

Vuotovesien vaikutukset jäteveden- pumppaamoiden toimintaan

Ville Hyttinen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka

Tekijä(t) Hyttinen, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2020
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Vuotovesien vaikutukset jätevedenpumppaamoiden toimintaan		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kari Hytönen & Hannariina Honkanen		
Toimeksiantaja(t) Alva-yhtiöt Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Jätevesiverkoston vuotovesistä aiheutuu vuosittain kustannuksia vesihuoltolaitoksien toiminnalle. Vuotovedet ovat jätevesiverkostoon sisään päin vuotavia sinne kuulumattomia pinta- ja pohjavesiä. Ne päätyvät verkostoon rikkiäisistä verkostorakenteista, joko maaperästä imeytymällä tai pintarakenteiden kautta. Vuotovesimäärät kasvavat sateiden ja lumien sulamisen aikaan ja voivat aiheuttaa pumppaamoilla kapasiteetin ylittymisiä.</p> <p>Alva-yhtiöillä jätevesiverkoston vuotovesiprosentti on keskimäärin 44 %. Työssä tutkittiin vuotovesien vaikutuksia jätevedenpumppaamoilla sekä viettoviemäreissä. Tarkempuna alueena tutkittiin Jyväskylän Kortemäkeä, jonne tullaan tulevina vuosina tekemään aluesaneeraus huonokuntoisen verkoston takia. Verkostolle tehtiin mallinnuksia, joiden avulla arvioitiin saneerauksen vaikutuksia pumppaamoilla virtaamamuutosten osalta.</p> <p>Työssä kerättiin käyttödataa pumppaamoilta, joihin kuului virtausmittauksia, sähkönkuluksia sekä kunnossapitotietoja. Lisäksi Vuove-insinöörien alueelle suorittamia vuotovesimittauksia hyödynnettiin laskennassa ja mallinnuksissa.</p> <p>Tuloksina saatiin selville vuotovesien toiminnallisia vaikutuksia verkostossa sekä pumppaamoilla sekä saatiin tehtyä mallinnukset alueen verkoston nykytilanteesta, ja verrokkina arvioita tulevasta tilanteesta. Nykytilanteessa alueen viemärit ovat ylimitoitettuja. Saneeraukselle tehtiin kannattavuuslaskelmia käyttäen verrokkina aiemmin suoritettuja saneerauksia ja niiden tuloksia sekä oletuksia vähentyvistä vuotovesimääristä.</p> <p>Vesihuoltolaitokset pyrkivät vähentämään vuotovesimääriä aluesaneerauksilla. Saneerausten kohdentaminen on tärkeää, ja kuntotutkimuksilla on suuri rooli oikeiden saneerauskohteiden valintaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Vuotovesi, jätevesi, jätevesipumppaamo, viemäri		
<p>Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)</p> <p>Liitteet 2,3,4 ja 5 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta. Salassapito päättyy 8.12.2030.</p>		

Author(s) Hyttinen, Ville	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 53	Permission for web publication: x
Title of publication Effects of inflow and infiltration of sanitary sewer system for wastewater pumping stations		
Degree programme Energy and environmental technology		
Supervisor(s) Kari Hytönen & Hannariina Honkanen		
Assigned by Alva-yhtiöt		
Abstract <p>Inflow and infiltration (I/I) of sanitary sewer systems increase operational costs of the network and pumping stations. I/I mean excess water that flows into the sewer system. Infiltration is groundwater that enters sewers through defective pipes and pipe joints. Inflow enters sewers from the surface through defective structures. Rainy days and melting snow increase sanitary sewer flow because of I/I into the network.</p> <p>The amount of I/I in the sewer system of Alva-yhtiöt is approximately 44 percent of the whole sanitary sewer flow. In this thesis the effects of excess water in the system is investigated in pumping stations and wastewater network. Kortemäki area in Jyväskylä was chosen for closer examination because of the upcoming renovation of sewer network. Wastewater flow simulations were made for comparing the present state of the network to the expectations of the future stages. Simulations show effects of flow variations for pumping stations and to the sanitary sewer network.</p> <p>Data for thesis was collected from pumping stations that included flow measurements, electric consumptions and maintenance data. Vuove-insinöörit had also measured I/I in Kortemäki area and that data was used for calculations.</p> <p>Results show different functionality problems that I/I cause in sanitary sewer systems and in pumping stations. Simulations show that the sewer system in Kortemäki is currently largely oversized. Simulations were made with different flow variations to show effects for pumping stations. Profitability calculations were also made for the renovation.</p> <p>The amount of I/I can be lowered by renovation of wastewater network. Condition inspections to network have high impact on choosing the right places for renovation.</p>		
Keywords/tags (subjects) Sewer, wastewater, pumping station, infiltration and inflow		
Miscellaneous (Confidential information) Appendixes 2, 3, 4 and 5 are confidential and they have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: business or professional secret. Period of secrecy is ten years and it ends 8.12.2030		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön toimeksianto ja tavoitteet.....	4
1.2	Tutkimusmenetelmät ja aineistonkeruu	5
1.3	Alva-yhtiöt Oy.....	5
2	Viemärilaitos	6
2.1	Yleistä	6
2.2	Lakivelvoitteet	7
2.3	Viemäriverkosto	8
	2.3.1 Viemärointitavat.....	8
	2.3.2 Viemärien mitoitus	11
2.4	Jätevedenpumppaamot	12
	2.4.1 Yleistä.....	12
	2.4.2 Pumppaamon laitteet ja varusteet.....	13
	2.4.3 Pumpputyypit	13
	2.4.4 Pumppaamon ohjaus ja valvonta	15
	2.4.5 Ympäristöhaitat	16
3	Vuotovedet	17
3.1	Yleistä	17
3.2	Vuotovesiselvitykset.....	19
3.3	Vuotovesien etsintä.....	20
4	Viemäriverkoston kunnossapito	22
4.1	Saneeraus	22
4.2	Ennakoiva kunnossapito.....	25
4.3	Korjaava kunnossapito	26
5	Tutkimuskohde ja tulokset.....	27
5.1	Kortemäki	27
5.2	Pumppaamotarkastelu	28
5.3	Kortemäen alueen virtaamalaskelmia	32
5.4	Kortemäen jätevesiverkostomallinnus.....	34

	2
5.5 Vuotovesivertailu vesiosuuskunnan verkostolle.....	39
6 Johtopäätökset.....	41
7 Pohdinta.....	43
Lähteet	46
Liitteet	49
Liite 1. Kortemäen aluesaneerauskohte	49
Liite 2. Skenaario 1 kustannuslaskelma (salassa pidettävä)	50
Liite 3. Skenaario 2 kustannuslaskelma (salassa pidettävä)	51
Liite 4. Skenaario 3 kustannuslaskelma (salassa pidettävä)	52
Liite 5. Mittakaivojen kannattavuus (salassa pidettävä)	53

Kuviot

Kuvio 1. Viemärlaitoksen osat (RIL 237-1 2010, 27)	7
Kuvio 2. Viemärointitavat (RIL 237-1 2010, 117, muokattu).....	9
Kuvio 3. Paineviemärin periaate (RIL 237-2 2010, 58)	10
Kuvio 4. Pumppaamotyypit (Pumppaamot n.d, muokattu)	12
Kuvio 5. Juoksupyörätyypit (Jacobs, Griffioen, Loubser & Tulleken 2015)	14
Kuvio 6. Pumppujen asennustavat (RIL 124-2 2004, 489-490, muokattu).....	15
Kuvio 7. Irronneen tiivisteen kuva TV-kuvausraportissa (L&T viemärikuvausraportti 2014)	21
Kuvio 8. Vesihuoltoverkoston ylläpitokaavio (RIL 124-2 2004, 648).....	23
Kuvio 9. Sujutusmenetelmiä (RIL 124-2 2004, 663)	24
Kuvio 10. Pumppaamoiden huoltoihin käytetyn ajan jakauma Alvalla (Novi 2020)	27
Kuvio 11. Pumppaamoketjut Kortemäeltä	28
Kuvio 12. Sadanta ja lumensyvyys	30
Kuvio 13. Jätevedenpumppaamoiden energiankulutus.....	30
Kuvio 14. Vuove-mittaukset Kortemäellä (Tammenlarva 2020)	31

Kuvio 15. Nisulan jätevedenpumppaamon sähkönkulutuksen ja virtaaman trendit	31
Kuvio 16. Verkoston huuhtoutuminen nykytilanteessa keskiarvovirtaamalla.....	35
Kuvio 17. Verkoston huuhtoutuminen nykytilanteessa mitatulla maksimivirtaamalla.....	36
Kuvio 18. Verkoston käytetty kapasiteetti nykyisillä maksimivirtaamilla	36
Kuvio 19. Mallinnettu tilanne aluesaneerauksen jälkeen	37
Kuvio 20. Kortepohjan jätevedenpumppaamon mallinnetut virtaamat ennen ja jälkeen saneerausta	38
Kuvio 21. Hangastien jätevedenpumppaamon mallinnetut virtaamat ennen ja jälkeen saneerausta	39
Kuvio 22. Virtausmittaukset Mukuramajantien mittakaivot.....	40
Kuvio 23. Virtausmittaukset Muurikaisentien mittakaivot	40

Taulukot

Taulukko 1 Kortemäen pumppaamoketjun pumppaamot.....	29
Taulukko 2 Virtaamat Kortemäeltä	29
Taulukko 3 Lähtötiedot ja nykytilanne	32

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön toimeksianto ja tavoitteet

Jätevesiverkoston vuotovesistä aiheutuu vuosittain kustannuksia vesihuoltolaitoksille käyttö- sekä kunnossapitokuluina kasvavien viemärivertaamien takia.

Viemäriverkostojen ikääntyessä ja rapistuessa viemärien vuotovesimäärät kasvavat ja saneeraustarve kasvaa. Energiatehokkuusajattelun lisääntyessä tarve vuotovesimäärien seurantaan sekä vähentämiseen kasvaa. (Vedenjakelu- ja viemäriverkoston energiatehokkuus mallintamalla, 2018) Vuotovesimäärät kasvavat runsaiden sateiden sekä lumien sulamisen aikaan ja niitä seuraamalla voidaan tarkastella yleisellä tasolla viemäriverkoston kuntoa. Ilmastonmuutoksen myötä myös mahdollisten rankkasateiden lisääntyminen voi kasvattaa viemärivertaamia, mikä osaltaan vaikuttaa haluun kehittää vesihuoltoa. (Tuomenvirta, Haavisto, Hildén, Lanki, Luhtala, Meriläinen, Mäkinen, Parjanne, Peltonen-Sainio, Pilli-Sihvola, Pöyry, Sorvali & Veijalainen 2018). Verkoston saneerauksilla pyritään parantamaan vesihuoltoa ja Alvalta vesihuoltoverkkojen investointeihin käytettiin vuonna 2019 noin 14,8 M€ (Yhteiskuntavastuuraportti 2019 2020.). Vuosina 2010-14 vuotovesiprosentti Suomessa puhdistamoille kulkevasta jätevedestä oli keskimäärin 37-47 prosenttia, ja Alva-yhtiöllä lukema on nykyään noin 44 % (Rakennetun omaisuuden tila 2017.).

Opinnäytetyö toteutettiin Alva-yhtiöt Oy:n vesiverkot osastolle. Sen tavoitteena oli selvittää vuotovesien toiminnallisia sekä taloudellisia vaikutuksia jätevedenpumppaamoilla ja viemäriverkostossa. Tutkimuksen avulla tunnetaan tarkemmin vuotovesien vaikutukset vesihuoltolaitoksille ja voidaan jatkossa mahdollisesti kohdentaa tarkemmin aluesaneerauksia, joka johtaa pienentyneisiin viemäroinnin käyttökustannuksiin. Työssä laskettiin arvio vuosina 2021-23 toteutettavan Kortemäen aluesaneerauksen kannattavuudesta arvioiden väheneviä vuotovesimääriä aiempien aluesaneerauksien perusteella. Kortemäen alueen jätevesivertaamista tehtiin myös virtaamamallinnuksia, joilla pystyttiin havainnollistamaan aluesaneerauksen vaikutuksia vesihuollolle. Lisäksi vertailtiin

Leppälahti-Savio vesiosuuskunnan vuotovesimääriä ja sinne asennettujen virtausmittauskaivojen kannattavuutta Alva-yhtiöille.

1.2 Tutkimusmenetelmät ja aineistonkeruu

Työ koostuu teorialarkastelusta vesihuoltoon, vuotovesiin, jätevesiverkoston kunnossapitoon sekä pumppaamoiden ja verkoston käytön tutkimiseen pumppaamodatan sekä raportoinnin kautta. Työssä tutkittiin vuotovesien vaikutuksia jätevesiverkossa yleisellä tasolla sekä valittiin tarkemmin tutkittavaksi kohteeksi Jyväskylän Kortemäen alue, jonne ollaan toteuttamassa aluesaneerausta huonokuntoisen vesihuoltoverkoston takia. Tutkittavana on Kortemäen jätevesiverkoston valuma-alueiden pumppaamot, joita on viisi kappaletta. Työssä tehtiin myös vuotovesivertailua Leppälahti-Savio vesiosuuskunnan vesihuoltoverkostolle virtausmittausten perusteella.

Tutkimusta varten kerättiin käyttö- ja kunnossapitodataa jätevedenpumppaamoilta. Pumppaamoilta tallennetaan prosessinohjausjärjestelmiin toiminnallista dataa, joka on ladattavissa palvelimilta. Käyttödatana kerättiin virtaamatietoja, säiliöiden pinnan korkeustietoja sekä sähkökulutuksia. Lisäksi Vuove-insinöörit on suorittanut Kortemäen alueelle vuotovesimittauksia, joita työssä hyödynnettiin. Datan avulla pystyttiin arvioimaan jäteveden pumppauskustannuksia ja arvioimaan aluesaneerauksen kannattavuutta. Dataa käytettiin myös jätevesiverkoston mallinnukseen. Kunnossapidon osalta tutkittiin raportteja, häiriötietoja ja syitä pumppaamoilla tapahtuneista vikaantumisista sekä huolloista. Leppälahti-Savio vesiosuuskunnan verkostoon asennetuista mittauskaivoista tutkittiin virtaamadataa, jota verrattiin laskutukseen ja arvioitiin investoinnin kannattavuutta. Teoria- ja tutkimusaineistoa kerättiin kotimaisista ja ulkomaisista lähteistä, internetsivustoilta, aiemmista tutkimuksista, Alvan työntekijöiden kanssa käydyistä keskusteluista sekä Alvan omista tietojärjestelmistä.

1.3 Alva-yhtiöt Oy

Alva-yhtiöt Oy on 100-prosenttisesti Jyväskylän kaupungin omistama yhtiö, jonka toimialana on energian ja veden tuotanto, jakelu sekä myynti. Vuoteen 2019 asti Alva-

yhtiöt toimi nimellä Jyväskylän energia Oy. Konserniin kuuluu Alvan tytäryhtiöinä Alva Sähköverkko Oy, Alva Hulevesi Oy, Alva Rauhalahdi Oy, Alva Viitasaari Oy, joista Alva omistaa 100 %. Jyväskylän Voima Oy:stä Alva omistaa 81,4 %. Lisäksi Alvalla on pienempiä osakkuuksia yrityksissä KS Energiavälitys Oy, C-Ella Oy, Väre Oy sekä Suomen Hyötytuuli Oy (Tytär- ja osakkuusyhtiöt. 2020). Alvan Liikevaihto vuonna 2019 oli 147,9 miljoonaa euroa ja työllisti noin 239 henkilöä. (Yhtiö 2020.)

Alvan tärkeimmät energiantuotantolaitokset ovat Rauhalahden sekä Keljonkankaan voimalaitokset. Vedentuotannon osalta tärkeimmät laitokset ovat Viitaniemen pintavesilaitos, Vuonteen tekopohjavesilaitos sekä Janakka-Kaivovesi -vesilaitos. Alva tuotti vuonna 2019 noin 1,1 terawattituntia lämpöä kaukolämpöverkkoihin. Sähköä tuotettiin noin 0,6 terawattituntia sekä talousvettä noin 8,8 miljoonaa kuutiota. Alvan tehtävä on ylläpitää jätevesiverkostoa, mutta jäteveden puhdistuksesta vastaa Jyväskylän alueella JS-Puhdistamo Oy. Alvalla on jätevesiverkostoa noin 900 kilometriä, vesijohtoverkostoa noin 870 kilometriä ja hulevesiverkostoa noin 329 kilometriä. (Yhteiskuntavastuuraportti 2019 2020.)

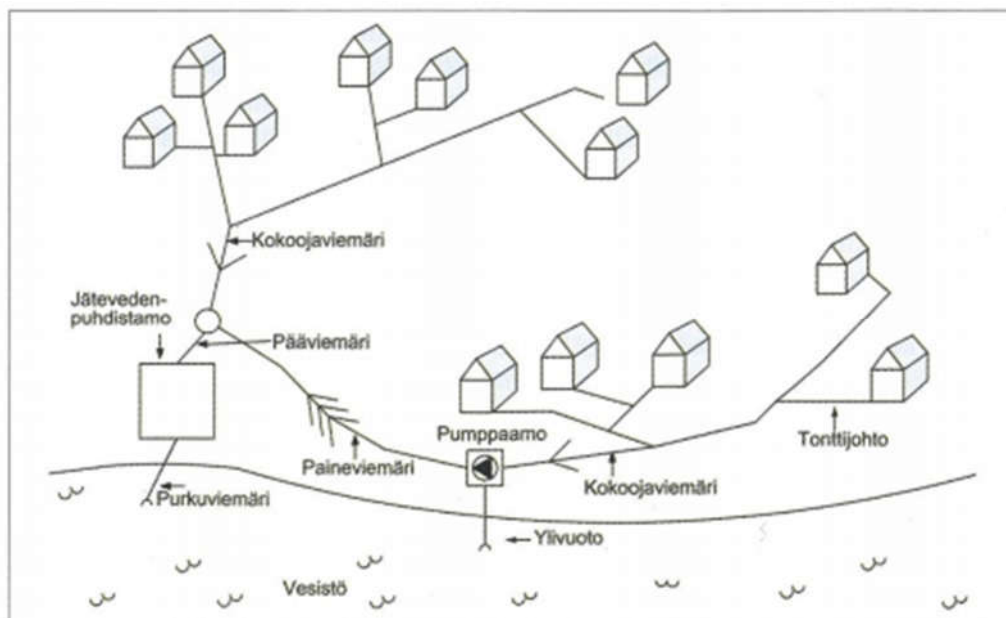
2 Viemärlaitos

2.1 Yleistä

Viemärlaitoksen tehtäviksi on määritelty jätevesien johtaminen, puhdistaminen ja puhdistetun veden palauttaminen takaisin vesistöön. Ympäristönsuojelulaisissa tarkoitetaan jätevedellä sellaista käytöstä poistettua vettä, pilaantuneelta alueelta johdettavaa vettä tai ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan käytetyltä alueelta johdettavaa vettä, josta voi aiheutua ympäristön pilaantumista (Ympäristönsuojelulaki L 27.6.2014/527, 5§.). Viemärlaitokseen katsotaan kuuluvaksi kaikki rakenteet ja laitteet, joita yhdyskunnan alueella olevan veden kerääminen, siirtäminen, puhdistaminen ja ympäristöön palauttaminen vaatii (ks. kuvio 1). Tehtävät tulisi pystyä hoitamaan siten, ettei ihmisille tai ympäristölle aiheudu perusteettomia haittoja,

kuten hajuja, tulvia tai ympäristön likaantumista. Viemärlaitoksen vastuulla on myös purkaa lopuksi puhdistettu jätevesi takaisin vesistöön. (Karttunen 1999, 136)

Vesihuollon palveluiden käyttämisestä tehdään vesihuoltolaitoksen sekä asiakkaan välille erillinen sopimus. Vesihuollon vastuuraja vedenkäyttäjän ja viemärlaitoksen kesken määritellään sopimuksessa, jossa usein vesihuollon tarvittavat liitospisteet määritetään tontin rajalle. Viemäröinnille määritellään myös padotuskorkeus. (Karttunen 1999, 136) Jos asiakas rakentaa viemäröinnin alimman pisteen padotuskorkeutta matalammalle tasolle, ei vesihuoltolaitos ole velvollinen korvaamaan vahinkoja tulvien sattuessa (Veden ja viemäröinnin toimitusehdot 2019).



Kuvio 1. Viemärlaitoksen osat (RIL 237-1 2010, 27)

2.2 Lakivelvoitteet

Vesihuoltolaitosten toiminnalle on asetettu lakivelvoitteita. Toimiva vesihuolto on ihmisten hyvinvoinnille ja yhteiskunnan toiminnalle välttämätön palvelu ja lakien tavoitteena on järjestää terveyden ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen vesihuolto. Vesihuoltolaitosten toimintaa on säädetty vesihuoltolaissa, vesilaissa sekä ympäristönsuojelulaissa.

Vesihuoltolain 1 § määritetään vesihuollon tavoite. Tämän lain tavoitteena on turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärointi (Vesihuoltolaki L 9.2.2001/119, 1§.).

Vesihuoltolain 15 § ohjeistetaan vesihuoltolaitosta tarkkailemaan laitteiston kuntoa sekä vuotovesimääriä. Vesihuoltolaitoksen on oltava selvillä käyttämänsä raakaveden määrään tai laatuun kohdistuvista riskeistä sekä laitteistonsa kunnosta. Tässä tarkoituksessa vesihuoltolaitoksen on tarkkailtava käyttämänsä raakaveden määrää ja laatua, laitteistonsa kuntoa sekä vuotovesien määrää laitoksen vesijohto- ja viemäriverkostoissa. Tiedot verkostojen sijainnista on saatettava sähköiseen muotoon. Mitä 1 momentissa säädetään, koskee myös laitosta, joka toimittaa vettä vesihuoltolaitokselle tai käsittelee vesihuoltolaitoksen jätevesiä. Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä selvilläolo- ja tarkkailuvelvollisuudesta. (Vesihuoltolaki L 22.8.2014/681, 15§.).

2.3 Viemäriverkosto

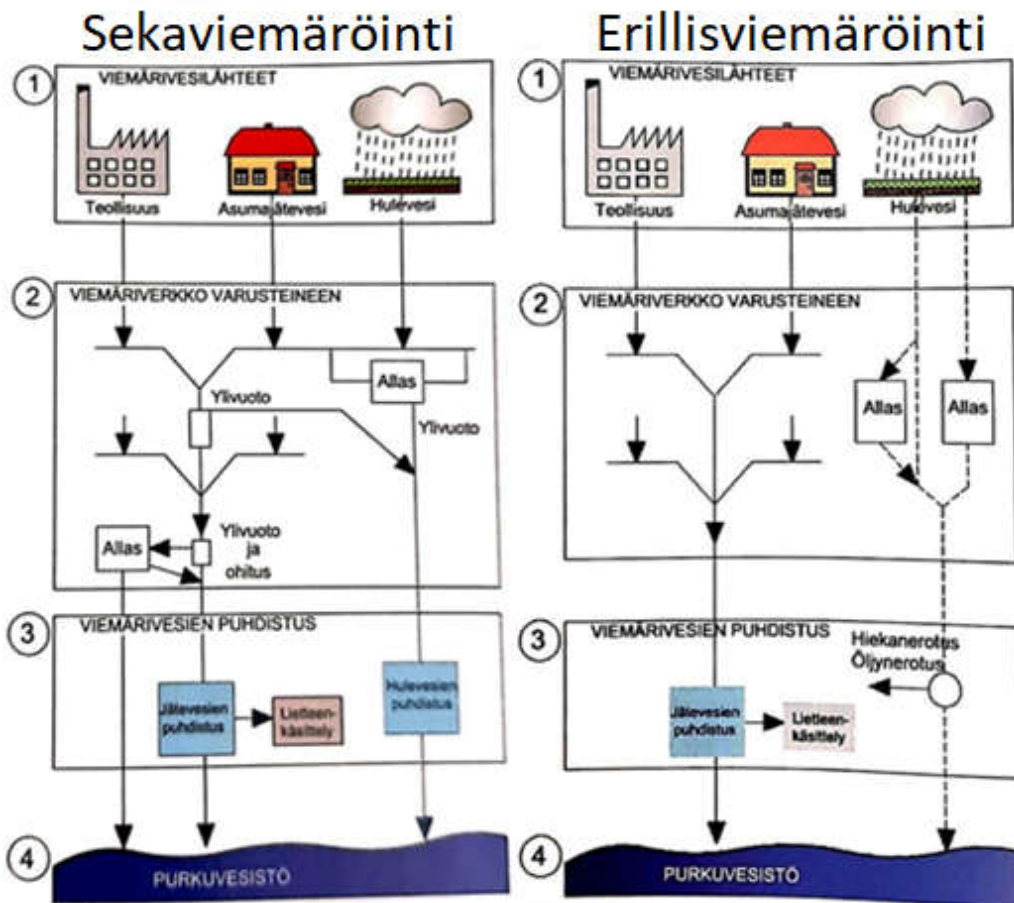
2.3.1 Viemärointitavat

Viemäriverkoston kautta jätevedet siirretään kiinteistöiltä puhdistettavaksi jätevedenpuhdistamolle. Viemäriin johdetaan asumisjätevettä sekä teollisuusjätevettä, joiden lisäksi verkostoon päätyy myös sinne kuulumattomia pinta- ja pohjavesiä, joita kutsutaan vuotovesiksi. Viemärijärjestelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään, sekaviemärointiin ja erillisviemärointiin (ks. kuvio 2). (RIL 124-2 2004, 453)

Sekaviemärointi

Sekaviemäroinnissä jäte-, kuivatus- sekä sadevedet johdetaan yhdessä putkilinjassa. Koska viemäriin johdetaan varsinaisten jätevesien lisäksi tarkoituksella myös hulevesiä, voi tulvariski olla suurempi sekaviemäroidyllä alueilla. Etuna on kuitenkin viemärien parempi huuhtoutuminen. Tulvimista varten sekaviemäroinnissä voidaan käyttää tulvarakenteita, joiden kautta voidaan jätevedet johtaa luontoon, välttyen tulvimista

esimerkiksi asukkaiden kellareihin. Sekaviemäröintiä on käytetty vanhoilla asuinalueilla, jolloin erillisviemäröintitapa oli harvinaisempi. Sekaviemäröintiä käytetään myös alueilla, joilla mahdolliset sadevedet olisivat likaisempia ja vaatisivat puhdistusta. (RIL 124-2 2004, 454)



Kuvio 2. Viemäröintitavat (RIL 237-1 2010, 117, muokattu)

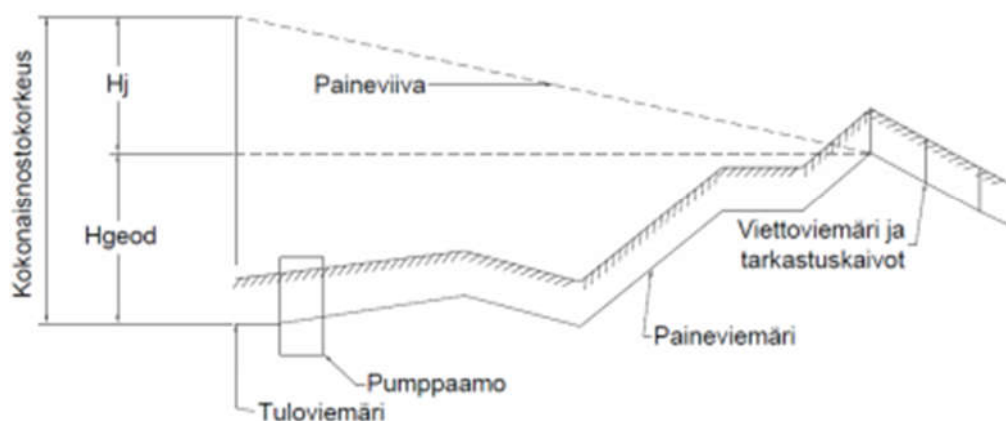
Erillisviemäröinti

Erillisviemäröinnissä jätevesille sekä hulevesille on rakennettu omat putkilinjat. Jätevedet johdetaan omaan viemäriin ja hulevedet omaan hulevesilinjaan tai avo-ojaan. Myös rakennusten perustuksien kuivatusvedet pyritään mahdollisuuksien mukaan johtamaan hulevesilinjaan, kunhan hulevesiverkosto on rakennettu tarpeeksi syvälle. Hulevedet pyritään joko johtamaan suoraan vesistöön tai ne johdetaan suunnitellulle

alueelle imeytettäväksi maaperään. Nykyään suositaan erillisviemärointiä, koska hu-
levedet aiheuttavat suurempia käyttökustannuksia viemäriverkostossa ja lisäksi
etuna on jäteveden tasaisempi laatu sekä virtaama jätevedenpuhdistamolle. Joutues-
saan jätevesiverkoston, vuotovedet nostavat jätevedenpumppaamoiden käyttökus-
tannuksia sekä hidastavat puhdistamoiden prosesseja. Nykyään sekaviemäreiden tul-
lessa saneerausikään, pyritään usein kaupunkialueelle rakentamaan tilalle erillis-
viemärointi. (RIL 124-2 2004, 454)

Paineviemärointi

Viemärijärjestelmät pyritään rakentamaan painovoimalla toimivana viettoviemärinä,
mutta jotta vesi saadaan siirrettyä maastonmuotojen yli, täytyy sitä varten jätevettä
johtaa pumppaamon ja paineviemärin kautta. Jätevesi saadaan virtaamaan paine-
viemärissä pumppujen sekä paineputken avulla. Pumpuilla jätevettä pumpataan pai-
neviemäriin ja siten vesi kykenee kulkemaan suunniteltuun määränpäähän maaston-
muodoista riippumatta. Pumppaamoita sekä viettoviemäreitä ketjutetaan verkos-
tossa tarpeen mukaan niin paljon, että jätevedet saadaan siirrettyä puhdistamolle
(ks. kuvio 3). Huoltotöitä varten paineviemäri tulee olla suljettavissa sulkuventtiilillä
sekä siihen tulee olla asennettuna takaiskuventtiili. (RIL 237-1 2010, 118)



Kuvio 3. Paineviemärin periaate (RIL 237-2 2010, 58)

2.3.2 Viemärien mitoitus

Jätevesimäärät voivat vaihdella suuresti riippuen niiden alkuperästä. On tärkeää ottaa huomioon jätevesien alkuperä, koska teollisuusjätevesimäärät voivat poiketa normaalista eri vuorokaudenaikoina. Kun kyseessä on vain asumisjätevedet, voidaan jätevesimäärät arvioida yleisin mitoitusperustein riittävän tarkasti. Viemäröintitapa myös valitaan alueittain tapauskohtaisesti ja toteuttamistapoja on useita. (RIL 237-1 2010, 119)

Jätevesiviemäri mitoitetaan sen teknisen eliniän suurimman tuntivirtaaman mukaan. Viemäreiden teknisenä elinikänä pidetään yleisesti ainakin 50 vuotta. Mitoituksessa käytetyt virtaamat koostuvat jätevesi- sekä vuotovesiarvioista. Suomen kuntatekniikan yhdistys on määrittänyt mitoitusta varten vuotovesille suositusarvoksi 0,3-0,6 l/s verkostokilometriä kohden. Jos tiedetään viemäriin johdettavan hule- tai kuivatusvesiä, täytyy ne huomioida erikseen mitoituksessa ja summata mitoitusvirtaamaan. Vuotovesien osuus on suhteellisesti suurempaa harvaan asutuilla alueilla, jolloin viemärit on mitoittava suuremmille virtaamille. (RIL 237-2 2010, 48-49)

Viemärien mitoituksessa tulee ottaa huomioon verkoston kapasiteetti, putkimateriaalien vaatimukset sekä minimi- ja maksimikaltevuudet. Kaltevuuden tulee olla riittävä, jotta jäteveden virtausnopeus sekä hankausjännitys ovat riittävät huuhtomaan viemärit vähintään kerran päivässä. Liian suuri kaltevuus taas johtaa eroosio-ongelmiin. Mitoituksessa on huomioitava myös viemäröintitavan vaikutukset ympäristölle ja olemassa olevien viemäreiden kapasiteetti tulisi hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Suunnitteluvaiheessa tulisi myös pyrkiä minimoimaan vuotovesimäärät, viemäröinnin aiheuttamat kustannukset sekä ottaa huomioon muut tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet asianmukaisen toiminnan kannalta. (RIL 237-2 2010, 45-46)

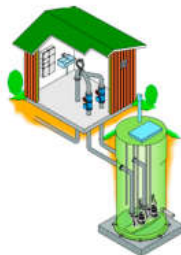
2.4 Jätevedenpumppaamot

2.4.1 Yleistä

Viemäriverkosto pyritään rakentamaan painovoimaan perustuvana aina, kun se on kustannustehokkaasti ja toiminnallisesti mahdollista. Pumppaamoita tarvitaan kuitenkin, kun halutaan johtaa viemärivesi esimerkiksi maastonmuotojen yli tai ali, vesistöjen halki tai muuten paikkoihin, mihin jäteveden siirto ei ole painovoimaisesti mahdollista. Jätevedenpumppaamot sijoitetaan suunnitellusti paikkoihin, jonne saadaan johdettua jätevettä yhdeltä tai useammilta valuma-alueelta. Jäteveden seassa voi olla viemäriin kuulumatonta tavaraa, jonka täytyy pystyä kulkemaan pumppujen läpi. Siksi jätevesipumput eroavat talousveden siirtoon käytetyistä pumpuista. Pumppaamot rakennetaan usein maanalaisiksi ja lisäksi niihin voi kuulua pumppaamoraennus käyttö- ja kunnossapitotöiden suorittamiseen. Pumppaamoiden koot ja mallit vaihtelevat käyttövaatimusten mukaan (ks. kuvio 4). (RIL 237-1 2010, 121)



Säiliöpumppaamo Mökkipumppaamo Turvapumppaamo



**Uppopumppaamo
erillisellä hoito- ja
huoltorakennuksella**



**Turvapumppaamo
tulokaivolla**

Kuvio 4. Pumppaamotyypit (Pumppaamot n.d, muokattu)

2.4.2 Pumppaamon laitteet ja varusteet

Pumppaamoiden varusteluun kuuluu

- pumput ja niiden moottorit
- venttiilit
- välpät
- repijälaitteet
- hiekanerottimet
- ilmanvaihto- ja lämmityslaitteet
- hajunpoistolaitteet
- sähkökeskus
- mittarit sekä käynnistin- ja hälytyslaitteet.

Pienemmissä pumppaamoissa joudutaan kiinnittämään tarkemmin huomiota estämään pumppujen tukoksia, koska jätevesien seassa voi kulkea lika-aineita sekä suuriakin kappaleita. Kappaleet täytyy joko poistaa jätevedestä tai hajottaa pienempiin osiin läpäistäkseen pumput. Suurissa pumppaamoissa tämä ei ole usein ongelma, koska pumppujen läpi pystyy kulkemaan suurempia kappaleita. Tukoksien avaamista sekä pumppujen kunnossapitoa varten on pumppaamorakennuksissa myös mahdollisia nostolaitteita sekä huoltotiloja. (RIL 124-2 2004, 488)

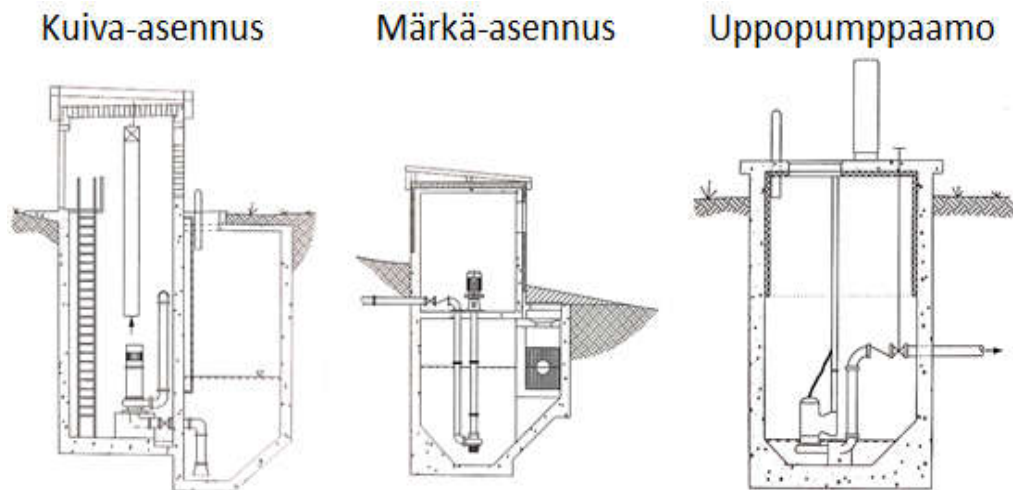
2.4.3 Pumpputyypit

Jäteveden pumppaukseen on kehitelty erikoisrakenteisia pumppuja ja juoksupyöriä jäteveden ominaisuuksien takia. Jäteveden pumppauksessa käytetään nykyään lähinnä keskipakopumppuja. Tavallisesti jätevesipumpuissa imuvirtaus on akselin suuntainen ja pumput on varustettu avoimella yksisiipisellä tai puoliavoimella kaksisiipisellä juoksupyörällä (ks. kuvio 5). Kolmas juoksupyörätyyppi jätevesipumpuissa on pyörrevirtausjuoksupyörä, jossa on useampi matalampi siipi ja juoksupyörä muodostaa eteensä pyörteen, joka liikuttaa vettä paineputkeen. Pyörteen ansiosta nesteeseen seassa oleva lika ei tartu juoksupyörään ja tukoksien syntymistä pystytään välttämään tehokkaammin. (RIL 124-2 2004, 488-489)



Kuvio 5. Juoksupyörätyypit (Jacobs, Griffioen, Loubser & Tulleken 2015)

Pumput voidaan jakaa asennustapansa mukaan kuivan asennuksen pumpuiksi, märän asennuksen pumpuiksi tai uppopumpuiksi (ks. kuvio 6). Kuiva-asenteisia pumppuja on ollut käytössä suurissa pumppaamoissa ja niissä pumput moottoreineen on asennettu erilliseen pumpputilaan. Pumpuille tulee vieressä sijaitsevasta imusäiliöstä venttiileillä varustetut imuputket. Märän asennuksen pumppaamoissa pumput ovat upotettuna imusäiliöön ja moottori sijaitsee kuivassa tilassa. Uppopumput sähkömoottoreineen ovat kokonaan upotettuna imukaivoon ja ne ovat viime vuosina kasvattaneet suosiota toimintavarmuutensa osalta ja ovat usein käytössä suurissakin pumppaamoissa. Uppopumput ja märän asennuksen pumput joudutaan huollon tai tarkistuksen yhteydessä siirtämään paikoiltaan, kun taas kuiva-asenteisessa pumppaamossa voidaan osa huoltotöistä suorittaa pumpputilassa siirtämättä pumppua. (RIL 124-2 2004, 488-491)



Kuvio 6. Pumppujen asennustavat (RIL 124-2 2004, 489-490, muokattu)

2.4.4 Pumppaamon ohjaus ja valvonta

Usein pumppaamolla on kaksi tai useampia pumppuja, joille on määritetty käynnistys- ja pysäytysrajat. Pumput vuorottelevat käytössä ja jos yksi pumppu ei kykene pumppaamaan pintaa alas, käynnistyy myös toinen pumppu saavutettua määritetyn pinnankorkeuden lisärajan. Pumppujen moottoreille on taajuusmuuttajat, joita ohjataan logiikalla. Logiikalle määritellään halutut ohjearvot pinnankorkeuden säätöön. Logiikka ohjaa sitten taajuusmuuttajaa pinnankorkeuden muutoksen mukaan. Hurmerinnan (2020) mukaan, usein jätevedenpumppaamoilla halutaan säiliön pinnankorkeuden vaihtelevan, jottei säiliön reunoille pääse kertymään rasvaa jäteveden pinnan tasolle. Pumppaamot toimivat automaatiolla, ovat etäkäytössä ja niiden käytötrendejä pystytään lukemaan valvomosta. (Jacobs ym. 2015)

Pumppaamoille voidaan lisätä erilaisia mittauksia jäteveden ominaisuuksien, vuotovesien sekä toiminnallisuuden seurantaan. Lämpötilamittauksella voidaan havaita keväisin jäteveden lämpötilan laskiessa kasvanut vuotovesiosuus, sillä sulamisvedet laskevat jäteveden lämpötilaa. Matalammat jäteveden lämpötilat eivät sinällään juuri vaikuta jäteveden pumppaukseen, mutta puhdistamolalle päätyessään jäteveden alhaiset lämpötilat hidastavat puhdistusprosesseja. Vuotovesiä voidaan myös havaita johtokyky- tai sameusmittauksilla. Mittauksissa täytyy tietää puhtaan veden sekä jäteveden raja-arvo, jotta vuotovesien osuutta voidaan seurata. (Hurmerinta 2020)

2.4.5 Ympäristöhaitat

Hajuhaitat

Hajuhaitat jätevedenpumppaamoilla sekä viemäreissä on melko yleisiä johtuen jäteveden ominaishajusta. Hajuun vaikuttavat jäteveden lähteet ja komponentit. Rikkivety on yleisin viemärissä syntyvistä hajuyhdisteistä ja se on helposti tunnistettava mädän kananmunan hajusta. (RIL 237-2 2010, 112) Rikkivedyn synty on anaerobinen prosessi, joka on bakteeritoiminnan seuraus ja tapahtuu hapettomassa tilassa pH:n ja lämpötilojen ollessa sopivat (Ova-ohje: Rikkivety 2015). Jäteveden pH on keskimäärin 6-8, joka on rikkivedyn syntymiselle optimaalinen. Viettoviemärissä hajuhaittoja voi syntyä kesäisin lämpötilan pysyessä jatkuvasti yli +15C (Aaltola 2007). Viemärissä voi syntyä rikkivetyä, jos viemäri on huonosti tuuletettu tai osittain täysi. Paineviemäreissä tulisi pyrkiä pitämään jäteveden viipymä alle kahden tunnin, jottei hajuhaittoja pääsisi syntymään. Hajuhaittoja on usein ilmoitettu jätevedenpumppaamoiden läheisyydessä. Hajuhaittoja voidaan pyrkiä hallitsemaan jatkuvalla virtauksella. Jatkuva virtaus hyödyttää myös siten, että kiintoainetta ei pääse kertymään viemäriin yhtä helposti (Kokonaistaloudellinen jäteveden pumppausmenetelmä 2020).

Ylivuodot

Jätevesien ylivuodot ympäristöön vaikuttavat maaperään ja vesistöihin lähialueilla vähintäänkin lyhytkestoisesti. Ylivuotojen olosuhteet sekä ympäristövahingot kuitenkin vaihtelevat suuruudeltaan riippuen useista tekijöistä ja siksi niiden vaikutuksia voi olla vaikea määritellä tarkasti. Ympäristöön joutunut jätevesi voi olla pohjavesialueilla erittäin haitallista ja Pohjoismaissa pohjavesien on havaittu olevan yleisesti alttiimpia pilaantumiselle, kuin muualla. Ympäristöriskit ovat suurempia pohjavesialueilla, vedenottamoiden läheisyydessä, kalaston kannalta tärkeillä paikoilla sekä uimarantojen läheisyydessä. (Siintoharju 2015.)

Jacobsin, Griffioenin, Loubserin ja Tullekenin (2015, 80) Mukaan yleisiä syitä ylivuodoille ovat

- Tukokset
- Mekaaniset häiriöt pumpuilla
- Sähköviat
- Suuret virtaamat
- Sähkökatkot
- Rakenneviat
- Pumppaamo-ohitukset

Vuotovesien kasvattamat virtaamat yhdistettynä esimerkiksi sähkökatkoihin voivat aiheuttaa pumppaamoilla ongelmia kapasiteetin suhteen. Suomessa pienemmillä pumppaamoilla pitäisi olla varavirtapistoke ja maksimivirtaamaltaan suuremmilla pumppaamoilla kiinteä varavoima, jolla toimintavarmuutta pystytään parantamaan. (Siintoharju 2015.) Pohjavesialueilla sijaitsevilla jätevedenpumppaamoilla voi olla käytössä myös tasaus- ja ylivuotosäiliöitä (Vantaanjoen jätevesipäästöjen hallinta 2014).

Ylivuodot voivat vaikuttaa myös yleiseen vesihuoltolaitoksien imagoon. Jos ylivuotoja tapahtuu usein, voi yleinen mielikuva vesihuoltolaitosten toiminnasta sekä brändistä muuttua negatiivisemmaksi. Ylivuotojen sattuessa jätevesiverkostossa on vesihuoltolaitoksella velvollisuus ottaa yhteyttä viranomaiseen sekä sopia näytteenotosta ylivuotoalueella. (Lamminen 2020)

3 Vuotovedet

3.1 Yleistä

Viemärien kuuluisi olla rakennettu mahdollisimman tiiviiksi, jottei sinne päätyisi jätevesien lisäksi sinne kuulumattomia vesiä. Vuotovesien osuus viemäriverkostossa on kuitenkin ollut Suomessa rakennusinsinöörien liiton teettämän tutkimuksen mukaan keskimäärin 37-47 % (Rakennetun omaisuuden tila 2017). Viemärien vuotovesistä puhuttaessa tarkoitetaan vesiä, jotka vuotavat sisäänpäin verkostoon. Vuotovedet ovat joko pinta- tai pohjavettä, jotka imeytyvät jätevesiputkistoon ympäröivästä

maaperästä tai voi kulkeutua verkostoon muista rakenteista. Vuotovettä voi kulkeutua jätevesiverkostoon

- huonosti asennetuista liitoksista
- vaurioituneista kaivoista, putkista tai liitoksista
- suodattamalla putkimateriaalin läpi
- laittomasti tehdyistä hulevesiliitoksista

Vuotovesimäärät ilmoitetaan tavallisesti käyttäen yksikköä l/s johtokilometriä kohti tai suhteellisena määränä viemärivedestä, eli vuotovesiprocenttina. Vuotovesimäärät kertovat yleisesti tietoa viemäriin kunnosta ja suuret vuotovesimäärät vaativat usein verkoston saneerausta. Vuotovesiä esiintyy sekaviemäröinnissä sekä erillisviemäröinnissä. Erillisviemäröinti on kuitenkin todettu olevan taloudellisempi vaihtoehto vesihuoltolaitoksille, koska varsinaisten jätevesien seassa on vähemmän vuotovesiä ja jätevesivirtaamat ovat tasaisempia sekä paremmin ennustettavissa. (RIL 124-2 2004, 465-467)

Vuotovesien puhdistaminen olisi käytännössä tarpeetonta, koska alkujaan ne ovat täysin puhdasta vettä. Viemärivirtaamat kasvavat sääolojen seurauksena lumien sulassa sekä kovien sateiden aikaan, koska viemäriin suotautuvaa vettä on enemmän. Sadeolot vaikuttavat vuotovesimääriin suoraan pääsemällä verkostoon tarkastuskaivojen ja kiinteistöjen syöksyrännien kautta tai epäsuorasti pohjaveden välityksellä. Asennusvaiheessa ammattitaidon sekä asennustapojen parantaminen esimerkiksi tarkemmin tehtyjen liitosten osalta voi vaikuttaa suuresti vuotovesimääriin. Tarkastuskaiivot voivat vaurioitua esimerkiksi talvisin lumiaurojen toimesta ja rikkoutuneista kaivoista tulevat vuotovesivirtaamat voivat olla hyvin suuria. Viemäriputken ympäröivä täytemaa-aines imee usein helpommin sadevesiä kuin koskematon maa-aines, jonka takia sade- ja sulamisaikaan putkeen suotautuvaa vettä on suurempi määrä. Maalajeilla on siksi vedenläpäisykyvyn suhteen suuri vaikutus vuotovesimäärien suuruuteen. Lisäksi yksi merkittävistä vuotovesilähteistä on laittomasti tehdyt liitokset, joiden kautta johdetaan kiinteistöjen hulevesiä viemäriin. (RIL 124-2 2004, 466)

Vuotovesien hyöty jätevesiverkostolle on parempi huuhtoutuminen. Kasvanut virtaama kuitenkin lisää käyttökuluja pumppaamoilla ja puhdistamoilla. Korkeammat

virtaamat lyhentävät pumppujen elinkaarta lisääntyvien käyntiaikojen takia. Ongelmia voi tuottaa myös vuotovesien mukana verkostoon pääsevä maa-aines, joko voi aiheuttaa korroosiota putkissa. Vuotovedet voivat tuoda viemäriin myös esimerkiksi puiden lehtiä ja muuta ainesta ympäristöstä, jotka saattavat aiheuttaa tukoksia. Lumien sulamisvedet laskevat jäteveden lämpötilaa, joka hidastaa jätevedenpuhdistamon prosesseja. Jätevedenpumppaamoilla sekä puhdistamoilla on myös tietty kapasiteetti, jonka ylittäminen johtaa ylivuotoihin tai ohituksiin. (Franz 2007) Viemäriosien kapasiteettia voidaan hallita optimoimalla pumppaamoiden ajotapoja, siten ettei kaikki pumppaamot voi siirtää jätevettä samaan osaan verkostoa yhtä aikaa.

Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen myötä äärisääilmiöt, kuten rankkasateet tai tulvat voivat lisääntyä ja osaltaan lisätä vuotovesimääriä. Viemärien, pumppaamoiden tai puhdistamoiden kapasiteettia ei kuitenkaan pystytä välttämättä kasvattamaan ilman saneerauksia tai investointeja, joka lisää riskejä vesihuoltolaitosten toiminnalle. Verkoston ja pumppaamoiden kapasiteetin tarkastelu olisi siksi ilmastokestävyyden osalta tärkeää. (Tuomenvirta ym. 2018)

3.2 Vuotovesiselvitykset

Laissa on määritetty vesihuoltolaitoksille velvollisuus seurata vuotovesimääriä ja pyrkiä minimoimaan niitä. Vuotovesiselvitysten tarkoitus on paikantaa alueellisesti vuotoaikoja ja saada selville vuotovesimääriä eri osissa verkostoa. Vuotovesiselvityksessä voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Selvityksissä voi olla menetelminä virtaus- tai vuotovesimittauksia, savu- tai väriainekokeita, visuaalisia tutkimuksia, kuten viemärikuvauksia tai akustisia tutkimuksia.

Usein käytetään erilaisia virtausmittauksia, kuten Vuove-insinöörien vuove-mittauksia. Vuotovesiselvityksien avulla vesihuoltolaitokset pystyvät paikantamaan eniten vuotavia alueita ja siten kohdentaa saneeraustarpeet kriittisimmille alueille. Usein selvitykset aloitetaan laajoilta valuma-alueilta, josta valitaan mittapisteeiksi risteyskaivo. Siten yhdestä pisteestä voidaan kerätä dataa monesta suunnasta. Sen jälkeen mittausten perusteella valitaan eniten vuotavat alueet, joille tehdään tarkempia tut-

kimuksia. Mittauksia pyritään suorittamaan aikaan, jolloin vuotovesimäärät ovat suuria, kuten sadekausina ja lumien sulamisen aikaan. Vuotovesiselvityksistä laaditaan raportti, jossa ilmoitetaan tutkittu alue, mittauspisteet sekä vuotovesimäärät ja mahdollisesti myös ehdotetaan korjaustoimenpiteitä vuotaville verkoston osille. (Vuovemenetelmä n.d)

3.3 Vuotovesien etsintä

Vedenkulutuksen ja jätevesimäärän vertailu

Vuotovesien määrää voi alueellisesti tutkia vertaamalla keskenään talousveden kuluista sekä jätevesimääriä. Vuotovesiprosentin laskentatapa on esitetty kaavassa 1. Tarkasteltavan jakson tulisi olla riittävän pitkä, sillä vuotovesimäärät vaihtelevat lyhyellä ajalla riippuen esimerkiksi sääoloista sekä alueittain erot voivat olla suuria. Alvan talousveden laskutettu tuotantomäärä vuonna 2019 oli noin 7 510 000 m³ (Yhteiskuntavastuuraportti 2019 2020). Nenäinniemen jätevedenpuhdistamon tulovirtaama oli 13 490 334 m³ (JS-puhdistamo Oy vuosikertomus 2019). Luvuista voidaan laskea Alvan toiminta-alueella alueella vuotovesimääräksi 5 980 334 m³, jolloin vuotovesiprosentti on noin 44,3 %.

$$\text{Vuotovesiprosentti} = \frac{\text{Viemäriveden määrä} - \text{laskutettu talousvesi}}{\text{Viemäriveden kokonaismäärä}} * 100 \quad (1)$$

Virtausmittaukset

Virtausmittauksilla tarkastellaan jätevesiverkoston virtaamien vaihtelua ennalta määritellyllä ajanjaksolla. Mittauksia voidaan suorittaa lyhyemmällä tai pidemmällä ajanjaksoilla muutamista päivistä kuukausiin. Pidempiaikaisten mittausten aikana pystytään havaitsemaan eroja kuivempien ajanjaksojen sekä esimerkiksi keväisten sateiden ja lumiensulamisen aikaan. (Guide for evaluating CMOM programs at sanitary sewer collection systems 2005) Mittauksia voidaan tehdä kiinteillä tai siirrettävillä mittalaitteilla sekä mittareita on myös erityyppisiä. Osa virtausmittareista mittaa pelkkää virtaamaa, mutta esimerkiksi Vuove-insinöörit Oy:n patentoima vuove-mittaus kyke-

nee samanaikaisesti mittaamaan vuotovesiprocentin jätevesivirtaamasta. Siirrettävien mittalaitteiden avulla voidaan mittauspistettä vaihtamalla selvittää vuotavia kohtia verkostossa. Mittaukset voidaan aloittaa yhdestä pisteestä verkostossa ja tehdä uusia mittauksia siirtymällä vastavirtaan kohti jätevesiverkoston alkupäätä. Tällöin voidaan havaita tietyiltä pienemmiltä alueilta normaalia suurempia vuotovesimääriä ja suorittaa näille alueilla tarkempia tutkimuksia. (Vuove-menetelmä n.d)

Viemärikuvaus

Viemärikuvausella voidaan selvittää putkiston kunto kuvaamalla putkea sen sisältä. Putkeen johdetaan pieni kamera, jolla voidaan havaita toiminnallisia ongelmia putkessa sekä esimerkiksi liittymien liitoskohtia. Kuvauksista voidaan tehdä videomateriaalia putkesta tai kuvausraportti, jossa on ilmoitettu havaitut ongelmat, kuten irronneet tiivisteet, liitokset, painaumat, putken sisälle kasvaneet juuret tai halkeamat. Raportteihin merkitään kaivoväli ja mistä suunnasta kuvaaminen aloitetaan. Lisäksi raporttiin liitetään kuvia ongelmakohdista ja metrimäärä kuvauksen aloituspisteestä (ks. kuvio 7). Kuvausta varten putken täytyy olla tarpeeksi suuri halkaisijaltaan, jotta kamera sopii viemäriin. (Lampola & Kuikka 2018)



Kuvio 7. Irronneen tiivisteiden kuva TV-kuvausraportissa (L&T viemärikuvausraportti 2014)

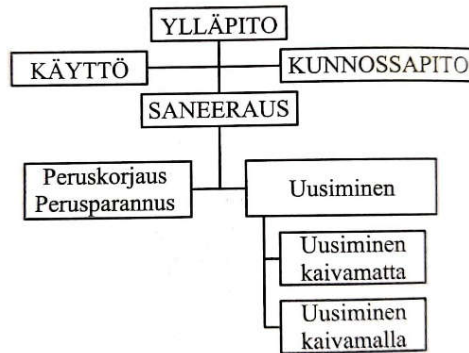
Savu- ja väriainekokeet

Vuotovesiä ja vuotokohtia voidaan paikantaa myös savukokeilla tai väriainekokeilla. Savukokeessa viemäriin puhalletaan viemärikaivoista savua, jonka avulla pyritään havaitsemaan rikkiäisiä paikkoja verkostossa tai virheellisiä liitoksia savun purkautumispaikoista. Savukokeet täytyy suunnitella hyvin sekä tiedottaa alueen asukkaille, jotta vältetään turhilta ilmoituksilta pelastuslaitoksille. Väriainekokeilla voidaan selvittää sadevesien kulkureittejä johtamalla väriainetta esimerkiksi rännikaivoihin ja tutkimalla kulkeutuuko väriaine jätevesiverkostoon. Näitä menetelmiä voidaan käyttää täydentävinä tutkimuksina muille kuntotutkimuksille. (Forss 2005)

4 Viemäriverkoston kunnossapito

4.1 Saneeraus

Vuotovesimääriä voidaan pyrkiä vähentämään verkoston saneerauksilla. Viemärien vanhetessa niiden kunto heikkenee ja saneeraustarve kasvaa. Suomessa rakennettiin paljon vesihuoltoverkostoja 1960 – 1980-luvuilla ja niiden tekninen käyttöikä alkaa olla saavutettu (Seppälä 2013). Saneerauksella sekä kunnossapidolla on suuri taloudellinen merkitys vesihuoltolaitoksen toiminnassa. Saneeraus terminä voi tarkoittaa viemäriverkoston perusparannusta, peruskorjausta tai uusimista (ks. kuvio 8). Saneeraamalla verkostoa pyritään parantamaan toimintavarmuutta. Saneerauksessa voidaan korjata vanhasta verkostosta ongelmalliset kohdat tai vaihtaa ne uusiin. Korjaustoimenpiteitä voidaan tehdä joko kaivamalla tai kaivamattomilla menetelmillä. (RIL 237-1 2010, 90-91)

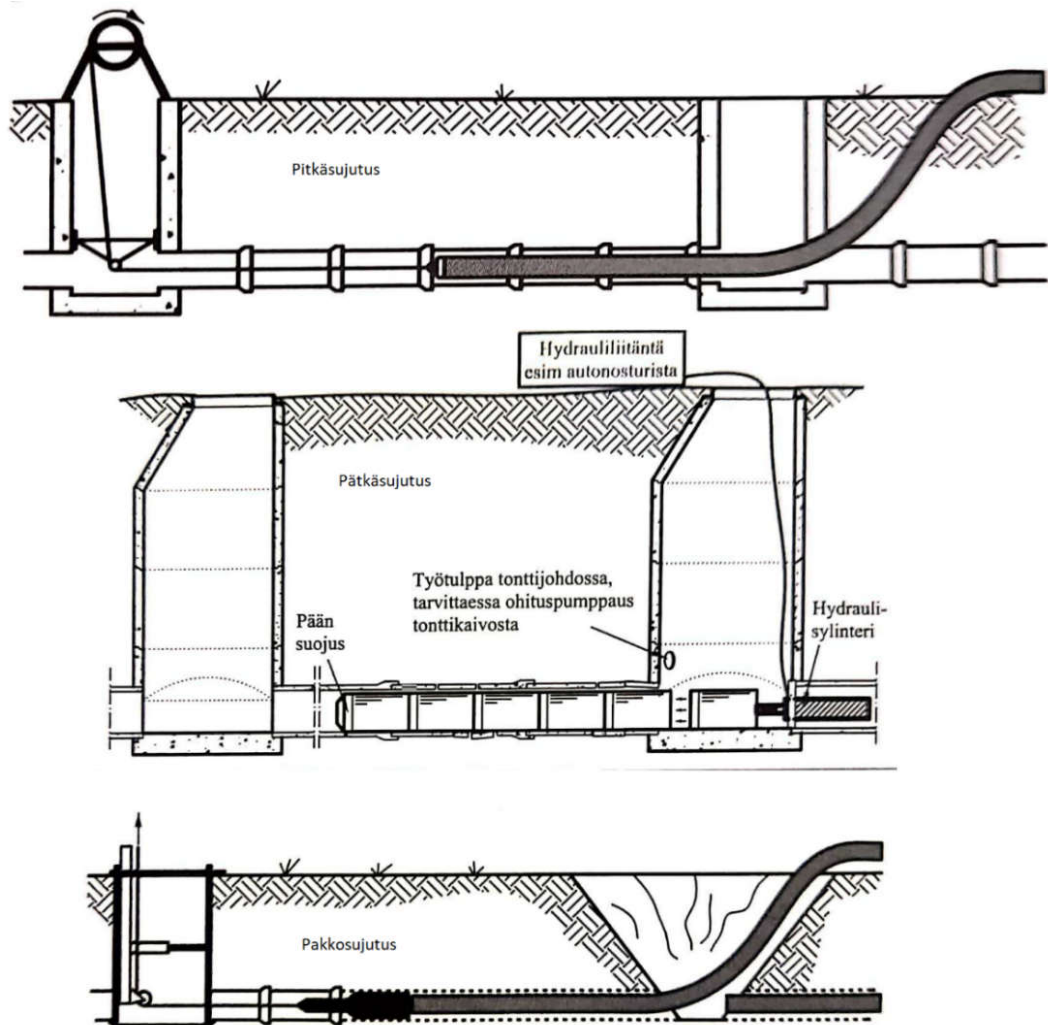


Kuvio 8. Vesihuoltoverkoston ylläpitokaavio (RIL 124-2 2004, 648)

Saneerausta varten suoritetaan verkostolle kuntotutkimuksia, joiden perusteella määritellään kohteet, jotka lähdetään toteuttamaan. Kuntotutkimuksilla on iso rooli valittaessa saneerattavia kohteita. Suuret vuotovesimäärät ovat usein merkki saneeraustarpeesta. Verkostossa voi olla monia toiminnallisia tai rakenteellisia tekijöitä, jotka aiheuttavat saneeraustarvetta, kuten

- putkimateriaalien heikkeneminen
- korroosio
- painaumat
- kapasiteetin muutokset
- maankäytön muutokset
- muu infrarakentaminen alueella
- tiivisteiden rappeutuminen

Viemäreitä voidaan saneerata kaivamalla vanhan putken tilalle kokonaan uusi putkilinja. Kaivamien on kuitenkin kallis saneeraustapa, jonka takia on kehitetty kaivamattomia saneerausmenetelmiä. Kaivamattomilla menetelmillä (ks. kuvio 9) voidaan vanhan viemäriin sisään sujuttaa uusi viemäriputki. Sujuttamalla saneerattujen viemäreiden elinikä odote on käytännössä nykyään yhtä pitkä, kuin kokonaan kaivamalla uusittujen putkilinjojenkin. Vesihuoltoverkostojen saneerauksiin voidaan usein yhdistää katusaneeraus yhtäaikaaisesti tai muiden operaattoreiden toiminta ja tarpeet, kuten energiayhtiöiden saneeraustarpeet. Tällöin kokonaiskustannukset ovat kaikille edullisemmat. (RIL 237-1 2010, 90-91)



Kuvio 9. Sujutusmenetelmiä (RIL 124-2 2004, 663)

Saneerauksissa tulisi myös tiedostaa tonttijohtojen merkitys vuotovesimääriin. Alvalla tonttiliittymät tontin rajalle asti vesihuoltolaitoksen vastuualuetta. Osassa Suomea kiinteistön omistajat eivät välttämättä ole kuitenkaan tietoisia omistavansa tonttiliittymän yleisellä alueella, jolloin tonttijohtojen saneeraus ei ole vesihuoltolaitoksen vastuulla. Mahdollisuuksien mukaan tulisi pyrkiä saneeraamaan tonttiliittymät sekä kannustamaan asukkaita saneeraamaan tonttijohtoja aluesaneerauksien yhteydessä. (Luukkonen, Niini & Riihinen 2018)

Verkostolle voidaan tehdä mallinnuksia erilaisilla sovelluksilla, joilla voidaan selvittää virtaamamuutoksien vaikutusta viemäreiden toiminnallisuuteen sekä pumppaamoi-

den käyttöön. Mallinnuksien avulla voidaan varautua tulevaisuuden tarpeisiin muutoksien suhteen simuloimalla erilaisia virtaamatilanteita. (Vedenjakelu- ja viemäriverkoston energiatehokkuus mallintamalla, 2018) Tällöin on mahdollista selvittää esimerkiksi

- putkien kapasiteetin riittävyys
- viemäriin huuhtoutumiskyky
- virtausnopeudet
- virtaamamuutosten vaikutukset pumppaamoilla
- energiankulutuksia
- tarvittavia minimiputkikokoja

4.2 Ennakoiva kunnossapito

Vesihuoltolaitoksilla on velvollisuus seurata verkoston sekä laitteiden kuntoa. Verkoston kuntotutkimusten sekä toiminnallisen datan avulla pystytään seuraamaan yleistä verkoston toimintaa. Laitteille, kuten jätevesipumpuille on omat ennakkohuoltosuunnitelmat. Pumpuille voidaan esimerkiksi suorittaa vuosittain huolto, jossa pumpun ja juoksupyörän kunto tarkistetaan ja huolletaan. Verkoston kuntoa seurataan vertailemalla esimerkiksi virtaamia sekä vuotovesimääriä ja poikkeavuudet selvitetään tarkemmin.

Alva-yhtiöillä suoritetaan jätevedenpumppaamoilla pumpuille kausitarkastuksia, huoltoja sekä mittauksia vuosittain. Jätevedenpumppaamot ovat etäkäyttöisiä ja useilla pumppaamoilla vuosihuoltotarkastus voi olla ainoa kerta vuodesta, kun pumppaamolla käy henkilöstöä. Siksi myös silmämääräiset tarkastukset pumppaamoiden yleisestä kunnosta ovat vuosittain tärkeitä. Huolloista tehdään mittauspöytäkirjat, jotka liitetään kunnossapitojärjestelmään. (Hurmerinta 2020)

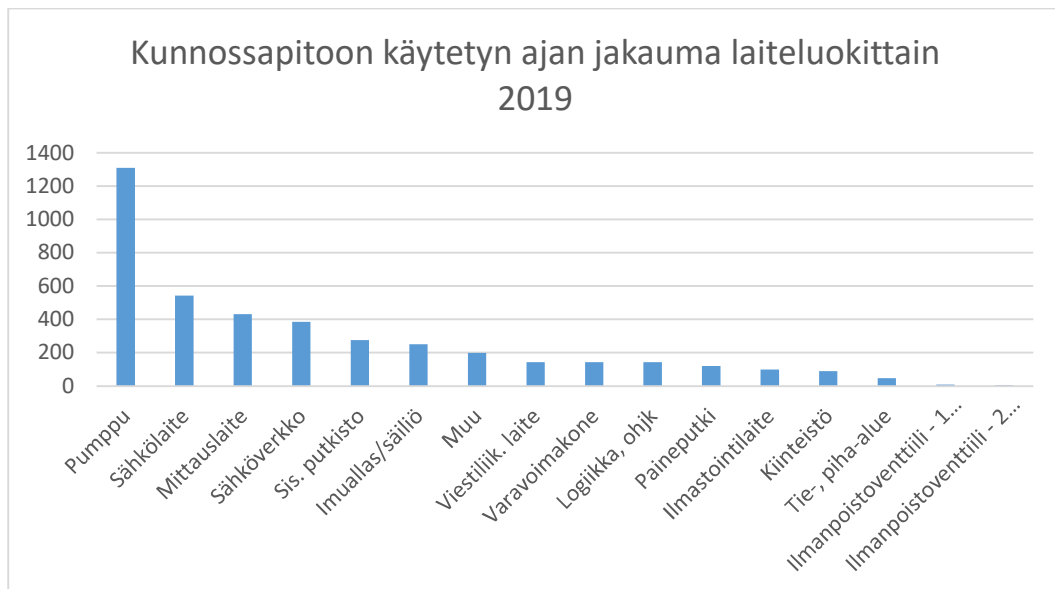
Alvalla mittauspöytäkirjaan kirjataan esimerkiksi

- vaihevirratt
- paine pumpun käydessä
- paine pumpun seistessä
- painemittauksen täyttöaste %
- juoksupyörän kulutuspinnan välysmitta
- öljyjen tai jäähdytysnesteiden lisäys/vaihto

Verkostolle suoritetaan saneeraustarpeen selvitystä varten kuntotutkimuksia sekä vuotovesiselvityksiä. Rakennetun omaisuuden tila- raportissa on vuonna 2019 ilmoitettu Suomen viemäriverkostosta noin 12 prosenttia olevan erittäin huonossa kunnossa (Rakennetun omaisuuden tila 2019). Kuntotutkimuksien avulla verkoston saneeraukset voidaan kohdentaa tarkemmin kriittisemmille alueille. Yleisesti Suomen vesihuolto on kuitenkin hyvällä tasolla, vaikka saneeraustarve kasvaa verkostojen rapistuesssa. Ongelmia on varsinkin vanhoissa betoniviemäreissä, joiden rakentaminen oli suosiossa 1970-luvulle asti. 70-luvun puolivälin jälkeen alkoi muovi olla enemmistönä uusien viemäreiden rakennusmateriaalina (Seppälä 2013.).

4.3 Korjaava kunnossapito

Viemäreille sekä pumppaamon laitteille täytyy myös suorittaa korjaavaa kunnossapitoa häiriöiden ja laitevikojen sattuessa. Korjaaviin kunnossapitotöihin pumppaamoilla voi kuulua mitkä tahansa viat esimerkiksi tukokset pumppuissa tai rakennuksen ilmanvaihdon ongelmat. Tavallisimpia vikoja Alvan pumppaamoilla määrällisesti pumppaamoilla on sähköviat, jotka voivat olla esimerkiksi sähkökatkot tai lämpöreleiden laukeaminen (Novi 2020). Ajallisesti taas pumput vaativat eniten kunnossapitoon käytettyjä työtunteja (ks. kuvio 10). Hälytysten sattuessa vika voidaan määrittellä korjattavaksi myöhemmin normaalina työaikana, mutta vika voi tarvita myös välitöntä korjaamista, jolloin päivystäjä käy paikalla selvittämässä ongelmaa. Sade- ja sulamiskausina korkeat virtaamat voivat aiheuttaa nopeammin ylivuotoja sekä tulvimista, jonka takia nopeasti ongelmatilanteisiin reagoiminen on tärkeää.



Kuvio 10. Pumppaamoiden huoltoihin käytetyn ajan jakauma Alvalla (Novi 2020)

5 Tutkimuskohde ja tulokset

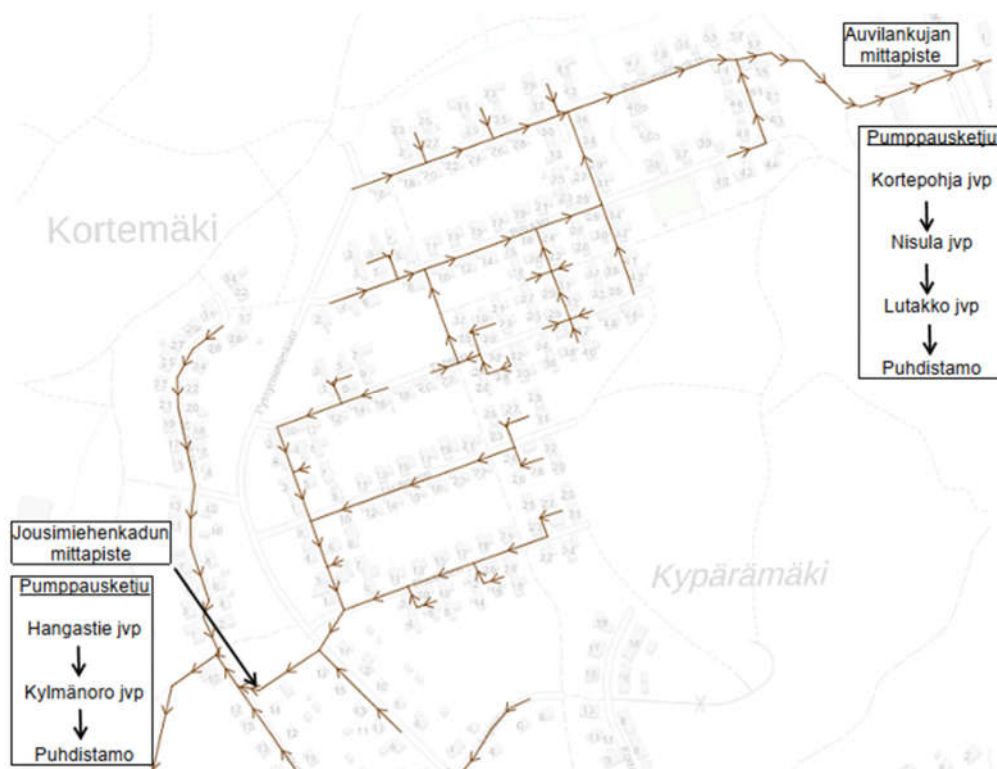
5.1 Kortemäki

Kortemäelle ollaan parhaillaan suunnittelemassa aluesaneerausta, joka suoritetaan kolmessa osassa vuosina 2021-2023 (ks. liite 1). Kortemäen alueen jätevesiverkosto koostuu huonokuntoisista betoniviemäreistä 60-luvulta. Alueella on mitattu huomattavan suuria vuotovesimääriä. Vuove-insinöörien mittausten mukaan vuotovesiprosentti on vaihdellut välillä 80-100 prosenttia (Tammenlarva 2020). Korkea vuotovesiprosentti johtunee huonokuntoisista betoniviemäreistä sekä alueella oletetaan olevan jonkin verran sekaviemäröintiä. Kiinteistöjen hulevesiä on asukkaiden ilmoitusten mukaan johdettu kadulle, puistoihin sekä ojiin. Alueella on jonkin verran vanhaa hulevesiverkostoa, mutta verkosto on vain noin metrin syvyydessä sekä osittain asukkaiden tonteilla, joten saneerauksessa on tarve rakentaa uudet hulevesilinjat.

Alue on tarkoitus muuttaa erillisviemäröinniksi, joten jätevesille sekä hulevesille tul- laan rakentamaan omat runkolinjat ja myös tonttiliittymät tullaan uusimaan. Raken- taminen on suunniteltu tehtävän kaivamalla ja vaihtamalla vanhat putket kokonaan

uusiin. Osa vanhasta jätevesiverkostosta kulkee tonttien alla ja niiltä osin saneeraus on tarkoitus tehdä sujuttamalla vanhan viemärin sisään uusi putki. Vanhat betoniset putket ovat nykyisille virtaamille suurilta osin ylimitoitettuja ja ne tullaan vaihtamaan muovisiin halkaisijaltaan pienempiin putkiin.

Kortemäen alueella jätevesiverkostoa on noin kolme kilometriä. Verkosto on kaksiosainen ja siksi jätevedet johdetaan puhdistamolle kahden eri pumppaamoketjun kautta (ks. kuvio 11). Aluesaneerausta varten Kortemäelle on tehty vuotovesimitauksia ja mittarit on asetettu Kortemäeltä poispäin johtaviin viemäriin Jousimiehenkadulla sekä Auvilankujalla. Niillä mitataan kaikki alueelta pois johdettava viemäriveresi ennen saneerausta sekä saneerauksen valmistumisen jälkeen. Vuove-mittauksilla saatu vuotovesiprosentti on ollut keskiarvoltaan noin 90 prosenttia.



Kuvio 11. Pumppaamoketjut Kortemäeltä

5.2 Pumppaamotarkastelu

Tarkasteltavana Jyväskylän Kortemäen asuinalueen pumppaamoketjuun kuuluvia pumppaamoita (ks. taulukko 1). Alueelta mitattuja virtaamatietoja on ajalta 14.2.-25.4.2020 (ks. taulukko 2).

Taulukko 1 Kortemäen pumppaamoketjun pumppaamot

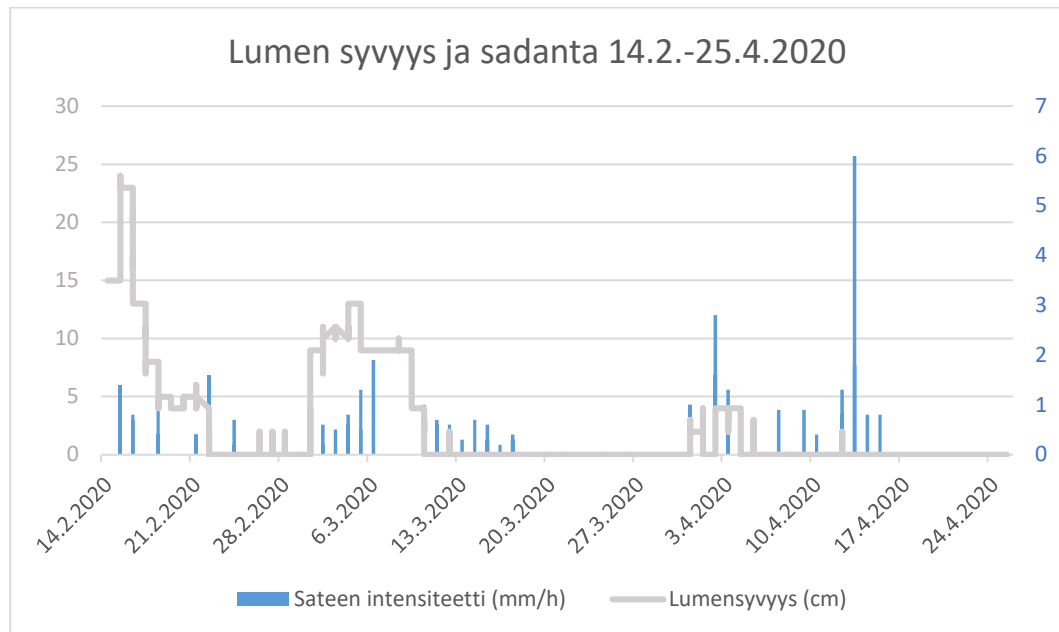
Jätevedenpumppaamot			
Hangastien jvp		Pumpun teho	
Pumput	2 kpl	5,9 kW	Uppopumppu
Kylmänoron jvp			
Pumput	3 kpl	45 kW	Uppopumppu
Kortepohjan jvp			
Pumput	2 kpl	15 kW ja 13,5 kW	Uppopumppu
Nisulan jvp			
Pumput	3 kpl	2x75 kW ja 1x55 kW	Uppopumppu
Lutakon jvp			
Pumput	3 kpl	45kW	Uppopumppu

Taulukko 2 Virtaamat Kortemäeltä

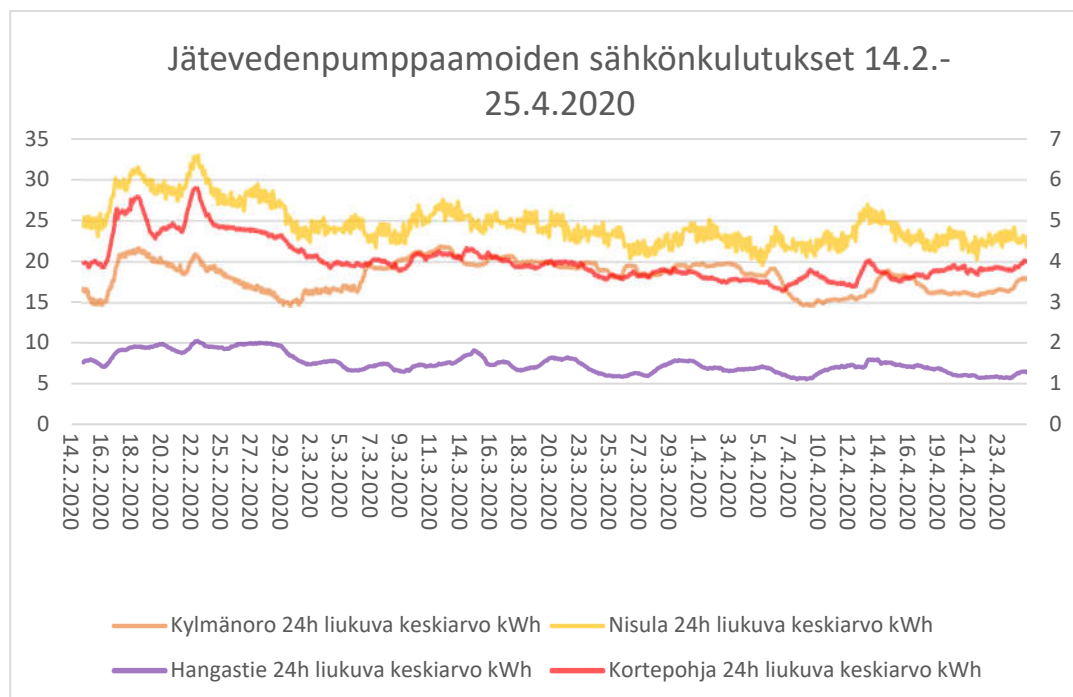
JOUSIMIEHENKATU	Q	AUVILANKUJA	Q
keskiarvo l/s	2,02	keskiarvo l/s	1,98
min l/s	0,68	min l/s	1,21
max l/s	4,82	max l/s	3,61
Keskiarvo m3/h	7,27	Keskiarvo m3/h	7,12
min m3/h	2,45	min m3/h	4,37
max m3/h	17,35	max m3/h	12,99

Pumppaamoiden energiakulutus koostuu pitkälti pumppujen sähkömoottorien energian käytöstä, mutta myös ilmanvaihto sekä lämmitys vaikuttavat sähkönkulutukseen. Yhteensä jätevesipumppaamoiden ja viemäreiden käyttökustannukset ovat kuitenkin huomattavasti pelkkää sähkönkulutusta korkeammat, sillä niihin sisältyy kaikki viemärien toiminnallisuuteen sisältyvät kulut käytön ja huoltojen osalta. Energiankulutus pumppaamoilla kasvaa vuosittain sadekausina sekä keväisin lumien sulamisen aikaan. Lumet alkoivat sulaa vuonna 2020 noin helmikuun puolivälissä (ks. kuvio 12) ja samalla pumppaamoiden sähkönkulutukset nousivat keskimäärin 15-25-prosenttia, kunnes lumet olivat sulaneet (ks. kuvio 13). VUOVE-insinöörit ovat tehneet alueelle virtausmittauksia (ks. kuvio 14). Kuvioon 14 ei ole erikseen piirretty vuotovesiprosenttia, mutta se on mittausten mukaan jatkuvasti yli 80 % (Tammenlarva 2020). Korkeat vuotovesiprosentit johtuvat siitä, että alueen huonokuntoisiin betoniviemäriin päätyy huomattava määrä vuotovettä sekä

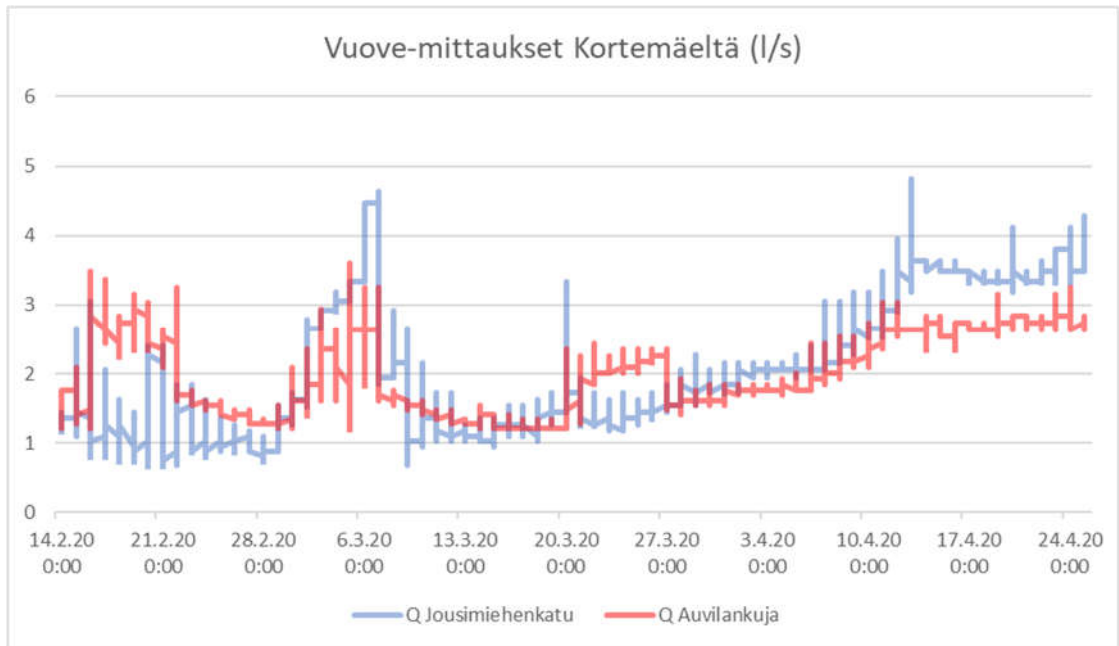
alueella on havaittu jonkin verran sekaviemäröintiä, eli johdettu kiinteistöiden kuivatus- ja rännivesiä viemäriverkoston.



Kuvio 12. Sadanta ja lumensyvyys

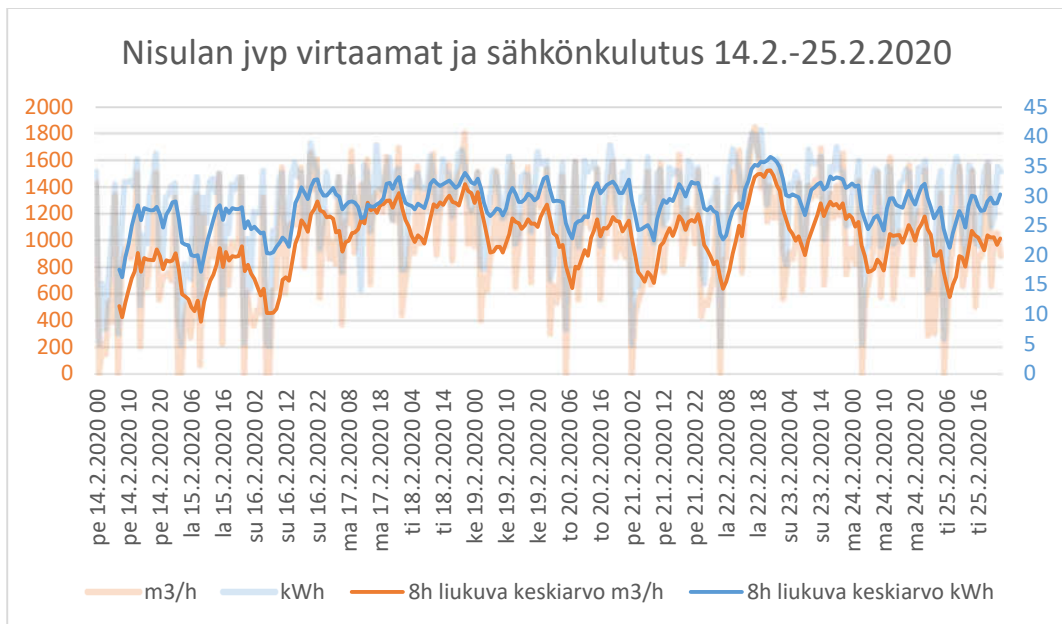


Kuvio 13. Jätevedenpumppaamoiden energiankulutus



Kuvio 14. Vuove-mittaukset Kortemäellä (Tammenlarva 2020)

Sähkökulutuksen muutoksen virtaamien kasvaessa voi huomata pumppaamotrendeistä. Esimerkkinä Nisulan pumppaamolla (ks. kuvio 15) huomaa sähkökäytön ja virtaamien vaihtelevan samansuuruisesti. Siitä voidaan päätellä, että vuotovesien kasvattaessa virtaamia, nousee myös pumppauskustannukset.



Kuvio 15. Nisulan jätevedenpumppaamon sähkökulutuksen ja virtaaman trendit

5.3 Kortemäen alueen virtaamalaskelmia

Alueelle tehtyjä virtaus- sekä vuotovesimittauksia voidaan verrata alueen käyttödataan talous- sekä jäteveden laskutuksen osalta. Talousvedenkäyttöennuste alueella on noin 82 m³ vuodessa per liittymä. Jos talousvedestä esimerkiksi 90% päätyy jätevedeksi voidaan laskea arvio alueen varsinaisista jätevesimääristä. Taulukossa 3 on laskettu vuositasolla arvio koko Kortemäen jätevesivirtaamista sekä laskennallinen vuotovesiprosentti mittapisteiden viemärivertaamien perusteella. Vuove-insinöörien teettämien mittausten vuotovesiprosentti täsmää jätevesiennusteen kautta laskettuihin vuotovesiprosentteihin keskiarvon ollessa noin 89 %. Verkoston vuotavuus nykytilanteessa on noin 1,35 l/s per verkostokilometri. Aluesaneerauksen odotetaan vähentävän vuotovesimääriä ja siten virtaamienkin tulisi pienentyä huomattavasti.

Taulukko 3 Lähtötiedot ja nykytilanne

Kortemäki	
188	Liittymää saneerausalueella
82,7	m ³ /a vedenkäyttöennuste per liittymä (keskiarvo)
74,43	m ³ /a jätevesimäärä per liittymä (talousvesi -10%)
15543,1	m ³ /a Kortemäen talousveden kulutus
13988,8	m ³ /a jv-arvio (talousvesi -10%)
126093,6	m ³ /a Kokonaisvirtaama Kortemäeltä puhdistamolle
1,35	(l/s) /km Verkoston vuotavuus
Virtaama Jousimiehenkatu	
84	Liittymää
6250,31	m ³ /a jätevesiarvio
0,71	m ³ /h jätevesiarvio
63702,72	m ³ /a kokonaisvirtaama vuodessa, vuovemittauksien perusteella 14.2.-25.4.2020 (jätevesi + vuotovesi)
90 %	Vuotovesiprosentti
Virtaama Auvilankuja	
104	Liittymää
7738,47	m ³ /a jätevesiarvio
0,88	m ³ /h jätevesiarvio
62390,85	m ³ /a kokonaisvirtaama vuodessa, vuovemittauksien perusteella 14.2.-25.4.2020 (jätevesi + vuotovesi)
88 %	Vuotovesiprosentti

Skenaario 1

Ensimmäisessä vaihtoehtomallissa (ks. liite 2) saneerauksen kannattavuus lasketaan virtaamalle, jossa vuotovesiprosentti olisi 35 %. Nykytilanteessa Kortemäeltä puhdistamolle johdettavat virtaamat ovat mittausten perusteella noin 126000 m³ vuodessa, joista varsinaisen jäteveden osuus on 13988 m³. Jos saneerauksen jälkeen vuotovesiprosentti olisi noin 35 %, olisi puhdistamolle päätyvä virtaus Kortemäeltä noin 21520 m³. Tällaisessa tilanteessa virtaamat pienenesi yli 100000 m³ vuodessa. Takaisinmaksuaika olisi pelkän jätevesiverkoston osalta 12 vuotta ja jos mukaan lasketaan hulevesiverkoston rakennuskulut, olisi takaisinmaksuaika 16,7 vuotta.

$$\frac{13988 \text{ m}^3}{1 - (0,35)} = 21520 \text{ m}^3$$

Skenaario 2

Viemärvirtaamia voidaan myös verrata aiemmin tehtyjen aluesaneerauksien tuloksiin. Toisessa vaihtoehtomallissa (ks. liite 3) lasketaan kannattavuutta aiemman aluesaneerauksen perusteella. Tikkakosken aluesaneerauksessa kokonaisvirtaamat pienenevät keskimäärin -45 %. Viemäriverkostoissa kuitenkin on eroavaisuuksia ja täysin samanlaisia vertailualueita on vaikea löytää, mutta jos Kortemäellä saavutettaisi samansuuruiset tulokset, päätyisi Kortemäeltä puhdistamolle noin 70000 m³ jätevettä. Tässä skenaariossa vuotovesiprosentti olisi silti noin 80 %, vaikka virtaamat pienenesi yli 56000 m³. Takaisinmaksuajaksi tulisi jätevesiverkoston osalta noin 22 vuotta ja hulevesiverkoston kustannukset huomioiden 31 vuotta.

$$126093 \text{ m}^3 * (1 - 0,45) = 69351,2 \text{ m}^3$$

$$\frac{69351,2 \text{ m}^3 - 13988 \text{ m}^3}{69351,2 \text{ m}^3} * 100 = 79,8 \%$$

Skenaario 3

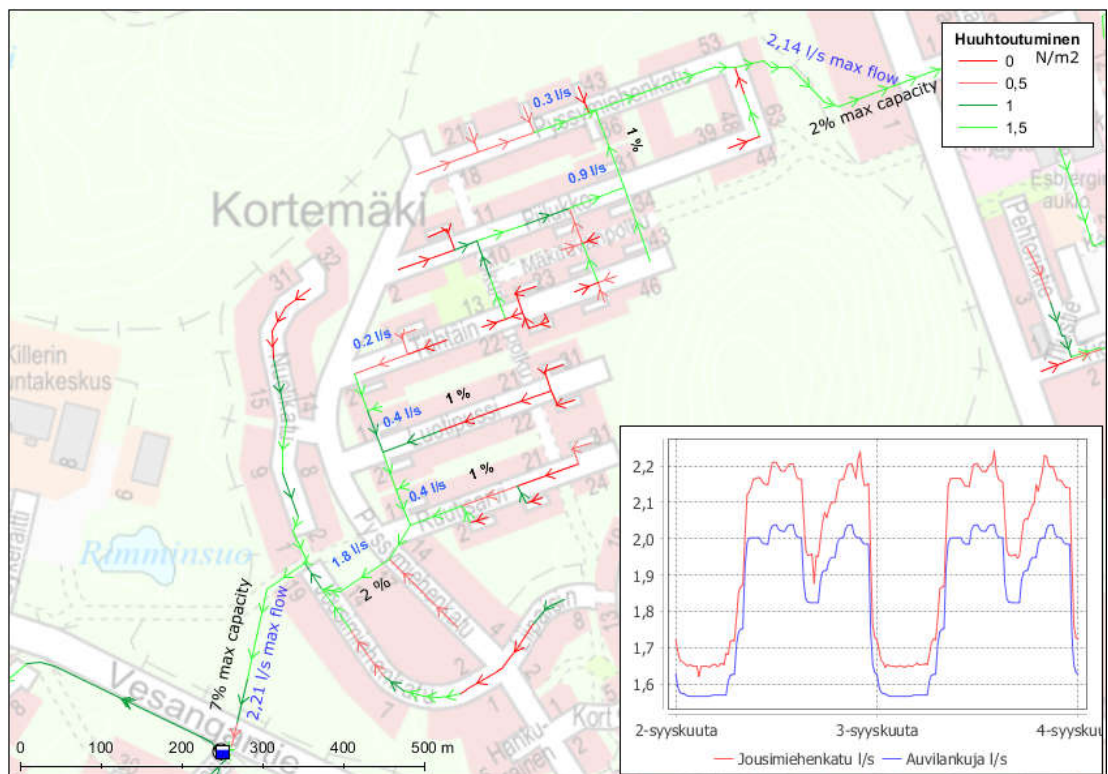
Kolmannessa vaihtoehtomallissa (ks. liite 4) kannattavuutta arvioidaan mitoitusperusteisten vuotovesiarvioiden mukaan. Mitoitusperusteiden mukaan voidaan asettaa verkoston vuotavuuden arvioksi 0,3 l/s per johtokilometri. Saneerattavaa jätevesiverkosta arvioitiin olevan 2957 metriä. Tämä tarkoittaisi Kortemäen osalta 0,887 l/s keskiarvoista vuotovesimäärää. Vuodessa vuotovettä olisi noin 27972 m³, jolloin vuotovesiprosentiksi saadaan noin 67 %. Tässä skenaariossa virtaamat pienenesi noin 84000 m³. Takaisinmaksuaika olisi jätevesiverkoston osalta 15 vuotta ja hulevesiverkoston kustannukset huomioiden 21 vuotta.

$$\frac{(13988 \text{ m}^3 + 27972 \text{ m}^3) - 13988 \text{ m}^3}{13988 \text{ m}^3 + 27972 \text{ m}^3} * 100 = 66,7 \%$$

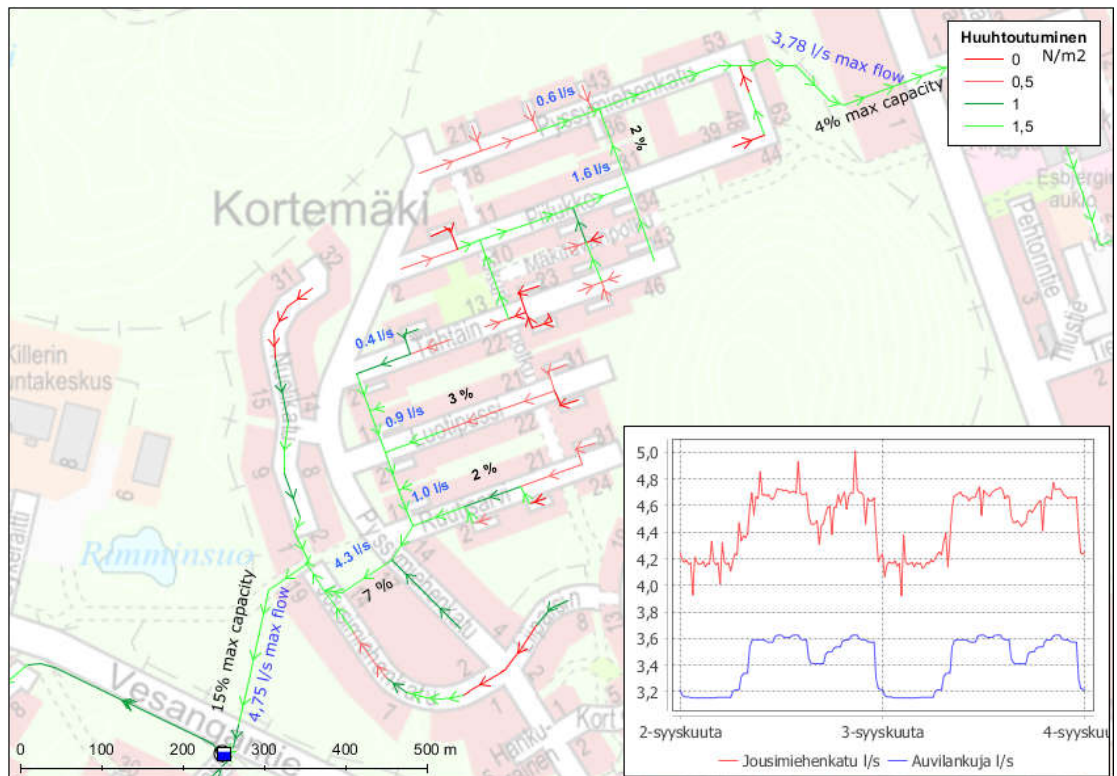
5.4 Kortemäen jätevesiverkostomallinnus

Kortemäen jätevesiverkostolle on tehty Fluidit -sovelluksella mallinnuksia, joissa on vertailtu tilannetta ennen ja jälkeen saneerausta. Malleissa on käytetty virtaamatietoina alueelta mitattua vuotovesi- ja mittausdataa sekä arvioitu saneerauksen vaikutuksia virtaamiin. Sovellus laskee siihen syötettyjen muuttujien perusteella verkoston toiminnallisuuteen liittyviä parametrejä. Mallinuksissa on esitetty väreillä visualisoiden viemäreiden itsehuhtoutumiskyky. Viemäriveden tulisi aiheuttaa putkelle vähintään kerran päivässä suurempi hankausjännitys kuin 1,5 N/m². Tällöin kiintoainetta ei todennäköisesti pääse kertymään viemäriputken pinnalle ja tukoksien syntyminen vähenee. Hankausjännityksen ollessa alle 1 N/m² on huuhtoutuminen epätodennäköistä. Nykytilanteessa ja normaalien keskiarvovirtaamien aikaan itsehuhtoutuvuus ei tapahdu osassa verkostoa (ks. kuvio 16). Alueella mitattujen suurimpien virtaamien aikaan viemärien huuhtoutuminen on hieman todennäköisempää, mutta suuria virtauksia on harvoin (ks. kuvio 17).

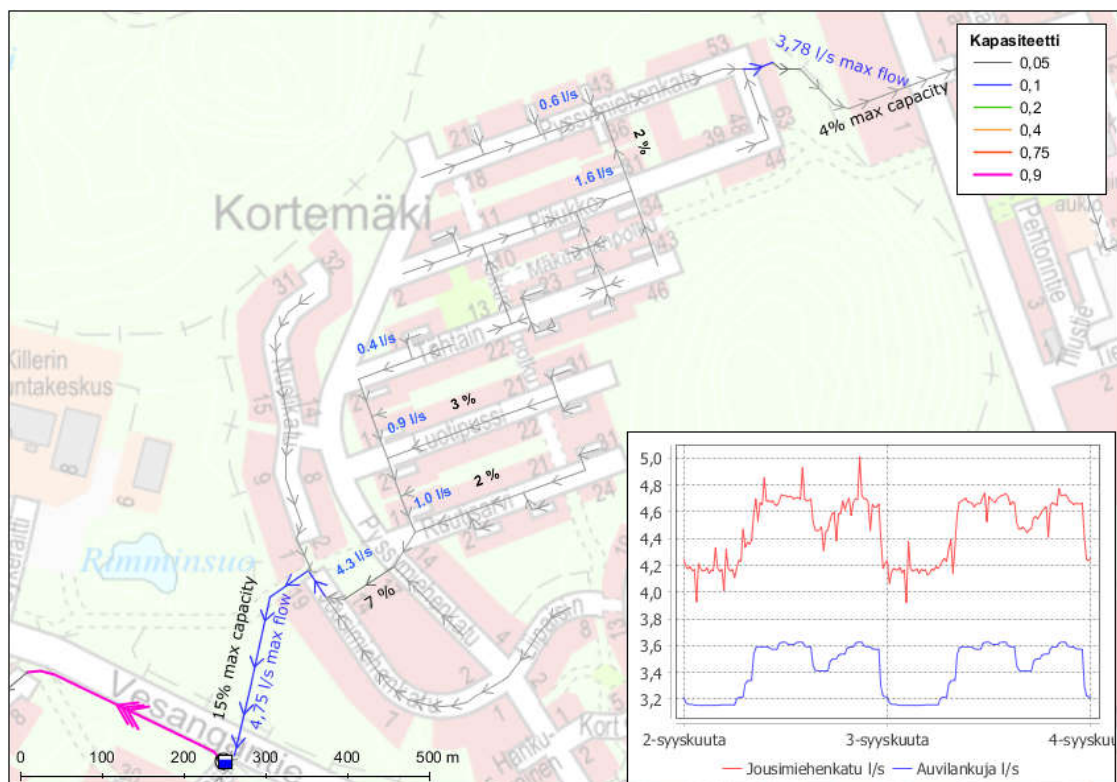
Edellä mainituissa kuvioissa on myös ilmoitettu alueelta pois johtavien verkosto-osien maksimivirtaamat sekä kuinka paljon putken kapasiteetista on maksimivirtaaman aikaan käytössä. Auvilankujalla putken koko kapasiteetista on mitattujen maksimivirtaamien aikaan käytössä vain noin 4 % ja Jousimiehenkadulla noin 15 %. Kortemäen viemärien voidaan mallinnusten perusteella sanoa olevan huomattavan ylimitoitettuja nykyisille virtaamille. Kuviossa 18 on visualisoitu väreillä nykytilanteessa verkoston kapasiteettiä mitattujen maksimivirtaamien perusteella. Käytännössä nykyisessä tilanteessa suurin osa alueen viemäreistä täyttyy vain alle 5 % suurimmillaan mitatuilla virtaamilla.



Kuvio 16. Verkoston huuhtoutuminen nykytilanteessa keskiarvovirtaamalla

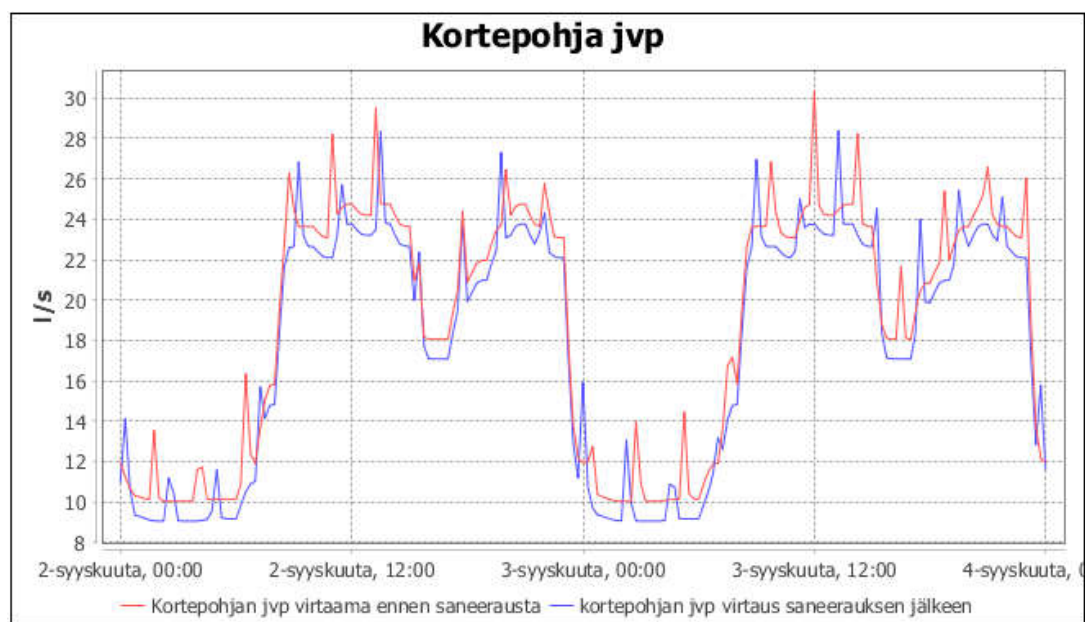


Kuvio 17. Verkoston huuhtoutuminen nykytilantessa mitatulla maksimivirtaamalla



Kuvio 18. Verkoston käytetty kapasiteetti nykyisillä maksimivirtaamalla

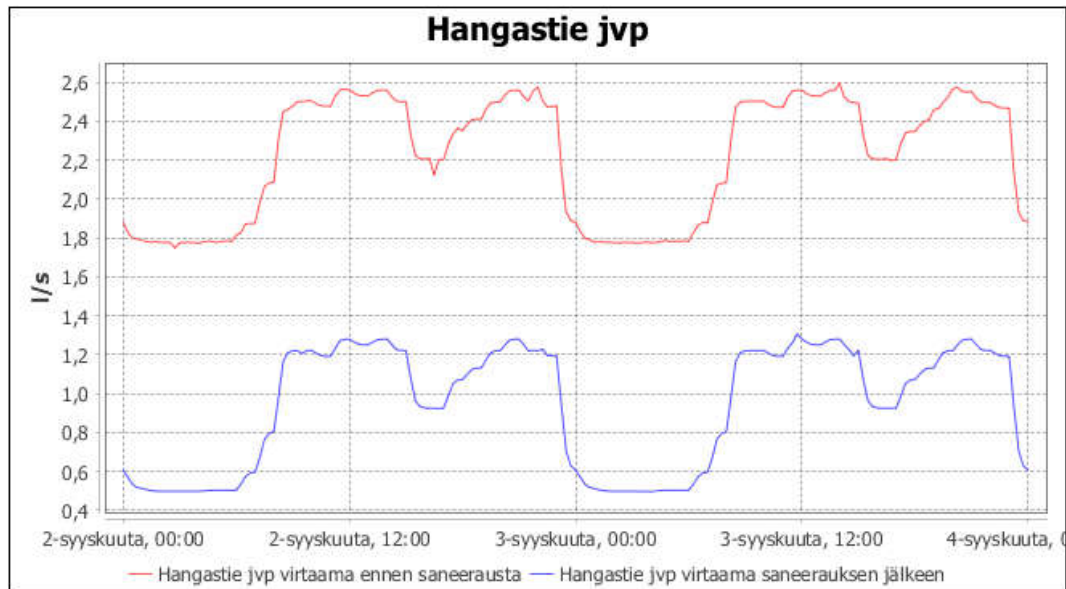
Mallinnuksilla voidaan myös arvioida pienentyneiden virtaamien vaikutuksia Kortemäen jätevesiä johtaville pumppaamoille. Pumppaamoiden virtaamatarkastelussa on oletettu muiden, kuin Kortemäen viemäreiden vuotovesiprosentin olevan noin 40 %. Mallinnuksissa on arvioitu vaikutuksia Kortepohjan (ks. kuvio 20) sekä Hangastien pumppaamoilla (ks. kuvio 21). Lutakon, Nisulan sekä Kylmänoron pumppaamot ovat virtaamiltan niin suuria, ettei Kortemäellä pienentyvät virtaamat käytännössä juuri vaikuta niiden toimintaan ja siksi niille ei ole tehty virtaamatarkastelua. Kortepohjan pumppaamo on myös melko suuri ja kun mallinnusten mukaan virtaamat pienenee noin 1-2 l/s, ei sillä ole merkittävää vaikutusta pumppaamon toimintaan.



Kuvio 20. Kortepohjan jätevedenpumppaamon mallinnetut virtaamat ennen ja jälkeen saneerausta

Hangastien pumppaamon virtaamasta Kortemäen alueen jätevesien osuus on merkittävä ja sinne johdetaan niiden lisäksi jätevesiä vain muutamalta kadulta. Mallinnusten mukaan virtaamat keskimäärin yli puolittuvat nykyisestä. Pumppaamo on myös lähestymässä saneerausikää ja mallinnusten perusteella voidaan sanoa, että pumppujen kokoa olisi mahdollista pienentää. Kunnossapidon sekä sähkönkulutuksen osalta pumppujen pienentäminen ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi käyttökustan-

nuksiin. Hangastien pumppaamon sähkönkulutus on vuositasolla noin 8-9 megawattituntia, joten merkittäviä taloudellisia säästöjä pumppujen pienentäminen ei aiheuta energiankäytön osalta.

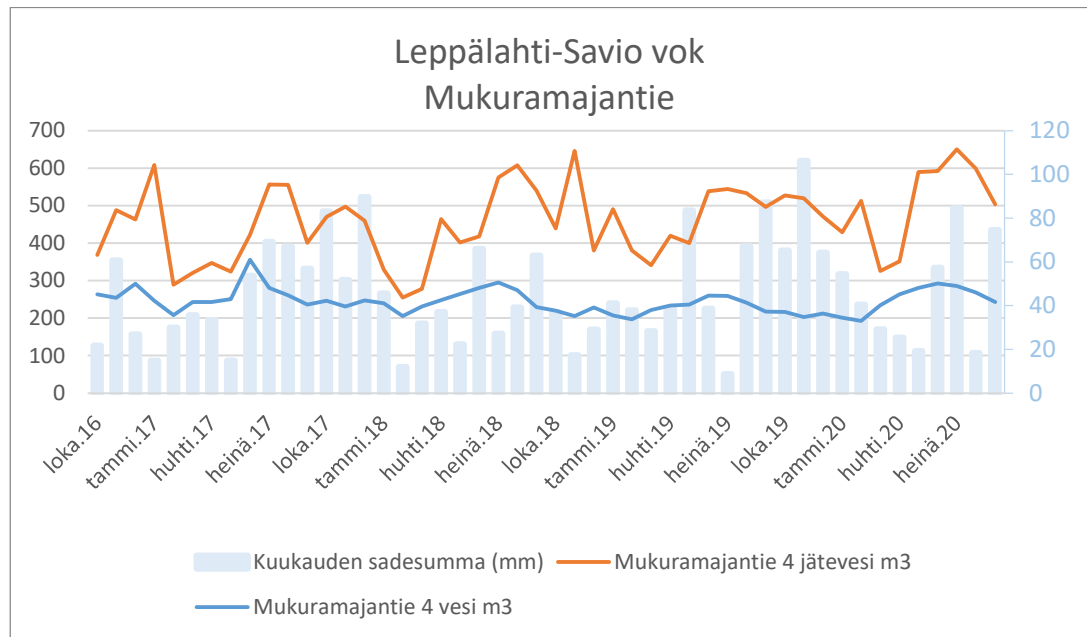


Kuvio 21. Hangastien jätevedenpumppaamon mallinnetut virtaamat ennen ja jälkeen saneerausta

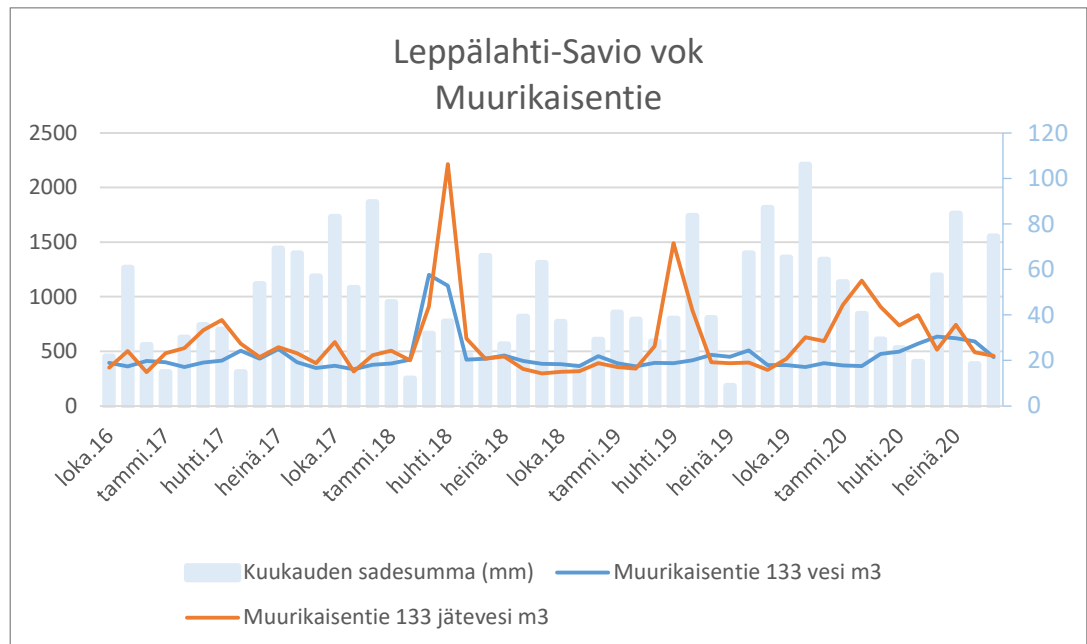
5.5 Vuotovesivertailu vesiosuuskunnan verkostolle

Vuotovesimäärät vaihtelevat alueellisesti ja eroja voidaan vertailla keskenään. Leppälahti-Savio vesiosuuskunnan talousvesi- ja jätevesivirtaamien seurantaan on vuonna 2013 asennettu mittauskaivoja. Vesiosuuskunnan vesihuoltoverkosto on kaksiosainen ja molemmille on asennettu mittakaivot. Mittauskaivojen virtaamista voidaan määrittää vuotovesimäärät vähentämällä talousvesivirtaamat jätevesivirtaamista. Laskennassa on käytetty mittauksia aikaväliltä 1.10.2016 – 30.9.2020. Mittauksien perusteella Alva on laskuttanut vesiosuuskuntaa talousveden sekä jäteveden osalta. Vuotovesiprosentit on määritelty molemmille vesiosuuskunnan verkostoille. Investoinnin kannattavuutta Alvalle arvioitiin liitteessä 5 selvittämällä laskutuksen kautta saatu hyöty tarkemmista jätevesimääristä sekä laskettu kaivoille takaisinmaksuajat. Mukuramajantien mittauksista (ks. kuvio 22) määritetty vuotovesiprosentti oli noin

44%. Muurikaisentien mittauksista (ks. kuvio 23) määritetty vuotovesiprosentti oli noin 22%. Yhteensä kaivojen takaisinmaksuaika on noin 21 vuotta.



Kuvio 22. Virtausmittaukset Mukuramajantien mittakaivot



Kuvio 23. Virtausmittaukset Muurikaisentien mittakaivot

6 Johtopäätökset

Työssä oli tarkoitus selvittää viemärien vuotovesien toiminnallisia vaikutuksia pumppaamoilla ja verkostossa sekä arvioida Kortemäen aluesaneerauksen kannattavuutta. Arvioitaessa vaikutuksia vesihuoltoon, voidaan käsitellä niiden vaikutuksia verkostossa, pumppaamoilla, puhdistamoilla sekä saneerauksien vaikutuksia vuotovesiin. Vuotovedet aiheuttavat vesihuollolle kokonaisuutena taloudellisia seurauksia suurempina käyttö-, energia-, kunnossapitokustannuksina. Lisäksi vuotovedet voivat olla osatekijänä lisäämässä riskejä terveydelle haitallisille ympäristövahingoille, kuten tulville, ylivuodoille tai hajuhaitoille.

Vuotovesien vaikutukset verkostossa ja pumppaamolla tunnetaan yleisesti melko hyvin. Virtaamat kasvavat jätevesiviemäreissä sateiden sekä lumien sulamisen aikaan huomattavasti ja samalla energiankäyttö pumppaamoilla kasvaa. Kortemäelle lumien sulamisen aikaan tehtyjen virtausmittausten perusteella maksimivirtaamat olivat noin kaksi kertaa keskiarvoja suuremmat ja minimivirtaamiin verrattuna moninkertaiset. Vuotovesimäärät alueella ovat huomattavan suuria ja nostavat siksi pumppauskustannuksia. Aluesaneerauksen odotetaan vähentävän virtaamia merkittävästi ja mallinnusten avulla voitiin osoittaa vaikutuksia pumppaamoilla.

Hangastien pumppaamon mallinnetut virtaamat puolittuivat, joka samalla puolittaa pumppujen käyntiajat. Pienemmät pumppausajat pidentävät pumppujen elinkaarta ja mahdollisesti vähentävät vikaantumisia. Ennakoivan kunnossapidon osalta pumppaamolla pienentyvät virtaamat eivät kuitenkaan vaikuta vuosihuoltojen sekä tarkastusten suorittamiseen, vaan ne tullaan suorittamaan jatkossakin vuosittain. Suuremmilla pumppaamoilla vaikutukset virtaamien pienenemisen suhteen ovat vähäisempiä, vaikka pumpattava vesimäärä on sama. Kortepohjan pumppaamolla saneerauksen jälkeiset virtaamat pienenee vain 5-10 %. Nisulan, Lutakon ja Kylmänoron pumppaamoilla kokonaisvirtaama muuttuu vielä vähemmän, koska vuositasolla kokonaisvirtaamat ovat jopa miljoonia kuutioita. Suurilla pumppaamoilla pumppujen tuotto on korkeampi, joten käyntiajatkin ovat Kortemäeltä tulevien virtaamien osalta pienempiä.

Vuotovesiä pyritään vähentämään saneeraamalla verkostoa ja tekemään viemäreistä tiiviimpiä. Aluesaneerausten kustannukset ovat korkeita ja saneerauksen onnistumista voidaan mitata pienentyneillä vuotovesimäärillä. Takaisinmaksuajat saneerauksille voivat jäädä erittäin pitkiksi, ellei vuotovesiä ei onnistuta saneerauksissa vähentämään riittävästi. Saneerauksen lopputuloksista laskettiin kolme skenaariota, joiden virtaamien vähenemästä laskettiin takaisinmaksuajat. Kustannukset jätevesien siirrosta ja käsittelystä koostuvat viemäröinnin käyttökustannuksista per siirretty jätevesikuutio sekä Nenäinniemen jätevedenpuhdistamon ilmoittamista käsittelykustannuksista. Vaihtoehdoista ensimmäinen olisi vuotovesimäärien osalta paras tilanne. Voidaan kuitenkin olettaa, että vaikka alueelle pyritään tekemään täysin tiivis verkosto, päätyy viemäriin silti pieniä määriä vuotovesiä. Varsinaiset jätevesimäärät alueella ovat melko vähäisiä ja kun verkostoa on noin kolme kilometriä, voi noin 0,2 l/s/km vuotavuuskin nostaa vuotovesiprosentin alueella jo yli 50 prosenttiin.

Mallinnusten osalta tulokset antavat melko luotettavaa tietoa esimerkiksi verkoston kapasiteettien sekä virtaama-arvioiden osalta. Täytyy kuitenkin tietää, että sovellukseen syötetyt tiedot vuotovesimääristä on arvioita, ja tuleva tilanne voi olla virtaamien osalta hieman toisenlainen. Kannattavuuslaskelmien osalta haastavaa oli arvioida jätevesiverkoston käyttökustannuksia tarkasti. Varsinaiset energiankäyttökustannukset pumppaamoilla on melko pieniä suhteessa kokonaisviemäröntikuluihin. Takaisinmaksuajat ovat kuitenkin varmasti suuntaa-antavia luotettavuuden osalta ja niitä voi hyödyntää tulevaisuudessa, kun tiedetään tarkat virtaamamuutokset. Selvitys pumppaamokohtaisista kustannuksista voisi olla keino saada vielä tarkempia käyttökustannuksia selville. Tulisi selvittää pumppaamoiden sekä sinne johtavien viemäreiden käyttö- ja kunnossapitotöiden kustannusarviot, jotta tarkempia arvioita saisi selville.

Työn teoriaosuutta voidaan pitää luotettavana, vaikka lähteissä on osittain myös hieman vanhempaa kirjallisuutta. Vesihuolto on pysynyt vuosikymmeniä kuitenkin pitkälti samanlaisena verkoston, pumppaamoiden, saneerauksien osalta. Käytännöistä ja laitteista on vain tullut tehokkaampia. Vuotovesiä esiintyy maailmanlaajuisesti ja osa lähteistä oli myös kansainvälisiä tutkimuksia.

7 Pohdinta

Opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää vuotovesien vaikutuksia jätevesipumppaamoille. Vuotovesiä tarkateltaessa täytyy ajatella kokonaisuutena viemäriverkostoa. Verkoston osalta korkeiden vuotovesimäärien vaikutukset näkyvät viemärien parempana huuhtoutumisena ja ne voivat ehkäistä hajujen syntymistä. Kun viemäriverdessä on vähemmän kiintoainesta, tukosten syntyminen viemäreissä ja pumppaamoilla on harvinaisempaa. Suuremmat viemärivertaamat pienentävät myös viemäriverden viipymää viemäreissä ja paineputkissa, joka vähentää hajujen syntymistä pumppaamoiden läheisyydessä. Riskinä onkin verkostosaneerausten jälkeen vuotovesimäärien vähenemisen seurauksena väkevämmät jätevedet, jotka lisäävät mahdollisuuksia tukosten syntymiseen sekä hajuhaittoihin. Suurimmat riskit vuotovesien osalta ovat kuitenkin äkilliset kapasiteetin kasvut, johon myös ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät myrskyt ja rankkasateet voivat vaikuttaa. Verkoston ja pumppaamoiden tulisi pystyä siirtämään tarvittaessa sulamisaikana ja rankkasateiden aikana korkeammat virtaamat. Yhdistettyjen vikaantumisien aikana, kuten sähkökatkot, laiteviat ja tukokset, voi korkeat vuotovesimäärät aiheuttaa pumppaamoilla ylivuotoja sekä tulvia nopeammin. Vanhat viemärit, esimerkiksi Kortemäellä, ovat onneksi kuitenkin usein reilusti ylimitoitettuja ja korkeillakin virtaamilla kapasiteetistä käytössä on vain pieni osa.

Tulvimisen ja ylivuotojen osalta voi riskit sekä kustannukset olla vaikeasti määriteltävissä etukäteen. Esimerkiksi asukkaiden kellareihin tulvivat jätevedet voivat aiheuttaa kustannuksia tuhansista kymmeneentuhansiin euroihin. Jäteveden laatukin vaihtelee ylivuotojen sattuessa ja esimerkiksi vuotovesimäärien ollessa korkeita, voi ylivuodossa suhteellisesti varsinaisen jätevesimäärän osuus olla pieni. Riskialttiimmilla alueilla tulisikin olla parempi toimintavarmuus, joten esimerkiksi kiinteän varavirran ja ylivuotosäiliöiden mahdollisuudet pumppaamoilla tulisi selvittää. Pumppaamoita voi myös joutua saneeraamaan ennen aikaisesti, jos pumppujen tuotto ei riitä kasvaneille virtaamille. Mallinnuksien avulla voi myös arvioida ylivuotojen mahdollisuuksia. Sovelluksella voi simuloida sadetilanteita ja lisätä putkille kriittisiä korkoja ilmoittamaan ylivuotopaikoista.

Energiankäytön kannalta vuotovesien aiheuttamat korkeammat virtaamat kasvattavat käyttökustannuksia pumppujen sähkönkulutuksen suhteen. Suuremmat pumppujen käyntiajat lisäävät myös kokonaisuutena kunnossapidon tarvetta ja lyhentävät elinkaarta. Jätevesien siirrossa pumppaamoketjun pituus vaikuttaa lisäksi merkittävästi pumppauskustannuksiin. Verkostoa mallintamalla pystytään esittämään erityyppisiä skenaarioita virtaamien muuttumisen suhteen sekä vaikutuksista pumppaamoille. Saneeraustarpeessa olevia alueita voidaan vertailla arvioiden pienentyneitä virtaamia sekä vaikutuksia pumppaamoketjun kokonaisvirtaamiin. Vaikka saneerauksia ei tehdäkään pelkästään taloudellisista syistä, voi verkostomalleilla saada selville esimerkiksi mahdollisuuksia pumppujen tai paineputkien pienentämiseen virtaamien pienentyessä.

Pumppaamoilla vuotovedet sinällään parantavat pumpattavan veden laatua ja voivat vähentää säiliöiden ja pumppujen likaantumista ja tukoksia. Puhdistamoilla kuitenkin vuotovesien seuraukset ovat ongelmallisempia. Matalammat jäteveden lämpötilat hidastavat käsittelyprosesseja ja kapasiteettien ylittymiset saattavat johtaa ohitukseen. Vuotovesimäärien kasvua voidaan kuitenkin ennustaa keväisin lämpötilojen noustessa sekä sateiden aikaan. Lisäksi pumppaamoille asennettuja mittalaitteita voidaan hyödyntää vuotovesien havaitsemiseen ja korkeampia virtaamia voidaan ennakoita ennen puhdistamolle päätymistä.

Aluesaneerauksien kustannukset on usein korkeita ja usein kuntotutkimusten kustannukset ovat vain prosentteja kokonaisten saneerausten hinnasta. Viemärien käyttöikä on useita kymmeniä vuosia, ja tarkkoja kuntotutkimuksia tekemällä voidaan valita huonokuntoisimmat alueet ensin saneerattaviksi. Saneerausten hyvä suunnittelu ja viemäreiden oikeanlainen mitoitus on myös tärkeää. Jos viemärit ovat ylimitoitettuja, voisi myös olettaa, että putkien vioittuminenkin on todennäköisempää. Suuremmassa putkessa on enemmän pinta-alaa vikaantumiseen ja jos esimerkiksi putkeen tulee halkeama, liitos tai tiiviste irtoaa, on vuotava reikä myös todennäköisesti suurempi. Samalla vuotovesien mukana voi tulla hiekkaa tai muuta maa-ainesta, joka heikentää putkien kuntoa entisestään. Tällaiset vikaantumiset eivät välttämättä tapahdu heti, vaan voi ilmetä vasta vuosikymmenten jälkeen.

Saneerauksen onnistumista voi vuotovesimäärien osalta arvioida vuotovesiprocentin tai verkoston vuotavuuden kautta. Vuotovesiprocentti voi kuitenkin olla esimerkiksi Kortemäen tapauksessa helpostikin hieman harhaanjohtava. Alueen varsinaiset jätevesimäärät ovat vuosittain vain noin 14000 m³, ja jos vuotovesiprocentti olisi 50 %, olisi vuotovettäkin 14000 m³. Pienillä jätevesimäärillä voi käydä siten, että vaikka verkosto vuotavuuden osalta olisi perustasolla, jää vuotovesiprocentti kuitenkin Alvan keskiarvoa suuremmaksi. Kortemäen virtaamat voivat esimerkiksi yli puolittua, mutta vuotovesiprocentti alueella olisi silti huomattavan korkea, koska vuotovesiprocentti suhteutetaan koko viemärivereden määrään jätevesimäärän ollessa pieni.

Opinnäytetyötä aloittaessa olin ollut yhden kesän kesätoissa vesihuoltoon liittyvissä töissä. Muuten aikaisempaa kokemusta jätevesiverkostosta tai vuotovesistä ei juuri-kaan ollut, kuin hieman yleisellä tasolla. Opinnoissani ympäristötekniikkaa ei ole myöskään liiemmin käsitelty vesihuollon osalta, ja iso osa opinnäytetyön asioista oli uuden oppimista. Työssä pääsi käyttämään verkostomallinnukseen käytettävää sovellusta ja oli mielenkiintoista nähdä erityyppisten simulointien vaikutusta toiminnallisuuteen verkostossa.

Lähteet

Aaltola, L. 2007. Viemärihajujen synty ja hallintamenetelmät. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Viitattu 13.10.2020. <https://docplayer.fi/7909804-Laura-aatola-viemarihajujen-synty-ja-hallintamenetelmät-diplomityö.html>.

Forss, A. 2005. Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteita. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9487/TMP.objres.17.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Franz, T. 2007. Spatial classification methods for efficient infiltration measurements and transfer of measuring results. Technische Universität Dresden. Viitattu 5.11.2020. <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A24942/attachment/ATT-0/>.

Guide for evaluating capacity, management, operation and maintenance programs at sanitary sewer collection systems. 2005. U.S. EPA Water infrastructure outreach. Viitattu 14.10.2020. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/cmom_guide_for_collection_systems.pdf

Hurmerinta, J. 2020. Alva-yhtiöt Oy:n pumppaamomestari. Haastattelu 16.9.2020.

Jacobs, H., Griffioen, M., Loubster, C. & Tulleken, J. Understanding sewage pump stations. 2015. Raportti water research commission järjestön verkkosivulla. Viitattu 25.9.2020. <http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/TT%20627-15.pdf>.

Jyväskylän seudun puhdistamo Oy vuosikertomus 2019. 2020. Viitattu 24.9.2020. <https://www.js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2020/06/JSJP-Vuosikertomus-2019.pdf>.

Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Kokonaistaloudellinen jäteveden pumppausmenetelmä. 2020. Alva-yhtiöiden verkkosivuilla. Viitattu 29.9.2020. <https://www.alva.fi/blog/2020/02/24/kokonaistaloudellinen-pumppausmenetelmä-jätevesipuhdistamolle/>.

L 9.2.2001/119. Vesihuoltolaki. Viitattu 8.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>.

L 22.8.2014/681. Vesihuoltolaitoksen selvilläolo- ja tarkkailuvollisuus. Viitattu 30.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>.

L 27.6.2014/527. Ympäristönsuojelulaki. Viitattu 8.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>.

Lamminen, K. 2020. Kunnat jättävät jätevesivuotoja ilmoittamatta ja viemäriä korjaamatta – jäteveden ylivuoto sai tienoon haisemaan elokuun lopussa Sipoossa. Maaseudun tulevaisuus 9.9.2020. Viitattu 17.9.2020. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ymparisto/artikkeli-1.1186118>.

Lampola, T. & Kuikka, S. 2018. Viemäreiden kuntotutkimusopas. Vesilaitosyhdistys. vvy.fi -verkkosivustolla. Viitattu 16.10.2020. https://www.vvy.fi/site/assets/files/2519/viemareiden_kuntotutkimusopas.pdf.

Lassila & Tikanoja viemärikuvausraportti. 2014. Alva-yhtiön omasta tietojärjestelmästä. Viitattu 27.10.2020.

Luukkonen, H., Niini, S. & Riihinen, H. 2018. Kiinteistöjen tonttivesijohtojen ja -viemäreiden saneeraus. Vesilaitosyhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 19.10.2020. https://www.vvy.fi/site/assets/files/2196/kiinteistojen_tonttivesijohtojen_ja_viemareiden_saneeraus_hankeraportti.pdf.

NOVI. 2020. Alva-yhtiöiden käytössä oleva kunnossapitojärjestelmä. Viitattu 28.10.2020.

OVA-ohje: Rikkivety. 2015. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet rikkivedystä. Viitattu 30.9.2020. <https://www.ttl.fi/ova/rikkivet.html>.

Pumppaamot. n.d. Pumppaamotyyppien esittely Grundfos Oy:n verkkosivulla. Viitattu 30.9.2020. <https://fi.grundfos.com/pumpputyypit/pumppaamot.html>

Rakennetun omaisuuden tila 2017 - raportti. 2017. Helsinki. Viitattu 17.9.2020. https://www.ril.fi/media/2017/2017-vaikuttaminen/roti-2017/taustat/roti-2017_painettu-raportti.pdf.

Rakennetun omaisuuden tila 2019 – raportti. 2019. Helsinki. Viitattu 14.10.2020. https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf.

RIL 124-1. 2003. Vesihuolto I. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL 124-2. 2004. Vesihuolto II. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL 237-1. 2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

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

Seppälä, O. 2013. Vesi- ja viemäriverkoston tilanne Suomessa. Vesilaitosyhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 10.10.2020. https://fistt.net/wp-content/uploads/2016/04/D_Seppala_Vesi_viemariverkoston_tilanne.pdf

Siintoharju, P. 2015. Jätevedenpumppaamoiden ylivuotojen ja jätevedenpuhdistamoiden ohitusten ympäristöriskit ja hallinta Pirkanmaalla. Diplomityö. Tampereen

teknillinen yliopisto, ympäristö- ja energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 13.10.2020. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23638/Siinto-harju.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Yhteiskuntavastuuraportti 2019. 2020. Raportti Alva-yhtiöiden verkkosivuilla. Viitattu 30.9.2020. <https://www.alva.fi/app/uploads/1/2020/05/Alva-yhteiskuntavastuuraportti-2019.pdf>.

Tammenlarva, T. 2020. Vuove-insinöörit Oy. Sähköposti.

Tuomenvirta, Haavisto, Hildén, Lanki, Luhtala, Meriläinen, Mäkinen, Parjanne, Peltonen-Sainio, Pilli-Sihvola, Pöyry, Sorvali & Veijalainen. 2018. Sää- ja ilmatoriskit Suomessa – Kansallinen arvio. Valtioneuvoston kanslia. Viitattu 7.11.2020. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161015/43-2018-Saa%20ja%20ilmatoriskit%20Suomessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Tytär- ja osakkuusyhtiöt. N.d. Tytäryhtiöiden esittely Alva-yhtiöiden verkkosivuilla. Viitattu 13.10.2020. <https://www.alva.fi/alva/yhtio/tytar-ja-osakkuusyhtiot-2/>.

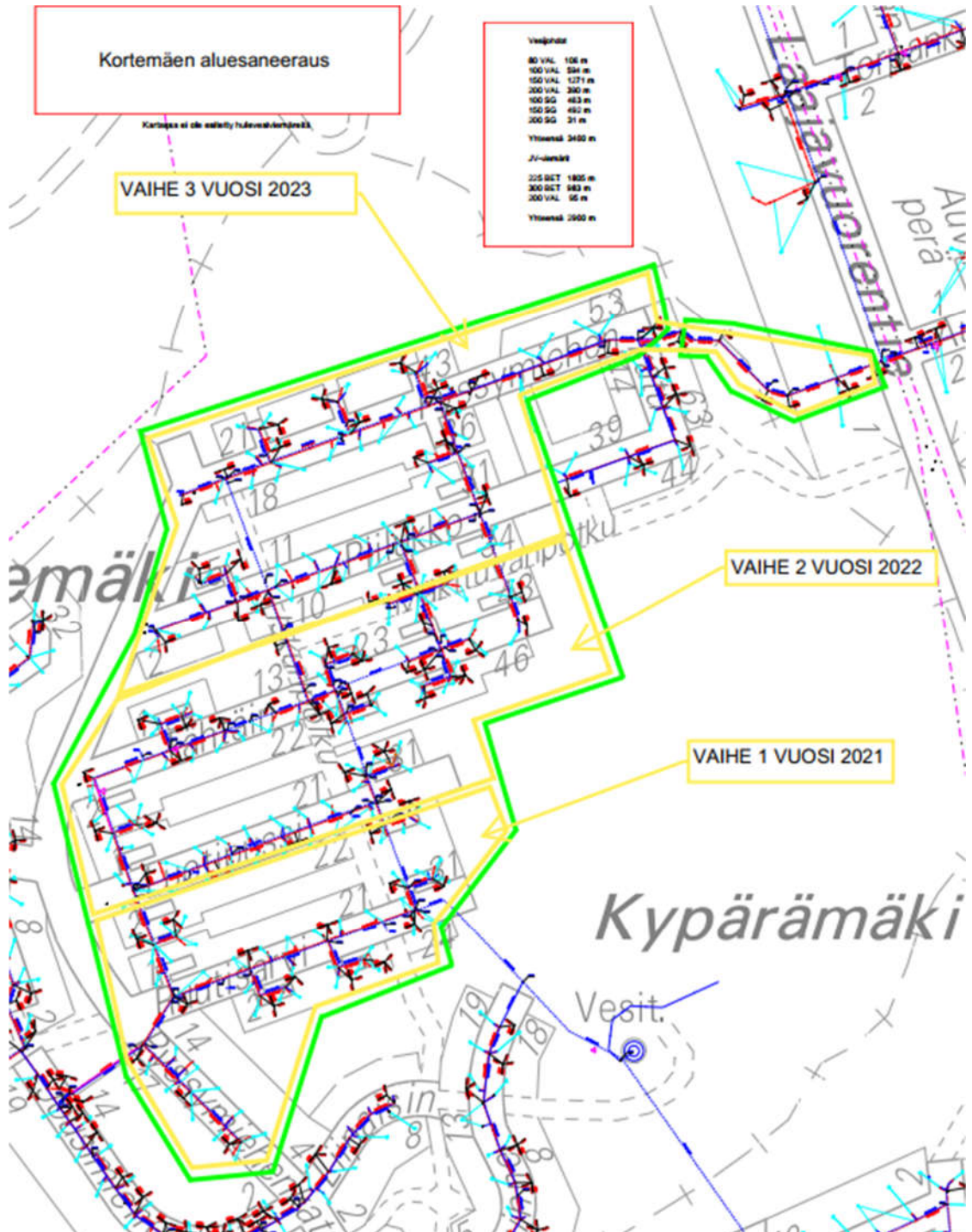
Vantaanjoen jätevesipäästöjen hallinta. 2014. HSY-kuntayhtymä raportti. Viitattu 23.11.2020. http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/4056/Loppuraportti%20_Vantaanjoen_j%C3%A4tevesip%C3%A4st%C3%A4st%C3%B6jen_hallinta.pdf.

Vedenjakelu- ja viemäriverkoston energiatehokkuus mallintamalla. 2018. Powerpoint esitys motivan verkkosivuilla. Viitattu 18.11.2020. <https://www.motiva.fi/files/14883/Vedenjakelu-ja-viemariverkoston-energiatehokkuuden-mallintaminen.pdf>.

Yhtiö. N.d. Yritysesittely Alva-yhtiöiden verkkosivuilla. Viitattu 14.9.2020. <https://www.alva.fi/alva/yhtio/>.

Liitteet

Liite 1. Kortemäen aluesaneerauskohte



Liite 2. Skenaario 1 kustannuslaskelma (salassa pidettävä)

Liite 3. Skenaario 2 kustannuslaskelma (salassa pidettävä)

Liite 4. Skenaario 3 kustannuslaskelma (salassa pidettävä)

Liite 5. Mittakaivojen kannattavuus (salassa pidettävä)