tarvitaan runsaasti lähtötietoja ja yleissuunnittelussa on välttämätöntä tilastotiedot pitkältä aikaväliltä. (RIL 237-1-2010, 91.)

Näiden perusteella voidaan saneerauksen tarvetta arvioida tarkastelemalla seuraavia tekijöitä:

- kunnossapitotoimenpiteiden tarpeen lisääntymistä ja verkon eri osiin keskittymistä
- käyttö- ja ylläpitokustannuksia sekä niiden kasvua
- viemäristössä virtaavia sekä pumpattuja vesimääriä
- verkoston ikää ja materiaaleja
- käyttökustannusten tai laajennusinvestointien kohtuuttomasti kasvavaa tarvetta
- näkyviä ympäristövaikutuksia.

Yhteenvetona edellisistä tekijöistä voidaan päätellä, että tietyn johto-osan tai jopa koko viemäriverkon saneeraukseen tulee ryhtyä viimeistään toimintahäiriöiden (putkirikot, tukokset) esiintyessä toistuvasti, kunnossapitokustannusten noustessa merkittävästi, jos viemärin sortumisen vaara on todennäköinen, viemärin kapasiteetti ei riitä tai vuodot ylittävät hyväksytyn rajan. Edellä mainituista syistä yksikin riittää saneerauksen käynnistämiseen. (RIL 237-1-2010, 91.)

Viemärisaneeraus sujuttamalla on paras vaihtoehto rakennetussa ympäristössä, jossa on todettu, että viemärilinjassa ei ole painumia, sortumia tai pahoja sivuttaissiirtymiä. Sujutusmenetelmissä käytetään hyväksi olemassa olevaa viemärilinjaa, jonka sisälle asennetaan sujutusmenetelmästä riippuen uusi viemärilinja joko putkisujutuksena, pakkosujutuksena tai joustosujutuksena.

Kaivamalla tehtävä saneeraus on järkevää toteuttaa esimerkiksi katuremontin yhteydessä, jolloin kustannusvaikutus viemärisaneerauksen osalta jää huomattavasti pienemmäksi. Katuremontin yhteydessä kadun rakennekerroksia ja rakenteita puretaan pois joka tapauksessa. Kaivamalla tehtävä saneeraus on myös ainoa vaihtoehto, jos viemärissä todetaan painumia, sortumia tai tarvetta linjan kapasiteetin kasvattamiselle. Menetelmän etuna on

myös, että saadaan uutta viemärilinjaa sen kokoa pienentämättä sekä voidaan vaikuttaa viemärilinjan rakennekerroksiin sekä putken mahdollisiin linjaus- sekä liittymämuutoksiin.

2.3 Saneerausmenetelmän määrittäminen

Saneerausmenetelmän valinta tehdään yleensä kolmen pääratkaisumallin eli kaivamalla tehtävän uusimisen, muiden saneerausmenetelmien (esim. sujutuksien) tai näiden yhdistelmän välillä.

Päätekijät tai lähtötiedot saneerausmenetelmän valinnassa ovat:

- tekniset tekijät
- taloudelliset tekijät. (RIL 237-1-2010, 94.)

Tekniset tekijät

Teknisiä tekijöitä ovat painumisolosuhteet, sortumat, puhdistustarve sekä mahdollinen siirtyminen sekaviemäröinnistä erillisviemäröintiin. Saneeraustarpeen aiheutuessa pahoista painumista saneerattavassa linjassa on uusiminen kaivamalla käytännössä ainoa mahdollisuus. Painuman ollessa vähäistä eikä tilanteen pahentumista havaita, voidaan käyttää muitakin menetelmiä. Saneerattavan linjan ollessa syvällä pohjaveden pinnan alapuolella tai kaivuolosuhteiden muuten ollessa vaikeat, ei kaivamalla tehtävä saneeraus ole taloudellinen vaihtoehto. (RIL 237-1-2010, 95.)

Saneerattavan linjan ollessa sortunut on työ tehtävä kaivutyönä joko koko linjan tai pelkästään sortuneiden kohtien osalta. Muodonmuutoksen ollessa pientä on myös muiden menetelmien käyttö mahdollista. (RIL 237-1-2010, 95.)

Saneerattava linja täytyy lähes aina ennen työtä puhdistaa korkeapainehuuhtelulla. Viemärilinjan ollessa tutkitusti syöpynyt tai siinä on havaittu halkeamia, täytyy sen puhdistuksenkesto selvittää ennen työn aloittamista. Ulkopuolisen urakoitsijan osallistuessa työhön on vastuukysymykset varmistettava selvillä sopimuksilla. (RIL-1-2010, 95.)

Taloudelliset tekijät

Viemärisaneerauksen keskeisiä taloudellisia tekijöitä ovat tonttiliitosten määrä, olosuhteet johtokaivannossa, saneeraustyön kesto, kustannukset saneerauksen jälkeen, haitat ulkopuolisille sekä muut maarakennustyöt. Saneerausmenetelmien vertailussa tonttiliitosten määrä voi vaikuttaa kustannuksiin, erityisesti tonttiliittymien ollessa työteknisesti haastavia. Kaivamatta tehtävää saneerausta puoltaa hankalat kaivuolosuhteet johtokaivannossa. Saneerattavan linjan yläpuolella olevat putket, kaapelit, päällysteet, muurit tai muut rakenteet,

jotka joudutaan uusimaan tai siirtämään, tulee ottaa huomioon kustannusvertailussa. (RIL 237-1-2010, 96.)

Kokonaiskustannukset saneeraustyössä ovat pitkälti riippuvaisia ajasta joka työhön kuluu. Kaivamalla tehtävä saneeraus vie yleensä enemmän aikaa kuin sujuttamalla tehtävä työ, joka näkyy kustannuksissa. Saneerausmenetelmän valinnassa tulee huomioida välittömien kustannusten lisäksi myös kustannukset, jotka aiheutuvat vasta tulevaisuudessa. Kaivamalla toteutettavassa saneerauksessa ylläpitokustannukset ovat melko tarkkaan tiedossa. Todellinen taloudellinen käyttöikä ei ole kaikissa saneerausmenetelmissä tiedossa ja tulevat kunnossapitokustannukset voivat vaihdella eri saneerausmenetelmien välillä. (RIL 237-1-2010, 96.)

Saneerauksen suunnitellussa ulkopuoliset haitat ovat merkittävässä asemassa. Kaivamalla tehtävä saneeraus aiheuttaa varsinkin kaupunkialueella haittoja liikennejärjestelyissä. Myös maassa oleville putkille, kaapeleille ja johdoille voi aiheutua haittaa. (RIL 237-1-2010, 96.)

Viemärin saneeraus kaivamalla voi olla perusteltua, jos se tehdään muun putkille tai kaapeleille tehtävän saneerauksen tai uudisrakentamisen yhteydessä. Kaivaminen on myös usein edullinen vaihtoehto, jos kaivamista vaativia kohteita, kuten tonttiliittymiä on tiheässä. (RIL 237-1-2010, 97.)

Jos pelkästään kadun päällystettä tai yksittäistä kaapelia tai johtoa saneerattavan linjan yläpuolella ollaan uusimassa, kannattaa eri vaihtoehtoja miettiä tarkkaan saneeraustarpeen mukaan.

3 Sujutusmenetelmät

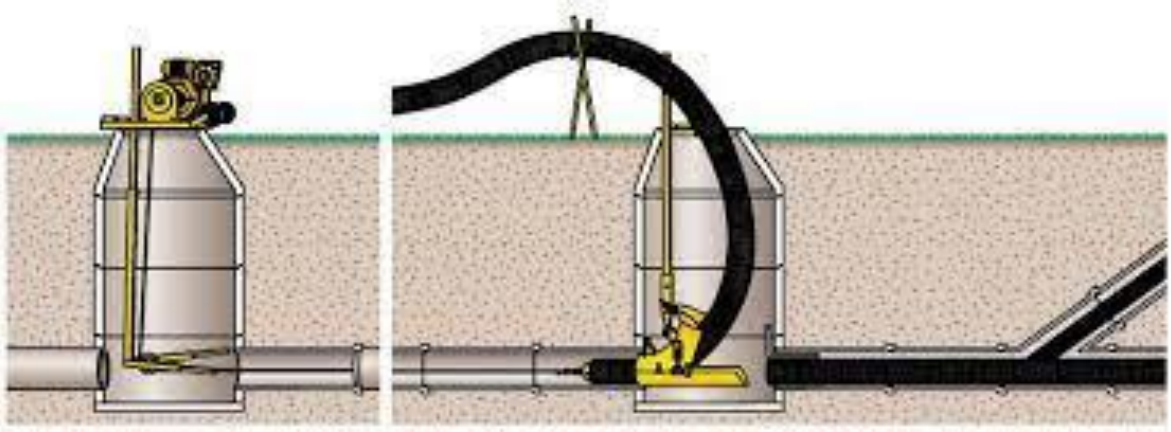
3.1 Putkisujutus

Putkisujutusmenetelmiä ovat pitkä- ja pätkäsujutus. Putkisujutus soveltuu lähes kaikkiin saneerauskohteisiin. Putkisujutus pienentää viemärin halkaisijaa.

Pitkäsujutus

Pitkäsujutus on putkisujutusmenetelmä, joka soveltuu kooltaan 100–300 mm paineettomien viemäriputkien saneerauksiin. Pitkäsujutus toteutetaan korrugoidulla eli aallotetulla muoviputkella. (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys).

Ennen työn aloitusta saneerattava linja puhdistetaan ja kuvataan. Menetelmässä viedään tarkastuskaivon kautta olemassa olevan viemärin sisään, halkaisijaltaan hieman pienempi putki. Putki viedään kaivojen välille tarkoitukseen soveltuvalla, kuvan 2 mukaisella vetolaitteella. Työn aikana täytyy usein järjestää ohipumppaus jätevedelle. Kuten muissakin ohipumppausta vaativissa menetelmissä, ohipumppaukseen voidaan käyttää imuautoa. Tässä menetelmässä tukitaan saneerattavaa linjaosuutta edeltävä tarkastuskaivon lähtöpää ja imetään sinne tuleva jätevesi imuautoon. Pidempiaikaiseen katkokseen voidaan käyttää ohipumppausmenetelmää, jossa imuauton sijasta käytetään lietepumppua. Lietepumpusta kulkee putki saneerattavan kaivovälin ohi seuraavaan kaivoon.



Kuva 2. Pitkäsujutusmenetelmä (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys)

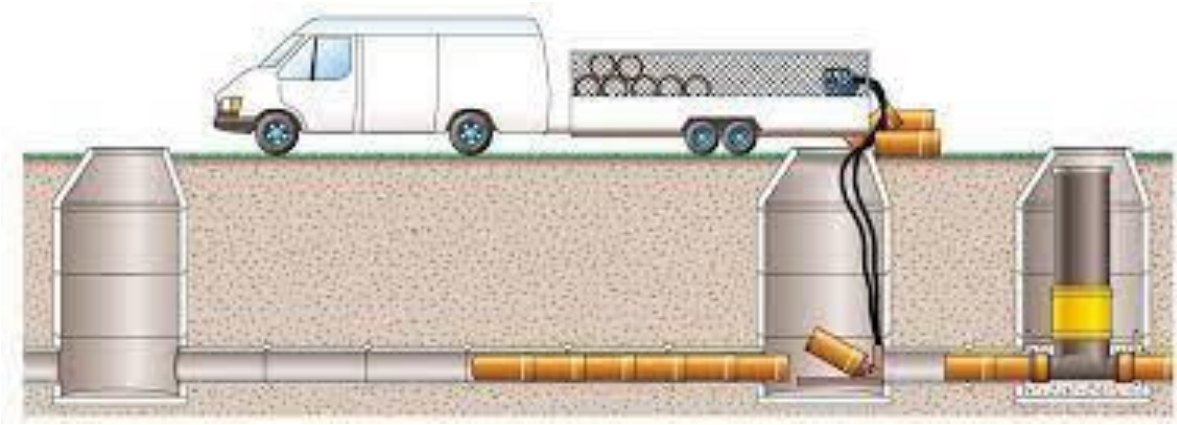
Toimenpiteen valmistuttua viimeistellään uusi viemärilinja katkaisemalla uuden viemärin putken päät määrämittaan sekä injektoidaan vanhan ja uuden putken välinen tila vaahtobetonilla. Tämän jälkeen linja kuvataan ja tehdään tiiveyskoe. Linjan ollessa kunnossa puretaan ohipumppausjärjestelyt.

Pitkäsujutus on erittäin hyvä vaihtoehto viemärisaneeraukseen sillä putkikoon pienentymisestä huolimatta virtausominaisuudet parantuvat verrattuna betoni- tai valurautaputkeen. Menetelmä on luotettava, yksinkertainen, nopea ja edullinen tapa tehdä viemäriverkostosaneeraus. (Lehtiniemi 2012.)

Pätkäsujutus

Pätkäsujutus on putkisujutusmenetelmä, jossa putkikooltaan 100–600 millimetrisen saneerattavan viemärilinjan kaivon kautta työnnetään halkaisijaltaan hieman sujutettavaa linjaa pienempiä, noin puolen metrin mittaisia putkia peräkkäin (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys). Menetelmä soveltuu hyvin kohteeseen, jossa ei ole mahdollista käyttää raskasta kalustoa tai jos linjassa on pieniä poikittaissiirtymiä. Menetelmän etuja ovat myös sen nopeus ja siisteys.

Ennen varsinaista sujutustyötä saneerattava linja puhdistetaan ja kuvataan. Pätkäsujutuksessa sujutettavat putkimoduulit työnnetään kuvien 3 ja 4 mukaisesti viemärilinjaan kyseiseen toimenpiteeseen tarkoitetulla työntölaitteella. Työntölaite asennettaan kaivoon, josta toimenpide tehdään. Ensimmäisen putkimoduuliin asennetaan kärkikappale, joka ohjailee moduulin pään saneerattavan linjan epätasaisuuksien ohi. Putkimoduuli työnnetään saneerattavaan viemäriin ja pidettään lukituslevyn avulla paikallaan. Sama toimenpide toistetaan aina seuraavan putkimoduulin kohdalla ja toimenpidettä jatketaan, kunnes päästään seuraavalle kaivolle. Aina seuraavaa putkimoduulia asennettaessa voidellaan edellisen putkimoduulin tiivisterengas bioöljyllä. (Lehtiniemi 2012.)



Kuva 3. Pätkäsujutusmenetelmä (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys)

Kuva 4. Pätkäsujutus toteutetaan kaivosta käsin (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys)

3.2 Staattinen pakkosujutus

Yleisin Suomessa käytetty pakkosujutusmenetelmä on staattinen pakkosujutus. Staattisessa pakkosujutuksessa työ aloittaan työntämällä vetotangot pakkosujutuskoneella olemassa olevaan linjaan. Vetotankojen saavutettua linjan toisen pään, tankoihin asennetaan vetoleikkuri, avarrin sekä asennettava putki. Tämän jälkeen pakkosujutuskone alkaa vetämään vetotankoja takaisin saneerattavaan linjaan, vetoleikkurin samanaikaisesti leikatessa vanhaa linjaa auki. Vetoleikkurin perässä oleva avarrin tiivistää materiaalin ympärilleen ja asennettava putki tulee avartimen muodostamaan tilaan. (Suomen alitustekniikka.)

Pakkosujutusmenetelmää käytettäessä ei ole tarvetta saneerattavan linjan kuvaamiselle tai huuhtelulle, koska linja rikotaan uuden linjan ympärille. Menetelmässä painumat tai sivuttaissiirtymät vanhassa linjassa eivät aiheuta haittaa. Menetelmä vaatii kaivannon alku- ja loppupäähän, koska menetelmään käytettävät koneet ja laitteet ovat liian suuria käytettäväksi kaivojen kautta. Työn aikana täytyy järjestää jätevesien ohipumppaus. (Kivivuori 2015.)

3.3 Muotoputkisujutus

Muotoputkisujutus aloitetaan viemärin huuhtelulla, puhdistuksella, kuivaamisella ja kuvauksella. Tämän jälkeen munuaisen muotoon, kuvan 5 mukaisesti tehtaalla laskostettu putki viedään kelalta yleensä esilämmitettynä, sujutettavan linjan sisään tarkastuskaivosta tai kaivannosta. Kun putki on paikoillaan, sitä lämmitetään höyryllä ja paineistetaan, jolloin putki, kuvan 6 mukaisesti palautuu pyöreään muotoonsa.

Kuva 5. Muotoputki ennen oikaisua (Sujutek Oy)

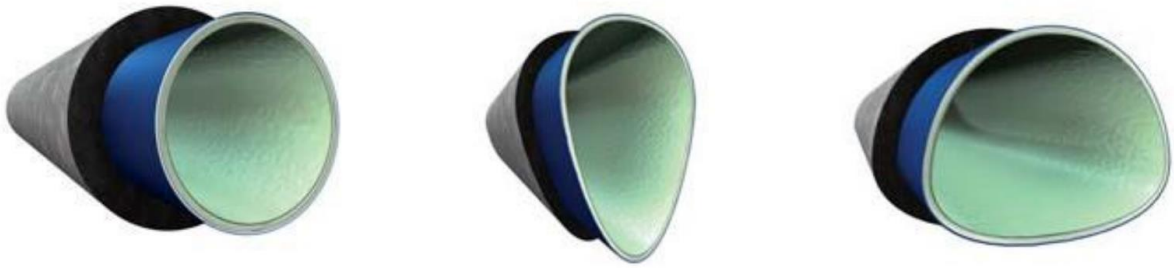
Kuva 6. Muotoputki palautuu pyöreään muotoon (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys)

Menetelmä soveltuu erityisen hyvin viettoviemäreille ja menetelmää käytettäessä ei ole haittaa putkikoon muutoksesta kaivovälillä. Laskostettu putki menee kuljetuksessa pienempään tilaan ja on helpompi sujuttaa saneerattavaan linjaan. Menetelmässä putkikoko pienenee vain muotoputken materiaalipaksuuden verran, joten virtausominaisuudet suhteessa betoniviemäriin kasvavat. Menetelmää käytettäessä täytyy työn ajaksi järjestää ohipumppaus jätevesille. (Renos Oy.)

3.4 Sukkasujutus

Sukkasujutusmenetelmässä saneerattavan linjan huuhtelun, puhdistuksen ja kuvaamisen jälkeen sujutetaan linjaan hartsilla kyllästetty polyesterihuovasta tai joustavasta polyesterikudoksesta tehty putki, joka muotoutuu saneerattavan linjan seinämiin veden tai paineilman avulla. Sujutuksen jälkeen sukka kovetetaan paikalleen lämmöllä tai uv-valolla. (Suomen ympäristökeskus.)

Menetelmä on nopea toteuttaa ja sopii, kuvan 7 tavoin eri muotoisille linjan poikkileikkauksille ja sujutettava sukka asettuu tiiviisti saneerattavaa linjaa vasten, joten putkikoko pienenee vain sukan paksuuden verran. Työn ajaksi on järjestettävä jätevesien ohipumppaus.



Kuva 7. Sukkasujutus sopii erilaisille poikkileikkauksille (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys)

3.5 Kuristussujutus

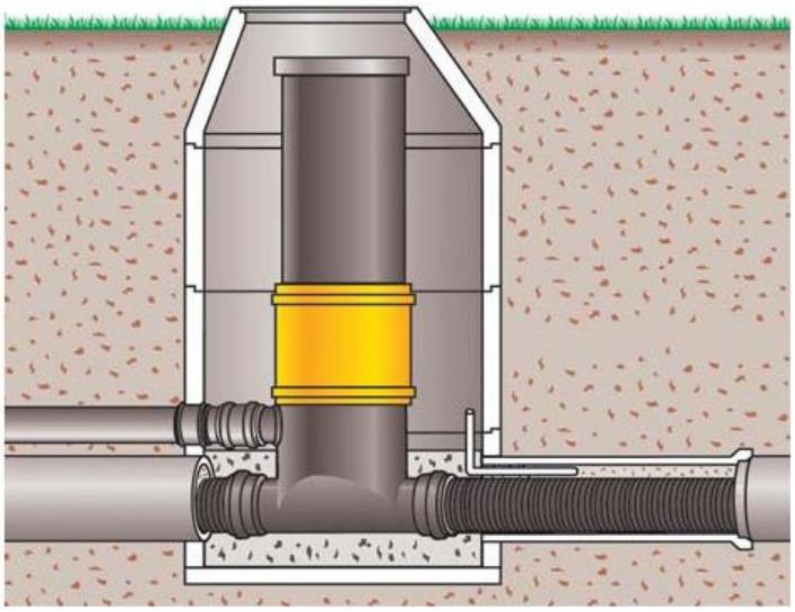
Kuristussujutus on Suomessa harvemmin käytetty menetelmä. Kuristussujutuksessa saneerattavan linjan huuhtelun, puhdistuksen ja kuvauksen jälkeen vedetään sinne kuristimen läpi yhtenäiseksi puskuhitsattua PE- putkea. Menetelmä vaatii aloitus- ja lopetuskaivannon.

Aloituskaivantoon sijoitetaan kuristin sekä saneerauksessa käytettävä putki ja lopetuskaivantoon sijoitetaan putken vetämiseen käytettävä vinssi, jolla putki vedetään kuristimen ja saneerattavan linjan läpi. Kuristimen läpi vedettäessä putki pienenee 8–12 % ja se palautuu alkuperäiseen kokoonsa noin vuorokaudessa. Menetelmää käytettäessä saneerattavan putken ja uuden putken väliin ei jää tyhjää tilaa, joten virtausominaisuudet ovat hyvät. Menetelmä soveltuu paineelliselle ja paineettomalle 150–900 mm viemärille. (Suomen ympäristökeskus.)

4 Kaivojen saneeraus

Korjauskaivo

Korjauskaivoratkaisussa vanhan betonisen kaivon sisään laitetaan, kuvan 8 mukaisesti pienempi muovinen korjauskaivo, johon tehdään taloliittymät kaivokohtaisesti.



Kuva 8. Korjauskaivo vanhan kaivon sisällä (Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys)

Jos vanhaa kaivoa ei tarvitse ympäriltä poistaa, on asennus nopeaa, koska kaivutyötä ei tarvitse tehdä. Mikäli päädytään ratkaisuun, jossa vanha kaivo puretaan ympäriltä kokonaan tai osittain, tulee huomioida, että muovikaivossa tulee olla kelluva kansirakenne. Korjauskaivo ratkaisussa kaivon koko pienenee hieman.

Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointimenetelmässä vanhan betonikaivon sisäpinta betonoidaan yhdellä tai useammalla kerroksella, siten että kerrosten yhteisvahvuus on noin 50 mm. Tarpeen vaatiessa voidaan lisätä myös teräsverkko vahvistamaan rakennetta. Menetelmä soveltuu viemärikaivojen ja pumppaamoiden saneeraukseen. (Renos Oy.)

5 Saneeraus kaivutyönä

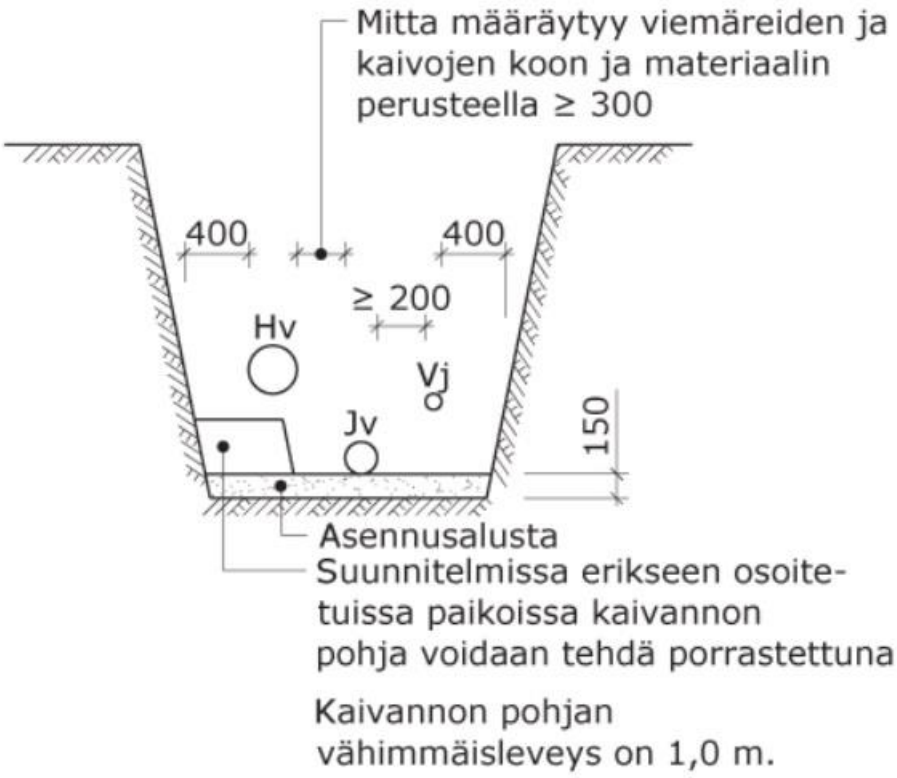
5.1 Kaivannon tekeminen

Kaivutyönä tehtävä saneeraus on perinteinen menetelmä, jossa saneerattava putkilinja kaivetaan esiin ja vaihdetaan uuteen. Vastaavasti voidaan myös kaivaa entisen linjan viereen uusi linja ja liittää vanhat tonttiliittymät uudessa linjassa oleviin tarkastuskaivoihin.

Kaivutyö aloitetaan poistamalla pinnoite, esimerkiksi asfaltti. Asfaltti täytyy lajitella erilleen ja toimittaa asfalttijätteen vastaanottopisteeseen. Varsinkin rakennetussa ympäristössä täytyy kaivutyössä noudattaa erityistä varovaisuutta, koska maahan on mahdollisesti sijoitettu erilaisia kaapeleita, putkia ja johtoja. Mikäli on tarvetta, kaivannossa olevia rakennekerroksia kannattaa hyödyntää ja lajitella mahdollista uusiokäyttöä varten.

Kaivannon luiskien liikkeitä tulee tarkkailla ja tarvittaessa mitata maan pinnan liikkeitä kaivannon läheisyydessä. Maan liikkeitä ja vetohalkeamia luiskan läheisyydessä havaitessa, täytyy luiskaa loiventaa ja kaivantoa täyttää. Havainnosta on aina ilmoitettava kaivannossa oleville ja työnjohdolle. (InfraRyl 16200.3.)

Putkikaivannon pohjan leveyden määrittävät tekijät ovat putkien ulkohalkaisija, putkien välinen etäisyys kaivannossa, sekä putkien ulkoreunan ja kaivannon seinämän välinen etäisyys. Mikäli kaivannossa työskennellään, tehdään kaivannon pohja vähintään yhden metrin levyiseksi. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat esitetään kuvassa 9. (InfraRYL 16210.3.)



Kuva 9. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (InfraRyl 16210: K1)

Kaivumassat, joita ei kaivannon täyttöön käytetä, kuljetetaan välittömästi pois. Jos kaivettua maa-ainesta käytetään täytössä, voi ne mahdollisuuksien mukaan läjittää kaivannon reunalle. Tällöin tulee huomioida läjitetyn maa-aineksen maanpaineesta johtuen, että läjitetty maa-aines on turvallisella etäisyydellä kaivannon reunasta, kuvan 9 taulukon mukaisesti. (InfraRyl 16200.3.)

Jos läjitys ei ole mahdollista, siirretään maa- aines kuorma-autolla tai muulla maansiirtoon soveltuvalla koneella läjitykseen sopivalle alueelle. Mikäli kaivannossa ei käytetä lankeamisen estämiseksi tuentaa, täytyy kaivannon reunat luiskata lankeamisen estämiseksi, kuvan 10 taulukon mukaisesti.

Syvyys/m	Maalaji	Maan lujuus	Luiska-kaltevuus	Kaivumaiden sijoitus
≤ 2,0	Pehmeä savi	c_{uk} = 10 kPa	1:3	≤ 1,0 m kerros, etäisyys [a] ≥ 8 m
≤ 2,0	Sitkeä savi	c_{uk} = 20 kPa	2:1	≤ 2,0 m kerros, etäisyys [a] ≥ 5 m
≤ 2,0	Löyhä hiekka, keskitiivis siltti	φ = 30°	1:2	Etäisyys [a] ≥ 4 m
≤ 2,0	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	φ = 34°	1:1,5	Etäisyys [a] ≥ 4 m
≤ 2,0	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	φ = 38°	1:1,25	Etäisyys [a] ≥ 4 m
2,0…3,0	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	φ = 34°	1:1,75	Etäisyys [a] ≥ 4 m
2,0…3,0	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	φ = 38°	1:1,5	Etäisyys [a] ≥ 4 m
[a] Tarkoittaa kaivumaiden etäisyyttä kaivannon luiskan yläreunasta				

Kuva 10. Luiskakaltevuudet ja maa-aineksien sijoitus eri maalajeissa (InfraRYL, 16200: T1)

Kuvassa 10 esitettyjä, ohjeellisia luiskakaltevuuksia voidaan käyttää seuraavin rajauksin:

- kaivusyvyys hienorakeisilla ja välimaalajeilla on alle 2,0 m tai karkearakeisilla alle 3,0 m
- maaparametrien määritys perustuu pohjatutkimustuloksiin
- kaivanto ei ulotu pohjavedenpinnan alapuolelle, eikä pohjanousun riskiä ole
- kaivannon vaikutusalueen sisällä ei ole rakenteita, jotka ovat siirtymälle herkkiä
- kaivannon reunalla saa olla enintään 200 kN:n työkone. (InfraRyl 16200.3.)

Pintavesien pääsy kaivantoon ulkopuolelta estetään esimerkiksi tekemällä kaivannolle niskaojat tai muotoilemalla kaivannon reunat. Kaivannon pohjan ja luiskien eroosiosuojaukseen täytyy kiinnittää huomiota, jos pinta- tai pohjavettä arvioidaan tulevan kaivantoon runsaasti. Ellei suunnitelma-asiakirjoissa ole muuta määrätty, kaivantoon kertyvä vesi pumpataan pois. (InfraRyl 16200.3.)

Kaivantoon mahdollisesti etukäteen tehtävä työnaikainen tai pysyvä pohjaveden alennus ja käytettävä menetelmä esitetään suunnitelma- asiakirjoissa. Yleensä pohjavettä joudutaan alentamaan ennen kaivutyön aloittamista, kaivannon lopullisen pohjan ollessa huomattavan paljon pohjaveden pinnan alapuolella tai hydraulisen murtuman vaaran ollessa olemassa. (InfraRyl 16200.3.)

Kaivannon ulottuessa pohjaveden pinnan alapuolelle voidaan kaivannon kuivana pito useimmiten tehdä suoraan kaivannosta pumppaamalla. Tämä edellyttää, että pohjamaa on hyvin koossapysyvää ja huonosti vettä läpäisevää, kuten savi tai tiivis pohjamoreeni. Pumppauskapasiteetin ollessa riittävä ja jos haitallisen eroosion tai hydraulisen murtuman vaaraa ei ole, voidaan myös karkeissa kitkamaissa pumpata suoraan kaivannosta. Kaivanto on täytettävä vedellä vähintään pohjaveden pinnan tasoon, pitempien työnaikaisten keskeytysten ajaksi. (InfraRyl 16200.3.)

Pumppauskuopat sekä veden valumaojat sijoitetaan riittävän syvinä rakennettavan rakenteen ulkopuolelle. Pumppauskuopat ovat suositeltavaa varustaa suojarenkailla. Pumppauskuoppien tai -kaivojen sijaitessa eroosioherkässä maalajissa on kuoppaan tehtävä suodatinkerros, jolla estetään maa-aineksen kulkeutuminen pumpattavan veden mukana. (InfraRyl 16200.3.)

Useimmissa tapauksissa kaivantoon tuleva vesi pyrkii löyhdyttämään ja syövyttämään luiskan alaosaa pumpattaessa vettä pois kaivannosta. Luiskan vakautta parantamaan sekä kaivannon pohjasta nousevan veden virtauspaineen ja pumpattavan veden määrän pienentämiseksi ympäröidään kaivanto tarvittaessa ponttiseinillä. Ponttiseinät ulotetaan vesimäärän rajoittamiseksi tiiviiseen, vettä läpäisemättömään tai vähän läpäisevään maakerrokseen, kuten pohjamoreeniin. (InfraRyl 16200.3.)

Eroosioherkissä maalajeissa, kuten siltti, eräät moreenit tai hienohiekka, tehdään kaivannon pohjalle perustamistason alapuolelle suodatinkerros. Suodatinkerroksen kautta vesi johdetaan pumppauskuoppiin tai -kaivoihin. Tällä estetään virtaavan veden aiheuttama kaivannon pohjan löyhtyminen. Suodatinkerroksen rakenteeseen vaikuttavat pohjamaan rakeisuus ja veden virtauspaine. (InfraRyl 16200.3.)

Pohjamaan ollessa rakeisuudeltaan hiekkaa hienompi, tehdään pohjalle suodatinkerros. Suodatinkerros koostuu N3 käyttöluokan suodatinkankaasta ja sen päälle levitettävästä 20–50 senttimetrin paksuisesta sora tai murskekerroksesta. (InfraRyl 16200.3.)

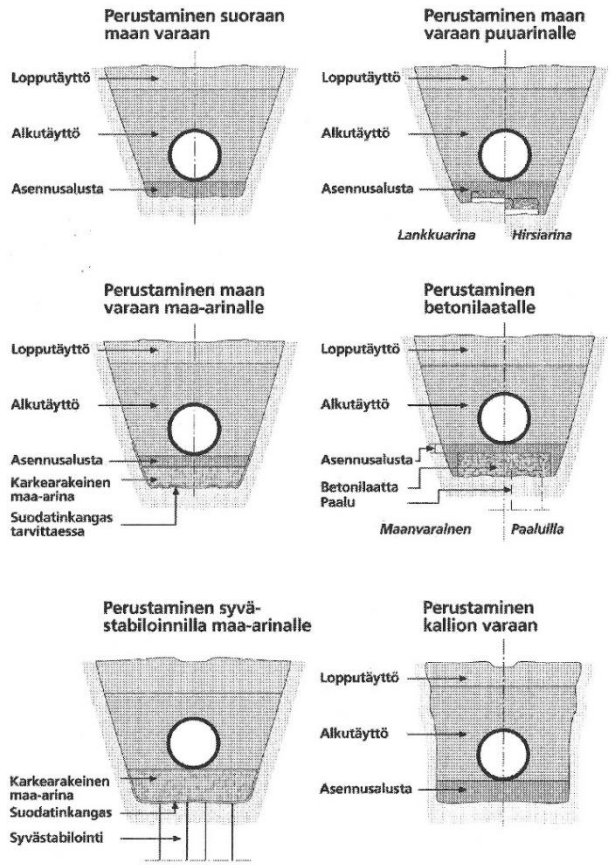
5.2 Putkien asennus ja alustavat työt

Perustusrakenteet

Putkien perustamisrakenteet ovat rakenteita, jotka tehdään asennusalustan alapuolelle. Jos päädytään ratkaisuun, jossa perustamisrakenteita ei tehdä, viemäriputket perustetaan perusmaan laadusta riippuen joko asennusalustan tai perusmaan varaan. (RIL 77–2005, 18.)

Hyvin kantavissa maaperissä putket perustetaan suoraan maanvaraisesti. Maapohjissa, joissa on huono kantavuus, putket perustetaan erilaisille arinarakenteille tai paalujen varaan. Perustamistapa määritellään aina tapauskohtaisesti rakennesuunnitelmissa. Kaivantoon asennetaan perusmaan päälle tarvittaessa suodatinkangas, jolla estetään perusmaan sekoittuminen arinarakenteen, asennusalustan tai alkutäytön materiaaleihin. (RIL 77–2005, 18.)

Materiaalina kiviainesarinassa käytetään soraa tai mursketta, kooltaan 0–32 mm. Kerrospaksuus määritellään rakennesuunnitelmissa (RIL 77-2005, 18). Kuvassa 11 esitetään eräitä periaatekuvia perustamistavoista.



Kuva 11. Putkien perustamismenetelmiä (RIL 77-2005, 19)

Asennusalusta

Massanvaihtotäytteen tai arinan päälle tehdään asennusalusta, jonka paksuus on 150 mm. Asennusalusta tehdään liikennealueiden ulkopuolella alle PN10 putkille ja liikennealueella kaikille putkille sorasta, hiekasta tai murskeesta tai suunnitelmissa mainitulla tavalla. (RIL 77-2005, 20.)

Käytettäessä asennusalustan materiaalina luonnonkiviainesta, määräytyy sen suurin sallittu raekoko (d_{max}), käytettävän putken halkaisijan (d_e) perusteella. 0–600 mm putken d_{max}=0,1d_e. Putken ulkohalkaisijan ollessa yli 600 mm, suurin sallittu raekoko on aina 60 mm (RIL 77-2005, 20.)

Asennusalustan materiaalina voidaan käyttää myös murskattua kiviainesta, jos putken ulkohalkaisija on vähintään 110 mm. Murskeen suurin sallittu raekoko on enintään 16 mm (RIL 77-2005, 20.)

Perustettaessa putki suoraan tasatun perusmaan päälle, tulee kaivutyö tehdä huolellisesti liikakaivua välttäen. Asennuspohjan tulee olla tasainen ja kivettömyys on varmistettava koko asennusalustan syvyydeltä. (RIL 77-2005, 20.)

Asennusalustan tiiveysasteen tulee proctor- kokeella tehtynä olla vähintään 90 %. Käytettäessä 100–200 kg painoista tärylevyä, saavutetaan vaadittu tiiveysaste normaalioloissa yleensä 4–6 ajokerralla. (RIL 77-2005, 21.)

Asentaminen

Asennustyössä noudatetaan putkien ja tarvikkeiden valmistajien ohjeita. Asennustyö aloitetaan tarkastamalla, että putket ja tarvikkeet ovat virheettömiä. Ennen asennusta putket puhdistetaan huolellisesti. Putket asennetaan tasatulle alustalle niin, että putki tukeutuu tasaisesti alustaan koko pituudeltaan. Muhveja varten tehdään syvennykset, jotta muhvi ei jää kantamaan putkea. Asennusta ei saa tehdä puukapuloiden tai vastaavien rakenteiden päälle. Asennustyön keskeytyessä suojataan putkien päät tiiviillä suojatulpilla. Veden pinta on asennustyön aikana pidettävä kaivannossa niin alhaalla että noste ei pääse liikuttelemaan asennettua putkea. (RIL 77-2005, 21.)

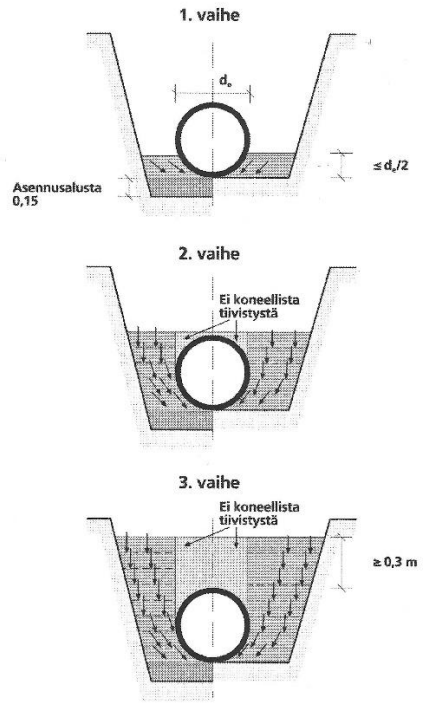
5.3 Täyttökerrokset

Alkutäyttö

Alkutäyttömateriaali on putken ympärille käytettävä materiaali. Alkutäyttö tehdään Yli 160 mm putkilla vähintään 300 mm yli putken yläpinnasta. Alle 160 mm putkilla voidaan käyttää pienempää täyttöä, mikäli suunnitelmissa on erikseen mainittu. Tässä tapauksessa täyttö tulee olla kuitenkin vähintään 150 mm putken yläpinnan yli. Alkutäyttömateriaalin vaatimukset ovat samat kuin asennusalustan materiaaleilla. (RIL 77-2005, 22.)

Alkutäyttömateriaali tulee pudottaa putken päälle varovasti ja mahdollisimman tasaisesti putken molemmille puolille, että putki ei vaurioidu tai siirry. Ensimmäinen täyttökerros ulotetaan korkeintaan putken halkaisijan puoleen väliin saakka. Ensimmäisessä vaiheessa materiaali levitetään kaivannossa lapiolla tai vastaavalla menetelmällä siten, että putki ei siirry paikaltaan eikä sen korko muutu. Putken nousemisen estämiseksi sitä täytyy painaa tai se on ankkuroitava työn aikana. (RIL 77-2005, 24.)

Putken päällä täytyy olla vähintään 300 mm paksuinen täyttökerros ennen koneellista tiivistämistä. Muita tiivistystapoja käytettäessä riittävä täytön paksuus on 150 mm putken yläpinnan yläpuolella. Alkutäytön vaiheet on esitetty kuvassa 12. (RIL 77-2005, 24.)



Kuva 12. Alkutäytön vaiheet (RIL 77-2005, 23)

Alkutäytön tiiveysasteen tulee olla proctor-kokeella mitattuna vähintään 90 %. Käytettäessä 100–200 kg painoista tärylevyä, saavutetaan vaadittu tiiveysaste normaalioloissa yleensä 4–6 ajokerralla, tiivistettäessä 15–20 cm:n paksuisissa kerroksissa. (RIL 77-2005, 24.)

Lopputäyttö

Liikennealueella sijaitsevasta kaivannosta kaivetun materiaalin ollessa tiivistämiskelpoista, käytetään sitä lopputäytössä. Muussa tapauksessa lopputäytössä käytetään routimisominaisuuksiltaan vastaavaa materiaalia. Osuuksilla, joissa sijaitsee päällysrakenteita, täytyy käyttää asianmukaisia rakennekerroksia vastaavia materiaaleja. (RIL 77-2005, 24.)

Putken laelta mitattuna, yhden metrin paksuisessa lopputäyttö kerroksessa lopputäyttömateriaali ei saa sisältää yli 300 mm suurempia kiviä tai lohkareita. Kivi tai lohkare lopputäyttömateriaalissa ei myöskään saa sijaita halkaisijaansa lähempänä putkea. Kivien tai lohkareiden suurin sallittu mitta lopputäytön yläosassa on 2/3 tiivistettävästä kerroksesta. (RIL 77-2005, 25.)

Liikennealueiden ulkopuolella voidaan lopputäyttömateriaalina yleensä käyttää kaivumaita. Vaatimukset raekoon suhteen ovat samat kuin liikennealueella. Lopputäytön tiiveysasteen tulee olla proctor-kokeella mitattuna vähintään 90 % tai kadun rakennekerrosta vastaava. Liikennealueiden ulkopuolella sijaitsevat lopputäytöt voidaan jättää tiivistämättä tai tiivistetään paikallisten olosuhteiden edellyttämälle tasolle. Täyttö tehdään sellaiselle tasolle, että se tiivistyessään myöhemmin asettuu suunniteltuun korkeuteen tai maanpinnan tasoon. (RIL 77-2005, 25.)

6 Kustannusvertailu

Kaivutyönä tehtävän saneerauksen kustannukset

Kaivutyönä tehtävässä työssä voi tulla kustannuksia yllättävien esteiden muodossa. Kaikkia maan alle tehtyjä rakenteita ei välttämättä ole dokumentoitu ja kustannusten tarkka arviointi voi olla vaikeaa.

Liitteessä 1 on kartta kohteesta, johon saneeraus on jo tehty sujutusmenetelmällä, havainnollistamaan kaivutyönä tehtävän saneerauksen kustannuksia. Kustannuslaskelmat eivät ole yleispäteviä, vaan kustannukset täytyy aina laskea tapauskohtaisesti.

Laskelmissa esitetyssä kohteessa saneerattavan viemärin pituus on 417 metriä ja linjassa on 13 tarkistuskaivoa, joihin on liitettynä 17 tonttiliittymää. Kaivannon keskimääräinen syvyys on kolme metriä ja viisteiden ollessa 1:1.5 on kaivannon tilavuus metrin matkalla yhdeksän kuutiota.

Liitteessä 2 esitetystä kustannusarviosta voidaan todeta, että kaivamalla toteutettavan viemäriverkostosaneerauksen kustannukset ovat yhteensä 166133 euroa. Kun kokonaiskustannus jaetaan saneerattavan linjan pituudella, saadaan saneerauksen metrihinnaksi 398,40 euroa.

Sujuttamalla tehtävän saneerauksen menekit

Pakkosujutusmenetelmää lukuun ottamatta kaikissa sujutusmenetelmissä täytyy ensimmäisenä tehdä viemärin pesu ja kuvaus. Sujutustyötä tekevät yritykset tarjoavat myös kokonaisvaltaista palvelua, johon kyseiset toimenpiteet kuuluvat.

Halvempi ja parempi ratkaisu tilaajan kannalta on, että tilaaja huolehtii itse tarvittavat kaivonkansien etsimisen ja pesun sekä kuvauksen. Kuvausraportit lähetetään sujutustyötä tekevälle yritykselle, jonka jälkeen tämä tekee tarvittavat suunnitelmat työhön liittyen.

Tarkastelussa olevan kohteen sujutusmenetelmänä oli pitkäsujutus. Saneerattavan linjan virtaamat olivat niin pieniä, että sujutustyö pystyttiin tekemään ilman ohipumppausta. Kuvassa 13 esitetään pitkäsujutuksena tehtävän viemäriverkostosaneerauksen kustannukset.

SUJUTTAMALLA TEHTÄVÄN SANEERAUKSEN KUSTANNUKSET			
Työvaihe	Menekki/yksikkö	Hinta €/yksikkö	Hinta €/yhteensä
Viemärin pesu+kuvaus	417m	5€/m	2085
Flexiputki-sujutus 200 SN8	417m	64.50€/m	26896,5
Tarkastuskaivo+asennus <2m	13kpl	1100€/kpl	14300
Lisäveloitus kaivosta >2m	10kpl	98€/m	980
Tonttiliitosten teko kaivoon	17kpl	65€/kpl	1105
		YHTEENSÄ	**45366,5**

Kuva 13. Pitkäsujutuksena tehdyn viemärisaneerauksen kustannukset

Kuvan 13 kustannuslaskelmasta voidaan päätellä, että pitkäsujutuksena toteutetun viemäriverkostosaneerauksen kustannukset ovat yhteensä 45366,50 euroa. Kun kokonaiskustannus jaetaan saneerattavan linjan pituudella, saadaan saneerauksen metrihinnaksi 108,80 euroa.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Suomessa on vesihuoltolaitosten ylläpitämiä viemäriverkostoja noin 50 000 kilometriä, josta 12 %, eli noin 6000 kilometriä on erittäin huonossa kunnossa. Vesihuoltoverkostojen saneerausta pitäisi tehdä 3 % verkostopituudesta vuosittain, seuraavan 10 vuoden ajan, että saneerausvelan kasvu saataisiin pysähtymään. Ilmastonmuutos aiheuttaa aiempaa rankempia vesisateita, mikä aiheuttaa ongelmia jäte-, ja hulevesiviemäreissä. Jätevesiviemäreissä tämä voi lisätä vuotovesien virtaaman jätevedenpuhdistamolle 2–3 kertaiseksi normaalitilanteeseen nähden. (Vesilaitosyhdistys, 2018.)

Opinnäytetyössä esiteltiin Suomessa yleisimmin käytössä olevia saneerausmenetelmiä, joissa kaikissa on omat hyvät ja huonot puolet. Kuten lopussa olevasta kustannusvertailusta selviää, on sujuttamalla tehtävä saneeraus taloudellinen vaihtoehto. Täytyy kuitenkin muistaa, että kyseinen kohde sijaitsee liikennöidyllä ja hankalasti kaivutyönä toteutettavalla alueella ja kustannusero supistuu mentäessä alueelle, jossa ei ole muuta infraa. Mielestäni kaikille saneeraustekniikoille löytyy oma kohteensa ja saneerausmenetelmän valinta tulisikin tehdä saneerattavan kohteen tarpeen mukaan. Tärkeää olisi kuitenkin saada pienennettyä Suomen vesihuoltoverkoston korjausvelkaa. Korjausvelan päästäminen kohtuuttomaksi aiheuttaa suurentuneita katkoksia vesihuollossa sekä suurentaa verkoston saneerauksen kustannuksia.

Liitteenä 2 olevassa kustannuslaskennassa käytin laskemiseen omaa tietoani sekä Rakennustöiden menekit 2020 kirjaa. Jokainen saneerauskohde on erilainen ja jokainen täytyy laskea erikseen kohteen tarpeiden mukaan. Liitteenä olevaa kustannuslaskelmaa voi kuitenkin käyttää suuntaa antavana laskelmana etenkin työmenekkien osalta. Sujutustyön osalta käytin tarjouspyyntöihin perustuvaa hintatietoa.

Olen työskennellyt maarakentamisen alalla 8 vuotta ja vuosittain useampi kohde on liittynyt juuri vesihuoltorakentamiseen. Opinnäytetyötä tehdessäni sain paljon lisätietoa, varsinkin sujuttamalla tehtävästä verkostosaneerauksesta, joka oli itselleni hieman vieraampi aihealue.

Lähteet

InfraRYL. 16200.3. 2021. Maakaivantojen tekeminen. Rakennustieto.

InfraRYL. 16210.3. 2021. Putki- ja johtokaivantojen tekeminen. Rakennustieto.

Kivivuori, T.2015. Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus kaivamatta. Viitattu 21.6.2022. Saatavissa https://www.theseus.fi/handle/10024/90161

Lehtiniemi,T. 2012. Vesihuoltolinjojen saneeraus. Viitattu 12.6.2022. Saatavissa https://www.theseus.fi/handle/10024/41655

Renos Oy. Rayliner- muotoputkisujutus. Viitattu 24.6.2022. Saatavissa https://renos.fi/menetelmat/muotoputkisujutus/

RIL 77-2005. Maahan ja veteen asennettavat kestomuoviputket. Asennusohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 237-1-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Sujutek Oy. Muotoputkisujutus. Viitattu 21.6.2022. Saatavissa http://sujutek.fi/

Suomen alitustekniikka. 2022. Pakkosujutus. Viitattu 21.6.2022. Saatavissa https://alitustekniikka.fi/pakkosujutus/

Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys ry. Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät. Viitattu 12.6.2022. Saatavissa http://www.fistt.net

Suomen ympäristökeskuksen raportteja. 2017. Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) viemäriverkostojen suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa. Viitattu 24.6.2022. Saatavissa https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/188598/SYKEra_17_2017.pdf?sequence=1

Vesilaitosyhdistys. 2018. Tilannekuva verkostojen saneerausvelasta. Viitattu 29.7.2022. Saatavissa https://www.vesiyhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/11/Verkostojen_saneerausvelka_Sepp%C3%A4l%C3%A4.pdf

Liite 1. Kartta saneeratusta kohteesta

Liite 2. Kaivutyönä tehtävän viemärisaneerauksen kustannusarvio

KAIVUTYÖNÄ TEHTÄVÄN VIEMÄRISANEERAUKSEN KUSTANNUKSET							
KONETYÖT							
Työvaihe	Konelaji	Menekki/h	Menekki yht.	Työtunnit	Työvuorot	Hinta €/h	Hinta € yht.
Asfaltin poisto ja kuormaus	kkH	4,4m3/h	105m3	24	3	88	2112
Aukikaivu	kkH	42m3/h	4880m3	116,2	14,5	88	10225,6
Alustäyttö	kkH	0,052h/m3	759m3	39,5	4,9	88	3476
Rakennekerroksien täyttö	kkH	0,049h/m3	4121m3	201,9	25,2	88	17767,2
Valopylväiden poisto ja asennus	kkH	3h/kpl	12kpl	36	4,5	88	3168
Asennuksia avustavat työt	kkH			20	2,5	88	1760
Lopettavat työt	kkH			16	2	88	1408
			YHTEENSÄ	453,6	56,6		39916,8
Asfaltin poisajo	KA	4,4m3/h	105m3	24	3	88	2112
Kaivumaiden poiskuljetus	KA	42m3/h	4880m3	116,2	14,5	88	10225,6
Maa-ainesten kuljetus täyttöön	KA	0,429tth/kuorma*	407 kuormaa	174,6	21,8	88	15364,8
Lopettavat työt	KA			8	1	88	704
		* kuorma= 12m3	YHTEENSÄ	322,8	40,3		28406,4
HENKILÖTYÖT							
Työvaihe	Työntekijät kpl	tth/yksikkö	Menekki yht.	tth yht.	Työvuorot	Hinta €/h	Hinta € yht.
Liikennejärjestelyt ja aitaus	2			16	2	90	1440
Aukikaivu/perämies	1			116,2	14,5	45	5229
Alustäyttö ja tiivistys	1	0,052tth/m3	759m3	39,5	4,9	45	1777,5
Viemäriputkien asennus	2	0,2tth/jm	417m	83,4	5,2	90	7506
Kaivojen asennus	2	1,3tth/kpl	13kpl	16,9	1,1	90	1521
Rakennekerroksien täyttö ja tiiv.	1	0,049tth/m3	4121m3	201,9	25,2	45	9085,5
Valopylväiden poisto ja asennus	1	3tth/kpl	12kpl	36	4,5	45	1620
Reunakiven asennus, liimattava	2	0,19tth/jm	417m	79,2	5	90	7128
Lopettavat työt	1			16	2	45	720
			YHTEENSÄ	605,1	64,4		36027
						TYÖT YHT.	104350,2
MATERIAALIKUSTANNUKSET							
Materiaali	Menekki/yksikkö	Hinta €/yksikkö	Hinta € yht.				
Kivituhka 0-4	759m3	5,5	4174,5				
Murske 0-31	765m3	7,5	5737,5				
Asfaltointi	2085m2	16	33360				
Viemäriputki SN8 200/6000	70kpl	120	8400				
Tarkistuskaivo 400/200	13kpl	550	7150				
Liimattava reunakivi 1000x130x80	420kpl	7,05	2961				
		MATERIAALIT YHT.	**61783**				
				MATERIAALIT JA TYÖT YHTEENSÄ			***166133,2***