

**JÄTEVEDEN HIEKAN JA RASVAN VÄLIVARASTOINTI PAROISTEN
PUHDISTAMON ALUEELLA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Bio- ja elintarviketekniikka

Syksy, 2020

Eelis Liukkonen

Bio- ja elintarviketekniikka
Hämeenlinna

Tekijä	Eelis Liukkonen	Vuosi 2020
Työn nimi	Jäteveden hiekan ja rasvan välivarastointi Paroisten puhdistamon alueella	
Työn ohjaaja	Tuija Pirttijärvi	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy. Työn tarkoituksena oli selvittää jätevedessä olevan hiekan ja rasvan välivarastointia Paroisten jäteveden puhdistamon alueella, miten lainsäädäntö ohjaa välivaraston toimintaa ja millaisilla prosessilaitteilla hiekka ja rasva pitää esikäsittää ennen hyötykäyttöä tai loppusijoitusta.

HS-Veden toiminta-alueelta kerättiin yksi näyte, seitsemästä eri pumppaamokohteesta, joihin hiekkaa ja rasvaa kertyy. Näytteistä analysoitiin orgaaninen ja epäorgaaninen aine. Tulosten perusteella todettiin rasvan olevan orgaanista ainetta ja hiekka on pestävä hiekanpesurilla. Hiekkaa kertyy 18 tonnia ja rasvaa kertyy 1,8 tonnia vuosittain toiminta-alueelle. Tämän jälkeen tarkasteltiin prosessilaitteita, joita on mahdollista hyödyntää jätevesihiekan ja -rasvan esikäsittelyssä. Opinnäytetyössä tehtiin suositus jätevesihiekan ja -rasvan esikäsittelylaitteista ja niiden muodostamista yhdistelmistä Paroisten jäteveden puhdistamolle.

Jätevesihiekan ja -rasvan välivarastoinnin osalta voidaan todeta, että välivarastointia on mahdollista suorittaa Paroisten puhdistamolla tai jätevesihiekka ja -rasva vaativat esikäsittelyn esikäsittelylaitteilla.

Avainsanat Jätevesihiekka ja -rasva, välivarasto, esikäsittely, lainsäädäntö

Sivut 22 sivua

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Eelis Liukkonen	Year 2020
Subject	Gap Storing Sewage Water Sands and Fats at the Paroinen Sewage Water Treatment Facility.	
Supervisor	Tuija Pirttijärvi	

ABSTRACT

The thesis was commissioned by Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy also known as HS-Vesi. The aim was to find out whether it is possible to gap store sewage water sands and fats at the Paroinen sewage water treatment facility and how the Finnish legislation guides the gap storing sewage water sands and fats. Furthermore, the aim was to find out, what kind of process appliances are the most suitable when pretreating sands and fats before utilization or end placement.

Annually, HS-Vesi collects 18 tons of sand and 1.8 tons of fats. In the study, there was one sample of each seven different pumping locations in the HS-Vesi operating area, in order to point out the exact location where sewage water sands and fats gather up. The samples were analyzed by utilizing a tempering loss method used for separating the organic and non-organic material. As a result of the study, it was constituted that sewage water fats consist of organic material and that the sand need a grit washer processing. In addition, different process appliances that can carry out the best outcome for sand and fats at Paroinen, were suggested.

Finally, it was shown that it is possible to gap store sewage water sands and fats at the Paroinen sewage water treatment facility and that sewage water sands and fats need to be pretreated.

Keywords Sewage water sand and fats, gap storing, pretreatment, legislation

Pages 21 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	JÄTEVESIHIEKKA.....	1
3	JÄTEVESIRASVA.....	2
3.1	Koostumus.....	2
3.2	Jatkojalostus.....	3
4	LAINSÄÄDÄNNÖN VAIKUTUS JÄTEVESIHIEKAN JA -RASVAN VÄLIVARASTOINTIIN.....	3
5	VAIHTOEHDOT HIEKAN JA RASVAN VÄLIVARASTOINNIN TOTEUTTAMISEKSI PAROISTEN PUHDISTAMON ALUEELLA	5
6	VAIHTOEHDOT JÄTEVESIHIEKAN JA -RASVAN ESIKÄSITTELYLLE	7
6.1	Pesurumpu RoSF9	7
6.2	Hiekanpesuri Coanda RoSF4	8
6.3	ROTAMAT Kompakti esikäsittelylaite Ro 5	8
6.4	Geobox	9
6.4.1	Toimintaperiaate	10
6.4.2	Käyttökohteet.....	10
6.4.3	Hyödyt	10
6.5	Paroisten puhdistamon jätevedelle tehdyt suodatustestit Geobox-laitteistoa varten	11
7	ESIKÄSITTELYLAITTEIDEN VERTAILU	12
8	JÄTEVESIHIEKAN JA -RASVAN LABORATORIOANALYYSIT	14
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA.....	15
	LÄHTEET	17

1 JOHDANTO

Jätevesihiekan ja -rasvan välivarastoinnin lähtötilanne oli se, että jätevesihiekkaa ja -rasvaa ei ole välivarastoitu. Lähtötilanteessa tiedettiin, että jätevesihiekkaa ja -rasvaa on mahdollista välivarastoida erilaisilla konsepteilla, mutta välivarastoinnille ei tiedetty vuosittaisia hiekka- ja rasvamääriä, välivaraston kokoa, mahdollisten prosessilaitteiden hyödyntämistä sen yhteydessä ja lakien asettamia vaatimuksia.

Työn tarkoituksena oli selvittää jätevesihiekan ja -rasvan välivarastoinnin mahdollisuuksia Hämeenlinnan Seudun Veden, Paroisten jäteveden puhdistamon alueella ja vastata viiteen tutkimuskysymykseen. 1: Mistä jäteveden puhdistuslaitokseen päätyvä hiekka ja rasva on peräisin? 2: Kuinka paljon jätevedestä peräisin pumppaamoihin ja jätevesiviemäriin kertyvästä (ja pois siirrettävästä) hiekka- ja rasvajätteessä on orgaanista tai epäorgaanista ainetta? 3: Kuinka suuret määrät hiekka- ja rasvajätettä kertyy HS-Veden Paroisten jätevedenpuhdistamon toiminta-alueelle? 4: Miten lainsäädäntö ohjaa jätevedestä peräisin olevan hiekan ja rasvan käsittelyä ja välivarastointia jätevesilaitoksen alueella? Jos välivarastointiin puhdistamon alueella ryhdytään, miten tämä tulee ottaa huomioon ympäristöluvassa? 5: Miten hiekka- ja rasvapitoista jätettä voitaisiin käsitellä tai varastoida HS-Veden Paroisten puhdistamolla?

Jätevedestä peräisin oleva hiekka ja rasva on kuljetettu suoraan jätteenkäsittelylaitokseen, jolloin kustannukset ovat olleet korkeat. Välivaraston tarkoituksena olisi koota useampi kuorma hiekkaa ja rasvaa, jolloin vuoden aikana ei tarvitsisi kuljettaa montaa eri hiekka- ja rasvakuormaa loppusijoituskohteisiin. Jätevedestä peräisin olevat hiekka ja rasva johdetaan esikäsittelylaitteiden lävitse, jolloin hiekka ja rasva olisivat käsiteltyjä ennen kuin ne kuljetettaisiin jätteenkäsittelylaitokseen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojelusyhdistys ry teki jätevesihiekasta ja -rasvasta laboratorioanalyysjä. Analyysien avulla selvitettiin hiekan ja rasvan orgaanisen ja epäorgaanisen ainemäärät.

2 JÄTEVESIHIEKKA

Jätevedenpuhdistamoille johdetun jäteveden mukana tulee hiekkaa ja muuta mineraaliainesta, kun esimerkiksi eri sedimenttejä huuhtoutuu, valuu sadevesien mukana viemäriverkostoon sekä hiekoitushiekkaa päätyy

keväisin katujen siivouksien yhteydessä viemäriin ja sitä kautta puhdistamoille sekä pumppaamoille. Jätevesihiekkaa tulee myös puhdistamoille sakolietteen eli yhdyskuntajätteen mukana. Hiekka on yleensä epäpuhdasta, jätevedessä olevien orgaanisten aineiden vuoksi. Tyypillisesti orgaanisen tai muun jätteen osuus hiekasta on 10–80 %, mikä tekee kuivattamisesta haasteellista. (Huber n.d.)

Hiekka erotetaan jätevedestä esikäsittelevaiheessa eli mekaanisessa puhdistuksessa, josta se johdetaan kanavia pitkin hiekanerotusaltaisiin. Hiekanerotusaltat ovat kartionmuotoiset, missä painovoima saa hiekan painumaan alaan pohjalle, josta pumppu siirtää vesihiikkaseoksen hiekanpesurille. Hiekanpesuri pesee hiekan ja siirtää sen ruuvin avulla hiekkalavalle, jonka jälkeen pesty hiekka siirretään kuorma-auton lavalle jatkokäsittelyä varten.

Puhdistamaton jätevesihiekka määritellään ongelmajätteeksi. Kuitenkin nykyisillä hiekan käsittelyjärjestelmillä hiekka pystytään puhdistamaan niin, että saadaan erotettua arvokkaat hiekanjyvät ja muut hivenaineet muusta saastuneesta materiaalista. Lopputuotteena saadaan arvokasta hiekkaa. Arvokkaan hiekan haluttu orgaanisen aineen määrä on < 3 % ja vettä on alle < 10 %. Hyvin puhdistettu hiekka voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi tienrakennuksessa, jolloin voidaan välttyä hävittämiskustannuksilta. (Huber n.d.)

3 JÄTEVESIRASVA

Hiekan lisäksi jätevedessä on rasvaa; rasva ei liukene veteen ja tyypillisesti kelluu yhtenä patjana jäteveden päällä. Jätevesirasva on viemäriverkostolle suuri haitta johtuen rasvan kyvystä tukkia putkia. Rasva kiinnittyy putkien seinämiin hyvin tiukasti ja samanaikaisesti muodostaa rasvalauttoja tai ”rasvavuoria” pumppaamoille. Rasvasta aiheutuvat tukkeumat aiheuttavat vuosittain suuria kustannuksia viemäriverkoston ylläpidossa. (Engelhaupt, 2017)

3.1 Koostumus

Jätevesirasva koostuu eri komponenteista kuten rasvoista, öljyistä ja eläinrasvoista. Jätevedessä kuin myös puhtaassakin vedessä rasvat, öljyt ja eläinrasvat alkavat jähmettymään klonteiksi. Lopulta pienet klöntit muodostavat suuria rasvalauttoja. Muodostuneet rasvalautat ovat hyvin pehmeitä, kuin hyytelömäisiä ja rikkoutuvat helposti, mutta jätevedessä

olevan kiintoaineen avulla rasvklöntit sitoutuvat toisiinsa yhä paremmin muodostaen suuria ja kestäviä klönttejä. (Engelhaupt, 2017)

Jätevedessä oleva rasva on peräisin lihasta, leivonnaisista, maitotuotteista, erilaisista öljyistä, voista, laardeista sekä myös kosmetiikasta ja kylpyhuoneen erilaisista tuotteista kuten saippuoista. (Niagara Falls Canada n.d.)

3.2 Jatkojalostus

Jätevesirasva pystytään ”hyötykäyttämään” edellyttäen, että siitä on poistettu ylimääräinen kiintoaine. Jäljelle jää pelkkä rasva, joka on orgaanista ainetta ja soveltuu erittäin hyvin kaasun tuotantoon. Suomessa esimerkiksi Gasum ottaa vastaan jätevedestä peräisin olevaa rasvaa, josta mädättämällä valmistetaan kaasua kansalaisten käytettäväksi.

4 LAINSÄÄDÄNNÖN VAIKUTUS JÄTEVESIHIEKAN JA -RASVAN VÄLIVARASTOINTIIN

Jätevedestä peräisin oleva orgaaninen sekä epäorgaaninen aine luokitellaan ongelmajätteeksi, tällöin vain ja ainoastaan jätteiden käsittelylaitokset ottavat näitä aineita vastaan. Paroisten puhdistamolla jätevesihiekan ja -rasvan välivarastointitoimintaa ohjaa Ympäristönsuojelulaki 527/2014 ja Jätelaki 646/2001. Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on suojella ympäristöä pilaantumiselta ja ehkäistä pilaantumisesta aiheutuvaa vaaraa luonnolle ja siellä liikkuville henkilöille. Jätelain tarkoituksena on myös turvata henkilöitä jätteiltä ja jätehuollosta syntyviltä vaaroilta sekä suojella luontoa sille haitallisilta jätteiltä ja luoda toimiva jätehuolto. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014; Jätelaki 646/2001.)

Jätelaki velvoittaa jätteen (jätevesihiekan ja -rasvan) etusijajärjestyksen noudattamista. Etusijajärjestyksen avulla pyritään vähentämään syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta, mutta jätevesihiekan ja -rasvan osalta se on lähes mahdotonta. Jätteen haltijan (HS-Vesi, Paroisten puhdistamo) on valmistettava jätevesihiekka ja -rasva uudelleenkäyttöä tai kierrätystä varten. Jätevesirasvan osalta uudelleenkäyttö kaasuntuotannossa on mahdollista ja hiekka pystytään hyötykäyttämään esimerkiksi tiestön rakentamisessa. Mikäli hyötykäyttö hiekan osalta ei ole mahdollista, hiekka on lopukäsiteltävä. Jätelain etusijajärjestyksen lisäksi jätevesihiekan ja -rasvan osalta valmistajaa velvoittaa Ympäristönsuojelulain selvilläolovelvollisuus. Selvilläolovelvollisuuden vuoksi toiminnanharjoittajan (HS-Veden) on oltava selvillä välivarastoinnin toiminnan ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä, niiden kontrolloimisesta ja haitallisten vaikutusten vähentämisen

mahdollisuuksista. Välivarastointi on täten järjestettävä niin, että ympäristön pilaantuminen on mahdollista ehkäistä jo ennakolta. Mikäli pilaantumista ei ole mahdollista ehkäistä täysin, se on rajoitettava mahdollisimman pieneksi. Tämän lisäksi toiminnanharjoittajan on rajoitettava välivarastointin yhteydessä syntyvien päästöjen pääsyä ympäristöön ja viemäriverkostoon mahdollisimman vähäiseksi. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014; Jätelaki 646/2001.)

Ympäristönsuojelu- ja jätelaki sallivat välivarastoinnin edellyttäen, että ympäristö ja siinä liikkuvat henkilöt, eli tässä tapauksessa Paroisten puhdistamon henkilökunta, eivät altistu hiekan ja rasvan tuottamille vaaroille. Välivarasto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle Paroisten puhdistamon nykyistä esikäsittelyvaihetta. Välivarasto tulee olemaan puhdistamon aitojen sisäpuolella, lisäksi välivarasto tulisi ympäröidä vielä omalla aitauksella. Aitaukseen sijoitetaan varoituskytinit, jotka ilmoittavat alueesta, miten sen sisäpuolella toimitaan ja mitä siellä varastoidaan. Välivaraston alue on asfaltoitu ja viemäroity sekä asfalttiin tehty huomioväreillä viivat, jotka ilmoittavat kuormien purkupaikat.

Paroisten jäteveden puhdistamon nykyinen esikäsittelyvaihe ei pysty käsittelemään suuria määriä hiekka- ja rasvakuormia, tämän vuoksi hiekka- ja rasvakuormat on toimitettu suoraan loppusijoituskohteisiin. Välivarastointia ei ole ollut käytössä, alueen tilat kuitenkin mahdollistavat välivarastoinnin. Pieniä määriä hiekkaa ja rasvaa pystytään käsittelemään, pienet määrät muodostuvat sakolietteestä eli yhdyskuntajätteestä. Sakolietekuormat puretaan Paroisten esikäsittelyvaiheeseen, jossa sakoliete virtaa kiviloukun lävitse, johon suuremmat kivet jäävät ja hienompi aines jatkaa matkaa mekaaniseen puhdistukseen.

Mekaaninen puhdistus erottaa ensimmäisessä prosessin vaiheessa kolmen väljän avulla kiintoaineet jätevedestä kuten suurehkot kivet ja rasvan, joka jäteveden pinnalla kelluu. Mikäli esikäsittelyyn päättyy suurempi määrä hiekkaa tai rasvaa, se voi tukkeuttaa välppien levynauhat ja kanavat, mistä jätevesi pääsee kulkeutumaan prosessin seuraavan vaiheeseen. Mikäli reiät tukkeutuvat, välppien kanavien pinnankorkeudet nousevat ja tulvivat yli.

Välppäyksen jälkeen tapahtuu varsinainen hiekanerotus. Välppien lävitse päässyt hienompi hivenaines johdetaan hiekanerotusaltaisiin. Hiekanerotusaltaat ovat kartionmuotoiset, missä maan painovoima ja pyörivä veden liike pakottaa hiekan painumaan altaan pohjalle, josta pumppu siirtää vesihiekkaseoksen hiekanpesurille. Hiekanpesuri pesee hiekan ja siirtää sen ruuvin avulla hiekkalavalle, jonka jälkeen pesty hiekka siirretään kuormauton lavalle jatkokäsittelyä varten.

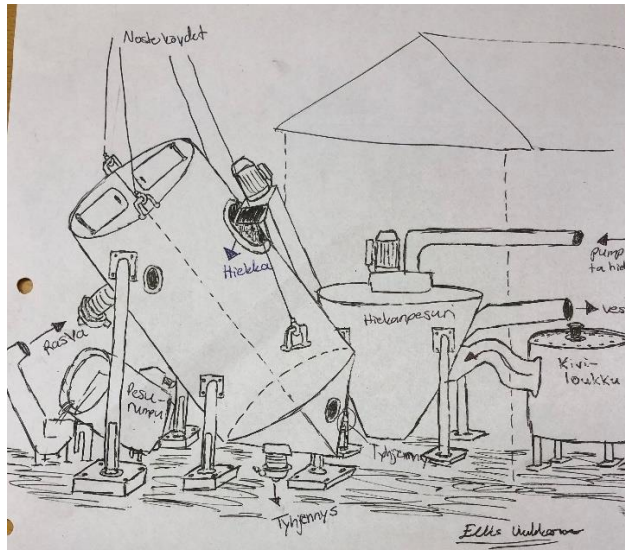
5 VAIHTOEHDOT HIEKAN JA RASVAN VÄLIVARASTOINNIN TOTEUTTAMISEKSI PAROISTEN PUHDISTAMON ALUEELLA

Välivarastoinnin tarkoituksena on varastoida esikäsiteltyä jätevesihiekkaa ja -rasvaa niin, että kustannuksia pystytään pienentämään, saadaan hiekka ongelmajätteestä hyötykäyttäväksi ja rasva viemäriverkosta pois sekä mahdollisesti jatkojalostettavaan muotoon. HS-Veden toiminta-alueelle jätevesihiekkaa kertyy eniten pumppaamoihin sekä Paroisten puhdistamon välppien aumoihin. Vuositasolla hiekkaa lähetetään jätteenkäsittelylaitoksiin käsiteltäväksi 17,7 tonnia ja jätevesirasvaa 1,78 tonnia. Jätevesirasvaa tulee jäteveden puhdistamolle viemäriverkoston kautta, määrät ovat kuitenkin pieniä. Suurimmat rasvakuormat tulevat pumppaamoilta, joihin rasvaa kertyy huomattavasti enemmän. Pumppaamot puhdistetaan ja pestään 2–3 kuukauden välein, jolloin ehkäistään mahdollisia jätevesiverkoston tukkeutumisia. Rasvakuormat imetään paineimuautojen kyytiin ja toimitetaan käsittelylaitokseen esimerkiksi Fortumille.

Välivaraston valmistusmateriaalin tulee olla erilaisia olosuhteita ja kulu- tusta kestävä. Materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs, koska se ei ruostu ja se on erinomaista käyttöä kosteissa, likaisissa ja märissä olosuhteissa. Välivaraston yhteydessä on hiekan ja rasvan esikäsitteilylaitte, jonka lävitse rasva- ja hiekkakuormat johdetaan. Välivaraston ideaali sijaintipaikka on mahdollisimman lähellä tai integroituna jo olemassa olevaan esikäsitteilyvaiheeseen, koska tällöin ei tarvitse tehdä suuria rakenteellisia muutoksia putkistoihin tai kanaviin.

Välivarastolle tyhjennetään pumppuautojen käsitellyt kuormat, jotka sisältävät hiekkaa ja rasvaa. Siilonmallinen välivarasto koostuu rakenteellisesti ulko- ja sisäkuoresta. Sisäkuori on jaettu kahteen eri osastoon, jotka on selkeästi merkattu, hiekkalle ja rasvalle omat osastonsa. Välivarasto tulee olemaan ulkomuodoltaan siilon muotoinen, mutta se on käännetty ylösalaisin, jotta välivaraston tyhjentäminen onnistuisi vaivattomasti. Välivaraston suositeltava koko ja tilavuus laskettiin rakennusmateriaalien las- kuriohjelmalla ja vuosittaisten hiekka- ja rasvamäärien perusteella. Väliva- raston kokonaistilavuudeksi saatiin 51,3 m³ eli 51 303 litraa. Se on halkai- sijaltaan 3,5 m ja pituudeltaan 7 m. (Zhitov n.d.)

Siilomallisessa (Kuva 1, s. 6) välivarastossa on oltava sopiva kaltevuus, jotta hiekka- ja rasvakuormat valuvat välivaraston sisäkuoren tyhjennyspäähän, eivätkä kasaannu täyttöpäähän estämään tai hidastamaan uuden kuorman purkua. Suositeltava kaltevuus on vähintään 17 astetta, kaltevuus saadaan toteutettua neljän tukijalan avulla ja välivaraston paikalta nostaminen kul- jetukseen on mahdollista. Tyhjennyspäässä on hiekkalle ja rasvalle omat purkuaukkonsa. Välivaraston päälle johdetaan hiekkapesurin ruuvi, josta pesty hiekka tippuu välivarastoon. Rasvakuormat puretaan välivaraston ta- kapuolelta, yläpäästä.



Kuva 1. Hahmotelma siilonmallisesta välivarasto konseptista (Kuvan piirtäjä Eelis Liukkonen 8.9.2020)

Siilomallisen välivaraston päällä on kaksi ihmisen mentävää luukkuja, joista pystytään suorittamaan pesutoiminnot ja tarkastukset sisäkuoren osastoille. Välivaraston yhteydessä on pieni rakennus, jonka sisälle on sijoitettu hiekkapesuri, kiviloukku ja laitteiden elektroniikkaa, tai välivarasto on jo olemassa olevan esikäsitteilyrakennuksen ulkopuolella, jolloin rasvan ja hiekan esikäsitteilylaitteet ovat esikäsitteilyrakennuksen sisällä osana prosessia.

Siilomallisen välivaraston sijasta välivarastoksi soveltuu myös kuorma-auton lava, joka on mahdollista sulkea ja avata. Lavan sekä siilomallisen välivaraston tulee olla teetettyjä, jotta vaaditut kriteerit, kuten esimerkiksi hajuhaitat täyttyvät, sekä molemmat konseptit ovat Ympäristönsuojelulain 527/2014 ja Jätelain 646/2001 mukaisia.

Välivaraston ympäristö tulee olemaan asfaltoitu ja viemäroity, sillä tarkoituksena on estää hiekka- ja rasvakuormien pääsy ympäristöön. Hiekka- ja rasvakuormista tulee myös mahdollisia hajuhaittoja. Hajuhaittojen estämiseksi välivarastolle asennetaan hiilisuodattimia, suodattimet sijoitetaan täyttö-, purku- ja tyhjennyspäihin sekä huoltoluukkujen kohdalle, tällöin hajuhaitat saadaan minimoitua. Välivaraston yhteydessä on myös vesipiste, jonka avulla mahdolliset valumat voidaan pestä takaisin viemäriin ja saadaan pidettyä alue mahdollisimman puhtaana, mikä edistää henkilökunnan terveyttä ja ympäristön puhtautta.

Alueella työskenteleville pidetään perehdytys alueen säännöksistä ja työskentelytavoista, tähän kuuluvat myös paineimuautojen kuljettajat, jotka pääsääntöisesti hiekka- ja rasvakuormia kuljettaisivat Paroisten puhdistamolle.

6 VAIHTOEHDOT JÄTEVESIHIEKAN JA -RASVAN ESIKÄSITTELYLLE

Tässä luvussa käsitellään jätevesihiekan ja -rasvan esikäsittelylaitteita. Esikäsittelylaitteiden sopivuuksia ja tietoja tarkasteltiin laitevalmistajien nettisivuilta sekä konsultoimalla laitevalmistajien henkilökuntaa. Vaihtoehtoisten esikäsittelylaitteiden tarkoituksena on muodostaa toimiva kokonaisuus. Esikäsittelykokonaisuus muodostuu kahdesta tai yhdestä esikäsittelylaitteesta, laitteet, jotka muodostavat esikäsittelykokonaisuuden ovat Pesurumpu RoSF9, Hiekanpesuri Coanda RoSF4, ROTAMAT Kompakti esikäsittelylaite Ro 5 ja Geobox-yksikkö.

Jätevesihiekka ja -rasva on esikäsiteltävä ennen välivarastointia, koska välivarastoon johdetaan käsitelty hiekka ja rasva. Rasva- ja hiekkakuormat tulevat edellä mainituista pumppaamoista, joista paineimuautot imevät hiekka- ja rasvakuormat kyytiin. Ongelmana on hiekan ja rasvan sekoittuminen, koska paineimuautoilla on mahdotonta erottaa hiekka ja rasva toisistaan. Kuormien saapuessa Paroisten puhdistamolle hiekka ja rasva ovat sekoittuneet keskenään. Sekoittumisen takia rasva- ja hiekkakuormat esikäsitellään ennen välivarastointia.

6.1 Pesurumpu RoSF9

Pesurummun (Kuva 2.) tehtävänä on erottaa karkea materiaali eli suuret partikkelit (> 10 mm) jätevedestä, koska hyvin usein pumppaamoista saadaan imettyä hyvin suuria kiviä ja muuta sinne kuulumatonta. Erotus tapahtuu rei'itetyn seulakorin avulla. Kun suurin osa karkeasta materiaalista on saatu "seulottua", jäljelle jää pienempi ainemäärä, joka on suurilta osin mineraaliainesta. Erotettu karkea aines kuivataan ja poistetaan karkean materiaalin säiliöön. (Huber n.d.a)



Kuva 2. Pesurumpu RoSF9 (Huber n.d.a)

6.2 Hiekanpesuri Coanda RoSF4

Hiekanpesuri Coanda (Kuva 3.) käyttää hyödykseen Coanda-ilmiötä. Ilmiön avulla pystytään lajittelemaan materiaaleja, välivarastoinnin osalta hiekkaa ja rasvaa. Hiekanpesuriin syötetään pesurummusta tullut mineraalaines, joka sisältää hiekkaa ja orgaanista ainetta, rasvaa. Hiekanpesuri on kartionmuotoinen ja tämän muodon ansiosta on saatu luotua pyörrekammio. Kammioon syötetään veden, rasvan ja hiekan sekoitus, jolloin virtaukseen syntyy pyörivää liikettä. Sekoitus virtaa alaspäin kohti trumpetin muotoista Coanda Tulipia. Trumpetin suu muodostaa kammion keskelle aukon, joka toimii ilmanottoaukkona. Coanda Tulip on laitteen niin kutsuttu ”sydän” eli ydin, jossa hiekan ja rasvan erotus tapahtuu. (Huber n.d.b)

Hiekka laskeutuu painovoiman ja virtauksen hidastumisen myötä ytimeen, rasva puolestaan nousee pinnalle ja siirtyy ylivuodon kautta orgaanisen aineen poistoon. Hiekasta ei kuitenkaan irtoa kaikki orgaaninen aines pyörrekammiossa, joten loppu erotus tapahtuu ytimessä. Ytimessä on hiekkapeti, joka takaa erinomaisen pesutuloksen. Hiekkapetiin johdetaan pesuvettä, mikä aiheuttaa hiekkakiteille hankaavaa liikettä irrottaen lopun orgaanisen aineen. Pesty hiekka siirretään hiekanpesurin ruuvilla avustuksella säiliöön, ruuvi kuivaa hiekan staattisesti. Hiekasta erotettu rasva päätyy orgaanisen aineen poistosäiliöön, joka tyhjennetään automaattisesti, kun säiliö on täynnä. (Huber n.d.b)

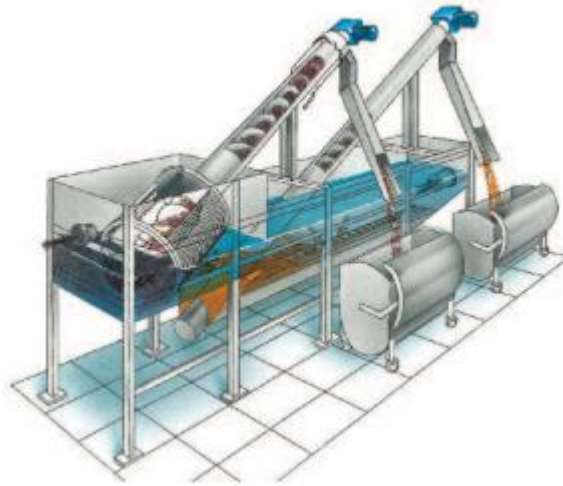


Kuva 3. Hiekanpesuri Coanda RoSF4 (Huber n.d.b)

6.3 ROTAMAT Kompakti esikäsitteilylaitte Ro 5

Hiekanpesurin ja pesurummun sijasta rasvan ja hiekan esikäsitteilyssä on mahdollista käyttää kompaktia esikäsitteilylaitetta Ro 5 (Kuva 4, s. 9). Laitteessa on yhdistettynä välppäys, välppöön käsittely, hiekan erotus ja käsittely sekä rasvan erotus ja poisto. Ro 5 vastaa pienemmässä mittakaavassa Paroisten puhdistamon esikäsitteilykokonaisuutta. Hiekka- ja rasvakuormien käsittely aloitetaan välppäyksellä, esikäsitteilykokonaisuuteen on mahdollista valita 5 eri välppämallia. Välppäyksen jälkeen hienempi mineraalaines eli hiekka ja rasva jatkaa laitteen seuraavaan vaiheeseen, välpejäte

puolestaan ohjataan kuivuriin ja puristimeen. Välpeen kuiva-ainepitoisuus (TS) on 45—50 %, tällöin välpe on erinomainen polttoaine. Hiekka ja rasva kulkevat esikäsitteilylaitteessa ilmastettuihin hiekanerotusaltaisiin. Ilmastuksen avulla rasva saadaan nostettua pintaan ja hiekka laskeutumaan. Altaan pohjalla on siirtoruuvi, joka kerää laskeutuneen hiekan ja siirtää sen hiekanpesurille. Rasva puolestaan kaavitaan altaan pinnalta hitaasti liikkuvan laahaimen avulla pumpulle, joka pumppaa rasvan säiliöön. Laahain on muotoiltu niin, että se poistaa kaiken kelluvan aineksen, tällöin rasvojen anaerobinen hajoaminen estyy ja epämiellyttävät hajut eliminoidaan. (Huber n.d.c)



Kuva 4. Kompakti esikäsitteilylaite ROTAMAT Ro 5 (Huber n.d.c)

6.4 Geobox

Geobox on Flowrox Oy:n valmistama siirreltävä yksikkö. (Kuva 5, s. 10) Yksiköllä pystytään prosessoimaan jäte- ja prosessilietteitä. Yksikkö on suunniteltu vedenpoistamiseen jäte-, jätevesi- ja prosessilietteistä. Yksikkö soveltuu myös käytettäväksi kiinteitä aineita sisältävän veden suodatukseen. Yksikössä on myös vesitiivis lattiarakenne tyhjennysventtiilillä varustettuna. Vesitiivis rakenne mahdollistaa suljetun ja puhtaan suodatus- ja vedenpoistoprosessin. Yksikkö soveltuu myös käytettäväksi kylmissäkin olosuhteissa, koska laite voidaan eristää ja lämmittää. (Flowrox, n.d.a)



Kuva 5. Geobox-yksikkö. (Flowrox n.d.a)

6.4.1 Toimintaperiaate

Geobox-yksikössä toiminta perustuu geotekstiilipussiin. Yksikkö toimitetaan halutulle paikalle normaalilla kuorma-autolla, mikä tekee kuljetuksesta kustannustehokasta. Kun yksikkö on asennettu paikalleen, voi suodatusprosessin aloittaa. Prosessissa Geobox-yksikössä oleva pumppu pumppaa kiintoainetta sisältävää lietettä tai vettä geotekstiilipussiin. Pussi on valmistettu niin, että se pitää kiintoaineet tehokkaasti sisällään ja samalla päästäen veden lävitse. (Flowrox, n.d.a)

6.4.2 Käyttökohteet

Geobox-yksikkö soveltuu erinomaisesti jätevesilietteiden kuivaukseen, lietteen kuivaukseen, öljyä sisältävän lietteen konsentrointiin, kiintoainesten ja epäpuhtauksien erottamiseen sekä hienoainesten erottamiseen, kuten saven ja hiekan. (Flowrox, n.d.a)

6.4.3 Hyödyt

Geobox-yksiköllä pystytään pienentämään kustannuksia, mikä perustuu vaihtolavakontin käyttömahdollisuuksiin. Yksikkö on suljettu prosessi, johon on yhdistetty käsittely ja kuljetus. Yksikkö pystyy erottamaan lähes 100 %:n tehokkuudella kuiva-ainetta vedestä. Tuotteen tilaajalla on mahdollisuus tilata Geobox-yksikkö kuukausi- tai käsittelymaksuperusteisesti.

Geobox-yksikössä käytetään LPP-D-annostelupumppua ja LPP-T-siirtopumppua. (Kuva 6, s. 11) LPP-D-annostelupumppu on suunniteltu raskaaseen teollisuuskäyttöön. Se soveltuu erittäin hyvin kiintoainetta sisältävien lietteiden, nesteiden sekä muiden kuluttavien, syövyttävien, viskoottisten ja kiteytyvien väliaineiden pumppaamiseen tai annosteluun. Annostelupumppu on hyvin energiatehokas, letkulla on huomattavasti pidempi käyttöikä verrattuna tavallisiin letkupumppuihin sekä alhaiset huoltokustannukset, jotka takaavat säästöjä käyttäjälleen. (Flowrox, n.d.b)

LPP-T-siirtopumpulla on täysin samat ominaisuudet, kuin LPP-D-annostelupumpulla, toimintaperiaate on eri. Siirtopumppu käyttää peristalttista efektiä eli rullaavaa liikettä, mikä vähentää kitkaa ja tekee pumpusta energiatehokkaan. (Flowrox, n.d.c)



Kuva 6. Geobox-yksikön pumput. (Vasemmalla yksikön LPP-D-annostelupumppu ja oikealla LPP-T-siirtopumppu.) (Flowrox n.d.b; Flowrox n.d.c)

6.5 Paroisten puhdistamon jätevedelle tehdyt suodatustestit Geobox-laitteistoa varten

Suodatustesteissä eli JAR-kokeissa ilmeni tarve kemikaloinnin selvittämiseksi, kokeet suoritettiin 3.6.2019 Flowrox Oy:n tiloissa. JAR-testin tai kokeen tarkoituksena on selvittää, kuinka jäteveden kanssa käytettävät kemikaalit reagoivat ja toimivat. JAR-kokeen avulla pystytään määrittämään tarvittava kemikaalin määrä, mikä saa jätevedessä olevat kiintoaineet sitoutumaan toisiinsa eli flokkuloitumaan, jolloin kiintoaineen erottaminen jätevedestä on huomattavasti helpompaa ja kustannustehokasta. (Tech Brief, 2005)

Kemikaloinnissa näytteisiin lisättiin eri valmistajien polymeeriä eri annoksilla. Polymeerin avulla sidottiin näytteessä oleva kiintoaine. Kokeissa kuitenkin huomattiin, että polymeerillä vain kiintoaine saatiin sidottua, mutta ei rasvaa. Rasvan sitoutumiseksi nesteestä pois polymeerin lisäksi näytteeseen piti lisätä maksimaalinen määrä, 2 000 mg/l, PAX-kemikaalia. Tuloksena saatiin haluttu kiintoaine, rasvaseos. Kun kemikalointi oli selvitetty, näyte suodatettiin uudelleen geotekstiilin lävitse ja tuloksena kiintoaine ja rasva jäivät geotekstiilin. Suodoksesta analysoitiin vielä kiintoainepitoisuus, jonka arvoksi saatiin 35 mg/l. Tuloksien perusteella suodatettava liete soveltuu käytettäväksi Geobox-yksikössä, tuloksia ei ollut mahdollista esittää tässä opinnäytetyön julkisuuden vuoksi. (Flowrox, n.d.)

Geobox-yksikköä on mahdollista käyttää vuorokauden ympäri, sen käyttökustannukset ovat alhaiset, huoltovälit ovat pitkät ja se on erinomainen kiintoainetta sisältävien lietteiden ja nesteiden prosessointiin. Se sopii erittäin hyvin jäteveden hiekan ja rasvan käsittelyyn. Pumpatessa väliaine ei sekoitu tai pilkkoudu. Pumppujen ansiosta pystytään hyvin tarkkaan anosteluun, tällöin pumppujen lävitse ei tapahdu takaisinvirtausta edes silloin, kun pumppuja ei käytetä. Geobox-yksikön huoltaminen on erittäin helppoa, pumppujen letkut ovat ainoat kuluvat osat. (Flowrox, n.d.)

7 ESIKÄSITTELYLAITTEIDEN VERTAILU

Taulukosta 1. (s. 13) havaitaan, miten esikäsittelylaitteiden ominaisuudet jakautuvat. Huber Technology Oy:n valmistamat pesurumpu, hiekanpesuri ja rotamat saavat vertailussa hyvät lähtökohdat rasva- ja hiekkakuormien esikäsittelylaitteiksi. Taulukosta nähdään myös, että Flowrox Oy:n Geobox-yksikön lähtökohdat eivät kovin korkeita lähtöarvoja saa välivaraston yhteydessä käytettävien esikäsittelylaitteiden osalta. Pohjoismaissa suosituimmat jäteveden puhdistuksessa käytettävät laitteet tulevat Huberilta, niiden korkeiden puhdistustulosten sekä luotettavuuden takia. Pesurumpua RoSF9:ää käytetään muun muassa Espoossa, Norjassa, Ruotsissa. Hiekanpesuri on hyvin yleinen HS-Veden jätevedenpuhdistamoilla. Rotmat Ro5 on puolestaan toiminnassa Rukan jätevedenpuhdistamolla. Geobox-yksikkö ei ole ollut pitkään markkinoilla. Sen vuoksi Suomessa kuten myös Paroisten puhdistamolla käyttöönottokynnys on suurempi. Paroisten jäteveden puhdistusprosessi sisältää hyvin paljon Huberin laitteita. Taulukon 1. perusteella voidaan siis todeta, että Geobox-yksikkö olisi järkevämpi tilapäiseksi ratkaisuksi, vaikka yksikköä on mahdollista käyttää jatkuvatoimisesti.

Taulukko 1. Vaihtoehtoisten jätevesihiekan ja -rasvan esikäsitteilylaitteistojen (Huber Technologies Oy:n Pesurumpu + Hiekanpesuri koostuva kokonaisuus, Rotamat kompakti esikäsitteilylaite ja Flowrox Oy:n Geobox) vertailu

Esikäsitteilylaite kokonaisuudet	1. Pesurumpu RoSF9 + Hiekanpesuri RoSF4		2. Rotamat Ro5	3. Geobox
Karkean aineksen erottaminen	+	-	-	+
Hiekan ja rasvan erottaminen	+	+	+	-
Monipuolisuus	++	+	+	+ -
Huoltoaika	-	-	--	++
Jatkuvatoiminen	+++	+++	+++	+
Käytännöllisyys	+++	+++	+	++
Varaosien saatavuus	+++	+++	-	+
Asennus	+	+	--	+++

Sanalliset kuvaukset laitteiden ominaisuuksista:

- + hyvä
- ++ oikein hyvä
- +++ erittäin hyvä
- melko huono
- huono
- erittäin huono

Geobox-yksikköä on mahdollista käyttää vuorokauden ympäri, käyttökustannukset ovat alhaiset ja huoltovälit ovat pitkät. Se on erinomainen kiintoainetta sisältävien lietteiden ja nesteiden prosessointiin, eli se sopii erittäin hyvin jäteveden hiekan ja rasvan käsittelyyn. Pumpattaessa väliaine ei sekoitu tai pilkkoudu. Geobox-yksiköllä pystytään hyvin tarkkaan annosteluun pumppujen ansiosta, tällöin pumppujen lävitse ei tapahdu takaisinvirtausta edes silloin, kun pumppuja ei käytetä. (Flowrox, n.d.a)

Geobox-yksikön huoltaminen on erittäin helppoa, pumppujen letkut ovat ainoat kuluvat osat. Geobox-yksikön ongelmaksi koituu hiekan ja rasvan sekoittuminen keskenään sekä korkea käyttöönottokynnys, koska hiekka- ja rasvakuormissa voi suurellakin todennäköisyydellä olla suuria kiviä tai hyvin tiiviitä rasvapaakkuja. Suuremmat kivet tai tiiviit rasvapaakut mahdollisesti tukkivat annostelu- ja siirtopumpun, huolimatta laitteen varmastat toimintaperiaatteesta. (Flowrox, n.d.)

Välivarastokokonaisuus puolestaan on huomattavasti kalliimpi ja suurempi konsepti, mutta pitkänajan tähtäimellä se on järkevämpi toteutus, koska hiekka ja rasva ei jätevedestä tule loppumaan. Välivarastokokonaisuudella saadaan hiekka ja rasva erotettua toisistaan, mikä tarkoittaa myös sitä,

että esimerkiksi Gasum pystyisi hyödyntämään rasvan kaasuntuotantoon ja hiekka pystytään käsittelemään jo olemassa olevilla menetelmillä. Väli-varastointi kokonaisuutenaan on yhtä toimintavarma tai toimintavarmempi kuin Geobox, huolimatta sen monimutkaisemmasta prosessista. Huber on suunnitellut väli-varastoinnin yhteydessä käytettävät laitteet niin, että myös niiden huoltaminen on helppoa, vaikka kuluvia osia on huomattavasti enemmän.

Huberin prosessilaitteita pystytään myös hyödyntämään Paroisten jäteveden puhdistusprosessin yhteydessä, Geobox-yksikköä ei pystyisi yhtä hyvin hyödyntämään, koska yksikkö ei erota mineraaleja eikä myöskään puhdistaa erotettua massaa. Yhteenvetona voidaan todeta, että Huberin tuottamat laitteet muodostaisivat monipuolisemman kokonaisuuden kuin Flowrox Oy:n Geobox-yksikkö.

8 JÄTEVESIHIEKAN JA -RASVAN LABORATORIOANALYYSIT

Laboratorioanalyysien tarkoituksena oli selvittää hiekassa ja rasvassa olevan orgaanisen ja epäorgaanisen aineen määrät hehkutushäviön avulla. Määrittämisavun avulla oli tarkoitus nähdä, millaista rasvaa ja hiekkaa jätevedessä on sekä syventää olemassa olevaa tietoa. Määrittämiin tarvittavat kerta-äytteet otettiin 7 eri kohteesta HS-Veden toiminta-alueelta, näyttemäärät olivat 50–100 g/näytepurkki. Kerta-äytteet otettiin käsin, apuna käytettiin 2,5 metrin mittaista näytteenottokouraa.

Näytteet otettiin 23.3.2020, klo 8.00–14.00 välisellä ajanjaksolla, viidestä pumppaamo-kohteesta sekä Paroisten puhdistamolta. Rasvanäytteitä oli 5 kappaletta ja hiekanäytteitä 2 kappaletta. Näytteet otettiin pumppaamo-pesujen yhteydessä. Rasvanäytteitä oli enemmän, koska rasva oli helpompaa kerätä pumppaamoista johtuen rasvan kelluvuudesta ja pumppaamojen seinämiin tarrautumisesta.

Hiekan saanti puolestaan osoittautui vaikeammaksi, koska hiekkaa ei ollut kertynyt pumppaamoihin suurempia määriä eikä pesujen yhteydessä käytettävällä paineimuautolla ole mahdollisuutta imeä vain hiekkaa tai rasvaa. Hiekan vähyyden vuoksi toinen hiekanäytteistä otettiin Paroisten puhdistamon esikäsitteystä, minne hiekkaa kertyy huomattavasti enemmän ja hiekka on samaa kuin pumppaamoista saadaan.

Näytteiden analysoinnin suoritti Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry eli KVVY, koska Paroisten puhdistamon laboratorion laitteistolla ei ollut mahdollista tehdä vaadittavia analyysejä. Näytteistä analysoitiin rasvan ja hiekan orgaaninen ja epäorgaaninen aines. Taululukon 2 (s. 15)

tulosten perusteella voidaan todeta, että pumppaamoihin kertyvä rasva sisältää orgaanista ainetta enemmän kuin epäorgaanista ainetta, koska näytteistä jääneen tuhkan (epäorgaanisen aineen) määrät ovat huomattavasti pienemmät kuin hehkutushäviön arvot (orgaanisen aineen). Jätevedestä peräisin olevan hiekan tulokset ovat päinvastaiset verrattuna rasvan tuloksiin, mikä tarkoittaa sitä, että jätevesihiekka sisältää sekä epäorgaanista ainetta että orgaanista ainetta. Hiekan sisältämän orgaanisen aineen vuoksi hiekan on käytävä esikäsitellyssä hiekanpesurin pesuohjelman lävitse ennen loppusijoitusta.

Taulukko 2. Jätevesihiekan ja -rasvan laboratorioanalyysitulokset

Näytteet		Rasvanäytteet					Hiekanäytteet	
Määrittäminen	Yksikkö	20503	20504	20505	20506	20507	20508	20509
*Hehkutushäviö	g/kg tp	240	160	480	330	460	110	36
*Kuiva-aine	%	26,2	16,9	48,2	35,5	47,8	22,8	73,5
*Kuiva-aine	g/kg	262	169	482	355	478	228	735
*Hehkusjäännös	g/kg tp	19	12	5	23	16	123	700

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA

Kesän 2020 aikana saatiin tuloksia jäteveden hiekan ja rasvan välivarastointiin Paroisten jäteveden puhdistamon alueella ja vastaukset opinnäytetyön viiteen tutkimuskysymykseen. Nyt tiedetään, että jätevesihiekka on peräisin eri sedimenttien valumisesta viemäriin sekä ihmisten toiminnan pohjalta hiekan päätyminen viemäriin, kuten hiekoitushiekan. Jätevesirasva on peräisin ihmisten toiminnasta, kotitalouksista ja teollisuudesta. Jätevesihiekasta ja -rasvasta saatiin myös selville, että Hämeenlinnan Seudun Veden puhdistamolle kertyvä rasva sisältää vähintään 95 % orgaanista ainetta, mikä mahdollistaa rasvan hyötykäytön esimerkiksi kausun tuotannossa. Jätevesihiekka sisältää vähintään 90 % epäorgaanista ainetta, joten hiekka on pestävä hiekanpesurilla ennen loppusijoitusta. Vuositasolla jätevesihiekkaa kertyy Hämeenlinnan Seudun Veden toiminta-alueelle noin 18 tonnia ja rasvaa 1,8 tonnia.

Ympäristö- sekä jätelaki mahdollistavat välivarastoinnin Paroisten jäteveden puhdistamon alueella edellyttäen, että jätevesihiekka ja -rasva ei tuota

vaaraa ympäristölle ja siinä liikkuville henkilöille ja eläimille. Lisäksi on noudatettava jätelain etusijajärjestystä ja Ympäristölain selvilläolovelvollisuutta. Näiden lisäksi Paroisten puhdistamon on ilmoitettava Aluehallintovirastolle välivarastoinnin perustamisesta, jotta on mahdollista hakea muutoksia Paroisten puhdistamon ympäristölupaan.

Järkevimmät ja käytännöllisimmät jätevesihiekan ja -rasvan esikäsittelylaitteet tulisivat Huberilta, koska ne ovat erittäin monipuolisia, luotettavia ja niitä pystytään hyödyntämään nykyisen Paroisten jäteveden puhdistusprosessin yhteydessä tai on mahdollista tehdä uusi prosessin osa. Esikäsittelylaitteet ovat Pesurumpu RoSF9 ja Hiekanpesuri RoSF4.

Välivarastoinnin ja esikäsittelylaitteiden käyttöönotto tulee olemaan todennäköinen, mutta käyttöönotto tapahtuisi vasta muutaman vuoden kuluessa johtuen Paroisten puhdistamon tulevasta laajennuksesta. Tämän lisäksi suunnitelmia, kustannusarviota ja rakennussuunnitelmia tullaan vielä tarkastelemaan HS-Veden yhtiön sisäisessä toiminnassa sekä Aluehallintoviraston toimesta.

LÄHTEET

Engelhaupt, E (2017). Huge Blobs of Fat and Trash Are Filling the World's Sewers. Haettu 3.2.2020 osoitteesta <https://www.nationalgeographic.com/news/2017/08/fatbergs-fat-cities-sewers-wet-wipes-science/>

Flowrox Oy (n.d.a). Flowrox Geobox-vaihtolavayksikkö jäte- ja prosessilietteiden kuivaamiseen. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://flowrox.com/fi/tuote/flowrox-geobox/>

Flowrox Oy (n.d.b). LPP-D pumpput annostelukäyttöön. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <https://flowrox.com/fi/tuote/lpp-d-annostelupumput/>

Flowrox Oy (n.d.c). LPP-T siirtopumput väliaineiden siirtoon. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <https://flowrox.com/fi/tuote/lpp-t-siirtopumput/>

Huber Technology Waste Water Solutions (n.d.). Hiekan käsittely. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://www.huber.fi/Hiekan-kaesittely.htm>

Huber Technology Waste Water solutions (n.d.a). Rotamat Pesurumpu RoSF9/ RoFAS. Haettu 2.6.2020 osoitteesta <https://www.huber.fi/ROTAMAT-Pesurumpu-RoSF9-RoFAS-2.htm>

Huber Technology Waste Water Solutions (n.d.b). Hiekanpesuri RoSF4. Haettu 2.6.2020 osoitteesta <https://www.huber.fi/Hiekanpesuri-RoSF4.htm>

Huber Technology Waste Water Solutions n.d.c). ROTAMAT Kompakti esikäsittelylaite Ro 5. Haettu 15.6.2020 osoitteesta <https://www.huber.fi/ROTAMAT-Kompaktilaite-Ro5.htm>

Jätelaki 646/2011. Haettu 18.2.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>

Niagara Falls Canada (n.d.). How Fats, Oils and Grease Affect the Sewer System. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://niagarafalls.ca/city-hall/municipal-works/fat-oil-grease.aspx>

Tech Brief (2005). Jar Testing. Zane Satterfield, P.E. Haettu 3.8.2020 osoitteesta http://www.waterhelp.org/wv/basics/resources/TB32_JarTesting.pdf

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Haettu 18.2.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Zhitov (n.d.). Säiliön tilavuuden laskeminen. Haettu 10.2.2020 osoitteesta <http://www.zhitov.ru/fi/tank1/>

