

Teemu Perlinen

# VESIHUOLTO-OPAS, VESIHUOLTO- SANEERAUSURAKOINTIIN

Opinnäytetyö

Talotekniikka

Insinööri amk

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Teemu Perlinen
Työn nimi	Vesihuolto-opas, vesihuoltosaneeraus urakointiin
Toimeksiantaja	Destia Oy, maa- ja kalliopalvelut
Vuosi	2021
Sivut	53 sivua
Työn ohjaaja	Tero Lahikainen

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä luotiin opas vesihuoltosaneerausurakointiin niille, joille kokemus aiheesta on vähäistä. Opas keskittyy puhtaasti vesihuoltoon, eikä ota suuremmin kantaa maanrakennukseen tai urakointiin, jotka ovat vesihuoltosaneeraukseen liittyviä toteutusmenetelmiä.

Vesihuolto on tärkeä kunnallistekninen palvelu, jonka tehtävänä on tuottaa ja jakaa laadukasta talousvettä sekä viemäröidä ja puhdistaa jätevettä. Kunnallista vesihuoltoa löytyy ympäri Suomen, ja 4,5 miljoonaa suomalaista käyttää päivittäin kunnallisen vesihuollon palveluita. Puhdasta talousvettä jakavat ja jätevesiä johtavat verkostot ovat ikääntyneitä ja suuressa saneeraustarpeessa. Saneeraustarvetta määritellään verkoston vuotavuuden, iän, putkikoon ja putkimateriaalien avulla. Verkostojen korkea ikä itsessään korreloi vahvasti vuotavuuteen ja riskialttiisiin materiaaleihin.

Ennen kun saneerausta käydään suorittamaan, on tärkeää tuntee vesihuollon perustoimintaperiaatteet ja yleisimmät osat sekä valikoida toimivin saneerausmenetelmä. Saneerausmenetelmät jaetaan kahteen pääryhmään, jotka ovat auki kaivaen ja kaivamattomat menetelmät. Itse töitä suorittaessa on ehdottoman tärkeää huomioida tarvittava hygienia ja väliaikaisen vesihuollon toimivuus. Opinnäytetyön raportissa esitellään lopuksi esimerkkityömaa ja käydään läpi tyypillinen vesihuoltosaneeraus, jossa aikaisemmin mainittu teoria tuodaan esille käytännön tasolla. Esimerkkityömaan tarkoitus raportissa on todistaa teoriatieto relevantiksi, eikä se sisälly sellaisenaan itse vesihuolto-oppaaseen.

Lopputuloksena syntyi laaja ytimekkäästi etenevä opas vesihuollosta, joka on käytännössä samaa tekstiä opinnäytetyöraportin kanssa. Opas kertoo tärkeimmät tiedot, joita vesihuollosta tulee tietää, kun vesihuoltosaneerausta käydään suorittamaan.

**Asiasanat:** Vesihuolto, Saneeraus, Saneerausmenetelmät, Opas



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Teemu Perlinen
Thesis title	Water supply guide
Commissioned by	Destia Oy, maa- ja kalliopalvelut
Time	May 2021
Pages	53 pages,
Supervisor	Tero Lahikainen

## ABSTACT

In this thesis creates a guide to water supply renovation, for people who have only a little experience on the water supply.

Water supply is an important service and it consists of water production and distribution as well drainage and wastewater treatment. About 90% of Finns use municipal water supply services. Water supply networks like water pipes and sewers are quite old and the need for renovation are big. The need for renovation defined by the network leakage, age, pipe size and pipe materials.

Before starting the renovation is important to know the basic principles to water supply and choose the most effective renovation method. Renovation methods are divided into two groups, open digging and non-digging methods. All of the theories presented earlier are reviewed trough an example site.

The end result was a clear and concise guide to water supply. The guide is generally consistent whit the thesis report.

**Keywords:** Water supply, Renovation, Renovation methods, Guide

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	VESIHUOLTO .....	8
2.1	Puhdasvesi.....	8
2.1.1	Veden tuotanto .....	8
2.1.2	Vesijohtoverkosto .....	9
2.2	Jätevesi.....	10
3	OLEMASSA OLEVA VESIHUOLTO.....	12
3.1	Saneeraustarve.....	12
3.1.1	Vuotavuus .....	13
3.1.2	Rakentamisvuosi, halkaisija ja materiaali .....	14
3.2	Vesijohtomateriaalit ja vauriot .....	15
3.2.1	Metallit .....	15
3.2.2	Muovit.....	16
3.2.3	Sementtipohjaiset ja asbestisementtiputket.....	18
3.3	Veden ja maaperän vaikutus .....	18
3.4	Viemärimateriaalit ja vauriot .....	19
3.5	Hulevesi ja sekaviemäröinti.....	20
4	VERKOSTOTYYPIT, VESIHUOLTOVARUSTEET JA OSAT .....	21
4.1	Verkostotyypit.....	21
4.2	Padotuskorkeus.....	22
4.3	Venttiilit, ilmanpoisto, palo- ja huuhtelupostit ja pumppaamot .....	23
4.4	Sähköhitsaus toleranssi- ja viemäriosat .....	26
5	SANEERAUSMENETELMÄT .....	29
5.1	Auki kaivaen.....	29
5.2	Kaivamattomat menetelmät.....	29
5.2.1	Sujutukset.....	30
5.2.2	Suuntaporaus .....	33

6	SANEERAUSURAKKA .....	34
6.1	Olemassa olevan vesihuollon tunteminen .....	34
6.2	Väliaikainen vesihuolto.....	35
6.3	Hygienia .....	36
6.4	Esimerkkityömaa .....	37
6.4.1	Piirrosmerkit .....	38
6.4.2	Työnkulku .....	41
6.4.3	Painekoe, desinfiointi, vesinäyte ja viemärikuvaus.....	44
6.5	Muuttajat ja huomiot.....	45
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	47
7.1	Lopputulos.....	47
7.2	Jatkokehitysideat.....	48
7.3	Lähdekriittisyys.....	49
	LÄHTEET .....	51

## TERMEJÄ

Aktiiviliete = bakteereja sisältävä liete

Alkaliteetti = veden hapon sitomiskyky

Alkalointi = happaman veden pH-arvoa nostetaan emäksisemmäksi

DN = putkikoko, joka kertoo putken sisähalkaisijan millimetreissä

Ferrisulfaatti = epäorgaaninen ioni yhdiste.

Fosfori = jäteveden sisältämä helposti rehevöittävä alkuaine

Kiintoaine = kiinteässä olomuodossa oleva aine

kPa = kilopascal on paineen yksikkö.

Muhvi = kahden putken välinen liitoskappale

Orgaaninen aine = eloperäinen aines, joka on syntynyt elävistä eliöistä

pH = asteikko, joka ilmaisee veden happamuutta, 1 = hapan 14 = emäksinen

Rikkihappo = voimakkaasti syövyttävä happo

Saostaminen = kemiallinen erotusmenetelmä

Selkeytys = altaassa olevasta vedestä laskeutuu hiukkasia altaan pohjalle

Viettoviemäri = vesi virtaa kaltevassa putkessa painovoimaisesti

Välppäys = ensimmäinen karkea siivilöinti/suodattaminen

## 1 JOHDANTO

Vesihuollon saneeraustarve Suomessa on tällä hetkellä suurimmillaan. Vesihuollon rakentaminen Suomessa on ollut kiivaimmillaan 1960–1970-lukujen aikaan, joten vesihuollon niin sanotut suuret ikäluokat ovat ikänsä puolesta elinkaarensa päässä.

Vesihuoltoon liittyvät työt ovat sekoitus maanrakennusta ja putkitöitä. Varsinaista ammattia kyseisiin töihin ei ole, ja vesihuoltoon liittyvissä töissä työskentelee pääasiassa maanrakennus- ja putki/LVI-alan ammattilaisia. Vesihuollon saneerausurakointiin valikoituu usein juuri maanrakennukseen keskittynyt yritys, koska työt vaativat valmiutta ja kalustoa suurehkoihin maanrakennustöihin. Itse vesihuoltoon liittyvät putkityöt ovat puolestaan taas hyvin lähellä perinteisiä LVI-alan putkitöitä. Etenkin työnjohtopuoli koostuu maanrakennusyrityksessä luonnollisesti juuri maanrakennusalan ammattilaisista, eikä tietous vesihuollosta ole aina riittävällä tasolla. Kirjoittajan omien havaintojen ja keskusteluiden perusteella tämä on yksi ongelma, jonka ratkaiseminen sujuvoitaisi vesihuollon saneerausurakointia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena luoda opas vesihuollosta vesihuolto-saneerausurakointiin. Tilaajana työssä on Destia Oy, joka on suuri maanrakennusinfraan keskittynyt yritys, joka enenemissä määrin tekee myös vesihuoltoon liittyviä töitä. Näin ollen näkökulmana oppaassa tulee olemaan puhtaasti vesihuoltoon liittyvät asiat ilman suurempaa kannanottoa maanrakennukseen ja urakointiin. Opas luodaan pääasiassa vähäistä kokemusta vesihuollosta omaavien työnjohtajien käyttöön, jotka pystyvät oppaan avulla saamaan hyvän tuen vesihuoltosaneerausurakan läpi vientiin.

Oppaan teoria perustuu vahvasti aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, tutkimuksiin sekä lakeihin ja asetuksiin. Tarvittavan teorian tiedon valikointi pohjautuu suurilta osin kirjoittajan omiin kokemuksiin ja huomioihin vastaavista vesihuoltosaneerausurakoista.

## **2 VESIHUOLTO**

Vesihuolto on tärkeä kunnallistekninen palvelu, jonka tehtävänä on tuottaa ja jakaa laadukasta talousvettä sekä viemäroidä ja puhdistaa jätevettä. Suomen jokaisen kaupungin alueella on oma vesihuoltolaitos, joka vastaa alueensa vesihuollon toimivuudesta. Nämä vesihuoltolaitokset toimittavat tällä hetkellä talousvettä noin 4,5 miljoonalle suomalaiselle, mikä tarkoittaa noin 90 % osuutta maamme koko väestöstä. Vesihuoltolaitokset ovat pääosin alueensa kaupunkien tai kuntien omistuksessa, ja niiden tarkoituksena ei ole tuottaa rahaa omistajilleen. Kunnallista vesihuoltoa löytyy siis ympäri maan haja-asutusseutuja lukuun ottamatta, joissa huolehditaan itse oman talousveden tuotannosta ja jätevesien hoidosta. Vesihuollon yleistä toimintaa Suomessa säätelee vesihuoltolaki. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020.)

### **2.1 Puhdasvesi**

Puhdasvesi eli talousvesi on sitä vettä, jota juomme ja saamme hanoista jokaisena vuorokauden aikana ympäri vuoden. Suomessa talousveden laatua seurataan tarkasti, eikä talousvedessä saa lainsäädännön mukaan olla mitään aineita tai eliöitä, jotka aiheuttaisivat terveydellistä haittaa veden käyttäjälle. Sosiaali- ja terveysministeriö laatii asetukset talousveden laadulle, ja kuntien terveydensuojeluviranomaiset valvovat alueensa talousveden laatua esimerkiksi säännöllisillä vesinäytteillä. Suomessa vesihuoltolaitoksien toimittama talousvesi on laadultaan erittäin hyvää ja turvallista käyttää. Keskiarvallisesti suomalaiset käyttävät 155 litraa vuorokaudessa puhdasta talousvettä, joka kuuluu ruokaan, juomiseen, peseytymiseen, vessassa käyntiin sekä pyykkien ja astioiden pesuun. (THL 2020.)

#### **2.1.1 Veden tuotanto**

Veden matka kuluttajalle alkaa veden tuotantolaitokselta, joka on yksi osa vesihuoltolaitoksen toimintaa. Vedentuotannon niin sanottu raakavesi on paikkakunnasta riippuen joko pohjavettä, pintavettä tai tekopohjavettä. Raakavesi ei itsessään täysin täytä talousveden laatumerkkejä, joten veden tuotantolaitoksella raakavesi käsitellään talousvedeksi.



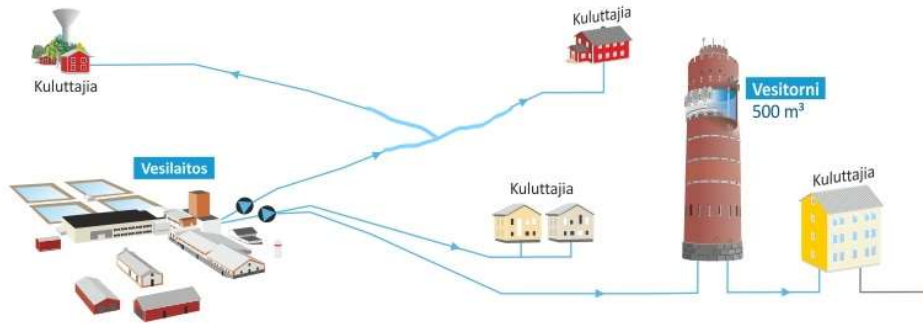
Pohjavettä on käytännössä kaikki maan pinnan alla oleva vesi. Pohjavesilaitosten tavallisimmat käsittelymenetelmät ovat seuraavat pH:n nosto eli alkalointi, raudan ja mangaanin poisto sekä desinfiointi. pH-arvon noston ja desinfiointin merkitystä käsitellään tarkemmin tulevissa kappaleissa.

Pintavedellä tarkoitetaan maanpäällä olevia vesistöjä, kuten järviä, lampia ja jokia. Pintaveden käsittely on hieman pohjavettä monivaiheisempi. Raakavedelle suoritetaan välppäys/siivilöinti, saostus, hämmennys, selkeytys, suodatus, pH:n nosto ja desinfiointi.

Tekopohjavesilaitoksella menettely on lopulta sama kuin pohjavesilaitoksella, mutta vesi on alun perin pumpattu pintavetenä ja sen jälkeen imeytetty teko-pohjavedeksi. Imeytys tehdään imeyttämällä vesi esimerkiksi soraharjun läpi, jolloin maaperä suodattaa vedestä mikrobeja sekä humusainetta. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry. 2012, 8 - 19.)

### **2.1.2 Vesijohtoverkosto**

Vesijohtoverkosto on se osa vesihuoltoa, jonka saneerausta tämä opinnäyte-työ käsittelee viemäriverkoston lisäksi. Vesijohtoverkosto on jakeluverkosto, joka käsittää kaikki vesijohdot vedentuotantolaitokselta veden käyttäjälle. Vesijohtojen lisäksi verkostoista löytyy muun muassa vesitorneja, sulkuventtiilejä, paineenkorotuspumppuja ja virtausmittareita. Vesitornit ovat nykyisin pääasiassa vesisäiliöitä, joskin ne myös ylläpitävät verkoston painetta alkuperäisen käyttötarkoituksensa mukaan. Sulkuventtiileillä saadaan katkaistua vesi tarvittavalta alueelta esimerkiksi korjaustöiden ajaksi. Paineenkorotuspumppuja tarvitaan luomaan ja ylläpitämään tarvittavaa veden painetta pitkässä verkossa. Virtausmittarit vesijohtoverkossa yleistyvät koko ajan, ja niiden avulla seurataan veden kulutusta eri verkoston osissa ja päästään mahdollisten suurien vuotojen jäljille helposti. Kuvassa 1 esitetty veden kulku veden tuotantolaitokselta kuluttajalle. (Vesilaitosyhdistys 2020; Suomen Vesilaitosyhdistys ry. 2012, 28 - 30.)



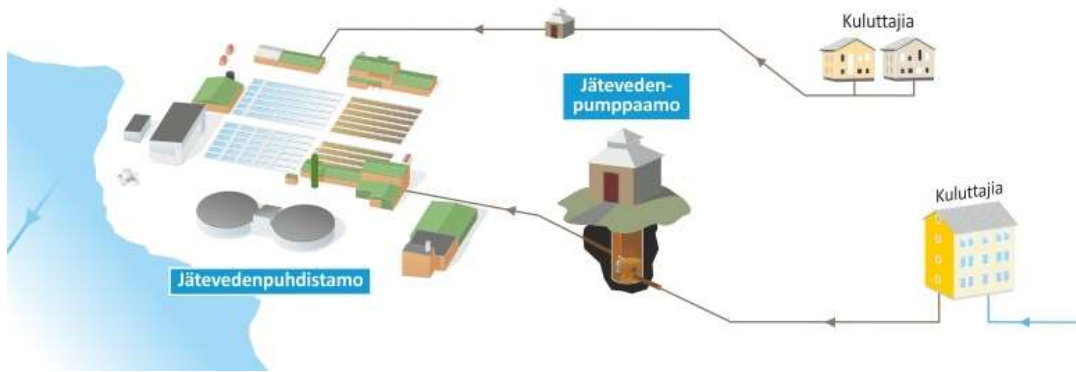
Kuva 1. Veden kulku tuotantolaitokselta kuluttajalle (Vaasan Vesi 2021)

Kuvassa 1 raakavesi tuotetaan vesilaitoksella talousvedeksi ja kuljetetaan sinisellä piirrettyä vesijohtoverkosta pitkin kuluttajalle. Matkan varrella on paineenkorotuspumppuja, (musta ympyrä ja sininen kolmio) ja vesitorneja.

## 2.2 Jätevesi

Jätevesien kohdalla vesihuollon tehtävä on ohjata kuluttajilta syntyvät jätevedet jätevesiviemäriverkosta pitkin jätevedenpuhdistamolla ja huolehtia jätevesien puhdistuksesta. Puhdistettu jätevesi lasketaan ympäristöön, ja veden luonnollinen kiertokulku jatkuu.

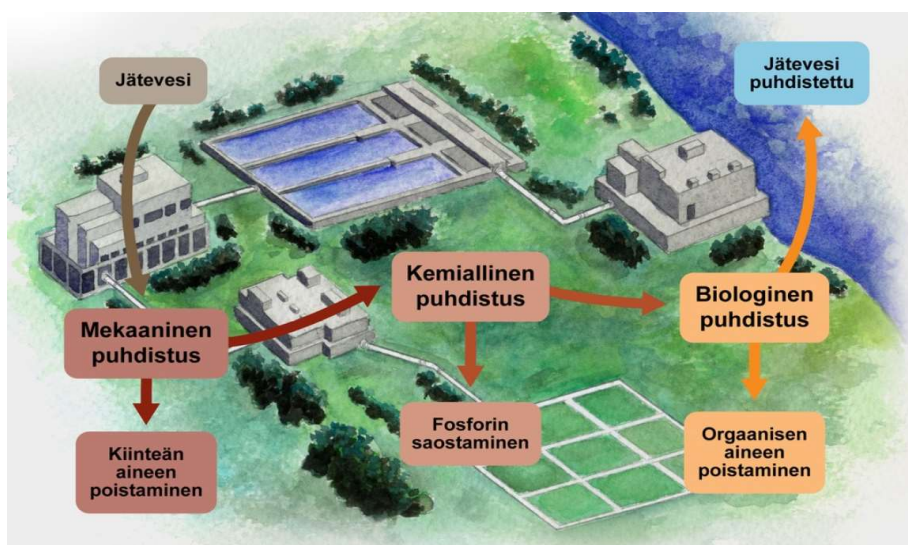
Jätevesiviemäriverkosto kulkee lähes poikkeuksetta vierekkäin vesijohtoverkoston kanssa ja luo näin yhtenäisen vesihuoltoverkoston. Jätevesiviemäriverkosto koostuu viemäriputkista, tarkastuskaivoista ja jätevesipumppaamoista. Jätevesiviemäriverkosto toimii suurilta osin viettoviemäriperiaatteella, mutta pumppaamoiden avulla toimivia paineviemäreitäkin löytyy, esimerkiksi pitkiltä siirtolinjoilta. Pitkiä siirtolinjoja ei ole järkevää tai edes mahdollista toteuttaa viettoviemäriperiaatteella pitkän matkan ja vaihtelevan maaston vuoksi. Kuvassa 2 esitetty jäteveden kulku kuluttajalta jätevesiviemäriä pitkin jätevedenpuhdistamolle ja sieltä puhdistettuna luontoon.



Kuva 2. Jäteveden kulku (Vaasan Vesi 2021)

Kuvassa 2 kuluttajien tuottama jätevesi matkaa ruskealla viivalla piirrettyä jätevesiverkostoa pitkin jätevedenpuhdistamolle. Verkostossa on kaksi jätevedenpumppaamo.

Jäteveden puhdistus koostuu normaalisti kolmesta eri vaiheesta, jotka ovat mekaaninen, kemiallinen ja biologinen. Mekaanisessa vaiheessa jätevedestä erotellaan kiintoaineet. Kemiallisessa vaiheessa saostetaan jäteveden sisältämä fosfori pois lisäämällä kemikaaleja, kuten ferrisulfaattia ja kalkkia. Biologisessa vaiheessa puhdistus suoritetaan ilmausaltaassa, jossa kasvatetaan aktiivilietettä. Jälkiselkeytsaltaissa puhdistetusta jätevedestä laskeutuu orgaaniset aineet ja ravinteita sisältävä biomassa altaan pohjalle. Tämän jälkeen puhdistettu jätevesi voidaan johtaa ympäristöön. Kuvassa 3 esitetty jäteveden puhdistusprosessi. (Kymen Vesi Oy 2020.)



Kuva 3. Jätevedenpuhdistus (Kotiranta 2020)

Kuvassa 3 jätevesi saapuu jätevesiviemäriä pitkin ensin mekaaniseen puhdistukseen, jossa suurimmat kiinteät aineet poistetaan. Mekaanisesti puhdistettu jätevesi matkaa kemialliseen puhdistukseen, jossa jätevedestä saostetaan fosforia. Tämän jälkeen jätevedelle tehdään vielä biologinen puhdistus orgaanisten aineiden poistamiseksi ja tämän jälkeen puhdistettu jätevesi voidaan laskea esimerkiksi vesistöön.

### **3 OLEMASSA OLEVA VESIHUOLTO**

Suomessa vesihuollon rakentaminen on ollut kiivaimmillaan 1960–1970-lukujen aikaan, eli vesihuollon niin sanotut suuret ikäluokat alkavat olla ikänsä puolesta elinkaarensa päässä. Tällä hetkellä Suomen vesihuoltoverkosto käsittää kokonaispituudeltaan noin 100 000 km vesijohtoverkoston ja noin 50 000 km jätevesiviemäriverkoston. Yli 40 vuoden iän saavuttaneita vesijohtoja oli vuonna 2016 noin 30 % verkoston kokonaispituudesta ja viemäriverkostolla samainen luku oli noin 40 % verkoston kokonaispituudesta. Vanhimmat verkostot löytyvät usein suurten kaupunkien keskustoista, ja siellä verkostojen ikä voi olla jopa yli 100 vuotta. Uutta vesijohtoverkoston syntyy tällä hetkellä vajaa 2000 km vuodessa ja viemäriverkoston vajaa 1000 km vuodessa. (Sweco Ympäristö Oy 2017, 2; VTT 2013, 5.)

#### **3.1 Saneeraustarve**

Vesihuoltoverkostojen saneeraustarve on nyt 2020-luvun taitteessa suuressa nousupiikissä 1960–1970-lukujen kiivaan rakentamisen vuoksi. Suomessa vesihuoltoverkostojen saneerausinvestointitaso on tällä hetkellä noin 300 miljoonaa euroa vuodessa. VTT:n vuonna 2013 tekemän vesihuollon kunnon- ja arvon määrittäminen tutkimusraportin mukaan saneerausinvestointitaso oli tuolloin noin 120 miljoonaa euroa vuodessa, eli nousua on tapahtunut peräti 200 miljoonaa euroa. Vuosien 2020–2030 välillä saneerausinvestointitason pitäisi pysyä noin 250 miljoonan euron vuositasolla ja kokea tämän jälkeen mahdollisesti uusi nousupiikki. Saneerausinvestointitasojen ennustaminen perustuu vahvasti verkostojen ikään, ja kun asiaa katsotaan taaksepäin, on vesihuoltoverkostojen ikä korreloinut saneerausinvestointeihin. (Vesilaitosyhdistys 2020; VTT 2013, 6.)

Vesijohto- ja viemäriverkostojen ikä ei kuitenkaan yksinään ole riittävä indikaattori verkoston saneeraustarpeesta. Vesijohtoverkoston saneeraustarvetta määritellään verkoston vuotavuuden, rakentamisvuoden, putkien halkaisijan ja materiaalin mukaan. Jätevesiviemäriverkoston kohdalla pätevät samat kriteerit, lisättyinä että myös viemäriputken lähellä olevat vesistöt, suot ja ojat otetaan tarkemmin huomioon, koska luonnonvesillä on mahdollisuus vuotaa paineettoman huonokuntoisen jätevesiviemäriin sisään. (Sweco Ympäristö Oy 2017, 11.)

### 3.1.1 Vuotavuus

Verkoston vuotavuus on tärkein indikaattori saneeraus- ja korjaustarpeesta. Sweco ympäristö Oy on vuonna 2017 yhdessä Varsinais-Suomen vesihuoltolaitoksien kanssa luonut työkalun nimeltä vesihuollon saneeraustarpeen selvittäminen. Vesijohtoverkoston vuotavuudelle työkalu antaa 35 % painotuksen ja jätevedelle 25 % painotuksen saneeraustarpeen määrittelyssä. Vesihuoltolaitoksilla seurataan tarkasti laskuttamattoman veden määrää, joka kertoo, kuinka suuri osuus verkostoon tuotetusta vedestä vuotaa maaperään tai käytetään kunnan toimesta esimerkiksi nurmi-alueiden kasteluihin ilman, että vesi virtaa minkään vesimittarin lävitse. Puhekielessä käytetään usein termiä vuotovesiprosentti, jossa on kuntakohtaisia eroja, kuinka tarkasti juuri esimerkiksi kasteluvesien määrää valvotaan ja kuinka suuri osa on oikeasti verkostosta vuotavaa vettä? Vuodot ovat kuitenkin suuressa verkostossa aina se suurin tekijä vuotovesiprosentin muodostumisessa, joten sitä voidaan pitää hyvänä mittarina vuotavuudelle. Taulukon 1 mukaisesti hyvänä vuotovesiprosentti arvona pidetään 10 %, mutta tuon saavuttaminen on todella vaikeaa, jolloin toimenpiderajana pidetään yleisesti noin 20-25 % Mikäli pelkän vuotovesiprosentin perusteella vuotavien verkosto-alueiden paikantaminen olisi mahdollista, voitaisiin saneerauskohteet priorisoida ainoastaan vuotavuuden perusteella.

Taulukko 1. Vuotovesiprosentit

Vuotovesiprosentti 0-10 %	Erinomainen/hyvä
Vuotovesiprosentti 20-25 %	Toimenpideraja
Vuotovesiprosentti 30< %	Kiireellinen saneeraustarve

Taulukon 1 mukaisesti vuotovesiprocentin ollessa 0-10 % tilanne on erinomainen tai hyvä. Toimenpiderajalla ollaan, kun verkoston vuotovesiprocentti on 20-15 % välillä ja saneeraustarve on kiireellinen, kun vuotovesiprocentti ylittää 30 % rajan. (VTT 2013, 7.)

Vuotavien alueiden paikantamisen avuksi vesihuoltolaitoksilla on verkostoisissaan enenemissä määrin virtausmittauksia, joilla seurataan pienempien verkoston alueiden veden kulutusta. Reaaliaikaista dataa jakavista virtausmittareista huomaa helposti, jos alueen vedenkulutus nousee merkittävästi tai jos kulutus ei yö aikana pienene. Pidemmällä aikavälillä kulutusta voidaan verrata myös alueen kiinteistöiden vesimittarilukemiin. Vuotoääniloggerit on toinen yleistynyt vuotokohtien paikantamista helpottava laite. Vuotoääniloggerien toiminta perustuu äänien kuuntelemiseen, joita se tallentaa verkostosta yöaikaan. Poikkeavat äänet vuotoääniloggeri tulkitsee vuodoksi. Kehittyvän teknologian ansioista vuotavuuden merkitystä saneeraustarpeen määrittelyssä voidaan nostaa koko ajan enemmän. (VTT 2013, 7 - 11.)

Jätevesiviemäreissä vuotojen löytäminen on selvästi vesijohtovuotoja vaikeampaa. Yleisimmin viemäreiden kuntoa määritellään putken sisältä suorite-  
tuilla TV-kuvauksilla ja savukokeilla. TV-kuvauksessa viemäriin lasketaan kamera, joka kuvaa viemäriä normaalisti yhden tarkastuskaivovälin kerralla. TV-kuvaus on toimiva tapa määritellä viemäriin kuntoa.

Savukokeessa jätevesiviemäriin lasketaan vaarataonta savua, joka indikoi mahdollisia vuotokohtia, jos savua nousee esimerkiksi maan läpi tai kaivon kansien välistä. Kaivon kansien ei tulisi merkittävästi vuotaa, jotta jätevesiviemäriin ei pääsisi sadevesiä. (VTT 2013, 15 - 17.)

### **3.1.2 Rakentamisvuosi, halkaisija ja materiaali**

Vuotavuuden lisääntyessä tietyllä alueella voidaan käydä selvittämään saneeraustarvetta myös rakentamisvuoden, putkikokojen ja materiaalien perusteella.

Kuten jo aiemmin on tullut esille, verkoston rakentamisvuosi eli ikä ei ole suora peruste saneeraustarpeelle. Sweco ympäristö Oy:n työkalu antaa vesijohtoverkoston rakentamisvuodelle 35 % painotuksen ja jätevesiviemäriverkostolle 25 % painotuksen saneeraustarvetta määrittäessä. Verkoston iän ollessa 0 vuotta pisteitä tulee 0, ja täydet pisteet tulevat, kun ikä on 60 vuotta tai enemmän. Näitä prosenttiosuuksia voidaan pitää oikein pätevänä verkoston iän merkityksestä saneeraustarpeeseen.

Putken halkaisija on sinänsä merkittävä tekijä, että suuret putket ovat poikkeuksetta päävesijohtoja ja -jätevesiviemäreitä. Tällöin mahdolliset putkikirot, tukkeutumat tai sortumat vaikuttavat suurelle alueelle kerralla. Näin ollen päälinjojen kunnossapito on myös kriittisempää. Sweco ympäristö Oy:n työkalun painotukset vesijohtolle ovat 15 % ja jätevedelle 10%. Verkoston halkaisijaltaan suurin putki saa täydet 10 % ja verkoston pienin 0 %

Putkimateriaalien kestävyys on hyvin paljon kiinni ympäröivästä maaperästä, johon tutustutaan edempänä tarkemmin. Vesijohtojen kohdalla metalliset kuten valurauta- ja teräspanputket ovat riskialttiimpia korroosio-ongelmiensa vuoksi ja muoveissa ongelmia tuottavat halkeamat. Jätevesiviemäreissä betonisten viemärien kohdalla törmätään usein sortumiin ja juurakoiden kasvuun putken sisään. Yleisesti muovisia vesijohtoja ja jätevesiviemäreitä pidetään kestävimpinä ja saneeraustarvetta pienentävänä tekijänä. (Sweco ympäristö Oy 2017, 11 - 13.)

## **3.2 Vesijohtomateriaalit ja vauriot**

### **3.2.1 Metallit**

Metalliset vesijohtot, kuten valurauta ja teräs, olivat käytetyimmät materiaalit 1900-luvun alusta aina 1970–1980-lukujen taitteeseen asti. Tämä tarkoittaa, että saneerattavat kohteet koostuvat lähivuosina vielä pääosin valuraudasta ja teräksestä.

Harmaata valurautaa, eli suomugrafiittiraudasta valmistettuja vesijohtoja käytettiin paljon 1980-luvulle asti. Harmaan valuraudan tunnistaa suuresta putken seinämäpaksuudesta, ja putki saattaa usein olla pinnoitettu bitumilla. Harmaa

valurauta on hyvin kovaa, eikä se kestä kovin hyvin ulkoisia iskuja tai mekaanista kuormitusta. Yleisimmät vauriot harmaissa valurautaputkissa ovat normaalisti syöpymiä tai syöpymien ja mekaanisen rasituksen yhteisvaikutuksesta syntyviä pitkittäisiä ja poikittaisia halkeamia. Mekaanista rasitusta aiheutuu pääasiassa ympäröivän maaperän elämisen ja routimisen vuoksi, jotka aiheuttavat taivutuskuormitusta putkeen. Myös lämpötilaerot veden ja maan välillä saavat aikaan taivutuskuormia lämpölaajenemisen vuoksi. Valurautaisten putkien liitokset on tehty lyijyllä, ja liitokset ovat vuotoriski, jos putki pääsee liikkumaan. (Williams 2019 3 - 9; Kekki ym. 2008, 41 - 47.)

Pallografiittiraudasta valmistetut SG-valurautaputket erottaa harmaasta valuraudasta valmistetuista putkista, ohuemmasta seinämävahvuudesta sekä sementtilaastipinnoitteesta putken sisällä. SG-putkien vahvuus on se, että ne kestävät mekaanista rasitusta harmaata valurautaa paremmin. Syöpymisnopeus molemmissa putkissa on samankaltainen, mutta ohuempi seinämävahvuus saattaa lyhentää putken ikää harmaaseen valurautaan verrattuna. SG-putkia on käytetty 1900-luvun puolivälistä eteenpäin ja käytetään harvakseltaan edelleen. Kuvassa 4 nykyisin käytettävää SG-putkea. (Kekki ym. 2008, 47 - 50.)



Kuva 4. Pallografiittiraudasta valmistettu SG-putki (Siik 2015)

Teräsputkien sesonkia oli aivan 1900-luvun alku, ja niiden käytöstä on luovuttu lähes kokonaan. Teräsputkien käyttö oli yleistä etenkin suurilla siirtolinjoilla. Tyypillisimpiä vaurioita teräsputkissa on yleinen korroosio sisä- ja ulkopinnalla sekä piste-/kuoppakorroosio. (Kekki ym. 2008, 50 - 53.)

### 3.2.2 Muovit

Erinäisiä muoviputkia on käytetty vesijohtoina noin 60 vuotta, eli saneeraustarpeessa olevia muovisia vesijohtoja löytyy kasvavissa määrin. Muovi on tänä päivänä pääasiallinen materiaali vesijohdoissa.



Polyvinyylikloridista valmistetut PVC-putket olivat ensimmäisiä 1970–1980-luvulla käytettyjä muovisia vesijohtoja. PVC-muovi on hyvin kovaa ja helposti halkeavaa putkimateriaalina. Yleisin vauriotyyppi PVC-muoviputkissa on pituussuuntainen halkeama. Halkeamat syntyvät helposti maaperän muutoksien, putkea painavan kivenvuoksi, paineiskujen tai jälkiliitosten asennuksista. Yleisin vauriosyy PVC-muoviputkille Suomessa on putken lähetyvillä tehty kaivuutyö. PVC-muovinen putki ei haljetakseen tarvitse fyysistä kosketusta kaivutöissä vaan pelkkä putkea ympäröivän maaperän kaivaminen voi aiheuttaa halkeaman. PVC-muoviputkien käyttö vesijohtona on lopetettu. (Kekki ym. 2008, 101 - 102.)

Polyeteenistä valmistetut PE-putket, PEL, PEM, PEH ovat käytetyimmät muovimateriaalit, ja niitä käytetään edelleen. PE-muoviputket ovat PVC-muoviputkia selvästi pehmeämpää muovia, ja seinämävahvuus niissä on suurempi. PE-merkinnän perässä olevat kirjaimet L, M ja H ilmaisevat materiaalin tiheyden ja sitä kautta jäykkyyden. Mitä korkeampi tiheys, sitä jäykempää materiaalista tehty putki on. Käytännössä, mitä suurempi putkikoko, sen tiheämpää materiaalia käytetään. Yleisimmät vauriotyypit polyeteeniputkissa ovat hitaasti syntyvät haurasmurtumat. Haurasmurtumia edesauttaa putkeen tullut pieni särö joko ulko- tai sisäpinnalle. Yleisesti PEL-, PEM- ja PEH-putkia voidaan pitää luotettavimpina putkimateriaaleina. Taulukossa 2 PE-putkien tiheyksiä ja kuvassa 5 PE-muoviputkea. (Kekki ym. 2008, 96 - 98.)

Taulukko 2. PE-materiaalit

Lyhenne/nimitys	PE-materiaali	Tiheys
PEL	low density = alhainen tiheys	910-930 kg/m <sup>3</sup>
PEM	medium density = keskitiheyksinen	930-940 kg/m <sup>3</sup>
PEH	high density = korkea tiheys	940-970 kg/m <sup>3</sup>

Taulukossa 2 esitetty PE-materiaaleista käytettävät lyhenteet/nimitykset, mitä lyhenne tarkoittaa ja mikä on materiaalin tiheys kg/m<sup>3</sup>



Kuva 5. PE-muoviputki (Siik 2015)

Kuvan 5 PE-muoviputki on PEH-muovia. Putken päällä oleva sininen kuori ilmaisee putken olevan vesijohtokäyttöön tarkoitettua. Paineviemäreihin tarkoitettussa PE-muoviputkessa kuori on väriltään ruskea. Suojakuori tulee poistaa putken päältä kohdasta, johon asennetaan jokin liitin.

### 3.2.3 Sementtipohjaiset ja asbestisementtiputket

Sementtipohjaiset materiaalit ovat hyvin harvinaisia vesijohtomateriaalina, mutta niitä saattaa löytyä yksittäisiä linjoja yleensä harvemmin asutuilta alueilta. Asbestisementtiputket ovat yleisin sementtipohjainen materiaali, ja niiden käytöstä on luovuttu 1980-luvulla. Asbesti on todettu vakavia terveyshaittoja aiheuttavaksi aineeksi, ja sen kanssa työskentelyyn vaaditaan asbestinpurkupätevyys. (Kekki ym. 2008, 78.)

Betoni on todella huokoinen materiaali ja siksi huono vesijohtomateriaaliksi. Yleisimmät vauriot sementtipohjaisissa putkissa on kemialliset prosessit, joissa sementti liukenee. Liukenemista tapahtuu putken ulko- että sisäpinnoilta, kun vedestä ja maaperästä betonin sisään pääsee aineita, jotka heikentävät materiaalin kestävyttä. (Kekki ym. 2008, 78 - 80.)

### 3.3 Veden ja maaperän vaikutus

Etenkin metallisten putkien syöpyms- /korroosioherkkyyteen vaikuttaa veden ja ympäröivän maaperänlaatu. Veden syövyttävyyttä lisäävät veden pH:n, kovuuden ja alkaliteetin pieneneminen sekä vapaan hiilidioksidin, kloridien ja sulfaattien kasvaminen. Merkittävin tekijä näiden hallinnassa on tuottaa verkostoon sopivan pH-arvon omaavaa vettä. Sopiva pH-arvo on noin 7,5 - 8,5 välillä eli hieman emäksisen puolella. (Kekki ym. 2008, 20; Sweco Oy 2017, 19.)

Maaperänlaatu on merkittävä tekijä putken ulkopuolisen korroosion syntymisessä. Yleisen korroosion välttämiseksi parasta maa-ainesta on kuiva hiekka-moreeni ja huonoimpana voidaan pitää savea ja merenpohjasavea. Kosteassa maaperässä kloridi- ja sulfaattipitoisuudet nousevat merkittävästi, ja nämä lisäävät metallien korroosioherkkyyttä. Myös hienorakeiset eloperäiset maalajit ja tuhka voivat olla todella syövyttäviä. (Kekki ym. 2008, 29.)

### **3.4 Viemärimateriaalit ja vauriot**

Jätevesiviemäreissä betoni ja muovi ovat käytetyimmät materiaalit. Betoni oli käytetyin viemärimateriaali aina 1980-luvulle asti, minkä jälkeen PVC-muovi on muuttunut yleisimmäksi materiaaliksi. Betonisia jätevesiviemäreitä käytetään nykypäivänä todella harvoin.

Betonisissa jätevesiviemäreissä jäteveden sisältämät suuret rikkivetypitoisuudet aiheuttavat betonin korroosioita ja haurastumista. Kosteassa viemärissä elävät bakteerit hapettavat rikkivedyn rikkihapoksi, joka yhdessä betonin sisältämän kalsiumin kanssa muodostaa putken pinnalle korrodoituvan kerroksen. Betoniviemärin haurastuminen aiheuttaa viemäriin sortumia ja sitä kautta tukkeutumia. Myös maanperässä kasvavat juurakot saattavat päästä pitkällä aikavälillä betoniviemäristä läpi ja aiheuttaa tukkeutumia. (Petrov ym. 2017, 107 - 110.)

Muovi on vesijohtojen tapaan toimivin materiaali myös jätevesiviemäreissä. Ongelmat muovisissa jätevesiviemäreissä liittyvät normaalisti asennuksessa tehtyihin virheisiin, kuten virheelliset liitokset tai huonosti tehdyt putkikaivannon pohjat. Huonosti tehdyt putkikaivannon pohjat saattavat aiheuttaa painautumia ja muuttaa viettoviemärin kaatoa. Hyvän putkikaivannon asennusalusta, putken sivut ja selkä on täytetty sekä tiivistetty riittävällä määrällä laadukasta mursketta. Paineviemäreissä käytetään vesijohtojen tapaan PE-muoviputkia, jonka erottaa vesijohdosta, putken kyljessä olevan ruskean viivan tai putken päällä olevasta ruskeasta suojakuoresta. Suuria heikkouksia ei muovisista jätevesiviemäreistä ole ainakaan vielä löydetty. Kuvassa 6 yleisesti käytettävä PVC-viemäriputkea. (Kekki ym. 2008, 100 - 101; Sweco Oy 2017, 15.)



Kuva 6. PVC-viemäriputki (Siik 2015)

Kuvan 6 PVC-viemäriputki on yleisin viemäriputkimateriaali. Putken toisessa päässä on muhvi, jonka avulla putki voidaan helposti liittää toiseen samanlaiseen.

### 3.5 Hulevesi ja sekaviemäröinti

Hulevesi on yhteisnimitys maanpinnalle kerääntyvistä sade- ja sulamisvesistä. Sekaviemäröinnistä puhutaan silloin, kun hulevedet johdetaan yhteiseen viemäriin jäteveden kanssa. Sekaviemäröinti on yleistä vanhoilla verkoston alueilla, ja sen hyötynä on ollut, että runsaat hulevedet ovat huuhdelleet viemäriverkostoa erinäisistä kiintoaineista.

Toimivassa jätevesiviemärissä kiintoaineiden kerääntyminen ja huuhtelun tarve pitäisi kuitenkin olla olematonta. Suomessa yleistyneet rankkasateet aiheuttavat sekaviemäröinnissä jätevesiverkoston ylikuormittumista ja näin lisäävät merkittävästi viemäriin ylitulvimisriskiä. Myös jäteveden puhdistuslaitokset ylikuormittuvat rankkasateiden aikana, jos jätevesiviemäri kuljettaa mukanaan suuria määriä hulevettä. Sekaviemäröinnistä on luovuttu näiden syiden vuoksi, ja nykyisin hulevedelle rakennetaan oma hulevesiviemäriverkosto. (Kuntaliitto 2012, 6 - 10.)

Hulevesilinjojen pääasiallinen rakennusmateriaalin on nykyisin, nimenomaan hulevedelle tarkoitettu polypropeenista valmistetut kaksikerrosputket. Hulevesilinjat ovat halkaisijaltaan usein suuria, joten putken rakenteeseen kohdistuu suuri mekaaninen rasitus. Kaksikerrosputket ovat toimivia juuri erinomaisen kestäväytensä vuoksi. Kuvassa 7 Uponorin hulevesille tarkoitettua IQ-putkea.



Kuva 7. Hulevesilinjoissa käytettävä IQ-putki (Uponor 2021)

Kuvan 7 hulevesiputken tunnistaa helposti putken ulkopuolen ”kurtuista” eli vahvistusrenkaista. Putkessa on valmis muhvipää, joka sujuvoittaa asennustyötä. (Uponor 2021.)

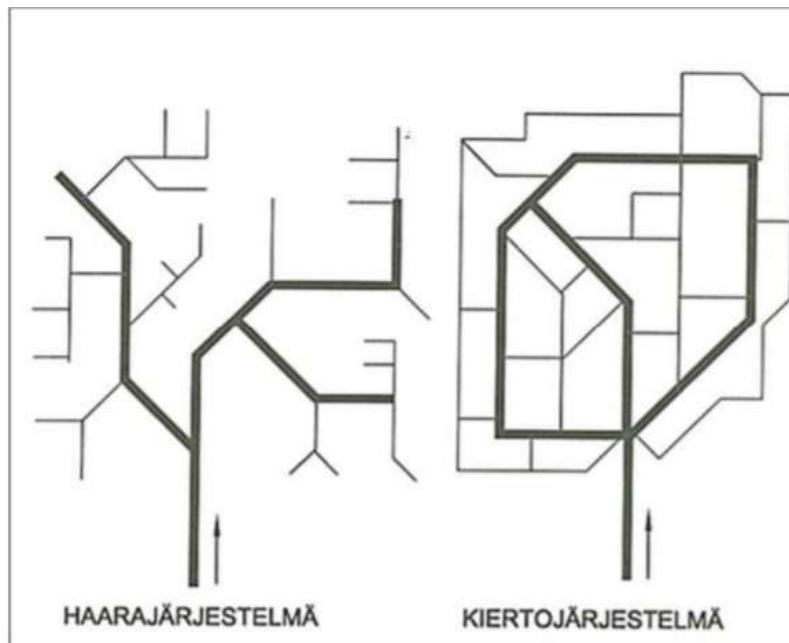
## 4 VERKOSTOTYYPIT, VESIHUOLTOVARUSTEET JA OSAT

### 4.1 Verkostotyypit

Vesijohtoverkosto koostuu aina päävesijohdoista, jakelujohdoista ja tonttijohdoista, samalla kun viemäriverkosto koostuu pääviemäreistä, kokoojaviemäreistä ja tonttiviemäreistä. Päävesijohdot ovat suuria siirtolinjoja, jotka kuljettavat vettä tuotantolaitokselta käyttöalueille. Pääviemärit puolestaan kuljettavat jätevettä käyttöalueilta jätevedenpuhdistamolle. Käyttöalueet taas koostuvat jakelujohdoista ja kokoojaviemäreistä. Jakelujohdot ja kokoojaviemärit kulkevat normaalisti katuja mukaillen, ja näihin linjoihin liitetään kiinteistöiden tonttijohdot ja tonttiviemärit.

Jakelujohdot ja kokoojaviemärit jakaantuvat usein kahteen erilaiseen verkostotyyppiin, jotka ovat haara- tai kiertojärjestelmä. Pääsääntöisesti vesihuollossa pyritään käyttämään kiertojärjestelmää, koska se turvaa veden kulun kahdesta suunnasta. Tämä mahdollistaa pienemmän putkikoon käytön ja pienentää vesikatkoaluetta, esimerkiksi korjaustöitä tehdessä. Kiertojärjestelmässä vesi pysyy jatkuvassa liikkeessä. Tämä taas ylläpitää veden laatua ja pienentää huomattavasti jäätymisriskiä kovilla pakkasilla. Haarajärjestelmää käytetään normaalisti harvemmin asutuilla alueilla. Sen ongelmana on oikeastaan kaikki kiertovesijärjestelmän hyvien puolien puuttuminen. Verkoston joka osa on saman putken perässä, jolloin tarvitaan suurempaa putkikokoa ja mahdolliset vesikatkot vaikuttavat suurelle alueelle. Ongelmana on myös, että verkoston perälle kerääntyy putkista mahdollisesti irtoavaa likaa ja se huonontaa näin vedenlaatua verkoston perällä. Kovilla pakkasilla myös jäätymisriski on

suurempi, kun vesi ei ole jatkuvassa liikkeessä. Kuvassa 8 esitetty esimerkki-kuva haara- ja kiertojärjestelmästä. (Myllylä 2012, 13-17.)



Kuva 8. Yleisimmät verkostotyypit ovat haara- ja kiertojärjestelmä (Myllylä 2012, 13)

Kuvan 8 haarajärjestelmässä vesi kulkee verkoston perälle yhtä reittiä, kun taas kiertojärjestelmässä verkoston perimmäiseenkin nurkkaan vesi kiertää kahdesta suunnasta.

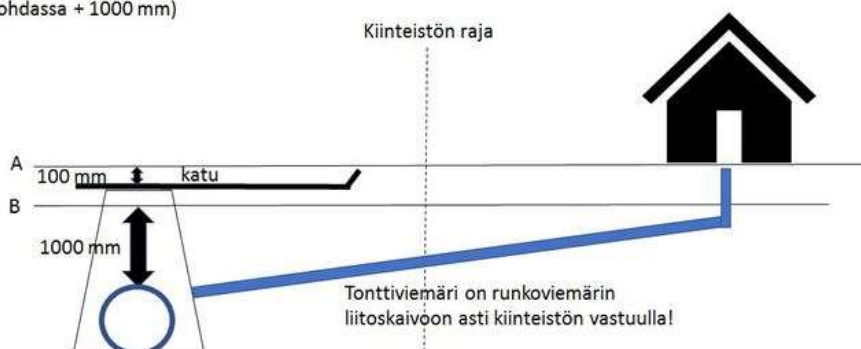
## 4.2 Padotuskorkeus

Padotuskorkeus on ylin taso jätevesi- ja hulevesiverkostossa, johon vesi voi tulvia. Tulva tarkoittaa käytännössä verkoston välityskyvyn ylittymistä ja sen voi aiheuttaa esimerkiksi suuret rankkasateet tai sulamisvedet. Kiinteistön alimman viemäroitävän pisteen on oltava padotuskorkeuden yläpuolella.

Jätevesiviemärissä padotuskorkeus on viemärin laen korkeus tonttviemärin liitoskohdassa +1000 mm. Seka- ja hulevesiviemäreissä padotuskorkeus on kadunpinnan korkeus tonttviemärin liitoskohdassa +100 mm. Kuvassa 9 on havainnollistettu viemäreiden padotuskorkeuksia. (Kymen-Vesi Oy 2020.)

A = Sekavesiviemärin ja hulevesiviemärin padotuskorkeus (maanpinnan/kadun korkeus tonttihaaran liitoskohdassa + 100 mm)

B = Jätevesiviemärin padotuskorkeus (runkoviemärin lakikorkeus tonttihaaran liitoskohdassa + 1000 mm)



Kuva 9. Viemäreiden padotuskorkeudet (Hangan kaupunki 2020)

Kuvassa 9 on rakennus, josta lähtee tonttviemäri kadun alla sijaitsevaan kokoojaviemäriin. Huleveden padotuskorkeus on hyväksyttävä, kun kiinteistön alin viemäritävyä piste sijaitsee viivan A yläpuolella, eli 100 mm kadunpinnan yläpuolella. Jätevesiviemärissä riittävä padotuskorkeus toteutuu, kun kiinteistön alin viemäritävyä piste sijaitsee viivan B yläpuolella, eli 1000 mm kokoojaviemärin laen yläpuolella.

#### 4.3 Venttiilit, ilmanpoisto, palo- ja huuhtelupostit ja pumppaamot

Vesijohtoverkoston virtauksia voidaan säätää sulkuventtiileillä. Yleisesti sulkuventtiileillä katkaistaan vesi pieneltä alueelta esimerkiksi korjaustöitä tehdessä. Sulkuventtiilejä sijoitetaan normaalisti risteyskohtiin niin, että veden kulku on katkaistavissa risteyskohdan joka suuntaan. Kuvassa 10 on esitetty tyyppillinen valurautainen runkoventtiili ja pienempi muovista valmistettu tonttiventtiili. (Lining 2021.)



Kuva 10. Laipallinen runkoventtiili ja pistoliitettävä tonttiventtiili (Lining 2021)

Kuvan 10 venttiilien rungon sisällä oleva kumiluisti laskeutuu ja sulkee veden kulun, kun venttiilin päällä olevaa karaa pyöritetään myötäpäivään ja vastavasti aukeaa pyörittäessä vastapäivään.

Ilmanpoisto on tärkeää vesijohto- ja paineviemäriverkostossa. Verkostoon päässyt ilma pyrkii aina kerääntymään fysiikanlakien mukaisesti ylöspäin, joka tarkoittaa, että verkoston korkeimpiin kohtiin voi muodostua ilmataskuja. Pieniä ilmamääriä pääsee verkostoon aina ja verkoston käyttöalueilla ilma pääsee ulos verkostosta kiinteistöiden kautta esimerkiksi hanoista. Pitkillä siirtolinjoilla, eli päävesijohdoissa turvaudutaan asentamaan ilmanpoistoven- tiileitä, linjan korkeimpiin kohtiin. Kuvassa 11 on esitetty puhtaalle, eli vesijohtove- delle tarkoitettu ilmanpoistoven- tiili. Linjaan tehdään haara, niin että ilmanpois- toventtiili voidaan asentaa putkenselästä ylöspäin. Ilmanpoistoven- tiilille teh- dään kaivo, jotta sen on huollettavissa. (Lining 2021.)



Kuva 11. ilmanpoistoven- tiili (Lining 2021)



Kuvan 11 ilmanpoistoventtiili päästää vettä kevyemmän ilman lävitseen, mutta sulkeutuu veden pyrkiessä samaa reittiä.

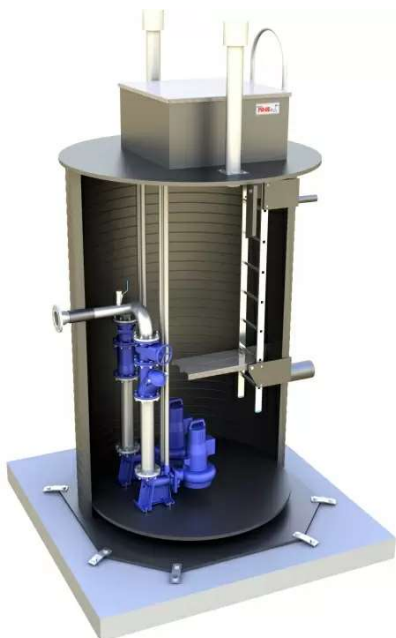
Paloposteja sijoitetaan vesijohtoverkoston, jotta palolaitoksilla on sammutusvettä saatavilla tarpeeksi lähellä, missä ikinä ovatkaan. Palopostit ovat myös oiva tapa toteuttaa verkoston huuhtelua, esimerkiksi käyttöön ottaessa tai korjaustöiden jälkeen. Mikäli verkostossa on päättymiä linjoja, kuten haarajärjestelmässä, asennetaan linjojen päihin usein erillisiä huuhteluun tarkoitettuja vesiposteja. Näin saadaan tarvittaessa parannettua päättävien linjojen vedenlaatua, jos vedenlaadullisia ongelmia kuten sameutta ilmenee. Palo- ja huuhtelupostin läpi tulevia vesimääriä mitataan harvoin, joten niiden käyttö nostaa las-kuttamattoman veden osuutta. Kuvassa 12 esitetty tyypillinen nykyaikainen paloposti, joka sisältää venttiilin, ylösnousuputken, sekä maanpinnalle jäävän kansiston. (Lining 2021.)



Kuva 12. Paloposti (Lining 2021)

Kuvan 12 palopostiin tulee vettä, kun sinistä kumiluistiventtiiliä avataan. Maan pinnalle osittain jäävä nousuputki on suojattu muovisella kansistolla.

Pumppaamoita käytetään paineviemäreissä tai kun viettoviemäri-periaatteen käyttö ei ole mahdollista. Käytännössä siis silloin, kun jäteveden pitäisi virrata alemmasta kohdasta korkeammalle, esimerkiksi maaston vuoksi. Kuvassa 13 kuva jätevedenpumppaamosta.



Kuva 13. Jätevedenpumppaamo (Meltex 2021)

Kuvan 13 pumppaamoon jätevesi tulee pumppaamoon sisään alemmasta putkesta ja jatkaa pumpun pumppaamana ylemmästä putkesta eteenpäin.

#### 4.4 Sähköhitsaus toleranssi- ja viemäriosat

Sähköhitsaus on pääasiallinen liitostapa paineellisten muoviputkien eli vesijohtojen ja paineviemärien liitoksissa. Yleisimmät sähköhitsaustavat ovat sähköhitsausmuhvi ja puskuhitsaus.

Sähköhitsausmuhveissa/osissa on sisäänrakennettu metallinen vastuslanka, joka kytketään virtalähteenä toimivaan sähköhitsauslaitteeseen. Vastukset sulattavat ympärillä olevan muoviputken ja luo jäähtyessään kestävästi liitoksen. Sähköhitsausliitos kestää vedenpainetta ja ulkopuolista mekaanista rasitusta, yhtenäisen putken tavoin. Sähköhitsattavia osia on muhvien lisäksi olemassa myös muun muassa käyriä, t-haaroja, putken ympärille hitsattavia satulahaaroja ja supistusyhteitä. Kaikissa osissa on sama vastuslankaperiaate. Kuvassa 14 alkamassa sähköhitsausmuhvilla tehtävä liitos.



Kuva 14. Sähköhitsattavamuhviliitos menossa hitsaukseen (Fluortech 2020)

Kuvassa 14 hitsauskoneen johdot liitetään sähköhitsattavaan muhviin. Hitsauskone käynnistetään, ja muhvin sisällä olevat vastuslangat lämpenevät ja sulattavat muovin, joka jäähtyessään muodostaa kestävästi liitoksen.

Puskuhitsauksessa nimensä mukaisesti pusketaan sulatetut muoviputken päät toisiinsa kiinni. Putkien päät höylätään tasaiseksi, minkä jälkeen ne työnnetään yhteen lämpölevy välissä. Lämpölevy sulattaa putkien päät, ja kun putket ovat sulaneet tarvittavan ajan, lämpölevy poistetaan ja sulaneet putkenpäät puristetaan paineella yhteen. Puskuhitsaus suoritetaan puskuhitsauskoneella, joka käsittää lämpölevyn ja itse puskuhitsauskoneen, joka puristaa putket yhteen. Kuvassa 15 tehdään muoviputkille liitosta puskuhitsaamalla. (Fluortech 2020.)



Kuva 15. Puskuhitsaus käynnissä (Fluortech 2020)

Kuvassa 15 kaksi PE-putkea liitetään toisiinsa puskuhitsaamalla. Putkien päihin muodostuneet ”makkarat” paljastavat, että päät ovat jo sulatettu lämpölevyllä ja nyt sulaneita päitä pusketaan toisiaan vasten paineella, niin kauan kunnes muovi jäähtyy ja jähmettyy pitäväksi liitokseksi.

Toleranssiosat ovat lähestulkoon ainoita osia, kun on tarve liittyä esimerkiksi valurautaisesta putkesta muoviputkeen. Toleranssiliitin asetetaan liitettävän putken päälle ja liittimen sisäpuolinen rengas kiristetään pulttien avulla tiiviiksi ja vetoa kestäväksi. Toleranssiosia voidaan käyttää kaikilla yleisimmillä putkimateriaaleilla kuten teräs, harmaavalurauta, SG-valurauta, asbestisementtiputket ja muovit. Kuvassa 16 on toleranssiliitin, jonka toisessa päässä on laippa, jolla voidaan liittyä esimerkiksi laipalliseen venttiiliin.



Kuva 16. Liningin synolflex-toleranssiosa laipalla (Lining 2021)

Kuvan 16 toleranssiosa voidaan liittää kaikkiin yleisimpiin putkimateriaaleihin. Osa asetetaan liitettävän putken päälle ja kiristetään neljän kehältä löytyvän pultin avulla. Pultit kiristävät osan sisäkehällä olevat hampaat ja tiivisterenkaat putken ympärille muodostaen tiiviin ja vetoa kestävästi liitoksen. (Lining 2021.)

PVC-muovista valmistetut viemärit liitetään lähes poikkeuksetta pistoliitettävillä muhviosilla. Samalla muhviperaatteella liitetään kaikki viemäriin tulevat jatkomuhvit, käyrät, supistusyhteet sekä viemärikaivot ja tarkastushaarat. Viemärikaivoja asennetaan runkolinjoihin noin 50 metrin välein ja aina kun viemäriin suunta muuttuu tai siihen liittyy toinen putki. Kaivojen avulla viemäriä voidaan huoltaa ja pestä esimerkiksi viemäriin tukkeuduttua. Etenkin jätevesiviemäreissä suunnanmuutoskohtiin voi helposti kerääntyä kiintoaineita, kuten wc-paperia, ja näin viemäri voi tukkeutua. Tarkastushaaroja käytetään

käytännössä vain tonttihaaroissa, mutta samoista syistä kuin viemärikaivoja-kin. Kuvassa 17 pistoliitettävä viemärin jatkomuhvi.



Kuva 17. Jatkomuhvi PVC-viemäriputkelle (Meltex 2021)

Kuvassa 17 tyypillinen pistoliitettävä jatkomuhvi PVC-viemäriputkelle. Kaksi putkea tai liitettävää osaa työnnetään muhvin sisään noin puoleen väliin asti, mustan tiivisterenkaan yli. Liitos on pitävä paineettomassa viettoviemärissä. (Myllylä 2012.)

## **5 SANEERAUSMENETELMÄT**

Vesihuoltoverkostoja voidaan saneerata ja rakentaa uutta kahdella eri päämenetelmällä, jotka ovat auki kaivaen ja kaivamattomat menetelmät. Menetelmien tunteminen auttaa valitsemaan toimivimman tavan kullekin työmaalle.

### **5.1 Auki kaivaen**

Perinteinen auki kaivaen on edelleen käytetyin menetelmä vesihuoltosaneerauksissa. Olemassa oleva vesihuolto kaivetaan esiin, poistetaan ja korvataan uudella. Auki kaivaen saneerattavan linjan kohdalla kulkeva katu ja sähköt saneerataan usein samalla kertaa, joka tekee menetelmästä käytännöllisen.

### **5.2 Kaivamattomat menetelmät**

Kaivamattomat saneerausmenetelmät ovat toimiva valinta, kun vesihuollon yhteydessä ei ole tarvetta saneerata katua tai jos maasto on vaikeasti kaivettavissa. Vaikeasti kaivettavaa maastoa voi olla esimerkiksi viljellyt pellot, vetinen/upottava maa, vesistö tai muuten tärkeä miljöö, jonka maanpintaa ei voida rikkoa.

### 5.2.1 Sujutukset

Sujutukset ovat niin sanottuja kaivamattomia saneerausmenetelmiä, joissa vanhan putken sisälle sujutetaan uusi, joko vesijohto- tai jätevesiviemäriputki. Sujutukset ovat toimiva saneerausmenetelmä, kun saneerattava putkiosuus on suora tai lähes suora ja kun tarpeena ei ole samalla saneerata linjan päällä kulkevaa katua. Sujutukset vaativat kaivannon saneerattavan linjan molempiin päihin sekä jokaiseen linjalla olevaan tonttiliittymään. Sujutukset menettävät hyötyä auki kaivaen -menetelmään verrattuna, jos linjalla on paljon tonttiliittymiä, joihin täytyy joka tapauksessa tehdä liitokset auki kaivaen. Sujutukset ovat toimiva tapa uusien kadulta kiinteistölle kulkeva tonttijohto, oli itse verkossa tehtävän saneerauksen menetelmä mikä tahansa. Alla esitelty käytettävät sujutusmenetelmät. (Sweco Oy 2017, 40 - 41.)

Pitkäsujutus on sujutusmenetelmä, jota voidaan käyttää niin vesijohdossa kuin viemäreissä. Pitkäsujutuksessa vanhan putken sisään sujutetaan pienempi putki, joten menetelmää voidaan käyttää vain, jos putken kapasiteettia voidaan pienentää. Uusi putki hitsataan maan pinnalla tarvittavan pitkäksi ja sujutetaan valmiina pätkänä vanhan putken sisään kerralla. Kuvassa 18 pitkäsujutus.



Kuva 18. Pitkäsujutus (Tampereen Vesi 2015)

Kuvan 18 pitkäsujutuksessa uusi putki syötetään vanhan sisään kuvan oikeassa laidassa olevasta kaivannosta ja vedetään vaijerin avulla kuvassa vasemmalla olevaan kaivoon.

Pätkäsujutus on vain viemäreille toimiva sujutusmenetelmä. Pätkäsujutus tehdään normaalisti viemärikaivoista, joita käsin putkeen syötetään noin puolenmetrin pituisia putkia. Liitostapa putkille on vetoa kestävä muhviiliitos. Pätkäsujutuksessa viemäriin halkaisija pienenee, joten se sopii vain, jos putken kapasiteettia voidaan pienentää. Kuvassa 19 pätkäsujutus.



Kuva 19. Pätkäsujutus (Tampereen Vesi 2015)

Kuvan 19 pätkäsujutuksessa kaivosta käsin sujutetaan uutta putkea vanhan sisään pienissä pätkissä.

Pakkosujutus on pääasiassa vesijohdoissa käytetty sujutusmenetelmä. Pakkosujutusta käytetään silloin, kun saneerattavan linjan halkaisijaa ei voida pienentää, eli kun uuden putken on oltava vähintään vanhan kokoinen. Vanha olemassa oleva putki halkaistaan putken läpi vedettävällä halkaisupäällä ja aventimella. Rikotun putken sisään vedetään samalla uusi putki. Pakkosujutuksessa on otettava huomioon sujutettavan linjan lähellä sijaitsevat muut putket ja yläpuoliset rakenteet, kuten katu. Voimalla putken rikkovan halkaisupään energia saattaa rikkoa esimerkiksi vieressä kulkevan viemäriputken. Kuvassa 20 pakkosujutus.



Kuva 20. Pakkosujutus (Tampereen Vesi 2015)

Kuvassa 20 tehdään pakkosujutusta, jossa vasemmanpuoleisesta kaivannosta vetotangon avulla vedetään halkaisupäätä ja avenninta vanhan putken läpi. Vetopäähän ja aventimeen kiinnitetty uusi putki sujutetaan samalla riko-  
tun putken sisään.

Muotoputkisujutus on sujutusmenetelmä, jota voidaan käyttää vesijohtojen ja viemärien saneeraukseen. Muotoputkisujutuksessa halkaisija suunnasta katsottuna U-muotoon tavutettu putki sujutetaan vanhan putken sisään. Kun putki on koko matkalta sujutettu, se palautetaan varsinaiseen muotoonsa putkeen syötettävän kuuman höyryn ja paineilman avulla. Muotoputkisujutuksessa putken halkaisija pienenee vain sujutetun putken seinämäpaksuuden verran. Kuvassa 21 muotoputkisujutus.



Kuva 21. Muotoputkisujutus (Tampereen Vesi 2015)

Kuvan 21 muotoputkisujutuksessa u-muodossa oleva putki sujutetaan vanhan putken sisään. U-muodossa oleva putki saadaan kuumalla höyryllä ja paineilla palaamaan omaan muotoonsa.



Sukkasujutus on suurille viemäreille sopiva sujutusmenetelmä. Olemassa olevaan putkeen sujutetaan nestemäistä hartsia tai epoksia sisältävä polyesteri-huovasta tai lasikuidusta valmistettu niin sanottu sukka. Sujutettuun sukkaan lasketaan vettä ja sukka muotoutuu vanhan putken mukaisesti. Vesi lämmitetään, jonka avulla putki kovettuu. Kovettumisen jälkeen putki vielä jäähdytetään. Kuvassa 22 sukkasujutus. (Sweco Oy 2017, 40.)

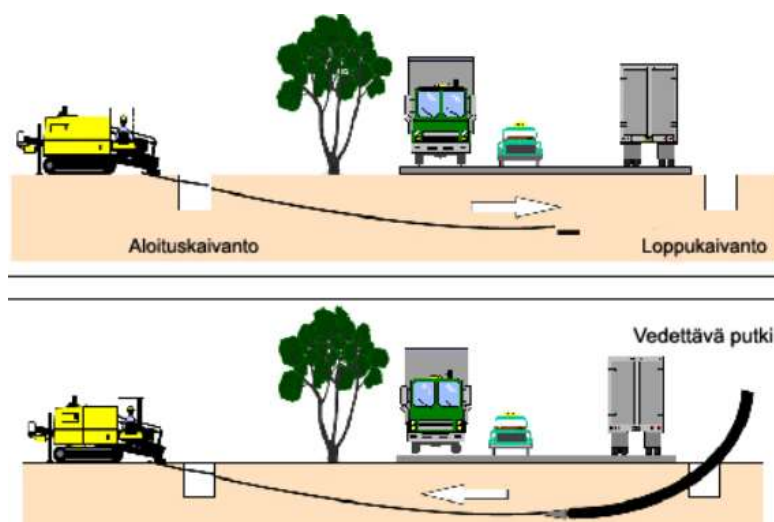


Kuva 22. Sukkasujutus (Tampereen Vesi 2015)

Kuvassa 22 niin sanottu sukka sujutetaan vanhanputken sisään ja muotoillaan tämän jälkeen kuumalla vedellä varsinaiseen muotoonsa.

### 5.2.2 Suuntaporaus

Suuntaporausta voidaan käyttää vesijohtojen ja paineviemärien saneerauksissa sekä uudisrakentamisessa. Saneerattavan linjan molemmissa päissä on kaivanto, ja suuntapora ohjataan porautumaan maaperän läpi kaivannosta kaivantoon vetäen mukanaan uuden putken. Suuntaporausta voidaan käyttää ainoastaan pehmeissä maaperissä, eikä se sovellu kalliiseen tai moreeniin maaperään. Menetelmä on hyvin yleinen muun muassa, kun linja täytyy viedä vesistöjen, kuten jokien tai salmien, ali. Kuvassa 23 suuntaporaus. (Sweco Oy 2017, 41.)



Kuva 23. Suuntaporaus (uhkolanvesi 2007)

Kuvan 23 suuntaporauksessa uusi putki suuntaporataan vilkkaasti liikennöidyn tien ali.

## 6 SANEERAUSURAKKA

Tässä luvussa opastetaan ja käydään läpi tyypillinen vesihuoltosaneerausurakka vaiheittain. Ohjeet perustuvat aiemmissa luvuissa esitettyyn teoriaan vesihuollosta, vesihuollon saneeraustarpeesta sekä saneerausmenetelmistä. Teoriatiedon lisäksi tässä luvussa esitetään kirjoittajan omia havaintoja sekä annetaan ohjeita esimerkiksi hygieniaan ja väliaikaisen vesihuollon toteuttamiseen.

### 6.1 Olemassa olevan vesihuollon tunteminen

Vaikka saneerattaessa rakennetaan uutta, on vanhan olemassa olevan vesihuollon tunteminen erittäin tärkeässä roolissa. Aikaisemmin on esitetty vesihuollon peruseräkkeet sekä materiaaleja ja laitteita, joita vesihuoltoverkostoista löytyy. Saneerattavalta alueelta tulee tuntee ainakin, missä sijaitsevat lähimmät vesijohdon sulkuventtiilit ja miten venttiilit vaikuttavat alueen veden jakeluun. Jonkin venttiilin sulkeminen ei välttämättä katkaisi veden jakelua yhdeltäkään kuluttajalta, mutta toisen venttiilin sulkeminen voikin katkaista suuren alueen vedet. Viemäriverkoston kaatosuunnat tulee tietää, jotta jätevesien hallintaa voidaan ennakoida. Pääsääntöisesti saneerausta kannattaa suorittaa viemärikaatoihin verrattuna alhaalta ylöspäin, jotta viemäri-vesien hallinta on helpompaa. Materiaalien tunteminen on tärkeää, kun valikoidaan liitososia ja

käsitellessä materiaaleja oikein. Näiden lisäksi yleinen tietous, mitä tehdään ja miksi, on ehdottomasti hyödyksi suureen kokonaisuuden hallinnassa ja asukasinformoinnissa, joka on välttämätöntä työskennellessä asutusten lähellä.

## 6.2 Väliaikainen vesihuolto

Koska vesihuoltosaneeraus kestää useita viikkoja ja monesti useita kuukausia, tulee vedenjakelun silti toimia alueen kuluttajille. Lähtökohtana on, että kuluttaja ei huomaa mitään eroa omassa vesihuollossaan normaalitilanteeseen verrattuna.

Puhtaan vesijohtoveden jakelu suoritetaan väliaikaisilla vesijohdoilla, niin sanotuilla pintasyötöillä tai pintavesijohdoilla. Saneerattavan alueen kiinteistöille rakennetaan maanpinnalla kulkeva pintasyöttöverkosto, niin ettei siitä aiheudu haittaa asukkaille tai saneeraustyömaalle. Pintasyöttöverkoston saadaan vesi saneerattavan alueen ulkopuolelta. Hyviä liittymäpaikkoja ovat saneerattavan alueen lähellä sijaitsevat palo- ja vesipostit. Mikäli palo- tai vesiposteja ei lähettyvillä ole, voidaan lähimpään paineelliseksi jäävään vesijohtoon tehdä liitos pintasyötön lähdölle. Liittymispaikan määrittelyssä tulee aina olla yhteyksissä alueen vesilaitokseen ja kuunnella heidän mielipiteitään. Myös pintasyöttöverkoston mitoittamisesta kannattaa myös kysyä neuvoa alueen vesilaitokselta, koska heillä on tarkkaa tietoa alueen painetasoista ja vedenkäytöstä. Väliaikaista vesijohtoverkostoa ei tarvitse mitoittaa yleisten mitoitusperiaatteiden mukaisesti, joten mitoitusta ei sen enempää käsitellä. Yleisesti 40 – 63 mm kokoinen pintasyöttörunko riittää muutaman kymmenen kiinteistön omakotitaloalueella.

Pintasyötön rungosta eli jakelujohdosta tehdään liittymät ja tonttijohdot jokaiselle kiinteistölle. Jakelujohtoon asennetaan t-haara ja venttiili kiinteistön suuntaan, jotta vesi on aina katkaistavissa kiinteistölle. Hyviä liitospaikkoja kiinteistöllä ovat usein rakennuksen seinässä olevat vesipostit ja vesimittarin paikka, jos vesimittari sijaitsee paikassa, johon väliaikainen vesijohto voidaan tuoda. Nämä liitokset tulee aina tehdä vain kiinteistön omistajan luvalla ja tietäen tarkasti mitä tekee. Seinävesipostiin liittyminen vaatii usein vesipotissa olevan yksisuuntaventtiilin poistamista ja vesimittarin paikalle liittyminen, vesi-

mittarin poistoa väliaikaisesti. Mikäli hyvää liitospaikkaa ei löydy rakennuksesta, voidaan kiinteistön tonttijohto kaivaa esiin ja liittää pintasyöttö tonttijohdon, tonttiventtiilistä katsottuna kiinteistön puolelle. Ennen käyttöönottoa pintasyöttöverkostosta tulee ottaa vesinäyte ja näytteen tulee läpäistä laatuvaatimukset.

Kiinteistöltä tulevia viemärivesiä voidaan kaivannosta käsin johtaa heti uuteen viemäriin. Runkolinjasta tulevia viemärivesiä tulee taas ”ohi pumpata” kaivannosta. Tämä toteutetaan niin, että vanhan olemassa olevan linjan lähimpänä silloista kaivantoa olevan viemärikaivon lähtevä putki tulpataan niin, ettei viemärivedet pääse virtaamaan kaivantoon. Kun lähtevä putki on tulpattu, kaivon asennetaan uppopumppu, josta viemärivedet ohjataan maanpinnalla kulkevaa letkua pitkin seuraavaan kaivon, joka on jo uutta valmista linjaa. Viemärivesiä ei saa laskea kaivantoon, etenkään kun samassa kaivannossa suoritetaan puhtaan vesijohtoveden liitoksia. Tämän vuoksi on suositeltavaa tehdä saneerausta alhaalta ylöspäin viemäriin kaatoihin verrattuna.

### **6.3 Hygienia**

Kaikilta talousveden kanssa työskenteleviltä henkilöiltä vaaditaan voimassa olevaa vesityökorttia terveydensuojelulain mukaisesti. Vesityökortti myönnetään Sosiaali- ja terveystieteiden valvontaviraston (Valvira) osaamistestien läpäisseille.

Vaikka uusi vesijohtoverkosto desinfioidaan ja huuhdellaan ennen käyttöönottoa, on hyvä muistaa, että desinfiomattomankin veden pääsy kuluttajalle on normaalisti vain yhden venttiilin takana. Uusi linja täytetään vedellä ennen painekoetta ja desinfiointia, joten siinä vaiheessa putken sisällä olevan veden laatu ei välttämättä täytä talousveden laatuvaatimuksia. Venttiili uuden, vielä suljettuna olevan linjan ja jo käytössä olevan verkoston välillä voi aina vuotaa tai se voidaan epähuomioissa avata ennenaikaisesti. Tällöin on olemassa riski huonolaatuisen veden pääsystä verkostoon ja kuluttajille. Suurin uhka on ulosteperäisten bakteerien pääsy vesijohtoon, joka voi tapahtua helpostikin, kun samassa kaivannossa työskennellään sekä viemärien että vesijohtoon kanssa. Laatuvaatimus koliformisille bakteereille, *Escherichia coli* (E. coli)- ja enterokokkibakteereille on 0 pmy/100ml. Mikäli raja ylittyy, on talousvesi saastunutta

ja talousveden käyttäjillä on huomattava riski terveyshaittoihin. Norovirus- ja kamylobakteerit ovat eniten vesiperäisiä epidemioita aiheuttavia bakteereita Suomessa. Heterotrofinen pesäkeluku, eli kokonaispesäkeluku, kuvaa veden yleistä laatua kertomalla bakteerien määrän vedessä. Kokonaispesäkeluku on normaalisti pienempi vedentuotantolaitokselta lähtevässä vedessä kuin vesijohtoverkostossa, jossa vesijohdoista saattaa liueta pieniä määriä bakteereita veteen. Hyvälaatuisessakin vedessä on aina jonkin verran bakteereita, eikä kokonaispesäkeluvulle ole asetettu suositusta vaan tavoite, joka on ei epäta-  
vallisia muutoksia. Pesäkelukua voi nostaa merkittävästi esimerkiksi maa-ai-  
neksen pääsy putkeen. (THL 2020.)

Tarvittavaan hygieniaan töiden aikana päästään, kun ainakin seuraavat asiat ovat kunnossa:

- Putket ja materiaalit säilytetään suojassa ja mahdollisimman pitkään tehtaalta tulleessa pakkauksessa.
- Vesijohtoputket pidetään tulpattuna niin pitkään kunnes ne asennetaan. Tämä pätee myös kaivannossa olevan putken päähän.
- Kaivanto pidetään kuivana, myös silloin kun siellä ei työskennellä.
- Minkään ylimääräisen, kuten maa-aineksen pääsy putkiin estettävä.
- Omat työvälineet vesijohdoille ja jätevesiviemäreille.
- Vesijohto- ja viemäriverkoston työkalut ja osat on suositeltavaa eritellä omiin varastoihinsa.
- Likaantuneet työvälineet syytä puhdistaa käytön jälkeen esimerkiksi klooriliuoksella tai denaturoidulla alkoholilla.
- Omat letkut ja pumput jätevedelle ja puhtaalle vedelle
- Yleinen puhtaus työvaatteissa
- Yleinen käsihygienia
- Yleinen puhtaus ja järjestys tauko- ja varastotiloissa.

#### **6.4 Esimerkkityömaa**

Kuvassa 24 on esitetty omakotitaloalueella sijaitsevan Kalastajankadun vanhaa olemassa olevaa vesihuoltoa. Kadun vesihuolto saneerattiin auki kaivaen, uusien samalla vanhat katurakenteet. Alkuperäinen vesihuolto oli rakennettu vuonna 1963, vesijohtomateriaalina oli valurauta ja viemärit olivat betonisia.

Hulevesiviemäriä kadulla ei ollut, ja olettamus oli, että joidenkin kiinteistöiden hulevesiä johdetaan jätevesiviemäriin. Betoniviemäreissä oli edellisinä vuosina ilmennyt sortumia, ja niitä on jouduttu korjaamaan jo aiemmin. Saneeraustarve oli siis monelta osin jo varsin suuri.

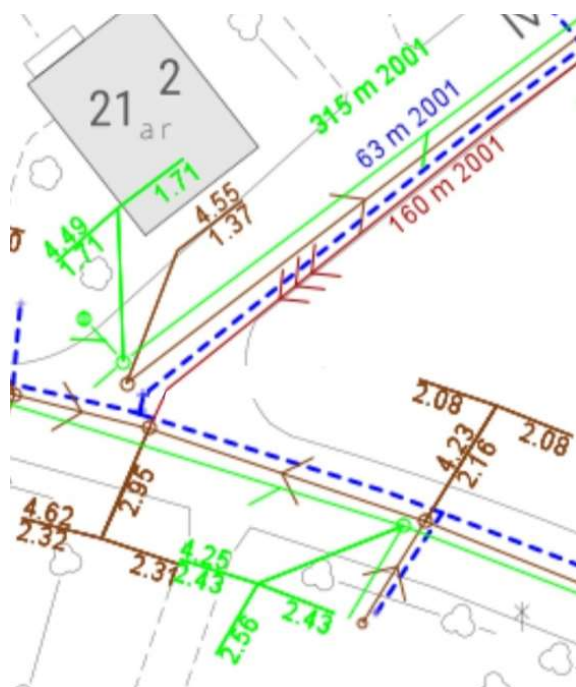


Kuva 24. Kalastajankadun vanha olemassa oleva vesihuolto

Esimerkkityömaan urakkarajat ovat kuvassa 24 näkyvä Kalastajankadun osuus ja tonttijohdot 1,5 m kiinteistön rajojen sisäpuolelle.

#### 6.4.1 Piirrosmerkit

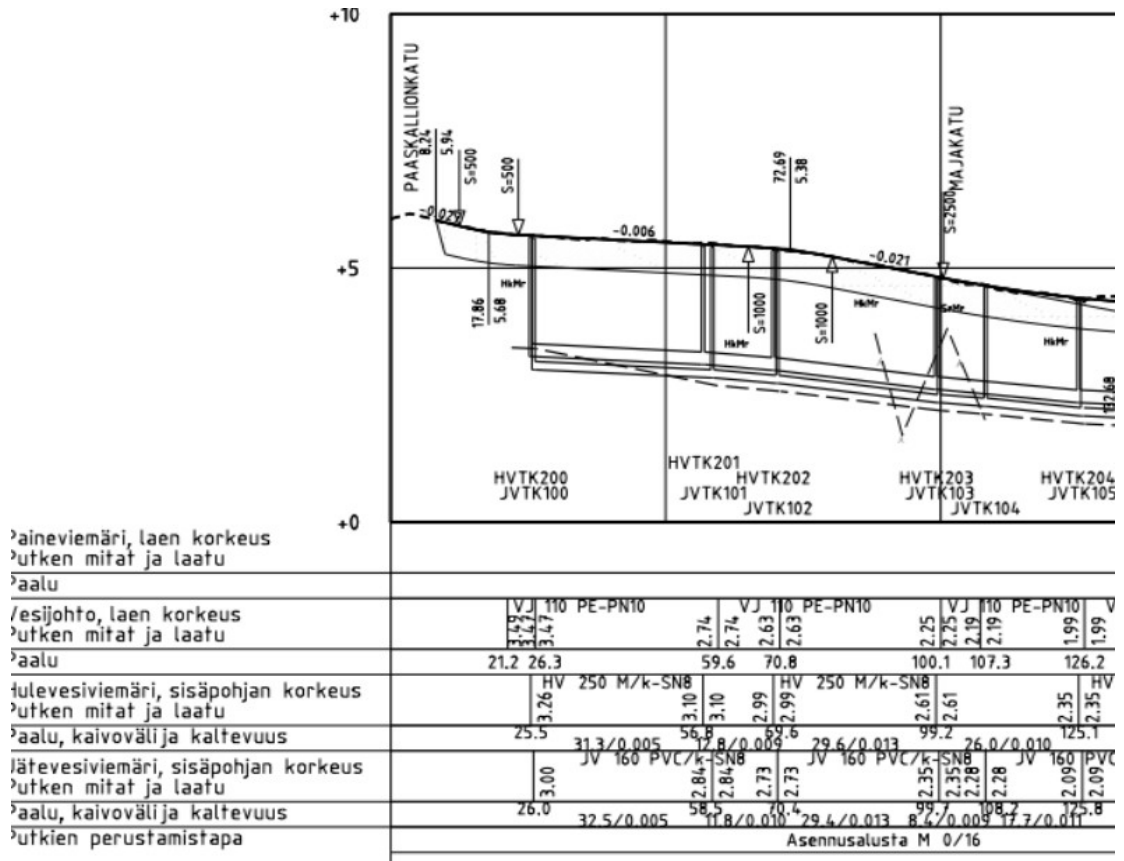
Kuvassa 25 on esitetty tarkemmin piirrosmerkkejä, jotka pätevät ylhäältäpäin katsotussa tasokuvassa.



Kuva 25. Piirrosmerkkejä

Kuvassa 25 piirrosmerkit, jossa sininen katkoviiva ilmaisee putken olevan vesijohtoa ja yläpuolella oleva merkintä 63 m 2001, kertoo putken halkaisijan, materiaalin sekä rakennusvuoden. Numero 63 tarkoittaa, että putki on halkaisijaltaan DN63 ja kirjan m, kertoo putken olevan muovia. Valurautaisessa putkessa merkintä olisi v, teräsputkessa t, SG-putkessa sg ja betonipohjaisissa putkissa b. Samat merkintä tavat pätevät kaikissa putkissa, eli myös jätevesi-, hulevesi- ja paineviemäriputkissa. Venttiilit merkataan linjan päällä olevalla X-merkillä tai poikkiviivalla. Ruskea viiva ilmaisee jätevesiviemäriä. Jätevesiviemärin päällä olevat samanväriset ympyrät tarkoittavat jätevesikaivoa. Kaivolta lähtevät ilmaisviivat kertovat kaivon koron merenpinnasta. Suurin lukema ilmaisee kaivon kannen korkeuden, ja pienemmät luvut ilmaisevat kaivolta lähtevien putkien pohjan korkeuden. Korkojen avulla saadaan selvitettyä viemäriin syvyys maanpinnasta sekä suunta, johon jätevesi kulkee. Vaaleanvihreä viiva on hulevesiviemäri, ja siinä pätevät samat piirrosmerkit kuin jätevesiviemäriäkin. Tummanpunainen viiva on paineviemäri, ja sen läpi kulkevat nuolet ilmaisevat jäteveden kulkusuunnan. Kuvan paineviemäri kuljettaa jätevettä jätevesikaivoon, josta jätevesi jatkaa matkaansa viettoviemäriperiaatteella.

Vesihuoltosaneeraustyömailla toinen käytetyin ja hyödyllisin piirrosten esitystapa on pituusleikkaus, kuvan 26 mukaisesti.



Kuva 26. Pituusleikkauskuva

Pituusleikkauksen ylimpänä viivana nähdään maanpinnan tai kadun korkeusvaihtelut. Kuvan vasemmassa reunassa olevat +5 ja +10 numerot ilmaisevat korkeuden merenpinnasta, eli tässä kuvassa maanpinta kulkee noin 5 metriä merenpinnan yläpuolella. Vesijohtoa tässäkin kuvassa esittää katkoviiva ja hule- ja jätevesiviemärit yhtenäisellä viivalla. Vesijohto kulkee kuvan vasemmassa laidassa 3,49 metriä merenpinnan yläpuolella ja oikeassa laidassa vain 1,99 metriä. Paalu ilmaisee saneerattavan alueen matkan metreissä. Käytännössä saneerattava alue alkaa paalulta 0. Kuvassa 26 pienin merkitty paalulukema on 21,1 ja suurin 126,2. Hulevedelle kuva kertoo putken sisäpohjan korkeuden, sekä putkikoon ja materiaalin, joka on DN250-hulevesiputkea. Sisäpohjankorkeus eli korko merkataan aina asennettava kaivon kohdalle, jota kuvassa esittää pystyviivamerkintä. Ensimmäisen vasemmalta katsottavan hulevesikaivon ja siihen liittyvän putken sisäpohjankorko on siis 3,26 metriä merenpinnan yläpuolella. Paalu, kaivoväli ja kaltevuus kertovat kyseisen hulevesikaivon olevan paalulla 25,5 ja matka seuraavalle kaivolle on 31,3 metriä. Kaltevuus kertoo puolestaan kahden kaivon välisen kaltevuuden/kaadon, joka



kyseisellä kaivovälillä on 0,005 eli 0,5 senttimetriä/metri. Alapuolella oleva jätevesi merkataan samalla periaatteella kuin hulevesikin. Ensimmäinen jätevesikaivo vasemmalta on siis paalulla 26, tasan 3 metriä merenpinnan yläpuolella. Jätevesiviemäri on DN160 PVC-putkea, ja matkaa seuraavalle kaivolle on 32,5 metriä. Jätevesiviemäriin tehdään 0,005 kaato kyseiselle välille. Putkien perustamistapa kertoo vielä asennusohjeen materiaalin ja kuvan mukaan tulee käyttää 0/16 kalliomursketta.

#### **6.4.2 Työnkulku**

Uuden vesihuollon kaikki putkimateriaalit olivat muovia, vesijohto PEH- ja viemärit PVC-muovia ja hulevesi IQ-putkea. Vesijohto oli kooltaan DN110, jätevesiviemäri DN160 ja hulevesiviemäri DN250. Suurimpia muutoksia vahaan verrattuna olivat materiaalien lisäksi hulevesiviemäriin mukaantulo sekä, että uudet putkilinjat tulivat aiempaa syvemmälle noin 0,5 m. Syvemmän asennuskorkeuden selittää se, että vanhan vesihuollon toimesta tarvittavat padotuskorkeudet eivät täyttyneet kaikkien kiinteistöiden osalta.

Uusi PEH-muovinen vesijohtolinja liitettiin urakkarajan toisessa päässä laipalliseen venttiiliin ja toisessa päässä valurautaiseen vanhaan linjaan toleranssiosan avulla. PEH-muoviputki oli 6 metrin mittaisissa pätkissä ja muoviputkien liitokset tehtiin sähköhitsausmuhveilla. DN110-jakelujohtolinjasta lähtevät tonttihaarat tehtiin niin ikään sähköhitsattavilla satuloilla ja tonttijohdot olivat DN32-PEM-muoviputkia. Uudet tonttijohdot liitettiin urakkarajalle (1,5 m kiinteistön rajojen sisäpuolelle) kiinteistön omiin vesijohtoihin. Jokaiselle kiinteistölle asennettiin urakkarajalle uusi tonttiventtiili. Vanhan tonttijohdon materiaalit vaihtelivat raudasta PEL- ja PEM-muoviin. Rautaan liitettiin toleranssiosalla ja muoviputkiin suoraan uudella tonttiventtiilillä. Osa kiinteistöistä uusi tonttijohdon jäljelle jäävänkin osan pitkäsujuuttamalla. Tonttijohtojen sujutukset olivat urakan ulkopuolisia töitä ja ne suoritettiin kiinteistöiden omien urakoitsijoiden toimesta.

Jätevesiviemäri-liitokset tapahtuivat pistettävillä muhvi-liitoksilla. Uudet kaivot olivat PEH-muovisia, niin ikään pistomuhviliitettäviä. DN110-tonttivilmiä liitettiin aina kaivojen valmiisiin lähtöihin, ja tonttivilmiä uusittiin urakkarajalle 1,5 m kiinteistön rajojen sisäpuolelle. Urakkarajalle asennettiin aina viemäriin

tarkastushaara. Vanhat tonttviemärit olivat pääsääntöisesti PVC-muovisia, joihin liiityttiin pistoliitettävällä viemäriin tarkastushaaralla. Betonisia tonttviemäreitä oli yhteensä kaksi, ja niihin liiityttiin erillisellä betoni/muovi-yhteellä.

Uuden hulevesilinjan liitokset tehtiin samalla tavalla kuin jätevesiliitoksetkin pistettävillä muhviliitoksilla. DN110-tonttiliittymät tehtiin 1,5 m kiinteistön rajojen sisäpuolelle ja tulpattiin päästä, jos kiinteistöllä ei vielä ollut omaa hulevesijärjestelmä, johon liiityä. Valmiita hulevesijärjestelmiä oli yhteensä viidellä kiinteistöllä. Yksi niistä oli varaus, joka ei ollut vielä käytössä, ja loput olivat laskeneet tontilla syntyvät hulevetensä jätevesiviemäriin.

Maaperänvaihtelut olivat kyseisellä kadulla poikkeuksellisen suuria. Urakan alkupäästä maa oli kallioista, joka vaati mittavia louhintatöitä, jotta uusi linja saatiin asennettua edeltäjäänsä syvemmälle ja lisättyä hulevesilinja samaan kaivantoon. Kallion loputtua maaperä oli hyvin kuivaa ja hienojakoista hiekkamaata. Kuivassa hiekkamaassa olleet valurauta- ja betoniputket olivat ulkoisesti hyvässä kunnossa ja kestivät koviakin iskuja. Loppupäässä maaperä muuttui kosteaksi vanhaksi merenpohjasaveksi. Kosteassa savimaassa olleet putket olivat selkeästi huonokuntoisimpia. Valurautaisen vesijohdon ulkopinnoilla oli selkeästi havaittavissa korroosion merkkejä. Betoniviemäri oli hyvin haurasta ja osittain sortumispisteessä olevaa. Savisen maan perusteella kadun saneeraustarve oli suuri ja välttämätön.

Kuvissa 27 ja 28 putkikaivantoa vesihuoltosaneeraustyömaalta.



Kuva 27 Putkikaivanto, oikealla vesijohto, keskellä jätevesi ja oikeassa ylänurkassa valmistuu hulevesiviemäri



Kuva 28 Täyttövaiheessa oleva putkikaivanto. Alimpana vesijohto, keskellä jätevesiviemäri ja ylimpänä hulevesiviemäri

Auki kaivaen saneerattaessa toinen kaivinkone kaivaa vanhaa vesihuoltoa auki ja tekee valmista kaivannonpohjaa uudelle vesihuollolle. Kuvassa 28 perässä tuleva kone huolehtii uuden putkilinja asianmukaisesta täytöstä sekä tekee uutta kadunpohjaa.

### 6.4.3 Painekoe, desinfiointi, vesinäyte ja viemärikuvaus

Uusien vesihuoltolinjojen tultua valmiiksi vesijohtoon laskettiin vettä urakkara-  
jan alimman runkoventtiin kautta pitäen linjan korkeimmassa kohdassa ollutta  
vesipostia auki. Näin uudesta linjasta saatiin ohjattua tyhjän putken sisälle ke-  
rääntynyt ilma pois.

Ilmanpoiston jälkeen vesijohtolinjalle suoritettiin painekoe seuraavalla tavalla:

1. Koetettävä putkiosuus pidetään käyttöpaineessa vähintään vuoro-  
kauden ajan
2. Paineokeen alussa testattavan putkiosuuden paine nostetaan 10kPa  
varsinaista koepainetta suuremmaksi, putken ”venyttämiseksi”
3. Varsinainen painekoe aloitetaan laskemalla testattavan putkiosuuden  
paine tasolle 1,3 x putkilinjan nimellispaine. Nimellispaineena pidettiin  
1000kPa
4. Koetulos on hyväksytty, mikäli paine pysyy puolen tunnin ajan 20 kPa  
sisällä aloituspaineesta.

Paineokeen jälkeen uusi vesijohtolinja desinfiointiin vedellä, johon oli sekoit-  
tettu natriumhypokloriittia. Veden klooripitoisuus oli 20 – 50 ml/l. Klooriseok-  
sen annettiin vaikuttaa suljetun linjan sisällä 24 tuntia. Tämän jälkeen vettä  
juoksutettiin yhtäjaksoisesti 2 vuorokauden ajan ennen vesinäytteen ottamista.

Uusi vesijohtolinja voitiin ottaa käyttöön, kun:

- vesinäytteestä ei löytynyt koliformisia bakteereita, eikä E. colia.
- heterotrofinen pesäkeluku oli alle asetetun tavoitteen
- vedessä ei ilmennyt sameutta
- vedessä ei ilmennyt vierasta hajua tai makua.

Jätevesi- ja hulevesiviemäreiden kuvaus voitiin suorittaa, kun linjan päällä kul-  
kevan kadun kantavakerros oli höylätty muotoonsa ja tiivistetty valssijyrällä.

Kuvaukset voidaan suorittaa vasta näiden jälkeen, mahdollisen maaperän elä-  
misen ja painumisen vuoksi. Kuvaukset suoritettiin viemäreiden kaatoihin ver-  
rattuna ylhäältä alaspäin. Viemäriinjat todettiin toimiviksi, kun:

- linjoissa ei esiintynyt painaumuksia ja kaatosuunnat olivat oikein  
liitokset olivat tiiviitä: tiivisteet paikallaan, liitokset työnnetty muhvin  
pohjaan.
- putkien sisäpuolella ei ollut halkeamia tai lommoja.

## 6.5 Muuttujat ja huomiot

Vanha vesihuolto on monesti yli 50 vuotta vanhaa, se sijaitsee maan alla ja saatavilla olevat kuvat voivat olla vain suuntaa antavia. Yllätykset ovat vesihuoltosaneerausta tehdessä todennäköisiä. Kaikki seuraavaksi mainittavat muuttujat ja ongelmat eivät ole kyseiseltä Kalastajankadun saneeraustyömaalta, mutta silti mahdollisia ongelmia vastaavissa olosuhteissa.

- Ennen vanhan vesijohtolinjan purkamista tulee aina varmistaa, että linja on suljettu ja paineeton. Paineellisen vesijohdon rikkominen aiheuttaa suuren vuodon ja veden saanti lähialueilla saattaa heikentyä. Linjan voi todeta paineettomaksi esimerkiksi palo- ja vesiposteista tai pienellä viillolla putken selkään.
- Urakkarajan lähtöliitoskorke ei välttämättä ole se, mitä suunnitelmakuvat kertovat. Lähtökorko jäte- ja hulevesiviemäreille tulee aina selvittää tarkasti esimerkiksi tasolaserilla tai takymetrillä. Pelkästään muutaman sentin väärä lähtökorko aiheuttaa viettoviemäriin virheelliset kaadot ja kaivojen asentamisen oikeaan korkoon mahdottomaksi. Viettoviemäri-  
linjojen korko tulee myös tarkistaa, jokaisen kaivovälin jälkeen, vastaavien ongelma välttämiseksi.
- Tonttiliitokset eivät aina onnistu siihen paikkaan, kun suunnitelmakuvissa on merkattu. On suotavaa etsiä jokaisen kiinteistön vanha tonttiventtiili sekä jätevesikaivo ja suunnitella tonttijohtojen linja niiden mukaan. Tonttioviemäri ei esimerkiksi saisi laskea runkokaivoon vastavirtaan suhteessa kokoojoviemäriin virtaussuuntaan. Kiinteistön tonttioviemärit saattavat kulkea niin, että tämän välttämiseksi runkokaivon paikkaa joudutaan siirtämään suunnitellusta.
- Tonttijohtoja tulee varoa. Vaikka tonttijohtokin uusitaan osittain, voi raju käsittely liikuttaa putkea ja aiheuttaa putken vaurioitumisen urakka-alueen ulkopuolelle, esimerkiksi rakennuksen alle.

- Sähköhitsausliitoksia tehdään paljon, ja on suotavaa esimerkiksi merkata kaikki jo hitsatut liitokset. Näin pienennetään mahdollisuutta hitsaamattomille liitoksille, joita joutuisi etsimään maan alta painekokeen indikoidessa vuotoa. Laippaliitoksille kuulu myös samasta syystä suorittaa aina jälkikiristys.
- Äkilliset rankkasadekuurot voivat nopeasti sorruttaa kaivantoa ja aiheuttaa kaivannon tulvimisia. Tulvavedet taas voivat kuljettaa esimerkiksi avonaisesta viemäriputken päästä hiekkaa ja maa-ainesta viemäriverkoston ja aiheuttaa tukkeutumisia. On suotavaa pitää koko ajan mahdollisuus nopeaan väliaikaiseen linjojen liittämiseen juuri esimerkiksi rankkasateiden vuoksi. Toimivia oppopumppuja tulee myös aina olla vapaana käytettävissä työmaalla.
- Varmista, että käytettävät materiaalit ovat ehjiä. Suuret putket ja osat ovat raskaita siirrellä, ja niihin voi helposti tulla halkeamia tai lommoja esimerkiksi kuljetuksen yhteydessä. Vioittuneen tai jopa vuotavan putken/osan paikallistaminen voi viedä aikaa, kun uuden linjan päällä on jo 2 metriä maata ja kadunpohja. Hyvä tapa on aina varmistaa materiaalin kunto ennen asentamista.
- Uuden vesijohtolinjan tonttiventtiilit oltava suljettuina aina, ennen kuin uuteen linjaan päästetään vettä. Mikäli talon sisällä oleva sulku ei ole kiinni tai tonttivesijohtoa ei ole sisältä tulpattu esimerkiksi sujutuksen jälkeen, on suuri vesivahinko väistämätön, jos tonttijohtoon pääsee vettä. Tonttiventtiili avataan vasta puhtaan vesinäytteen jälkeen, kun kiinteistöt kytketään pois väliaikaisesta pintasyötöstä.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Lopputulos

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota opas vesihuollosta vesihuoltosaneerausurakointiin. Oppaan avulla ensimmäistä kertaa vesihuollon kanssa tekemisissä oleva saisi selkeän yleiskuvan vesihuollosta. Tämä oli ensimmäinen suuri rajaus, eli aihetta tuli siis käsitellä varsin pintapuolisesti ja vastata alkuun kysymykseen, mitä on vesihuolto. Toinen suuri rajaus aiheessa oli keskittyä pelkästään itse vesihuoltoon, rajaamalla kontekstiin kuuluvat maanrakennuspuoli ja urakointi pois. Maanrakennus ja urakointi ovat työskentelytapoja vesihuoltosaneerauksessa, mutta sotkisivat johdonmukaisuutta oppaassa, jonka tarkoitus on tutustuttaa lukija nimenomaan vesihuoltoon ja vesihuoltosaneeraukseen. Lopputuloksena syntyvän oppaan tekstin oli tarkoitus olla samaa kuin opinnäytetyöraportissa esille tulevat teoriat ja menetelmät.

Edellä mainituista tavoitteista ja rajauksista opinnäytetyöhön saatiin kerättyä laaja ja ytimekkäästi etenevä opas vesihuoltosaneeraukseen. Ensimmäisessä kappaleessa lukijalle vastataan kysymykseen, mitä on vesihuolto, mitä vesihuolto käsittää, miten talousvesi tuotetaan ja miten jätevesiä käsitellään. Kappale jää hyvin pintapuoliseksi ja esittää esimerkiksi talousveden tuotantoon ja jätevedenpuhdistukseen liittyvät toimenpiteitä hyvin suppeasti. Toimenpiteet esitellään luettelemalla prosessiin kuuluvat aiheet käyttäen termejä, mutta vaiheita ei avata sen enempää. Toimenpiteiden tarkempi kuvaileminen ei kuitenkaan olisi palvellut sen enempää itse aihetta, joten yleisperiaatteen esittäminen toimii hyvin.

Olemassa olevan vesihuollon saneeraustarpeen esittämisessä on onnistuttu hyvin. Teksti avaa saneeraustarpeen historiaa ja tulevaisuutta, joiden tunnistaminen on tärkeää urakkamuotoisista vesihuoltosaneerauksista kilpaillessa. Saneeraustarpeen määrittelemisen avataan myös varsin selkeästi, ja tietoutta saneeraustarpeesta voidaan pitää tärkeänä, koska se on vastaus kysymykseen, miksi saneerataan. Putkimateriaalit ja vauriotyypit esitellään samassa yhteydessä, ja tämä oli lopulta toimivin ratkaisu. Eritellessä molempiin aiheisiin olisi saatu lisää yksityiskohtaisempaa teoriatietoa, mutta tämä taas ei olisi palvellut aihetta vesihuollon saneeraamisesta juurikaan enempää.

Verkostotyyppejä, padotuskorkeutta ja varusteita esitellessä teksti muuttuu hieman opastavammaksi yleisen teorian sijaan. Kappale on kokonaisuuden kannalta välttämätön, kun oletetaan lukijan tietouden aiheesta olevan hyvin olematonta. Asiat esitellään ytimekkäällä teemalla tuomalla esiin, mitä on olemassa ja mitä on käytettävissä. Samalla teemalla esitellään myös saneerausmenetelmät. Asiat voisi kertoa yksityiskohtaisemmin, mutta ytimekäs kokonaisuus kärsisi. Tarkoitus on, että lukija saa käsityksen, mitä menetelmiä on olemassa ja mihin mikäkin menetelmä parhaiten soveltuu. Tältä pohjalta itse menetelmä voidaan jo valita.

Saneerausurakka kappaleen alussa käsitellään väliaikaistavesihuoltoa ja hygieniää. Nämä ovat hieman irrallinen kokonaisuus, mutta välttämätöntä tietoa ja soveltuvat kronologisesti parhaiten kappaleeseen, jossa varsinaista saneerausurakkaa käydään läpi. Esimerkkityömaan tarkoitus raportissa on lähinnä todistaa, että aikaisemmin esitetty tieto on relevanttia, ja tässä kappale myös onnistuu. Ristiriitaa rakenteeseen luo se, että kappaleessa esitellään vielä uutta tietoa piirroksista, painekokeesta ja desinfioinnista. Tämä voidaan kuitenkin todeta toimivimmaksi ratkaisuksi, kun työtä esitellään nimenomaan kronologisessa järjestyksessä. Lopussa esitetyt muuttujat ja huomiot ovat lista arokkaita huomioita, joiden sisällyttäminen aiempaan tekstiin olisi tehnyt kerronnasta sekavaa.

Lopputuloksena syntyneeseen vesihuolto-oppaaseen saatiin varsin hyvin sisällytettyä jo opinnäytetyöraportissa esiintynyttä tekstiä, mukautettuna käyttötarkoitusta palvelevampaan muotoon.

## **7.2 Jatkokehitysideat**

Opinnäytetyön aiheen laajuus tarjoaa lukuisia jatkokehitysideoita vesihuolto-oppaalle. Käytännössä tämän opinnäytetyön jokainen kappale kävisi aiheeksi, josta voisi tehdä laajuudeltaan opinnäytetyön kriteerit täyttävän tutkimuksen. Tässä tapauksessa aihe saattaisi kuitenkin karata liikaa, eikä esimerkiksi veden tuotantoa tai putkimateriaaleja käsittelevä tutkimus olisi relevantti jatkotutkimus vesihuollon saneeraamista käsittelevään oppaaseen.



Aihetta palveleva jatko-osa vesihuolto-oppaaseen olisi tutkimus, jossa vertailaan vesihuollon saneerausmenetelmiä. Syntynyt opinnäytetyö tuo esille eri saneerausmenetelmiä auki kaivaen ja kaivamattomia menetelmiä, mutta jatko-tutkimus voisi vertailla yksityiskohtaisemmin, milloin mikäkin menetelmä on toimivin. Vesihuolto-oppaasta lukija saa yleiskäsityksen menetelmistä, mutta joutuu tämän jälkeen tutustumaan valitsemaansa menetelmään tarkemmin muuta kautta. Tämä ”muuta kautta” voisi hyvin olla jatko-osa vesihuolto-oppaasta.

Toinen selkeästi hyvä jatko-osa oppaalle olisi tutkimus, jossa kehitettäisiin vesihuoltosaneerausurakan tehokkuutta. Tässä tutkimuksessa mukaan otettaisiin nyt syntyneestä oppaasta puuttuvat maanrakennus ja urakointi mukaan. Vesihuolto-oppaasta tullut tieto vesihuollosta olisi lukijalla jo selkeästi hallussa, jolloin jatkotutkimuksessa voitaisiin keskittyä puhtaasti siihen, miten itse urakan läpiviemistä voitaisiin saada kustannustehokkaammaksi. Tehokkuuteen etsittäisiin kehityskohtia niin maanrakennuksesta kuin vesihuoltotöistä ja työmaan yleisestä organisoinnista.

### **7.3 Lähdekriittisyys**

Opinnäytetyön teoriassa käytettävät lähteet nojaavat vahvasti kolmeen pääasialliseen lähteeseen, jotka ovat Sweco ympäristö Oy:n tekemä tutkimus vesihuollon saneeraustarpeesta, VTT-tutkimus vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittämisestä ja vesi-instituutin julkaisu vesijohtomateriaalien vaurioista ja käyttöiästä.

Sweco ympäristö Oy:n tutkimus valikoitui lähteeksi vahvasti sen vuoksi, että tutkimuksen tekoon oli osallistunut suuri joukko vesihuolto-alan asiantuntijoita. Tutkimukseen oli osallistunut yhteensä neljä vesilaitosta, ELY-keskus, Varsinais-Suomen liitto, Satakunnanliitto sekä Sweco Oy:n vesihuollon suunnitteluun ja konsultointiin erikoistunut yksikkö. Tutkimus on kuitenkin suoritettu vain Varsinais-Suomen ja Satakunnan alueella, ja Suomen kokoisessa maassa etenkin maaperänlaadun vaihtuvuus on suurta, joka taas vaikuttaa putkien elinikään. Tutkimusta voidaan kuitenkin pitää ehdottoman paljon suuntaa antavana ja saneeraustarpeen määrittelemisen kulki vahvasti käsi kädessä kirjoittajan omien kokemusten kanssa.

VTT:n tutkimukseen vesihuollon kunnan ja arvon määrittämiseen oli niin ikään osallistunut suuri joukko vesihuolto-alalla työskenteleviä. Tutkimuksessa oli paljon yhteneväistä tietoa Sweco ympäristö Oy:n raportin kanssa, joka lisäsi luottamusta kumpaankin tutkimukseen. Tutkimus oli vuodelta 2012, eli jo 8 vuotta vanha ja siinä oli paljon vuosilukuihin perustuvaa dataa, joita ei kaikkea voinut enää tänä päivänä käyttää. Tutkimus on kuitenkin laadukkain ja laajin aiheesta tehty tutkimus Suomessa joten tietoa voidaan pitää oikein pätevänä edelleen.

Vesi-instituutin julkaisu vesijohtomateriaalien vaurioista ja käyttöiästä nousi esille kirjallisuuskatsauksessa, kun lähes kaikki aiheeseen liittyvät tutkimukset viittasivat juuri kyseiseen julkaisuun. Julkaisu on vuodelta 2008 eli yli 10 vuotta vanha, ja tämä tietysti aina herättää kysymyksiä, onko tieto ajan tasalla. Julkaisun aiheena on kuitenkin vauriot ja käyttöikä putkista, jotka voivat olla jopa 100 vuotta vanhoja, joten tieto ei käytännössä vanhene. Kun materiaalit ovat samoja, samat vauriot syntyvät tänä päivänä kuin 12 vuotta sitten.

Vähemmän viitattuja lähteitä opinnäytetyössä olivat muun muassa vesilaitokset, materiaalivalmistajat sekä lait ja asetukset. Vesilaitoksien ja materiaalivalmistajien julkinen tieto on toki aina vain pelkistettyä yleistietoa, mutta täysin palvelevaa tässä opinnäytetyössä. Kaikkia asetuksiin perustuvaa tietoa voidaan pitää luotettavimpina lähteinä tällä hetkellä. Suuri miinus niissä on, että ne eivät välttämättä kestä kovin paljoa aikaa uusien asetusten tullessa voimaan.

Kansainvälisiä lähteitä opinnäytetyöhön valikoitui lopulta vain yksi, Cast iron pipes-the hidden time bomb in your plumbing -niminen julkaisu vuodelta 2019. Syy vähäiseen kansainvälisten lähteiden määrään oli puhtaasti tiedon soveltuvuus Suomen olosuhteisiin. Kuten työssäkin puhuttiin, maaperä ja materiaalit vaikuttavat paljon vesihuollon toimivuuteen.

## LÄHTEET

Hulevesiopas. 2012. Kuntaliitto. Helsinki. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopas-1> [viitattu 1.12.2020].

Jäteveden käsittely. 2020. Kymen Vesi Oy. Kotka. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://kymenvesi.fi/toiminta/jatevedet/> [viitattu 18.11.2020]

Kekki, T. ,Kaunisto, T. ,Keinänen-Toivola, M. & Luntamo, M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-instituutin julkaisuja 3. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Vesijohtomateriaalien-vauriot-ja-k%C3%A4ytt%C3%B6ik%C3%A4-Suomessa.pdf> [viitattu 25.11.2020]

Kotiranta, R. 2020. Jätevesien puhdistaminen. eMaantieto. WWW-dokumentti.

Saatavissa: <https://peda.net/p/RiikkaKotiranta/suomi2234/1jjm/jp> [viitattu 20.1.2021]

Kunnossapito ja NO-dig menetelmät vesihuoltoverkostojen saneerauksessa.

2015. Tampereen Vesi. Tampere. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.tamk.fi/documents/10181/75476/Pulli.pdf/d1bb954d-bebe-4116-afbe-227ff6d30e52> [viitattu 21.1.2020]

Myllylä, H. 2012. Vesihuollon suunnitteluohje. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Rakennustekniikka. Insinööriyö. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42439/Vesihuol.pdf?sequence=1> [Viitattu 2.1.2021]

Petrow, S. ,Heikkinen, M. ,Forssman, J. & Pirinen, M. 2017. Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät. Betoniteollisuus ry. PDF-dokumentti. Saatavissa:

[https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset\\_viemari\\_ja\\_hulevesijarjestelmat.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset_viemari_ja_hulevesijarjestelmat.pdf) [viitattu 1.12.2020]

Pilvilammen vesilaitos. Vaasan Vesi. 2021. Vaasa. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.vaasanvesi.fi/pilvilammen-vesilaitos> [viitattu 15.1.2021]

Påttin jätevedenpuhdistamo. Vaasan Vesi. 2021. Vaasa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vaasanvesi.fi/pattin-puhdistamo> [viitattu 15.1.2021]

Siik, T. 2015. Väliaikaisen vedenjakeluverkoston rakentaminen katusaneeraushankkeen yhteydessä. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://core.ac.uk/download/pdf/38130733.pdf> [viitattu 3.2.2021]

Talousvesi. 2020. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. Helsinki. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi> [viitattu 12.11.2020]

Tuotteet. 2020. Fluortech. Valkeakoski. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://fluorotech.fi/muoviputkistojen\\_hitsaustavat](https://fluorotech.fi/muoviputkistojen_hitsaustavat) [viitattu 4.1.2021]

Tuotteet. 2021. Lining. Vantaa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lining.fi/tuotteet/venttiilit-ja-liittimet/venttiilit> [viitattu 3.1.2021]

Tuotteet. 2021. Meltex. Tampere. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.meltex.fi/fi/haku?q=pumppaamo> [viitattu 3.1.2021]

Tuotteet. 2021. Uponor. Nastola. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesi-iq> [viitattu 10.2.2021]

Vesihuollon investointitarpeet vuoteen 2040. 2020. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja 63. Helsinki. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.vvy.fi/site/assets/files/5239/vesihuollon\\_investointitarpeet\\_vvy\\_10092020\\_final.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/5239/vesihuollon_investointitarpeet_vvy_10092020_final.pdf) [viitattu 20.11.2020]

Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen. 2013. 42278/SerVesi. Tampere: VTT. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2012/VTT-R-08119-12.pdf> [viitattu 10.11.2020]

Vesihuolto. 2020. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki: WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://mmm.fi/vesi/vesihuolto> [viitattu 10.11.2020]

Vesihuoltoverkoston saneeraustarpeen selvittäminen. 2017. Raportteja 10/2017. Turku: Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134074/Raportteja%2010%202017.pdf?sequence=2&isAllowed=y> [viitattu 8.11.2020]

Vesihuolto. 2020. Vesilaitosyhdistys. Helsinki. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vvy.fi/vesihuolto/mita-vesihuolto-on/#osio-1-1510226035-5945-1> [viitattu 17.11.2020]

Williams, K.C. 2019. Cast Iron Pipes-The Hidden Time Bomb In Your Plumbing. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.williamspa.com/wp-content/uploads/2019/09/Cast-Iron-Pipes-The-Hidden-Time-Bomb-In-Your-Plumbing-1547739832\\_print.pdf](https://www.williamspa.com/wp-content/uploads/2019/09/Cast-Iron-Pipes-The-Hidden-Time-Bomb-In-Your-Plumbing-1547739832_print.pdf) [viitattu 25.11.2020]