



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VIEMÄRITULVASTA HÄLYT- TÄVÄN MITTALAITTEEN KEHITTÄMINEN

TEKIJÄ: Ville Suhonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Ville Suhonen			
Työn nimi Viemäritulvasta hälyttävän mittalaitteen kehittäminen			
Päiväys	28.5.2020	Sivumäärä/Liitteet	40
Ohjaajat Juha-Matti Aalto, Merja Tolvanen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Preventos Informatics Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli testata ja kehittää viemäriin ja kaivoihin asennettavaa tulvahälytyslaitetta. Opinnäytetyön tilaajana toimi Preventos Informatics Oy, joka tuottaa vesihuollon seurantatekniikkaa. Aihe liittyi tilajaan jo aiemmin aloittamaan laitekehitystyöhön. Työ on luonteeltaan tutkimus- ja kehittämistyö.</p> <p>Opinnäytetyöhön liittyi ensimmäisenä vaiheena taustatietojen keräämistä kirjallisuuden avulla. Lisäksi taustoitusta työhön haettiin kyselytutkimuksen avulla. Kyselyyn valikoitiin kahdeksan erikokoista vesilaitosta ja kuntaa ja suoritettiin puhelinhaastattelut. Tämän tutkimuksen avulla kerättiin tietoa viemärien tukkeutumisesta, tulvimisesta, huuhtelutarpeesta ja ennaltavarautumismenetelmistä tulviin. Tärkeää oli myös selvittää, millaisia tulvahälytyslaitteita kyselykohteissa on käytössä ja onko mahdollisesti tarvetta tällaiselle laitteelle. Kyselyn avulla onnistuttiin saamaan vastauksia edellä mainittuihin asioihin. Tulvahälytyslaitteita oli käytössä pääasiassa pumppaamoilla ja laitetarvetta esiintyi muutamassa kohteessa jätevesiviemäreiden osalta.</p> <p>Seuraavaksi aloitettiin varsinaiset laitetestaukset. Tulvahälytyslaitetta testattiin aluksi kotona sisätiloissa. Tarkoituksena oli tehdä kaksi erillistä testiä eli veden pinnankorkeuden resoluution ja tarkkuuden määrittäminen ja hälytyksen saapumisen varmentaminen. Mittauksissa käytettiin putken asennettua painesensoria, mikä mittaa paine-eroa putken ulko- ja sisäpuolen välillä.</p> <p>Kotitestien jälkeen siirryttiin laitteen kenttätestausvaiheeseen. Tarkoituksena oli testata laitteen signaalia kolmella erilaisella antenniratkaisulla Kuopiossa sijaitsevassa hulevesikaivossa. Laitte asennettiin kaivoon ja siihen kiinnitettiin lyhyt kiinteä antenni ja laite jätettiin kahdeksi vuorokaudeksi mittaamaan. Tämän jälkeen laitteeseen kiinnitettiin langallinen antenni ja testi suoritettiin ensin antennin ollessa kaivon kannen päällä ja lopuksi puuhun kiinnitettynä.</p> <p>Testeissä onnistuttiin määrittämään laitteen mittaustarkkuus ja hälytysviestin toimintavarmuus saatiin taattua. Signaali puolestaan osottautui parhaaksi antennin ollessa kaivon ulkopuolella. Jatkossa laitetta kehitettäessä on huomioitava antennin järkevä asentaminen erilaisissa olosuhteissa, kuten liikenteessä. Laitetta on myös hyvä testata vesilaitoksen hulevesiviemäriin ja jätevesiviemäriin.</p>			
Avainsanat Hulevesiviemäri, jätevesiviemäri, tulva, tulvahälytyslaite			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Ville Suhonen			
Title of Thesis Development of a flood alarm measuring device			
Date	28.5.2020	Pages/Appendices	40
Supervisor(s) Juha-Matti Aalto, Merja Tolvanen			
Client Organisation /Partners Preventos Informatics Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to test and develop a flood alarm device to be installed in sewers and wells. The client of the thesis was Preventos Informatics Oy, which produces water supply monitoring technology. The topic was related to the equipment development work already started by the client. The work is in the nature of re-search and development work.</p> <p>The first step in the thesis was to gather background information with the help of literature. In addition, background for the work was sought through a survey. Eight water utilities and municipalities of different sizes were selected for the survey and telephone interviews were conducted. This study collected information on sewer blockage, flooding, flushing needs and flood precautionary methods. It was also important to find out what kind of flood alarm devices are used in the survey sites and whether there is a possible need for such a device. The survey succeeded in obtaining answers to the above issues. Flood alarm equipment was used mainly at pumping stations and there was a need for equipment at a few sites for sewers.</p> <p>Next, the actual device testing was started. The flood alarm device was initially tested indoors at home. The purpose was to perform two separate tests, namely to determine the resolution and accuracy of the water level and to verify the arrival of the alarm message. Used in the measurements tube mounted pressure sensor, which measures the pressure difference between the outer tube and the inner side.</p> <p>After the home tests moved on to the field testing phase of the device. The purpose was to test the signal of the device with three different antenna solutions in a runoff water well in Kuopio. The device was installed in a well and a short fixed antenna was attached to it and left for two days to measure. A wired antenna was then attached to the device and the test was performed first with the antenna on top of the manhole cover and finally attached to a tree.</p> <p>The tests succeeded in determining the measurement accuracy of the device and the reliability of the alarm message was guaranteed. The signal, on the other hand, proved to be the best when the antenna was outside the well. In the future, when developing the device, care must be taken to install the antenna sensibly in different conditions, such as traffic. It is also a good idea to test the device in the stormwater drain and sewage system of a water plant.</p>			
Keywords Storm sewer, wastewater sewer, flood, flood alarm device			

ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön aihe saatiin Savonia-ammattikorkeakoulun kautta tilaajan aloittamaan laitekehittelyyn liittyen. Haluan kiittää tilaajan edustajaa Pasi Pajulaa opinnäytetyöstä sekä Savonia-ammattikorkeakoulua ja työni ohjaajia Juha-Matti Aaltoa ja Merja Tolvasta. Lisäksi haluan kiittää myös kaikkia kyselyyn vastanneita vesihuoltolaitoksia ja kuntia.

Siilinjärvellä 28.5.2020

Ville Suhonen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	7
1.2	Yritysesittely.....	7
1.3	Lyhenteet ja määritelmät.....	7
2	VIEMÄRÖINTI	9
2.1	Viemäröintimenetelmät	9
2.2	Viemärien putkimateriaalit	10
2.3	Tarkastusputket, tarkastuskaivot ja hulevesikaivot	10
2.4	Tulvakynnyskaivot.....	11
2.5	Pumppaamot	11
3	HULEVEDET	13
3.1	Hulevesilainsäädäntöä	13
3.2	Hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen	13
3.3	Hulevesien johtaminen viemäriverkostossa	14
3.3.1	Padotuskorkeus.....	15
3.3.2	Hulevesien johtaminen sekavesiviemäriin.....	15
3.4	Hulevesiviemärien mitoitus	15
4	JÄTEVEDET	17
4.1	Jäteveden määritelmä	17
4.2	Jätevesilainsäädäntöä.....	17
4.3	Jätevesien viemäröinti ja käsittely	18
4.3.1	Padotuskorkeus.....	18
4.3.2	Viemärien mitoitus	19
5	TULVAT	20
5.1	Lainsäädäntöä tulvariskeistä	20
5.2	Taajamatulvat	21
5.3	Tulvat kiinteistöissä.....	21
5.4	Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulviin	22
5.5	Vesistöjen säännöstely	22
5.6	Tulvareitit.....	22
6	TUTKIMUS- JA TESTAUSOSIO	23

6.1	Tulvahälytyslaite	23
6.1.1	Paineen ilmaiseminen	24
6.1.2	Esimerkkejä muista käytössä olevista laitteista	24
6.2	Kyselytutkimus	24
6.3	Laitetestaukset kotona	25
6.3.1	Valmistelut	25
6.3.2	Testien toteutus	26
6.4	Kenttätestaukset	27
6.4.1	Valmistelut	27
6.4.2	Testien toteutus	27
7	TULOSTEN TARKASTELU	29
7.1	Kyselytutkimuksen tulokset	29
7.1.1	Jätevesiviemärit	29
7.1.2	Hulevesiviemärit	30
7.2	Laitetestauksen tulokset	31
7.2.1	Johtopäätökset	32
7.3	Kenttätestaukset	32
7.3.1	Johtopäätökset	33
8	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	36
	LIITE 1: KYSELYLOMAKE	38
	LIITE 2: JÄTEVESIVIEMÄRI-KYSYMYSTEN VASTAUKSET	39
	LIITE 3: HULEVESIVIEMÄRI-KYSYMYSTEN VASTAUKSET	40

1 JOHDANTO

Tulvat ovat luontaisia ilmiöitä, mitkä johtuvat yleensä rankkasateista ja lumien sulamisesta. Niiden vaikutukset riippuvat useista eri tekijöistä, jotka voivat olla luonnollisia tai vesien käsittelyyn liittyviä. Suomesta ja maailmalta löytyy monenlaisia esimerkkejä tulvimisen aiheuttamista vahingoista. Tulvia saattavat vauhdittaa maanpinnan muodot, puutteelliset käsittelymenetelmät tai heikko hallinnollinen valmistautuminen tulviin. Tulviin varautumisesta on määritelty lainsäädännössä eri näkökulmista ja jäte- ja hulevesien käsittelyyn on säädetty yleisiä ohjeistuksia, joilla ennalta varaudutaan mahdollisiin ongelmiin, kuten tulviin. Tässä raportissa tarkastellaan vesihuoltolaissa määriteltyjä viemäreiden suunnittelun ja toteutuksen kannalta tärkeitä huomioon otettavia seikkoja, jotta viemärit toimivat oikein ja ongelmatilanteita vältetään mahdollisimman tehokkaasti.

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli testata ja kehittää mittalaitetta, mikä hälyyttää jätevesi- ja hulevesiviemäreissä olevista tulvista. Valmiin mittalaitteen käyttötarkoitus on olla yksi menetelmä tulvariskien hallinnassa. Laitella saadaan aikaan hyödyllistä mittausdataa, minkä avulla voidaan varu-
rutua mahdollisiin ongelmatilanteisiin.

Opinnäytetyön aihe liittyy yrityksen jo aiemmin käynnistämään laitekehitykseen. Työ oli luonteeltaan tutkimus- ja kehittämistyö eli työn tarkoitus oli jatkaa laitteen kehittämistä.

Tavoitteena oli testata tulvahälytyslaitetta laboratorio- ja kenttätestauksen avulla. Näin oli tarkoitus tutkia laitteen toimintavarmuutta ja mahdollisia kehitystarpeita. Lisäksi opinnäytetyössä tehtiin taustatietoa antava kysely eri vesilaitoksille ja kunnille erilaisista käytänteistä jäte- ja hulevesiviemäriin liittyen. Tarkoitus oli myös kerätä tietoa vesilaitoksilla käytössä olevista hälytyslaitteista ja hälytysjärjestelmistä ja kartoittaa myös nyt kehitteillä olevan tulvahälytyslaitteen tarvetta organisaatiossa.

1.2 Yritysesittely

Työn tilaaja Preventos Informatics Oy on vuonna 2018 perustettu vesihuollon informaatio- ja asiantuntijapalveluita tarjoava yritys. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Kuopiossa. Preventos Informatics Oy tarjoaa mm. vesijärjestelmien automatisoitua seurantapalvelua, jonka avulla voidaan havaita vesihuoltoverkostossa ilmeneviä ongelmatilanteita, kuten vuotoja lähes reaaliaikaisesti. Tekniikka helpottaa esimerkiksi saneerauksen suunnittelussa. Yritys palvelee vesihuollon toimijoita, vesilaitoksia ja teollisuutta Suomessa ja ulkomailla.

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

bar = paineen yksikkö

dB = desibeli

kN = kilonewton

mA = milliampeeri

mH₂O = metriä vesipatsasta

MRL = Maankäyttö- ja rakentamislaki

NB-IoT= reaaliaikainen laitteen seuranta verkkoon liitettynä

Pa = Pascal

PE = polyeteeni (muovi)

PVC = polyvinyylikloridi (muovi)

RSSI = received signal strenght indication (singnaalin voimakkuuden indikaattori)

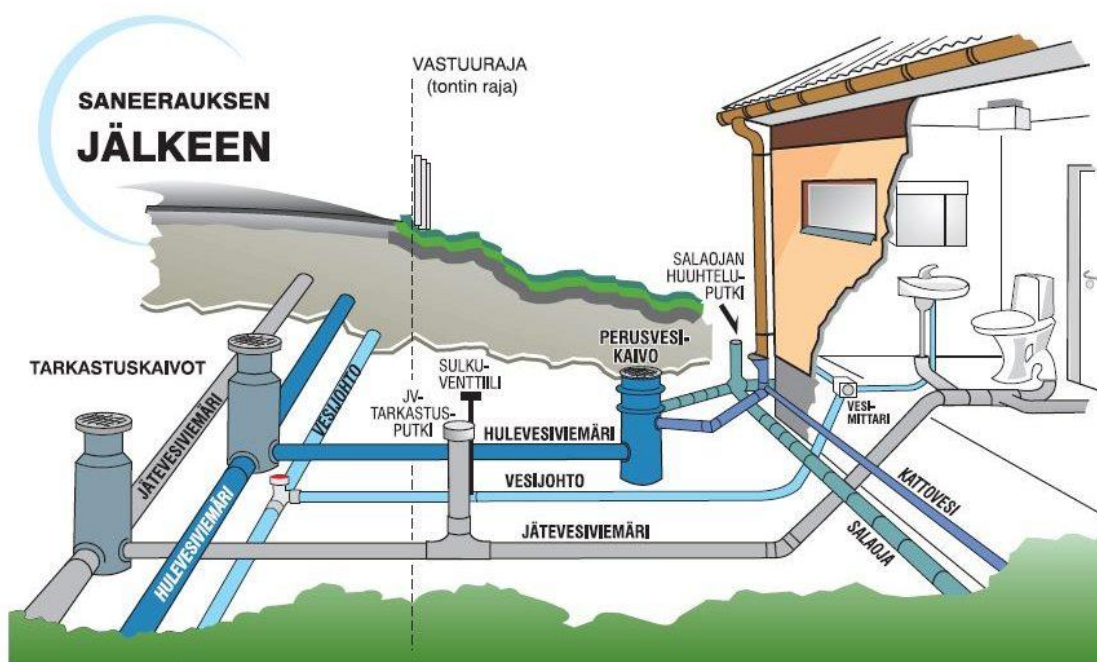
2 VIEMÄRÖINTI

Viemäröinnillä tarkoitetaan jäteveden, huleveden sekä perustusten kuivatusvesien poistamista ja käsittelyä. Viemärlaitokseen kuuluu putki-, tunneli- ja avoviemärit; tarkastuskaivot; sadevesikaivot; pumppaamot ja puhdistamot. Viemäröintijärjestelmät jaetaan Suomessa lähtökohtaisesti erillisviemäreihin ja sekaviemäreihin. Muita harvemmin käytössä olevia viemäröintijärjestelmiä ovat kaksoisputkijärjestelmä sekä paine- ja imuviemäröintijärjestelmä. (Karttunen 2004, 453.)

2.1 Viemäröintimenetelmät

Viemäröinnissä käytetään yleisimmin erillisviemäröintiä ja sekaviemäröintiä. Erillisviemäreillä tarkoitetaan ratkaisua, jossa hulevedet ja jätevedet kulkevat omissa erotelluissa viemäriputkissaan. Hulevedet voivat kulkea myös avoviemäreissä. Tiiviisti rakennetuilla alueilla Suomessa käytetään usein sekä jätevesi- että hulevesiviemäriä, mutta harvemmin rakennetuilla alueilla käytetään ainoastaan jätevesiviemäröintiä. Hulevesiä ohjataan tällöin avo-ojissa. Kuvassa 1 esitetään tavallisen kiinteistön liittyminen erillisviemäröintijärjestelmään. (Karttunen 2004, 453-455.)

Sekaviemäröinnillä tarkoitetaan ratkaisua, jossa hulevedet, jätevedet ja perustusten kuivatusvedet johdetaan samassa viemäriässä toisiinsa sekoittuneina. Sekaviemäröintiin kuuluu oleellisena osana tulvakynnysrakenteet, joiden kautta johdetaan osa viemäri-vesistä tulvien aikana suoraan vesistöön sopivissa maastonkohdissa. Suomessa sekaviemäröintiä löytyy Helsingin kantakaupunkialueelta. Muualla maailmassa sekaviemäröinti on yleistä tiheästi asutuissa keskuksissa. (Karttunen 2004, 454.) (Pajula 2020)



Kuva 1. Kiinteistön liittyminen erillisviemäröintijärjestelmään. (kymenvesi.fi)

Yleisimpiä viemärointitapoja ovat viettoviemärointi ja paineviemärointi. Vietto- eli gravitaatioviemäreissä virtaus perustuu putken kaltevuuteen eli painovoiman vaikutukseen. Paineviemärointiä tarvitaan, kun viemäroitävällä alueella vallitsee korkeuseroja. Tällöin vettä pumpataan kiinteistön yhteyteen rakennetun pumppaamon avulla eli putki toimii näin paineellisena. (Karttunen 2004, 455-456.)

2.2 Viemärien putkimateriaalit

Viemäriputkimateriaaleihin liittyy erilaisia vaatimuksia. Materiaalin tulee olla kestävä. Sen tulee kestää veden virtauksen ja kiintoaineksen aiheuttamaa mekaanista kulutusta sekä kemiallista korroosiota. Lisäksi putkimateriaalien on kestävä rakennustöissä kovakouraista käsittelyä. Materiaaleina viemäriputkissa käytetään siis lujia materiaaleja eli pääsääntöisesti muovia ja betonia. Joskus käytetään myös valurautaa, mutta vähemmässä määrin. Putken pinnan tulee olla myös sileä, jotta virtausvastus on pieni ja kiintoaines ei tartu. (Karttunen 2004, 472-473.)

Muoviputkien etuina betoniputkiin verrattuna ovat sileä pinta, keveys ja suuri pituus. Muoviputket ovat myös helppoja käsitellä rakentaessa ja ne on helppo liittää toisiinsa. Niiden käyttö on jatkuvasti lisääntynyt eli betoniputkia korvataan muovisilla. Yleisiä muoviputkimateriaaleja ovat PVC ja polyeteeni (PE) ja niille on määritelty erilliset putkiluokat eri viemäryyppeihin. (Karttunen 2004, 473.)

Betoniputkille on määritelty erilliset betoniputkinormit, joita noudatetaan putkia valmistettaessa. Esimerkiksi putkien pituudelle ja halkaisijalle ja liitoskohdille on määritelty tarkat mitat. Viemäroinnissä käytetään kolmea erilaista putkityyppiä eli muhvisia-, suorja ja jalallisia putkia. (Karttunen 2004, 474.)

2.3 Tarkastusputket, tarkastuskaivot ja hulevesikaivot

Viemäriverkoston liittymäkohtia ja ylläpitoa varten rakennetaan tarkastuskaivoja ja tarkastusputkia. Niitä on noin 50-80 metrin välein ja jokaisessa pysty- ja vaakasuorassa taitteessa. Tarkastuskaivo voi olla betoni- tai muovirakenteinen, sisähalkaisijaltaan vähintään 500 mm. Tarkastusputkissa sisähalkaisija on pienempi kuin 500 mm. Betoniset kaivot ja tarkastusputket rakennetaan betoniputkinormien mukaan ja niin suureksi, että tarkastaminen ja puhdistaminen onnistuu. Myös muovisissa putkissa käytetään standardin mukaisia kaivoja ja tarkastusputkia. (Karttunen 2004, 477-479.)

Kaivo varustetaan valuraudasta valmistetulla kansistolla, joka on yleensä muodoltaan pyöreä ja joko yksin- tai kaksinkertainen. Kaivon halkaisija supistetaan kansiston kokoon kaivon yläosaan tehdyn kartiorenkaan avulla. Kannen korkeutta säädetään sen alle sijoitetulla korotusrenkaalla tai käytetään kelluvaa kansistoa. Kansistoa on tarkoitus säädellä pinnan viettokaltevuuden mukaan. Kansille on määritelty erilaiset kuormituskestävyydet: katualueella 400 kN ja muuten olosuhteista riippuen 50-250 kN. (Karttunen 2004, 479.)

Kaivosta lähtevä putki asennetaan suorassa läpimenossa 1-2 cm tulevaa putkea alemmaksi. Mikäli kaivossa suunta muuttuu yli 45 astetta lähtevä putki asennetaan 2-3 cm tulevaa putkea alemmas, jotta padotus vältetään. Suurten korkeuserojen vallitessa käytetään porraskaivoratkaisua. (Karttunen 2004, 480.)

Hulevesien johtaminen viemäriin tapahtuu valurautasäleikön kautta tai virtaus voi myös tapahtua aukosta kaivon yläosan sivusta. Kaivoja pyritään asentamaan 60-100 metrin välein, jotta vesien määrä ei kasva liian suureksi kadulla. Sekaviemäriratkaisussa hulevesikaivo varustetaan hajulukolla, jotta viemärikaasut eivät kulkeudu katualueelle ja muualle ympäristöön. Kaivon pohja on lähtöputkea alempana, ettei esim. hiekka tai muu lika pääse viemäriin ja aiheuta tukkeutumista. Tämä hiekkapesä täytyy puhdistaa säännöllisesti. Kaivoon asennetaan jäätymisen estämiseksi jäätymissuojia. (Karttunen 2004, 481-482.)

2.4 Tulvakynnyskaivot

Sekaviemäröintijärjestelmässä käytetään tulvakynnyskaivoja, joiden avulla osa vedestä johdetaan suoraan vesistöön rankkasateiden aikana. Vesistöön johdettaessa täytyy ottaa huomioon veden laimennusaste, jotta ympäristöhaitat vältetään. Tulvakynnys toteutetaan yleisimmin käyttäen reuna-patoa, jonka yli johdetaan valittu osuus viemärin kokonaisvirtaamasta. Toisena vaihtoehtona voidaan käyttää esimerkiksi kalibroitua aukkoa viemärin pohjassa. Tulvakynnysrakenteita käytettäessä niiden tärkeä edellytys on toimintavarmuus, koska usein näitä kohteita on vaikea valvoa eli tukkeutumista ja muita ongelmia ei tulisi juuri esiintyä. (Karttunen 2004, 482-483.)

2.5 Pumppaamot

Mikäli viemäriä ei voida toteuttaa vapaasti virtaavana viettoviemärinä suurten korkeuserojen vuoksi, on turvauduttava pumppaukseen. Pumppaamo voi olla kaikkein edullisin ratkaisu, mikäli viemärivettä halutaan johtaa esimerkiksi vedenjakajan yli tai toiselle puolelle vesistöä. Usein myös maasto saattaa olla liian tasainen eli siinä ei ole riittävästi kaltevuutta viettoviemärin toteuttamiseen. Jätevedenpuhdistamoissa pumppaamoja tarvitaan usein johdettaessa vesiä puhdistusprosessin lävitse. Pumppaamoja tarvitaan myös padotuskorkeuden alapuolelle rakennetuissa tiloissa, kuten kellarissa, jotta vedet saadaan johdettua katuviemäriin. (Karttunen 2004, 487.)

Pumppamorakennukseen liittyy useita eri vaatimuksia. Sen on oltava tarpeeksi suuri, koska sitä on hankala jälkeinpäin laajentaa. Koon määrittelevät sinne asennettavat koneet ja laitteet, etenkin pumput. Rakennuksen on oltava osittain tai kokonaan maanalainen ja maanalaiset osat tehdään yleensä betonista. Osittain maanpinnan yläpuolella oleva rakennus on usein valvonnan kannalta järkevämpi ratkaisu. Pumppaamoon kuuluu imuallas, jonka tilavuuden täytyy olla niin suuri, ettei pumput joudu käynnistymään epäedullisimmissakaan tilanteissa useammin kuin 4-6 kertaa tunnissa. Imuallas ei saa kuitenkaan olla liian suuri, ettei viemäriveresi ehdi pilaantua käynnistysten välillä. (Karttunen 2004, 487.)

Pumppamoon koneistoon kuuluvat pumput, moottorit, välvät, repijälaitteet, hiekanerottimet, ilmanvaihto- ja lämmityslaitteet sekä käynnistin- ja hälytyslaitteet. Pumpputyypit, joita yleensä käytetään ovat keskipakopumput, pneumaattiset nostolaitteet ja ruuvipumput. Keskipakopumput voidaan jakaa kuivan ja märän asennuksen pumppuihin sekä uppopumppuihin. (Karttunen 2004, 488-489.)

3 HULEVEDET

Hulevesillä tarkoitetaan sade- ja sulamisvesiä, jotka kertyvät rakennetussa ympäristössä erilaisille pinnoille, kuten talojen katoille, teille ja viheralueille. Hulevesien johtamisesta on säädetty laissa ja siitä on myös laadittu ohjeistuksia. Hulevedet voivat aiheuttaa erilaisia ongelmia, kuten haitta-ainesten kulkeutumista ympäristöön ja pohjavesiin. Lisäksi rankkasateet ja keväiset sulamisvedet aiheuttavat vuosittain vahinkoja mm. rakennettuun ympäristöön. Tämän vuoksi huolella suunniteltu viemärointi, sen rakentaminen ja ylläpito ovat tärkeitä asioita ympäristön kannalta. (ymparisto.fi.)

3.1 Hulevesilainsäädäntöä

Hulevesien hallinnasta säädetään enimmäkseen Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL, 132/1999). Vesihuoltolaissa on säädöksiä hulevesien viemäroinnin järjestämisestä. Maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetyn lain tavoitteena on kehittää asemakaava-alueiden hulevesien suunnitelmallista hallintaa, kuten ehkäistä ympäristölle ja kiinteistöille aiheutuvia haittoja sekä edistää luopumista hulevesien johtamista jätevesiviemäriin. Hulevesien hallintaan kuuluu imeyttäminen, viivyttäminen, johtaminen, viemärointi sekä käsittely. (Ulvi 2016)

Lain mukaan hulevesien hallinnan järjestämisestä vastaa asemakaava-alueella kunta. Kunnan täytyy huolehtia tarvittavista toimenpiteistä, mikäli viemäriverkoston toteuttaminen tai hulevesien hallinta täytyy toteuttaa muilla tavoin. Kunta vastaa lisäksi hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta. Kunnan tehtävänä on laatia alustava arvio tulvariskeistä, nimetä merkittävimmät tulvariskialueet sekä laatia tulvavaara- ja riskikartat. Merkittävälle alueille tulee laatia tulvariskien hallintasuunnitelmat. (Ulvi 2016)

Kiinteistön omistajan tai haltijan on johdettava kiinteistön hulevedet kunnan hulevesijärjestelmään, jos niitä ei voi imeyttää kiinteistöllä tai niitä ei johdeta vesihuoltolaissa tarkoitettuun vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkoston. (Maankäyttö- ja rakentamislaki 1999, §103f).

Hulevesimaksulla puolestaan katetaan hulevesijärjestelmän rakentamisesta ja ylläpidosta kunnalle tai kaupungille syntyviä kustannuksia. Hulevesimaksut perustuvat maankäyttö- ja rakennuslakiin. Maksu kohdistetaan kiinteistön omistajalle tai haltijalle, mikäli kiinteistö on kunnan tontinvuokraajajärjestelmässä. (Kuopio.fi)

3.2 Hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen

Hulevesien hallinnan tavoitteena on taajamien kuivatus ja taajamatulvien torjunta, pohja- ja pintavesien suojeleminen ja myötävaikuttaminen vesien hyvän tilan saavuttamiseksi. Hulevesien poistaminen kiinteistön alueelta on järjestettävä tarkoitukseen sopivalla tavalla. Siitä ei saa aiheutua vahingon tai tapaturman vaaraa eikä tulvimista. Hulevesien hallinnassa pyritään myös yhä enemmän palauttamaan veden luontaista kiertokulkua hulevesiä vähentämällä. Tähän tarkoitukseen on kehitetty erilai-

sia imeytys- ja viivytysratkaisuja ja rakennettuja pintoja on pyritty vähentämään käyttämällä esimerkiksi viherkattoja tai muullaisia viheralueita. Kaiken lähtökohtana hulevesien hallinnassa on hyvä ja perusteellinen suunnittelu. (Talotekniikkainfo.fi)

Ensisijaisesti on siis suositeltu, että ensimmäinen ratkaisu hulevesien hallinnassa on imeyttäminen ja viivyttäminen lähellä hulevesien syntypaikkaa. Viemäroitävällä alueella voi myös olla pintoja, joiden vuoksi imeyttäminen ja viivyttäminen ei onnistu, kuten harjakattoja tai muita läpäisemättömiä pintoja. Tällöin vesiä ei voi muuten johtaa pois, kuin järjestelmä tarpeeseen sopivalla keräysjärjestelmällä, kuten sadevesi- tai rännikaivolla. Hulevesien johtamiseen pois kiinteistön alueelta voidaan käyttää avoimia johtamismenetelmiä, kuten avo-ojia, puroja tai kanavia. Ojiin voi kehitellä tarvittaessa vettä viivyttäviä ratkaisuja, kuten kasvillisuutta. (Talotekniikkainfo.fi)

Hulevesien imeytys- ja viivytysrakenteet on varustettava ylivuotoratkaisulla, jonka kautta tulvavedet ohjautuvat hallitusti tulvareitille. Imeytettäessä hulevettä maaperään on huolehdittava, ettei siitä aiheudu ongelmia, kuten haitallista jäätymistä, tulvimista tai kosteusvaurioita kiinteistöissä. Hulevedet tulee tämän vuoksi imeyttää maaperään riittävän etäisyyden päässä rakennuksista. Imeyttämisessä on otettava keskeisenä huomioon erilaiset maaperän ominaisuudet, rakennusten perustamistapa, mahdollisten maanalaisten rakenteiden vesitiiveys ja imeytyspaikan etäisyys rakenteista. Hulevedet eivät saa joutua imeytystilanteessa perustusten kuivatusjärjestelmiin. Tiiviisti rakennetuissa taajamissa imeyttäminen ei ole välttämättä paras hulevesien poistotapa. (Talotekniikkainfo.fi)

3.3 Hulevesien johtaminen viemäriverkostossa

Hulevesien hallinnassa toissijainen ratkaisu on vesien johtaminen hulevesiviemäriverkoston. Hulevesiviemäriin ei saa johtaa ympäristölle haitallisia aineita, koska ne kulkeutuvat purkuvesistöön ja voivat aiheuttaa haittaa ekosysteemille. Mikäli hulevesiä johdetaan avo-ojiin tai luonnon vesistöihin, on ratkaisuja suunniteltaessa huomioitava tulvariski eli kuinka korkealle veden pinta voi nousta. Hulevesiä ei saa johtaa erillisviemäroinnissä jätevesiviemäriin, koska niihin ei päde puhdistusvelvollisuus. (Talotekniikkainfo.fi)

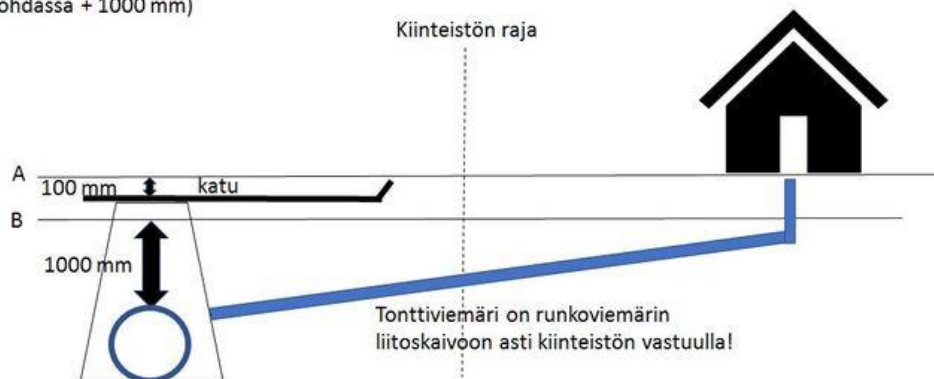
Hulevesien viemärointi pyritään järjestämään painovoimaisesti luonnollisia valumareittejä mukaillen ja valuma-alueajat huomioon ottaen. Viemäroinnissä hulevedet ohjataan käsittelemättömänä purkuvesiin tai kosteikolle. Painovoimaisessa viemäroinnissä on otettava suunniteltaessa huomioon virtaaman vaihtelut, koska niissä on useasti tulvan vaara etenkin suurten rankkasateiden aikana. Lisäksi hulevesien johtamisessa on otettava huomioon erilaiset asemakaavan määräykset sekä vesihuoltolaitoksen ja rakennusvalvonnan laatimat ohjeet. Mikäli kiinteistö sijaitsee kunnan hulevesiviemäriin toiminta-alueella, on sillä vesihuoltolain mukaan liittymisvelvollisuus hulevesiviemäriin ellei siitä ole haettu erikseen vapautusta. (Talotekniikkainfo.fi)

3.3.1 Padotuskorkeus

Vesilaitos ilmoittaa hulevesiviemärin padotuskorkeuden. Padotuskorkeudella tarkoitetaan tasoa, jolle vesi voi verkostossa nousta viemärin tulviessa. Tulvia ilmenee mikäli välityskyky verkostossa ylittyy poikkeuksellisen suurten rankkasateiden tai lumien sulamisen yhteydessä. Mikäli padotuskorkeutta ei ole erikseen määritelty, hulevesiviemäroinnissä padotuskorkeutena pidetään yleisesti kadun pintaa +100 mm tonttivilmäarin liitoskohdassa (Kuva 2.). Kiinteistökohtaisessa hulevesisuunnittelussa on hyvä varautua ainakin padotuskorkeuden mukaiseen hulevesiverkoston padotukseen. Viivytys- ja imeytysratkaisuja käytettäessä hulevesijärjestelmä on järkevää varustaa ylivuotoratkaisulla, jolloin hulevedet voidaan johtaa hallitusti tilanteissa, joissa varsinaisen hulevesijärjestelmän mitoitus on ylittynyt. (Kymenvesi.fi) (Talotekniikkainfo.fi)

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

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



Kuva 2. Padotuskorkeus hulevesi-, sekavesi- ja jätevesiviemäreissä (Hanko.fi)

3.3.2 Hulevesien johtaminen sekavesiviemäriin

Mikäli muuta mahdollisuutta ei ole, voidaan hulevedet johtaa vesihuoltolaitoksen myöntämällä luvalla sekavesiviemäriin. Sekavesiviemäriissä jätevedet ja hulevedet yhdistyvät samassa putkiverkossa. Mikäli kiinteistölle on asennettu jätevesien pienpuhdistamo, yhdistetään hule- ja jätevedet vasta puhdistamon jälkeen. Yleissääntönä sekavesiviemäriin yhdistämisessä on, että jäte- ja hulevesiviemäri yhdistetään tontin rajan läheisyydessä sijaitsevassa tarkastuskaivossa ja johdetaan yhdysputki sekavesiviemäriin. (Talotekniikkainfo.fi)

3.4 Hulevesiviemärien mitoitus

Hulevesiviemärijärjestelmän tukketumista ja tulvimista pyritään välttämään ja hallinnoimaan järjestelmän oikeanlaisella mitoituksella. Tällöin pyritään arvioimaan suurin valuma ja mitoitusvirtaama. Hulevesijärjestelmän mitoituksessa tärkein asia on mitoitusasteen huomioiminen. Sillä tarkoitetaan

suurinta sadevesimäärää, jonka välittömään poisjohtamiseen viemäri mitoitetaan. Hulevesiviemäreissä sallitaan suurimpien sateiden aikana viemärien tulviminen ja lyhytaikaisten lammikoiden muodostuminen eli kaikkia vesiä ei pyritä mahduttamaan viemäriin. Suurin hulevesivirtaama aiheutuu yleensä kesäsateista. (Karttunen 2004, 459-460.)

Mitoitussadetta määriteltäessä otetaan huomioon sateen rankkuus, kesto aika ja toistuvuus. Mitoitus sateen suuruuteen voi vaikuttaa myös viemäritävän alueen laatu sekä mahdollisesta tulvimisesta kärsimään joutuvat rakenteet. Harvaan asutuilla alueilla käytetään pienempiä mitoitusarvoja kuin kaupungin keskustoissa. (Karttunen 2004, 460.)

Mitoitussateen ylittävä rankkasade voi aiheuttaa hulevesiviemäriin padotuksen, joten siihen tulisi varautua jo mielellään rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Olisi vältettävä rakentamista matalamman korkeuteen kuin ympäröivien maanpintojen korkeus. Herkästi tuluvia alueita olisi myös syytä välttää rakennettaessa tai huomioida vaihtoehtoisesti riskit jo rakentamisvaiheessa. Rakennuksen sisäinen hulevesiputkisto on suunniteltava tiiviiksi ja sen täytyy kestää mahdollisen padotuksen aiheuttama paine. (Talotekniikkainfo.fi)

4 JÄTEVEDET

Jätevesien turvalliseen käsittelyyn on kiinnitettävä erityisen suurta huomiota, koska ne sisältävät ympäristölle vaarallisia aineita sekä suolistobakteereja. Merkittävimpiä jätevesien aiheuttamia ympäristövaikutuksia ovat rehevöityminen, happikato ja tauteja aiheuttavien mikrobien määrän lisääntyminen. Rehevöityminen näkyy yleensä erilaisten levien lisääntymisenä vesistössä. Lisääntynyt eliömäärä saattaa aiheuttaa lopulta happikadon ekosysteemissä, kuten järvessä tai lammessa. Yleisimpiä rehevöitymistä aiheuttavia aineita ovat fosfori ja typpi, joita on jätevesissä runsaasti. (vesiensuojelu.fi)

Jätevesien hallinnasta säädetty mm. ympäristönsuojelulaissa ja käsittelystä on säädetty erilaisia ohjeistuksia. Jätevesien käsittelystä vastaavat vesihuoltolaitokset.

4.1 Jäteveden määritelmä

Jätevesillä tarkoitetaan käytöstä poistettua nestemäistä jätettä. Jätevedet voidaan jakaa mustiin ja harmaisiin vesiin. Mustat vedet ovat jätevetä, joissa on keittiö-, pesutila- ja käymälävesiä. Harmaata vettä ovat pelkästään keittiö- ja pesujätevedet. Jätevedet luokitellaan myös asuin- eli yhdyskuntajätevesiin sekä teollisuusjätevesiin. (jatevedet.fi) (Karttunen 2004, 457.)

4.2 Jätevesilainsäädäntöä

Jätevesistä ja niiden käsittelystä on säädetty pääsääntöisesti ympäristönsuojelulaissa. Lisäksi jätevesistä ja niiden käsittelyssä syntyvistä jätteistä on säädetty mm. maankäyttö- ja rakennuslaissa ja -asetuksessa, jätelaissa, terveydensuojelulaissa ja -asetuksessa, vesihuoltolaissa ja lannoitevalmistelaissa. Myös kunnat voivat antaa tarkempia ja valtakunnallista tiukempiakin määräyksiä mm. ympäristönsuojelussa ja rakennusjärjestyksessä. (vesiensuojelu.fi)

Talousjätevesillä tarkoitetaan asuntojen, toimistojen, liikeyritysten ja laitosten vesikäymälöistä, keittiöistä, pesutiloista ja niitä vastaavista tiloista ja laitteista peräisin olevaa jätevetä sekä ominaisuuksiltaan ja koostumukseltaan vastaavaa karjatilojen maitohuoneista tai muusta elinkeinotoiminnasta peräisin olevaa jätevetä. (Ympäristönsuojelulaki 2014, §154)

Ympäristönsuojelulaissa määritetään myös talousjätevesien perustason puhdistusvaatimus: Talousjätevedet on puhdistettava siten, että ympäristöön aiheutuva kuormitus vähenee orgaanisen aineen osalta vähintään 80 prosenttia, kokonaisfosforin osalta vähintään 70 prosenttia ja kokonaistypen osalta vähintään 30 prosenttia verrattuna haja-asutuksen kuormitusluvun avulla määritettyyn käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen. (Ympäristönsuojelulaki 2014, §154b)

Laissa määritellään myös jätevesien yleinen puhdistamisvelvollisuus: Jos kiinteistöä ei ole liitetty viemäriverkostoon eikä toimintaan tarvita ympäristölupaa, jätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. Talousjätevedet on käsiteltävä ennen niiden

johtamista maahan, vesistöön tai ojaan, tekolammikkoon tai vesilain säädöksen mukaiseen noroon. Muut kuin vesikäymälän jätevedet voidaan johtaa puhdistamatta maahan, jos niiden määrä on vähäinen eikä niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. (Ympäristönsuojelulaki 2014, §155)

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavalle toiminnalle täytyy olla ympäristölupa ja tällaiset toiminnot on määritelty ympäristönsuojelulaissa. Esimerkiksi kunnallisella jätevedenpuhdistamolla täytyy olla toimintaansa ympäristölupa. (Ympäristönsuojelulaki 2014)

4.3 Jätevesien viemärointi ja käsittely

Jätevesien viemärointi ja käsittely täytyy toteuttaa lainsäädännössä määrätyn puhdistusvaatimuksen mukaan. Jätevesien käsittelyyn on useita eri vaihtoehtoja. Käsittely voidaan suorittaa kiinteistökohtaisesti tai ohjaamalla jätevedet vesilaitoksen verkostossa puhdistamolle, jolloin kiinteistöllä ei ole puhdistamisvelvollisuutta. Mustat ja harmaat vedet voidaan johtaa samassa viemärissä tai erillisratkaisuna. Jätevesijärjestelmään ei saa johtaa sade- ja sulamisvesiä, mikäli kyse ei ole sekavesiviemäristä. (vesiensuojelu.fi)

Jätevesien johtamisessa vesihuoltolaitoksen järjestelmään on monenlaisia etuja. Kuormitus siirtyy pois jätevesien synty-ympäristöstä ja myös puhdistus tapahtuu ammattitaitoisesti ja paremmilla tuloksilla. (vesiensuojelu.fi)

Jätevesien kiinteistökohtaiseen käsittelyjärjestelmään kuuluu monta eri komponenttia: taloudesta järjestelmään liittyvä putki, tuuletusrakenteet, jätevesien käsittelyjärjestelmä, poistoviemärit, näyteenottorakenteet ja purkupaikka. Jätevesiratkaisua suunniteltaessa on otettava huomioon syntyvän jäteveden laatu ja määrä sekä maaston ominaisuudet. Kuntakohtaiset määräykset saattavat rajoittaa menetelmävalintoja. Ammattitaitoisella ja perusteellisella suunnittelulla saadaan valittua kiinteistöön sopiva järjestelmä eli vältetään mahdollisilta ongelmatilanteilta ja se on kustannustehokas. (vesiensuojelu.fi)

4.3.1 Padotuskorkeus

Jätevesiviemärin padotuskorkeudella tarkoitetaan tasoa, jolle viemäriveresi voi verkostossa nousta viemärin tulviessa. Tulvimista tapahtuu, jos verkoston välityskyky ylittyy esimerkiksi poikkeuksellisen suurten sateiden tai lumien sulamisen yhteydessä. Välityskyky voi myös ylittyä jätevesiviemärin tukkeutuessa. (Kymenvesi.fi)

Vesilaitos määrittelee sopimuksessa viemärin padotuskorkeuden. Mikäli sopimuksessa ei ole erikseen määritelty padotuskorkeutta, se on jätevesiviemärielle runkoviemärin laen korkeus liitoskohdassa + 1000 mm (Kuva 2.). Vesilaitos ei vastaa tulvasta aiheutuvaa vahinkoa, mikäli liittyy viemäri padotuskorkeuden alaisia tiloja. Vastuu on siis kiinteistön omistajalla mahdollisen tulvavahingon sattuessa. (Nokianvesi.fi)

4.3.2 Viemärien mitoitus

Kiinteistökohtaista jätevedenkäsittelyjärjestelmää mitoitettaessa otetaan huomioon aina koko rakennuksen elinkaari. Järjestelmä tulee olla muunnettavissa, mikäli asukasluku ja tämän myötä viemäriin käyttötarve kiinteistössä suuresti muuttuu. (vesiensuojelu.fi)

Kunnallista jätevesiviemärijärjestelmää mitoitettaessa otetaan huomioon sekä asumis- että teollisuusjätevedet. Etenkin jätevesiin sisältyvät teollisuusvedet on otettava tarkoin huomioon, koska niiden määrät ja vuorokautiset vaihtelut voivat olla suurempia. (Karttunen 2004, 457.)

Asumisjätevesillä tarkoitetaan etenkin kotitalouksista poistuvia jätevesiä. Niihin voidaan lukea myös esimerkiksi karjatiloilta, sairaaloista, kasarmeilta ja hotelleista käytöstä poistuvat vedet. Huomioon otetaan myös sammutus- ja kasteluvesiä. Mitoitettaessa jo rakennetulle alueelle, saadaan asumisjätevesien määrä selville seuraamalla alueelle jaetun vesijohtoveden määriä riittävän monena päivänä. Mitoituksessa on otettava huomioon myös väestömäärän ja ominaisvedenkulutuksen muuttuminen tulevaisuudessa. Käyttöä suunniteltaessa on huomioitava suurin hetkellinen arvo ja sen vaihtelut vuorokaudenajasta, viikontästä ja vuodenaajasta riippuen. Mikäli verkostoa mitoitetaan kokonaan uudelle alueelle, käytetään jäteveden kulutuksen vuorokautisia keskiarvoja eri maankäyttömuodoissa. (Karttunen 2004, 457–459.)

Teollisuusjätevesien määrän arvioiminen on vaikeaa suurten vaihteluden vuoksi, mihin vaikuttaa mm. teollisuusala, laitoksen suuruus ja vuodenaika. Vesimäärien arvioinnissa mittaukset suoritetaan riittävän pitkänä havaintosarjoina ja lisäksi käytetään kokemusperäisesti saatuja käyttöarvoja. Suuret laitokset, jotka käyttävät runsaasti vettä, järjestävät usein jätevesien käsittelynsä itse. (Karttunen 2004, 459.)

Viemäriin teknisessä mitoituksessa on otettava huomioon seuraavat mitoitusehdot: halkaisija, minimikaltevuus, maksimikaltevuus, putkimateriaaleille asetetut laatuvaatimukset ja viemärointitavan vaikutus. Kaltevuutta määritettäessä on otettava huomioon, että liian suuri kaltevuus kuluttaa putkea mitä runsaammin vedessä on kiintoainesta, koska virtaamisnopeus on liian suuri. Minimikaltevuudessa on tärkeää ottaa huomioon itsehuuhtoutuvuus vähintään kerran vuorokaudessa. (Karttunen 2004, 467.)

5 TULVAT

Tulvalla tarkoitetaan vesistön vedenpinnan noususta, merenpinnan noususta tai hulevesien kertymisestä aiheutuvaa maanpinnan tilapäistä täyttymistä vedellä. Ne voivat olla luontaisia ilmiöitä, joita aiheuttaa keväisin lumien sulaminen, jääpadot ja kesällä rankkasateet. Tulvat voivat aiheuttaa vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai taloudelliselle toiminnalle. Tulvien suuruus ja vahingot riippuvat maanmuodoista, maankäytöstä ja vuotuisesta vesitilanteesta. Täydellinen tulvien estäminen on käytännössä mahdotonta, ja ne ovat välttämättömiä myös tietyille elämänmuodoille. (Laki tulvariskien hallinnasta 2010, §2) (Ymparisto.fi)

5.1 Lainsäädäntöä tulvariskeistä

Eduskunta on säätänyt lain tulvariskien hallinnasta. Lain tarkoituksena on lieventää tulvista aiheutuvaa vahinkoa ja edistää varautumista tulviin. Tulvariskillä tarkoitetaan tulvan esiintymisen todennäköisyyden ja tulvasta ihmisten terveydelle, turvallisuudelle, ympäristölle, infrastruktuurille, taloudelliselle toiminnalle ja kulttuuriperinnölle mahdollisesti aiheutuvien vahingollisten seurausten yhdistelmää. (Laki tulvariskien hallinnasta 2010, §1–2).

Lain mukaan paikalliset ELY-keskukset vastaavat mm. tulvariskialueiden nimeämisestä, tulvavaara- ja riskikarttojen laatimisesta ja tulvariskien alustavien arvioiden tekemisestä. Kunnat huolehtivat hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta. Suomen ympäristökeskus ja Ilmatieteen laitos antavat asiantuntijapalveluita. Tulvariskien alustavassa arvioinnissa otetaan huomioon toteutuneet tulvat sekä vesistöissä ja ilmastossa tapahtuvat muutokset. (Laki tulvariskien hallinnasta 2020, §19, §7).

Alue, jolle arvioinnin perusteella todetaan mahdollinen merkittävä tulvariski tai jolla sellaisen riskin voidaan olettaa ilmenevän, nimetään merkittäväksi tulvariskialueeksi. Merkittäville tulvariskialueille laaditaan kartat, jotka kuvaavat erisuuruisilla todennäköisyyksillä esiintyvien tulvien leviämisalueita (tulvavaarakartta), sekä kartat, joista ilmenevät tällaisista tulvista mahdollisesti aiheutuvat vahingolliset seuraukset (tulvariskikartta). (Laki tulvariskien hallinnasta 2020, § 8–9).

Vesistöalueelle, jolle on nimetty yksi tai useampi merkittävä tulvariskialue, sekä merenrannikon merkittäville tulvariskialueelle laaditaan tulvariskien hallintasuunnitelma. Jos vesistön tulvimisesta ja merenpinnan noususta aiheutuva tulvariski kohdistuu samalle alueelle, vesistöaluetta ja merenrannikkoa koskevat tulvariskien hallintasuunnitelmat voidaan yhdistää. (Laki tulvariskien hallinnasta 2020, § 10).

Tulvariskien hallintasuunnitelman tulee sisältää tulvariskien hallinnan tavoitteet kullekin merkittäville tulvariskialueelle sekä toimenpiteet, joilla tavoitteet pyritään saavuttamaan. Toimenpiteitä valittaessa on pyrittävä vähentämään tulvien todennäköisyyttä sekä käyttämään muita kuin tulvasuojelura-

kenteisiin perustuvia tulvariskien hallinnan keinoja, jos se olosuhteet huomioon ottaen on tarkoituksenmukaista. Suunnitelmassa tarkastellaan toimenpiteiden kustannuksia ja hyötyjä sekä esitetään toimenpiteiden etusijajärjestys. (Laki tulvariskien hallinnasta 2020, § 10).

5.2 Taajamatulvat

Taajamissa tulvia voi syntyä mm. seuraavista syistä: sademäärältään suuri tai pitkäkestoinen sadejakso, vesistön suuri vesimäärä, jään hyyteen aiheuttama padotus, merenpinnan nousu ja taajaan osuva rankkasade. Lisäksi taajamatulvien suuruuteen ja vahinkojen määrään voivat vaikuttaa suuri läpäisemättömien pintojen osuus, rakentaminen alaville alueille, luontaisen pintavalunnan ja valuntareittien muuttaminen, hulevesiverkoston vajaamitoitus, verkoston ylikuormitus ja ilmastonmuutos. (Kuntaliitto 2012)

5.3 Tulvat kiinteistöissä

Kiinteistössä esiintyvät tulvat johtuvat viemäriin padotuksesta. Tämä tarkoittaa esim. rankkasateiden aikana tapahtuvaa viemäriin täyttymistä vedellä, jolloin veden pinta nousee verkostossa. Padotuksen estämiseksi on määritelty padotuskorkeudet erikseen seka- ja hulevesivesiviemäriin sekä jätevesiviemäriin. (Turunvesihuolto.fi)

Mikäli lattiakaivo tai vesikäymälä on padotuskorkeuden alapuolella, viemäriin tulvariski on tällöin mahdollinen. Viemärivesi voi tällöin nousta kiinteistön tiloihin aiheuttaen suurta vahinkoa. Viemärlaitteiden sijoittaminen padotuskorkeuden alapuolelle on ympäristöministeriön rakentamismääräyksissä asetettu laittomaksi, mikäli jätevesille ei rakenneta pumppukaivoa. Vanhoissa rakennuksissa on käytetty usein sulkuventtiiliä ongelmatilanteessa, mikä ei ole kuitenkaan paras mahdollinen ratkaisu. (Turunvesihuolto.fi)

Mikäli viemäri tukkeutuu ja siitä aiheutuu vesivahinko, vesihuoltolaitos on korvausvastuussa, mikäli vika tai tukos on vesilaitoksen runkoviemärissä tai laitoksen vesijohdossa. Jos viemärintipisteet on sijoitettu padotuskorkeuden alapuolelle, kiinteistön omistaja on korvausvastuussa vahinkotilanteessa. Suuren rankkasateen aiheuttamasta tulvimisesta ja vahingoista vesilaitos ei vastaa, koska oletetaan, että vesilaitos ei ole pystynyt varautumaan siihen kapasiteetillaan. Padotuskorkeuden alapuoliset tilat on kiinteistön omistajan toimesta suojattava, eikä vesilaitos ole myöskään näistä tiloista ja niille aiheutuvista vahingoista vastuussa. (hsy.fi)

Tulvariskiä voidaan ehkäistä pumppaamalla kiinteistön jätevedet ja toimimalla ammattilaisen määritelmän padotuskorkeuden mukaan. LVI-suunnittelija pystyy myös kartoittamaan tulvariskit ja kehittää toimenpiteet sen mukaisesti. Viemäriputket ovat myös saneerattava tietyin väliajoin, jotta riskit vältetään. (Turunvesihuolto.fi)

5.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulviin

Ilmastonmuutoksen ennakoidaan vaikuttavan tulviin eri tavoin eri vuodenaikoina. Myös sijainti ja maaperän ominaisuudet vaikuttavat vesien valuntaan, virtaamiin ja imeytymiseen. Tulvia ei synny ainoastaan keväisin, vaan niistä tulee enemmän ympärivuotisia, koska sadanta on suurempaa lämpötilan nousun myötä ja lumetkin saattavat sulaa useaan kertaan vuodessa. (Ilmasto-opas.fi) (Veijalainen 2020-2-25)

Talvella lumipeite tulee vähentymään entisestään Etelä- ja Keski-Suomessa, koska sadanta tulee yhä yleisemmin vetenä ympäri vuoden. Pohjoisessa lumitilanne saattaa säilyä tulevaisuudessa pitempään entisellään. Lämpötilan nousun myötä lumien sulaminen aikaistuu ja lisää talvitulvia etenkin pohjoisessa. Suurten jokien ja vesistöjen yhteydessä sulamisvesien aiheuttamat tulvat saattavat vähentyä etelämpänä, koska lumipeitettä on vähemmän tai sitä ei ole lainkaan. (Ilmasto-opas.fi) (Veijalainen 2020-2-25)

Kesällä puolestaan sadanta lisääntyy eli sateet yleistyvät ja rankkasateet voimistuvat. Tämä johtaa valunnan ja virtaaman lisääntymiseen. Sateet tulevat siis lisäämään vesistö- ja hulevesitulvia. Tilannetta hankaloittaa entisestään sadekuurojen vaikea ennustettavuus. Tulvariskien hallintaan täytyy siis kiinnittää entistä enemmän tulevaisuudessa huomiota etenkin taajama-alueilla. Myös erilaisten hulevesien imeytys- ja viivytysvaihtoehdot ovat huomioita tulevaisuudessa entistä tarkemmin. (Ilmasto-opas.fi)

Ilmastonmuutos edellyttää myös muutoksia järvien säännöstelyihin, jotta tulvariskien ja virtaamien muuttunut ajoitus saadaan otettua huomioon järvien säännöstelyssä. (Veijalainen 2020-2-25)

5.5 Vesistöjen säännöstely

Säännöstely on tärkeä osa vesistöjen tulvariskien hallintaa, mutta sen päätavoitteena on usein vesivoiman tuottaminen. Siitä on säädetty erikseen vesilaissa, kuten myös siihen tarvittavista luvista. Säännöstelyssä veden korkeutta ja virtaamaa ohjataan padon, voimalaitoksen tai sulkukanavan avulla, tavoitteena luonnonmukaisen veden tilan ylläpitäminen. (ymparisto.fi)

5.6 Tulvareitit

Suunniteltaessa hulevesiviemäriverkostoa on huomioitava tulvareitit. Tulvareitillä tarkoitetaan maanpinnalla olevaa virtausreittiä, mitä myöten hulevedet kulkeutuvat, mikäli viemärin kapasiteetti ylittyy. Tulvareiteillä varmistetaan, että tulviminen tapahtuu sellaisissa paikoissa, joissa se ei aiheuta kiinteistövahinkoja tai haittaa ihmisten terveydelle. Tulvavedet pyritään ohjaamaan mahdollisimman nopeasti purkureitille. Tulvareittien suunnittelulla ja ylläpidolla vältetään myös mahdollisia vahinkoja. Tulvareittejä pitkin vedet ohjataan luonnolliselle alueelle missä ne voivat olla ilman riskiä, kuten ojan yhteydessä olevalle tulvaniitylle. Kaupungeissa tai muuten tiiviisti rakennetulla alueella tulva-alueena voidaan käyttää esimerkiksi viheraluetta tai urheilukenttää. Tulvareittejä taajamissa suunnitellaan asemakaavasunnittelun yhteydessä. (Ouka.fi)

6 TUTKIMUS- JA TESTAUSOSIO

Tässä opinnäytetyössä testattiin tulvasta hälyttävää mittalaitetta kotiloissa (COVID-19 pandemia esti laboratoriokokeet) ja kenttätestauksena. Lisäksi suoritettiin kyselytutkimus, jolla kerättiin tietoa vesilaitosten ja kuntien jäte- ja hulevesiviemäriin liittyvistä käytänteistä, käytössä olevista hälytyslaitteista ja -järjestelmistä ja tulvahälytyslaitteiden tarpeesta.

6.1 Tulvahälytyslaite

Testaustyön kohteena oli tulvasta hälyttävä mittalaite (Kuva 3), mikä koostuu kolmesta komponentista: NB-IoT- tiedonsiirtolaitteesta, painesensorista ja antennista, joka tarvittaessa integroidaan kaivon kanteen. Laite käyttää toiminnassaan 4G-verkkoa eli langatonta tiedonsiirtojärjestelmää. Laitteessa voidaan käyttää, joko kiinteää tai langallista antennia. Laite on paristokäyttöinen. Laite lähettää mittausdataa taustajärjelmään aikaleimallisena milliampeeriviesteinä (mA).

Käyttövalmiin laitteen tarkoituksena on, että se asennetaan viemäriin tai kaivoon tulvaherkkiin kohtiin, missä se mittaa ympäri vuorokauden veden pinnankorkeutta esimerkiksi minuutin välein ja hälyttää tarvittaessa mahdollisesta veden pinnan noususta yli hälytysrajan. Laitteen tarkoituksena on siis helpottaa tulviin varautumista ja ehkäistä isojen tulvavahinkojen syntymistä.



Kuva 3. Tiedonsiirtolaite ja painesensorin virtalähde. (Suhonen, Ville 2020)

6.1.1 Paineen ilmaiseminen

Usein painemittauksia tehdessä mittaukset, kuten autonrengaiden ilmanpainemittaukset, suhteutetaan ympäröivään ilmanpaineeseen. Muissa tapauksissa mittaukset tehdään suhteessa tyhjiöön tai muuhun vertailuun, kuten paine-eroon perustuen. Tämän tiedon perusteella paine voidaan jakaa kolmeen eri mittaustyyppiin: absoluuttiseen paineeseen, missä mitataan painetta suhteessa avaruuden paineeseen eli nollaan, suhteelliseen paineeseen ja paine-eroon. (en.wikipedia.org)

Suhteellinen paine eli gaugepaine on yleisin paineenmittaustapa. Siinä absoluuttisesta paineesta vähennetään ilmanpaine, mikä muodostuu ilman massasta. Ilmanpaine pienenee ylöspäin mentäessä ja se muuttuu myös erilaisten säätilojen vallitessa. Merenpinnan tasossa ilmanpaineen keskiarvo on 1013,25 hehtopascalia (hPa) eli 1013,25 millibaria (mbar). Kun paine on alle ilmanpaineen tason, puhutaan alipaineesta, kun taas yli ilmanpaineen tason puhutaan ylipaineesta. (wika.fi)

Kolmas painemittaustyyppi on paine-ero, missä mitataan kahden eri paineen välistä eroa. Tässä työssä käytetyn mittalaitteen testeissä käytetään juuri paine-eroa mittaavaa sensoria. Se on asennettuna tässä tapauksessa putkeen eli sensori mittaa paine-eroa putken sisäpuolen ja putken ulkopuolen välillä. (wika.fi)

6.1.2 Esimerkkejä muista käytössä olevista laitteista

Maailmalla on nykyään käytössä erilaisia tulvasta hälyttäviä mittalaitteita. Esimerkiksi Delugen kotioihin kehittämä laite hälyyttää kovalla äänellä tulvan uhatessa ja ilmoittaa, että veden käyttö täytyy lopettaa. Tulva siis voidaan havaita nopeasti ja ammattiapua hälyyttää paikalle. Mikäli jätevedettä alkaa valua kiinteistöön, laitteeseen kuuluva venttiili estää takaisin valunnan. Saman kaltaisia laitteita on saatavilla enemmänkin eri valmistajilta. (Delugeco.com)

Suomalainen VEX-solutions on kehittänyt viemäreihin ja kattokaivoihin soveltuvat hälytyslaitteet. Kattovahti sopii monenlaisille katoille ja se on helppo asentaa ja käyttää. Laite pysyy katolla kiinnittämättä lehtisihdin avulla. Kattovahti tunnistaa katolle kertyvän veden noin kahdessa minuutissa ja siirtää hälytyksen sisävastaanottimeen tai ilmoittaa esimerkiksi tekstiviestillä. (Vex.fi)

Lisäksi on kehitetty sadevesiviemäreihin asennettava viemäri(vahti). Laite on käyttökelpoinen tulvien tunnistukseen jätevesiviemäreihin ja sadevesiviemäreihin tasakattoisiin kiinteistöihin. Laite asennetaan liitospannoilla ja se käy monen tyyppisiin viemäreihin, olemassa oleviin ja uusiin. Hälytys tapahtuu samalla periaatteella kuin kattovahdissa. (Vex.fi)

6.2 Kyselytutkimus

Tässä opinnäytetyössä tehtiin kyselytutkimus, mihin valikoitiin eri puolilta Suomea kahdeksan erikoista vesilaitosta ja kuntaa. Kyselyn tarkoituksena oli kerätä taustatietoa jätevesi- ja hulevesiviemä-

reihin liittyvistä käytänteistä mm. tukkeutumiseen, tulvimiseen, viemärien huuhteluun ja tulvien ennaltaehkäisymenetelmiin liittyen. Lisäksi oli tärkeää kartoittaa tarvetta tällaiselle tulvahälytyslaitteelle ja millaisia laitteita on jo ennestään käytössä. Kyselyt suoritettiin pääasiassa puhelinhaastatteluna ja myös sähköpostikyselyinä. Kysymykset eroteltiin jätevesiviemärikysymyksiin ja hulevesiviemärikysymyksiin, koska hulevesien viemärointi on siirtynyt nykyään kuntien vastuulle. Kysymyslomake ja eriteltyt vastaukset löytyvät liitteistä raportin lopusta. (Liite1, Liite2, Liite3)

6.3 Laitetestaukset kotona

Laitetestaukset aloitettiin aluksi sisätiloissa kotiloissa, koska COVID-19 pandemia esti laboratorio-testaukset. Laitteella oli tarkoitus tehdä aluksi kaksi erilaista testiä ja toistaa ne tarpeen mukaan. Ensimmäisessä testissä tarkasteltiin veden pinnan korkeuden mittaustarkkuutta ja resoluutiota ja toisessa testissä testattiin hälytysviestin saapumista ja laitteen toimintavarmuutta.

6.3.1 Valmistelut

Testaukset aloitettiin asentamalla ensin laitteisto testauskuntoon. Seuraavassa on lista käytetyistä välineistä:

- Tiedonsiirtolaite paristoineen
- painesensori asennettuna putkeen
- antenni (kiinteä ja langallinen)
- sanko, 10 litraa (kaksi kappaletta)
- vettä
- kauha tai vastaava astia veden lisäykseen ja poistamiseen
- viivotin
- kello
- tussi ja/tai teippiä
- muistiinpanovälineet
- laite, esim. tietokone tai älypuhelin taustajärjestelmän tarkasteluun

Testauslaitteisto asennettiin yksinkertaisesti asettamalla painesensorilla varustettu putki mittaussankoon ja tiedonsiirtolaitteelle valittiin läheisyydestä sopiva paikka ja liitettiin laitteeseen lyhyt kiinteä antenni (Kuva 4). Toista sankoa oli hyvä käyttää varastoastiana, jotta samaa vettä voi käyttää koko ajan uudelleen. Vettä tarvittiin lähes täysi sankollinen (10 litraa). Myös langallista antennia pystyi käyttämään tarvittaessa.



Kuva 4. Mittauslaitteisto kotitesteissä. (Suhonen, Ville 2020)

6.3.2 Testien toteutus

Ensimmäisen testauksen tarkoituksena oli tarkastella veden pinnankorkeuden resoluutiota ja tarkkuutta. Vettä lisättiin mittaussankoon hiljalleen kaksi senttimetriä (cm) kerrallaan ja tarkasteltiin laitteelta lähtevät milliampeeriviestin lukeman muutoksia (mA) taustajärjestelmästä. Kahden senttimetrin lisäyksiä jatkettiin niin kauan, kunnes sanko oli melkein täysi. Lisäysvälit merkattiin sankon kylkeen tussilla. Jokaisen lisäyksen jälkeen odotettiin kolme minuuttia, jotta lukemat varmuudella ehtivät päivittyä. Kun sanko oli miltei täysi, aloitettiin sangon tyhjentäminen samalla tavalla kaksi senttimetriä kerrallaan, kunnes sanko oli tyhjä. Painesensorilta tulevan lukeman oletettiin vahtelevan tällä sensorilla välillä 3,96–20 mA. Laitte konfiguroitiin tallentamaan mA-lukema minuutin välein.

Toisessa testauksessa oli tarkoitus testata hälytysviestin saapumista ja laitteen toimintavarmuutta. Testaus suoritettiin samalla mittauslaitteistolla kuin testi 1. Testi aloitettiin lisäämällä vettä lähelle asetettua tulvahälytysrajaa ja sen yli. Hälytysraja oli asetettu 4,26 mA -tasolle ja hälytys oli asetettu tapahtumaan, mikäli kolme peräkkäistä minuutin välein tapahtuvaa mittausta ylittää tämän raja-arvon. Kun hälytysviesti oli saapunut sähköpostiin, merkattiin veden pinnankorkeus hälytysshetkellä sankoon teipillä. Tämän jälkeen laskettiin veden pinta vähintään kolmeksi minuutiksi muutama senttimetri hälytyskohdan alapuolelle, jotta hälytys jälleen aktivoituisi. Sitten lisättiin jälleen vettä teipillä merkattuun oletettuun hälytyskohtaan ja odotettiin kolme minuuttia hälytysviestin saapumista. Testi toistettiin 20 kertaa ja hälytyskohta tarkentui toistojen myötä.

6.4 Kenttätestaukset

Sisätiloissa suoritettujen laitetestausten jälkeen siirryttiin kenttätestausosioon. Testeissä käytettiin Kuopion Kolmisopessa sijaitsevaa hulevesikaivoa (Kuva 5). Kenttätestausten tarkoituksena oli tarkastella laitteen toimintaa ja signaalin vahvuutta kaivossa ja sen ulkopuolella. Testeissä käytettiin kolmea erilaista antenniratkaisua.

6.4.1 Valmistelut

Testaukset aloitettiin asentamalla laite ja putkisensori hulevesikaivoon. Laite kiinnitettiin kaivoon tuettuun puukeppiin teipillä. Testeissä käytetyt välineet olivat:

- Tiedonsiirtolaite
- painesensori putkessa
- kiinteä ja langallinen antenni
- hulevesikaivo
- teippiä ja nippusiteitä
- kaivon kannen avaamiseen soveltuva työkalu
- laite taustajärjestelmän tarkasteluun

6.4.2 Testien toteutus

Kenttätestaus aloitettiin asentamalla laitteisto tukevasti kaivoon ja kiinnittämällä kiinteä lyhyt antenni laitteeseen. Antenni oli siis tarkoitus olla ensimmäisessä testauksessa kaivon sisäpuolella suljetussa kaivossa. Laite jätettiin mittaamaan kahdeksi vuorokaudeksi ja samalla tarkasteltiin etänä signaalia ja mittauslukemia taustajärjestelmästä.

Seuraavaksi laitteeseen kiinnitettiin langallinen antenni, mikä vedettiin varoen kaivonkannen reiästä kannen ulkopuolelle. Antenni johtoineen kiinnitettiin kaivon kanteen teipillä. Laite jätettiin mittaamaan päivän ajaksi kaivoon ja jälleen tarkasteltiin mittalaitteen lähettämää signaalia taustajärjestelmästä.

Viimeisessä testissä langallinen antenni kiinnitettiin lähellä olevaan puuhun noin metrin korkeuteen ja toistettiin jälleen sama kuin edellisissä testeissä (Kuva 5).



Kuva 5. Hulevesikaivo ja antenniratkaisu testissä 3. (Pajula, Pasi 2020)

7 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä osiossa tarkastellaan kyselytutkimuksen ja laitteella tehtyjen testien tuloksia. Kyselytulokset löytyvät lisäksi eriteltyinä raportin lopussa olevista liitteistä. (Liite2) (Liite 3)

7.1 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselytutkimus suoritettiin puhelin- ja sähköpostihaastatteluna kahdeksaan erikokoiseen vesihuoltolaitokseen ja kuntaan. Seuraavassa on koottu tärkeimpiä huomioita vastauksista jätevesi- ja hulevesiviemäriin liittyen.

7.1.1 Jätevesiviemärit

Kyselytutkimuksesta ilmeni, että jätevesiviemärien tukkeutumista tapahtuu yleensä silloin tällöin eli keskiarvoltaan 1–2 kertaa kuukaudessa, joissain tapauksissa vielä harvemmin, mutta voi tapahtua myös useampia kuukauden aikana. Tulvimista puolestaan tapahtuu harvemmin kuin tukkeutumista eli korkeintaan muutamia vuoden aikana. Viemäriputkien tukkeutumiselle yleisimpiä syitä ovat putkiin kulkeutuva rasva ja sinne kuulumattomat esineet. Muita syitä tukkeutumiselle ovat yleensä juuret, painaumat, kulumat ja vääränlainen kaltevuus. Viemäri voi myös olla heikosti perustettu eli pohja voi pettää. Tulvimiselle yleisiä syitä tukkeutumisen lisäksi ovat rankkasateet ja erilaiset sähköviat.

Jätevesiviemäreiden huuhtelutarpeessa on vesilaitosten välillä paljon vaihtelua. Huuhdeltavien kohteiden määrä vaihtee sadoista muutamaa kohteisiin. Myös huuhteluvälit vaihtelevat viikoista kuukausiin. Joissain tapauksissa viemäreitä huuhdellaan ainoastaan tukkeutumisen yhteydessä tai muun tarpeen vaatiessa.

Riski vesien tulvimiseen kiinteistöissä tukkeutumisen yhteydessä on yleinen ja mahdollisia riskikohteita kyselykohteissa on paljon. Etenkin, jos viemäritilä on rakennettu padotuskorkeuden alapuolelle, on tulvariski suuri. Myös yläpuolisissa tiloissa on riskinsä, mikäli vesiä pääsee sinne nousemaan. Tulvavedet ovat nousseet joissain tapauksissa esimerkiksi kellariin tai autotalliin aiheuttaen suurta taloudellista vahinkoa ja muutamia tällaisia tapauksia haastatteluissa ilmenikin.

Vesilaitoksilla on varauduttu jätevesiviemäritulviin monin eri keinoin. Yleisimpiä keinoja ovat imuautojen käyttö, viemärien säännöllinen huuhtelu, pumppaamon valvontadatan hyödyntäminen ja saneeraus. Betonisia viemäriputkia korvataan nykyään muovisilla putkilla, koska ne ovat tarkoitukseen käytännöllisempiä. Lisäksi tulviin on varauduttu riittäväillä pumpuilla, hälytyksillä, säännöllisellä huollolla, turvasäiliöillä, viemärien kuvaamisella, tarkastuskierroksilla ja sähkökatkotilanteissa varavoimälähteillä.

Jonkinlaisia tulvahälytyslaitteita on vesilaitoksilla käytössä lähinnä pumppaamoilla. Niissä on käytössä pintavahteja, antureita ja vippoja. Käytössä on myös erilaisia uusia valvontaohjelmia ja pumppaamoilta tulevaa dataa analysoidaan ja valvotaan. Yhdessä vesilaitoksessa on tehty hälytyslaittekokeiluja. Hälytysjärjestelmissä ei ole tullut ilmi ongelmia.

Useassa paikassa ollaan tyytyväisiä nykyisiin hälytysjärjestelmiin, eikä viemäriin tai kaivoon asennettavalle tulvahälytyslaitteelle ole suurta tarvetta tai sitä ei ole vielä tarkemmin ajateltu. Muutamassa kohteessa tulvahälytyslaitteelle tai -järjestelmälle ilmeni tarvetta tulevaisuudessa ja järjestelmiin ollaan valmiita laittamaan kymmeniä tuhansia euroja.

7.1.2 Hulevesiviemärit

Hulevesiviemärien osalta tukkeutumista esiintyy silloin tällöin, harvoin tai ei ollenkaan. Tähän voi olla syynä viemärin runkolinjaan kertyvä maa-aines kuten savi ja hiekka, liete, roskat, esineet, sortuma putkessa tai heikko kapasiteetti. Rakennustyömaat ja keväällä tapahtuva hiekanpoisto saattavat edesauttaa erilaisen maa-aineksen joutumista runkolinjaan. Myös ilkiä saattaa esiintyä eli viemäreihin rakennetaan virtaaman estäviä tukoksia. Hulevesiviemärien tulvimiselle kaikkein yleisin syy ovat suuret rankkasateet. Rankkasateiden vaikutus tulviin riippuu paljolti sateen intensiteetistä, maanpinnan muodoista ja viemäriin mitoituksista.

Hulevesiviemärien huuhtelutarve vaihtelee paljon eri kunnissa. Joissain kunnissa huuhdellaan säännöllisesti, joissain puolestaan huuhtelu saatetaan tehdä vain ongelmatilanteessa. Säännöllinen huuhtelu tapahtuu yleensä kerran vuodessa ja etenkin keväällä katujen hiekanpuhdistuksen jälkeen. Eriytistä huomiota kohdennetaan työmaihin ja ongelmakohteisiin eli tukkeumapaikkoihin.

Myös Hulevesiviemäriin tukkeutumisesta voi olla monessa paikassa vaaraa kiinteistöille. Etenkin padotuskorkeuden alapuolella olevissa tiloissa saattaa olla tulvavaara. Täällaiset tilat, esim. kellarit, olisi viisasta varustaa padotusventtileillä. Yleisemmin vedet tulevat hulevesitulvassa pelkästään kadulle. Vedet voivat nousta salaojan kautta kiinteistöön.

Tulviin on ennalta varauduttu kunnissa monilla eri tavoin. Yleisimpiä ovat puhdistus imuautoilla, verkoston korjaus ja sakkapesäkaivojen tyhjennys. Lisäksi ongelmatilanteisiin on jatkuva valmius, ongelmapaikkoja tutkitaan, käytetään ylivuotoa pumppaamoille ja tehdään tarkastuskäyntejä etenkin rankkasateiden jälkeen. Kaivonkansien ritilät on syytä pitää puhtaana ja talvisin sulana.

Tulvahälytyslaitteita ei ole hulevesiviemärien osalta käytössä, poikkeuksena yksi paikkakunta, missä niitä on verkoston pumppaamossa. Tulvahälytyslaitteiden tarvetta myöskään ei suuremmin ole hulevesiviemäriin. Joissain paikoissa siitä kuitenkin saattaisi olla hyötyä, etenkin siirrettäville ja akkukäyttöisille laitteille tulvaherkkiin kohteisiin. Yhtenä ongelmana on, että suuret rankkasateet ovat hyvin paikallisia eikä niiden kulkureittejä voi tarkasti ennustaa, joten laitteelle on hankala löytää paikka, missä siitä olisi hyötyä.

7.2 Laitetestauksen tulokset

Veden pinnankorkeuden mittaustarkkuutta ja resoluutiota testattiin lisäämällä vettä sankoon kahden senttimetrin erissä ja sama toistettiin tyhjentäen sanko. Kun veden lisääminen aloitettiin, painesensorilta tuleva paine-erolukema oli tyhjässä sankossa 3,96 mA. Kun vettä lisättiin tai poistettiin, lukema muuttui noin $\pm 0,02$ mA muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Päivittynyt lukema saatiin aina kolmen minuutin välein. Muutokset mA-lukemassa ilmenevät taulukosta (Taulukko1.).

Taulukko1. mA-lukeman kehitys ensimmäisessä kotitestissä. mA-lukemat ovat muutettu bareiksi ja barit metreiksi vesipatsasta. (Suhonen, Ville 2020)

Aika	cm	mA	bar	m (H ₂ O)
11.07	0	3,96	0,000	0,000
11.10	2	3,98	0,001	0,013
11.13	4	4,00-4,02	0,003	0,025
11.16	6	4,04	0,005	0,051
11.19	8	4,06-4,08	0,006	0,064
11.22	10	4,1	0,009	0,089
11.25	12	4,12-4,14	0,010	0,102
11.28	14	4,16	0,013	0,127
11.31	16	4,2	0,015	0,153
11.34	18	4,22	0,016	0,166
11.37	20	4,26	0,019	0,191
11.48	18	4,22	0,016	0,166
11.51	16	4,18	0,014	0,140
11.54	14	4,16	0,013	0,127
11.57	12	4,12	0,010	0,102
12.00	10	4,1	0,009	0,089
12.03	8	4,06-4,08	0,006	0,064
12.06	6	4,04	0,005	0,051
12.09	4	4,02-4,00	0,006	0,064
12.12	2	3,98	0,001	0,013
12.15	0	3,96	0,000	0,000

Laitteen painesensorilta tulevan lukeman oletetaan vaihtelevan käytetyllä painesensorilla välillä 3,96–20 milliampeeria (mA). Tämä vastaa paineeksi muutettuna vaihtelua välillä 0–1 baria (bar). Eli 20 mA vastaa yhden barin paine-eroa ja 3,96 mA vastaa nollan barin paine-eroa. Väliarvot kasvavat lineaarisesti ja ne saadaan laskettua ensimmäisen asteen yhtälöllä eli haluttu painelukema voidaan saada selville seuraavan yhtälön avulla:

X = haluttu painelukema (bar)

Z = tiedetty mA-lukema

$X = \text{alapaine} + (\text{yläpaine} - \text{alapaine}) \times (Z - 3,96) / 16$

$X = 0 + (1-0) \times (Z-3,96) / 16$

$X = (Z - 3,96) / 16$

Baarit saadaan muutettua metreiksi vesipatsasta (mH₂O) seuraavaan yhtälön avulla:

$$1 \text{ mH}_2\text{O (metriä vesipatsasta)} = 9806,65 \text{ Pa (Pascal)}$$

$$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$$

$$X \text{ (mH}_2\text{O)} \times 9806,65 \text{ Pa} = X \text{ (bar)} \times 100000 \text{ Pa}$$

$$X \text{ (mH}_2\text{O)} = X \text{ (bar)} \times 10,1972 \text{ Pa}$$

Mittalaitteen hälytystä testattiin lisäämällä vettä suunnilleen oletettuun hälytysrajaan (4,26 mA) ja toistamalla testi 20 kertaa. Hälytysviesti saapui sähköpostiin lukemassa 4,28 mA kolmannella mittauskerralla veden lisäämisestä hälytysrajaan. Hälytys toistui samalla tavalla jokaisella mittauskerralla.

7.2.1 Johtopäätökset

Ensimmäisten laitetestausten perusteella voitiin todeta, että laite on toimintavarma. Laitteen mittausdatan resoluutio, mittaustarkkuus ja hälytysviestin toimintavarmuus olivat erinomaiset ja täyttivät tilaajan vaatimukset. Laite oli valmis siirrettäväksi tämän jälkeen kenttätestaukseen.

7.3 Kenttätestaukset

Laitteen asennus kaivoon oli valmis noin klo 14.00. Lyhyen antennin ollessa laitteessa kiinni kaivon sisällä, signaalin osoittama rssi-lukema vaihteli välillä 4–8 dB eli signaali oli heikko. Taulukossa näkyy kellonaika ja rssi-lukema (dB) (Taulukko2.). Mittauslukemat taulukossa ovat ajalta, jolloin laitteen asennus kaivoon valmistui.

Taulukko2. Signaali kenttätestissä 1.

Aika	rssi (dB)
12.24	28
13.09	29
13.54	14
14.39	5
15.24	5
16.09	6
16.54	4
17.39	5
18.24	6
19.09	5

Tuloksista voidaan todeta, että signaali heikkeni merkittävästi laitteen kaivon sisälle asentamisen jälkeen. Signaali oli ennen laitteen kentälle vientiä erinomainen.

Kahden vuorokauden kuluttua laitteeseen vaihdettiin langallinen antenni (noin klo 14.00) ja se jätettiin mittaamaan signaalia kaivon kannen päältä. Signaali parani ja rssi-lukema vaihteli nyt 10–12 dB välillä eli tasolla OK. Taulukosta näkyy signaalin vahvuuden muutos antennin vaihtohetkellä. (Taulukko3.)

Taulukko3. Signaali kenttätestissä 2.

Aika	rssi (dB)
10.54	8
11.39	7
12.24	7
13.09	6
13.54	6
14.39	10
15.24	10
16.09	10
16.54	10
17.39	11

Seuraavana päivänä suunnilleen samaan kellonaikaan antenni siirrettiin läheiseen puuhun noin metrin korkeuteen. Lukemat vaihtelivat nyt välillä 9–13 dB. (Taulukko4.)

Taulukko4. Signaali kenttätestissä 3.

Aika	rssi (dB)
12.24	10
13.09	10
14.38	11
15.23	11
16.08	12
16.53	11
17.38	11
18.23	10

7.3.1 Johtopäätökset

Kenttätestauksesta voidaan todeta laitteen olleen edelleen toimintavarma. Tulokset osoittavat, että signaalin vahvuus on selvästi voimakkaampi antennin ollessa kaivonkannen ulkopuolella. Antennin paikalla ei puolestaan näytä olevan ainakaan tämän käytetyn mittauskaivon tapauksessa suurta merkitystä. Vaikka testissä 1 signaalin taso olikin heikko, se ei vaikuttanut kuitenkaan tiedonsiirtoon haittaavasti.

Signaalin taso tosin vaihtelee tietoliikenteen mukaan ja myös etäisyys lähimpään tukiasemaan vaikuttaa tarvittavan signaalin voimakkuuteen. Myös tutkimuskaivon katveinen paikka saattaa osaltaan vaikuttaa signaaliin heikentävästi. Kuvassa 6 on esitetty signaalin voimakkuuden olettu luokittelu heikosta erinomaiseen. Testeissä päästiin tasoon OK.

Value	RSSI dB	Condition
	m	
2	-109	Marginal
3	-107	Marginal
4	-105	Marginal
5	-103	Marginal
6	-101	Marginal
7	-99	Marginal
8	-97	Marginal
9	-95	Marginal
10	-93	OK
11	-91	OK
12	-89	OK
13	-87	OK
14	-85	OK
15	-83	Good
16	-81	Good
17	-79	Good
18	-77	Good
19	-75	Good
20	-73	Excellent
21	-71	Excellent
22	-69	Excellent
23	-67	Excellent
24	-65	Excellent
25	-63	Excellent
26	-61	Excellent
27	-59	Excellent
28	-57	Excellent
29	-55	Excellent
30	-53	Excellent

AT+CSQ syntax, examples, parameters, error, input, response.

Kuva 6. Signaalin laatu (muokattu lähteestä: m2msupport.net)

8 YHTEENVETO

Kyselyn toteuttaminen ja vastausten saanti onnistui suunnitelmien mukaisesti ja jopa odotettua paremmin. Vesilaitoksissa ja kunnissa oltiin kiinnostuneita ja halukkaita vastaamaan kysymyksiin. Kyselyillä onnistuttiin saamaan tärkeää taustatietoa viemäreiden tukkeutumis- ja tulvimistilanteista sekä laitetarpeesta. Kyselyn tuloksista voidaan päätellä, että kyselykohteissa on varauduttu pääosin hyvin ongelmatilanteisiin ja toimintaa pyritään kehittämään edelleen.

Laitetarpeen vähäisyys johtunee pääasiassa siitä, että laitetta ei välttämättä vielä tunneta tarpeeksi kentällä ja edullisia laitteita ei ole ollut tarjolla. Tulvatilanteisiin on jo ennakolta varauduttu hyvin, jotta niitä ei edes syntyisi ja jonkinlaisia hälytyslaitteita on jo käytössä tarpeen vaativassa paikossa. Laitteen hankkiminen edellyttää kunnissa ja vesilaitoksissa perusteellista suunnittelua mm. kustannuksien kattamiseksi.

Kotitesteissä ja kenttätesteissä tärkeintä oli selvittää laitteen toimintavarmuus ja tulvahälytyksen lähentäminen. Testit saatiin suoritettua onnistuneesti ja niistä saatiin luotettavia tuloksia. Myös signaalin ja lukemien saaminen kentältä onnistui moitteettomasti, vaikka signaali olikin heikko mittalaitteen antennin ollessa suljetussa kaivossa.

Tulvahälytyslaitteen toimivuus vesihuoltolaitoksen viemäriin jäi vielä tässä opinnäytetyössä testaamatta. Asia täytyisi sopia paikallisen vesihuoltolaitoksen kanssa. Varsinkin jätevesiviemäreiden osalta testaaminen on monimutkaisempaa.

Antenniratkaisuja tulisi myös testata enemmän ja suorittaa niiden osalta lisäkehittelyä. Testeistä jätettiin pois osio, missä mittalaite olisi integroitu kaivon kanteen ja lyhyt antenni olisi pilkistänyt kaivon reiäistä. Pitkäaikaista käyttöä varten laite tulisi saada asennettua kaivoon tukevammin kuin tämän opinnäytetyön testeissä.

Lisäksi laitteen ja antennin toimivuutta täytyisi soveltaa ja testata hankalemmissa olosuhteissa kuten liikenteessä. Täytyisi pohtia laitteen asennusta ja pystyykö nykyisiin kaivonkansiin asentamaan antennia kätevästi ja voiko langallista antennia siirtää jollain ratkaisulla ajoradan ulkopuolelle. Lisäksi mittalaitteen lähettämää signaalia voisi vielä parantaa, vaikka se ei vaikuttanutkaan tiedonsiirtoon negatiivisesti.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Delugeco.com. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: delugeco.com

En.wikipedia.org. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_measurement

Hanko.fi. [digikuva]. Sijainti: https://www.hanko.fi/asuminen_ja_ymparisto/hangon_vesi/vesi-_ja_viemariverkostot

Hsy.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: <https://www.hsy.fi/fi/asiointi/vikailmoitukset/Sivut/Vesihuollon-toimintahairiot-ja-korvauksen-hakeminen.aspx>

Ilmasto-opas.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html>

Jatevedet.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: <https://www.jatevedet.fi/ajankoh- taista/138-miten-kasitella-mokin-ja-kodin-harmaat-vedet>

KARTTUNEN, Erkki. 2004. Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL

Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: ymparisto.fi/hulevedet

Kuopio.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-4]. Saatavissa: <https://www.kuopio.fi/hulevedet>

Kymenvesi.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-5]. Saatavissa: https://kymenvesi.fi/wp-content/uploads/2019/10/padotuskorkeus_ohje_2019.pdf

Kymenvesi.fi. [digikuva]. Sijainti: <https://kymenvesi.fi/ohjeita/hulevedet>

LAKI TULVARISKIEN HALLINNASTA. L 2010/620. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2020-5-5]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>

m2msupport.net. [digikuva]. Sijainti: <https://m2msupport.net/m2msupport/atcsq-signal-quality>

MAANKÄYTTÖ- JA RAKENNUSLAKI. L 1999/132. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2020-5-4]. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Nokianvesi.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-5]. Saatavissa: <http://www.nokianvesi.fi/wp-content/uploads/Padotuskorkeus.pdf>

Ouka.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-4]. Saatavissa: https://www.ouka.fi/documents/64248/18592082/Hulevesiohjeet_Oulu_liitteineen_23052019_pieni.pdf/6b5c15cd-5464-4177-adb0-e6429c04d1e8

PAJULA, Pasi 2020. Tilaajan edustaja. [Palaveri]. Kuopio.

Talotekniikkainfo.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-4]. Saatavissa: <https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/35-vvl-hulevesijarjestelman-suunnittelu>

Turunvesihuolto.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-5]. Saatavissa: http://www.turunvesihuolto.fi/uutinen/2015-03-26_suojaa-viemarisi-padotukselta

ULVI, Teemu 2016. Hulevesiä koskeva lainsäädäntö [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-4]. Saatavissa: ymparisto.fi. Polku: Ymparisto.fi. Etusivu. Vesi. Vesiensuojelu. Yhdyskunnat ja haja-asutus. Hulevesien hallinnan kehittäminen.

VEIJALAINEN, Noora 2020-2-25. Ilmastonmuutos ja tulvat [verkkoaineisto]. [Viitattu 2020-5-26] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/ilmastonmuutos-ja-tulvat/>

Vesiensuojelu.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/>

Vex.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-26]. Saatavissa: <http://www.vex.fi/tulvavex/>

Wika.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: https://www.wika.fi/landingpage_differential_pressure_fi_fi.WIKA

Ymparisto.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-4] Saatavissa: ymparisto.fi/hulevedet, https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Saannostely

Ymparisto.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-5-25]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen

YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI. L 2014/527. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2020-5-5]. Saatavissa: <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

LIITE 1: KYSELYLOMAKE

Kysymykset vesihuoltolaitoksille ja kuntiin

Seuraavat kysymykset esitetään erikseen jätevesiviemäriin ja hulevesiviemäriin liittyen:

- 1 Esiintyykö viemäriverkostossanne tukkeutumista? Miten yleisiä ne ovat?
Mitä syitä niihin löytyy?
- 2 Esiintyykö viemäriverkostossanne tulvimista? Miten yleisiä ne ovat? Mitä
syitä niihin löytyy?
- 3 Onko viemäriosuuksia, joita täytyy huuhdella tukkeutumisen estämiseksi?
Miten paljon niitä on? Kuinka usein huuhdellaan?
- 4 Onko joillain viemäriverkoston alueilla vaarana, että viemäri
tukkeutuessaan aiheuttaa tulvan kiinteistössä?
- 5 Miten olette ennalta varautuneet viemäritulviin?
- 6 Onko teillä käytössä kaivon tai viemäriin asennettavia hälytyslaitteita,
jotka ilmoittavat tukkeutumisesta ja tulvimisesta? Millaisia?
- 7 Onko tarvetta tällaiselle laitteelle?
- 8 Mitä laite saisi maksaa? Investointihinta, vuotuinen ylläpito?

LIITE 2: JÄTEVESIVIEMÄRI-KYSYMYSTEN VASTAUKSET

	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 3	Kysymys 4	Kysymys 5	Kysymys 6	Kysymys 7	Kysymys 8
Vesilaitos1	Yleistä, 1-5/viikko. Syitä: huono kättelevuus, juuret, rasva, esineet	Ei	50-60 kohdetta, n.100 m/kohde, huuhtelut: keran viikossa/kaksi kertaa viikossa tai keran kuussa	On	Imuautot, huuhtelu, valmius	Ei	Vähintään 10 pirttavahita, mielellään akkukäyttöisiä	2000-3000/laitte, wosikus tannukset n. 1000/laitte
Vesilaitos2	Kerran kuussa. Syitä: rasva, esineet, painaumat	Noin kahden vuoden välein, rankkasateista	Ei	Padotuskorkeuden alapuolella	Riittävät pumput	Ei	Ehkä, ei ajateltu	---
Vesilaitos3	10-20 wudessa. Syitä: paperi, esineet	Rankkasateista	Ei säännöllisesti, jos tukoksia	Padotuskorkeuden alapuolella, joskus yläpuolellakin	Pumppaamon valvontadata	Pumppaamossa tulvahälytys	Ei tanetta	---
Vesilaitos4	Vaihtelua 12-25 välillä wudessa. Syitä: huonosti perustettu viemäri	Mutama wudessa aiheuttaen vähinkoa kintteistöle, joskus tulvia kadulle	4-10 km wudessa	Viemäriin tukkeutussa, 2-3 tapausia wudessa	Hälytys, varailaoloryhmä, huolto, saneeraus, peseminen	Kokeita yhdellä laitteella	Kyllä jatkossa	n. 20 000 järjestelmään
Vesilaitos5	Havoin, esineistä	Melko vähän, Syitä: anturiviat, sähkökatkot	Mutama kohde	Padotuskorkeuden alapuolella, vesinäoussut esim. autotalliin	Hälytysvipat, varavoiakone sähkökatkoissa, tunasäiliö, imuautot	Paineanturi hälyttää, mikäli pumppu kauan pysähdyksissä, uusittu järjestelmä pumppaamolla, ei vikojia	Ei tanetta	---
Vesilaitos6	n. 5 wudessa, Syitä: juuret, rasva	---	4 autoa, 1000 kohdetta, 2 kohdetta/päivä	Periaatteessa kaikissa paikoissa	Huuhtelu, kuvaus	2 ylivuodossa, puhelinhälytys	Ei tanetta	---
Vesilaitos7	Joskus, Syitä: esineet, kulumat	Joskus, syynä esineet ja kulumat	Ei	On, vanhoissa rintamamiesaloissa vedet voi päästää kellariin	Saneeraus muovisiin putkiin, tarkastuskäymnit	Pumppaamolla lattialla tulla anturit, ei ongelmia	Ei akuttia tanetta	Ei tietoa laitteen hinnasta
Vesilaitos8	Silloin tällöin, Syitä: painumat, esineet	Tukoksien yhteydessä	10-15 kohdetta, 1-2 kuukauden välein	On, paljon kohteita	Ongelmapaikat tiedossa, hälytysjärjestelmä, pumppaamodata	Pumppaamodata, anturit	Ei kustannuksiltaan	---

LIITE 3: HULEVESIVIEMÄRI-KYSYMYSTEN VASTAUKSET

	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 3	Kysymys 4	Kysymys 5	Kysymys 6	Kysymys 7	Kysymys 8
	Sillion tällöin, Syitä: maa-aineksen pääsy runkolinjaan	Ranckasateista muutamissa kohteissa, maanpinnan muodot edesauttaa. Syynä heikko kapasiteetti	Ei säännöllisesti	On, padotuskorkeuden alapuolella olevat tilat tulisi suojata padotusventtiilillä	Kainojen sulattaminen, sakkapesien tyhjentyminen, ritilöiden puhdistaminen, lehtien poisto, imautot	Ei	Hyötyä ehkä tulvaherkissä kohteissa (sadekuurot paikallisia), akkukäyttöinen, toimintatama, helppo huoltaa	Kustannustehokas, investointi alle 10000 sis. Alv, wosikustannukset näkönä
Kunta 1	esim. rakennustoimista, rikkokutuminen, sortuma putkessa, ilkeävalta							
Kunta 2	Hanojn juuresta	Ranckasadetulvat	Ei	Salaajien kautta	Ei	Ei	Ehkä, ei tarkemmin ajateltu	---
Kunta 3	Ei	Ranckasadetulvat	Ei	Ei	Ylivuoto pumppaamoon	Ei	Ei	---
Kunta 4	Ei yleistä, joskus rummuissa, syynä savi	---	Kerran vuodessa huuhdellaan kaivot, etenkin asfalttityömaille	On, kapasiteetiongelmia	Puhdistus	Ei	Ei	---
Kunta 5	Yksittäisiä, syynä heikko kapasiteetti	---	Tukkeumapaikat, keivään hiekanpoiston jälkeen	On mahdollista, pallonventtiilikaivot, padotuskorkeuden alapuolella	Sakkapesäkaivon tyhjitys, henkilökkunan valmius, imautot, pestustaitos	4 pumppaamolla verkostossa	Ei akuttia tanetta	---
Kunta 6	Ajoittain, Syitä: liete, hiekka, roskat, lehdet	Ajoittain riippuen sateista ja niiden intensiteetistä, edellä mainittuja syitä	Kyllä huuhdellaan joitakin kohteita	On ollut tapauksia	Vähentämällä ongelmapaikkoja tutkinnalla ja korjaamalla	Ei	Enkä tanetta paikasta toiseen siirrettäville laitteelle	Ei arviota
Kunta 7	Vähän, Syitä: roskat, esineet	Vähän, syynä roskat, esineet	Huuhdellaan keiväsin hiekanpoiston jälkeen, lähes kaikki kohteet	On joitakin kohteita	Tarkastukset päälinjoissa, ranckasateiden jälkeen	Ei	Ei	---
Kunta 8	Hanojn, syynä niekka	Ranckasadetulvat	Ei huuhdella	Ei, vedet kadalle	Ei erikoisemmin, korjaus	Ei	Ei tanetta, kallista kustannuksiltaan	---