



**SAVONIA**

# **Kiintoaineen poiston tehostaminen kiekkosuodatuksella Iisalmen jätevedenpuhdistamolla**

**Miia Rytönen**

Opinnäytetyö

---

**Ammattikorkeakoulututkinto**



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Miia Rytönen	
Työn nimi Kiintoaineen poiston tehostaminen kiekkosuodatuksella Iisalmen jätevedenpuhdistamolla	
Päiväys 9.5.2012	Sivumäärä/Liitteet 70+6
Ohjaaja(t) yliopettaja Pasi Pajula	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Iisalmen Vesi	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Jätevedenpuhdistamoille asetetaan ympäristöluvissa raja-arvot, jotka tulee saavuttaa jäteveden puhdistusprosessissa, ennen puhdistetun veden purkamista vesistöön. Lupa-arvot ovat vuosien saatossa kiristyneet ja niitä tullaan tulevaisuudessakin kiristämään. Yksi vaihtoehto vastata tiukentuneisiin puhdistusvaatimuksiin on soveltuvan jälkikäsitteilymenetelmän lisääminen puhdistusprosessin loppuun. Tiukentuneet puhdistusvaatimukset koskevat yleensä orgaanisen aineen, fosforin tai typpiyhdisteiden poistotehokkuutta. Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia kiintoaineen poiston tehostamista puhdistetusta jätevedestä Iisalmen jätevedenpuhdistamolla. Puhdistamolla on ongelmana kiintoaineen karkaaminen jälkiselkeytyksestä, mistä johtuu, ettei puhdistamolle ympäristöluvassa asetettuja raja-arvoja saavuteta.</p> <p>Puhdistamolla tutkittiin kiekkosuodattimen soveltuvuutta valittavaksi jälkikäsitteilymenetelmäksi tehostettaessa kiintoaineen ja kokonaisfosforin poistoa. Puhdistamolle sijoitettiin kiekkosuodatukseen perustuva koelaitteisto, joka vastasi toimintaperiaatteeltaan vastaavaa täyden mittakaavan laitteistoa. Koeajojakso Iisalmen jätevedenpuhdistamolla suoritettiin 18- 27.5.2011.</p> <p>Ensisijaisena tavoitteena oli saavuttaa kiekkosuodatuksella 10 mg/l kiintoaineenpitoisuus ilman jälkikemikalointia. Tämä tavoitearvo asetettiin aikaisempien havaintojen perusteella, joissa oli huomattu, että kokonaisfosforin raja-arvo 0,4 mg/l saavutetaan, kun puhdistetun jäteveden kiintoainepitoisuus alittaa 10 mg/l. Koeajon perusteella voitiin todeta, että tämä kiintoainetaso saavutettiin kiekkosuodattimella vasta tehostettaessa prosessia voimakkaalla kemikaloinnilla. Työn kirjallisuusosiossa perehdyttiin kiekkosuodatukseen ja tutustuttiin toteutettuihin kiekkosuodatuskokeiluihin tai olemassa oleviin kiekkosuodatusta käyttäviin laitoksiin.</p>	
Avainsanat kiekkosuodatus, jätevedenpuhdistus, kiintoaine, kokonaisfosfori, tertiäärikäsittely	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Miia Rytönen			
Title of Thesis Intensifying the Removal of Suspended Solids with Disc Filter at Iisalmi Wastewater Treatment Plant			
Date	9 May 2012	Pages/Appendices	70+6
Supervisor(s) Mr Pasi Pajula Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Iisalmen Vesi			
<p><b>Abstract</b></p> <p>Environmental permits set limits for wastewater treatment plants that must be achieved before the treated water can be discharged. The limits have become tighter over the years and they will be tightened in the future. One option to respond to the stricter demands of treatment is to add a suitable after treatment method to the end of the cleaning process. Stricter requirements usually concern the removal efficiency of the organic material, phosphorous or nitrogen compounds. The aim of this thesis was to study the efficiency of the removal of solids from the purified waste water in the treatment plant of Iisalmi. The treatment plant has a problem with solids escaping from the secondary settling basin, with the result that the treatment plant cannot reach the environmental permit limits.</p> <p>First literature was studied to find out about the former disc filtration experiments and water plants who are using disc filtration. Secondly at the treatment plant it was studied if a disc filter could be a suitable after treatment method and could enhance the removal of the total suspended solids and phosphorus. A disc filter pilot-system was placed at the treatment plant whose function is similar to the equivalent full scale system. The test period at the Iisalmi wastewater treatment plant was performed during the period of 18 to 27 May 2011.</p> <p>The primary objective was to achieve the 10 mg / l content of suspended solids with disc filtering without using chemicals. This target value was set based on previous observations, where it was found that the limit value of 0.4 mg / l of total phosphorus is achieved when the content of suspended solids in the purified waste water is below 10 mg / l. Based on the test drives it could be concluded that this was achieved with the disc filter only if the process was enhanced with big doses of chemicals.</p>			
<p><b>Keywords</b> disc filtration, wastewater treatment, solids, total phosphorus</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	8
2	JÄTEVEDEN TERTIÄÄRIKÄSITTELYN MENETELMÄT .....	10
2.1	Flotaatio .....	10
2.2	Suodatusmenetelmät .....	12
2.2.1	Hiekkasuodatus.....	12
2.2.2	Suodatinkankaat ja –viirat.....	13
2.2.3	Kalvosuodatus .....	14
3	KIEKKOSUODATUS JÄTEVEDENKÄSITTELYSSÄ.....	15
3.1	Kiekkosuodattimen toimintaperiaate .....	15
3.2	Esimerkkejä kiekkosuodattimen käytöstä jäteveden puhdistamisessa .....	17
3.2.1	Baix Llobregaatin jätevedenpuhdistamo Espanjassa .....	18
3.2.2	Store Merlösen Tanskassa.....	19
3.2.3	Merced Kalifornia USA .....	19
3.2.4	Lapuan jätevesi Oy Suomi.....	21
4	IISALMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON KIEKKOSUODATUSTUTKIMUS .....	23
4.1	Tutkimuksen taustat ja tarve .....	23
4.1.1	Koelaitteiston valinta .....	24
4.1.2	Koeajon tavoitteet.....	25
4.2	Tutkimussuunnitelma .....	26
4.3	Koeajot.....	27
4.3.1	Valmistelevat toimenpiteet .....	27
4.3.2	Laitteiston toiminta.....	29
4.3.3	Näytteidenottopaikat ja välineet .....	37
4.3.4	Näytteiden säilytys ja kuljetus analysoitavaksi.....	38
4.3.5	Kemikaalit .....	38
4.3.6	Koeajo-ohjelma.....	40
4.3.7	Koeajojen toiminnot ja kulku päivittäin.....	42
5	TUTKIMUSTULOKSET .....	45
5.1	Yleiskuva koeajoista.....	46
5.2	Tulosten tarkastelu koeajojaksoittain.....	50
5.2.1	Kiekkosuodatuksen tehokkuus ilman lisäkemikalointia.....	50
5.2.2	Polymeroinnin vaikutukset .....	53
5.2.3	Saostuksen vaikutukset.....	54
5.2.4	Saostuksen ja polymeroinnin yhteisvaikutus .....	56
5.3	pH:n säätö.....	59

5.4 Tulosten yhteenveto.....	59
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	62
LÄHTEET .....	68

## LIITTEET

- Liite 1 Puhdistamon prosessikaavio
- Liite 2 Koelaitteisto lisättynä puhdistamon prosessikaavioon
- Liite 3 Alkuperäinen tutkimussuunnitelma Aquafloolta
- Liite 4 Näytteenottosuunnitelma
- Liite 5 Näytelähete
- Liite 6 Mittauspöytäkirja koeajoista ja tuloksista

# 1 JOHDANTO

Jäteveden puhdistaminen on tärkeää, koska muuten puhdistamoiden purkuvesien mukana vesistöihin päätyy ravinteita, jotka lisäävät vesistöjen rehevöitymistä. Lisäksi puhdistamaton jätevesi sisältää biologisesti hajoavaa orgaanista ainetta, joka vesistöön päästessään voi aiheuttaa liuenneen hapen loppumisen vesistössä. Tämän vuoksi jätevedenpuhdistamoille asetetaan ympäristöluvuissa raja-arvot, jotka tulee saavuttaa jäteveden puhdistamisprosessissa, ennen puhdistetun veden purkamista vesistöön. Lupa-arvot ovat vuosien saatossa kiristyneet ja niitä tullaan tulevaisuudessakin kiristämään.

Vanhoille laitoksille kiristyvät puhdistusvaatimukset tuovat ongelmia, koska laitoksilla ei välttämättä ole edellytyksiä saavuttaa uusia lupa-arvoja ilman mittavia uudistustoimenpiteitä. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että laitos on aikoinaan suunniteltu huomattavasti pienemmille vesimäärille, kuin mitä se joutuu tänä päivänä käsittelemään tai siitä, että suunnitteluvaiheessa raja-arvot ovat olleet huomattavasti suurempia. Toiseksi vaikutuksia on myös puhdistamolle tulevan veden laadulla. Mikäli laitokselle tulee nykyään paljon teollisuuden jätevesiä ja kuormitukset prosessille kasvavat voi seurauksena olla, että laitoksen puhdistamistulokset huonontuvat. Vanhat laitokset ovat monestikin suunniteltu paljon pienemmille vesimäärille, eikä suureneviin jäteveden määriin ole osattu varautua. Jätevedenpuhdistamoiden pitäisi pystyä vastaamaan kiristyneisiin puhdistusvaatimuksiin ja suureneviin jätevesimääriin. Siksi puhdistamoita joudutaan laajentamaan tai vaihtoehtoisesti prosessia muokataan vastaamaan nykyistä tarvetta. Monille puhdistamoille on niiden saneerauksen yhteydessä lisätty jälkikäsitely, joka täydentää aikaisempaa käsitelyä parantaen laitoksen puhdistustulosta.

lisalmen jätevedenpuhdistamolla on ongelmana kiintoaineen karkaaminen puhdistetun jäteveden mukana vesistöön. Tästä johtuu, ettei puhdistamolle asetetun kokonaisfosforin lupaehdon arvoon päästä. Kokonaisfosforin lupaehto on tällä hetkellä 0,4 mg/l. Vaikka kiintoaineen luparaja alitettaisiinkin, mikä on 35 mg/l, ei fosforin luparajaa saavuteta. Laitokselta lähtevä kiintoaine sisältää runsaasti fosforia ja on havaittu, että fosforin luparaja ylittyy mikäli kiintoaineen määrä ylittää 10 mg/l.

Puhdistamolla on tehty erilaisia toimenpiteitä, jotta kiintoaineen karkaamisongelmaan löytyisi ratkaisu. Puhdistamon toimintaa on yritetty parantaa erilaisilla kemikaaleilla ja biologista prosessia tehostamalla. Näiden toimenpiteiden vaikutukset eivät ole tuoneet toivottua tulosta, joten on tullut tarpeelliseksi tutkia jälkikäsitelyn lisäämistä puhdistusprosessiin. Jälkikäsitelyn menetelmiä on useampia. Tässä työssä tutkittavana jälkikäsitelymenetelmänä on kiekkosuodatus, jota kokeillaan lialmen puhdistamolla seuraavak-

si. Kiekkosuodattimiakin on monenlaisia, joissa toiminta on hieman erilaista, esimerkiksi erilaisia suodatinmateriaaleja. Kiekkosuodattimista koetoimintaan valittiin Hydrotechin kiekkosuodatin, koska laitetoimittajalla oli sopiva koelaitteisto saatavissa. Samoin kustannuksiltaan kiekkosuodatin oli houkutteleva tässä tapauksessa.

Tämän insinööriyön keskeisenä tavoitteena on suorittaa kiekkosuodatuksen koelaitteistolla koeajo, jolla voidaan testata laitteen soveltuvuus lisälmen jätevedenpuhdistamon ongelmien ratkaisuun. Yhtenä tavoitteena on selvittää, pystyykö kiekkosuodatin alentamaan käsitellyn jäteveden kiintoainepitoisuuden tasolle 10 mg/l. Koeajot suoritetaan erilaisilla menetelmillä. Aluksi testataan kiekkosuodattimen toimintaa ilman lisäkemikaalointia. Tämän jälkeen testataan lisättävien polymeerien ja saostuskemikaalien vaikutusta puhdistustulokseen. Työn kirjallisuuosiossa perehdytään tertiäärikäsittelyn (jälkikäsitelyn) vaihtoehtoihin. Kirjallisuustutkimus keskittyy erityisesti kiekkosuodattimiin ja niillä saavutettuihin puhdistustuloksiin todellisissa kohteissa. Työn kokeellisessa osiossa kuvataan tehdyt koeajot, esitetään niiden tulokset ja analysoidaan kokeiden tulokset. Lopuksi otetaan kantaa koejärjestelyn onnistumiseen ja kiekkosuodatuksen soveltuvuuteen lisälmen jätevedenpuhdistamolle. Työssä kuvataan lisäksi koeajoille asetetut tavoitteet ja suorittamistapa. Lopuksi esitetään yhteenveto ja johtopäätökset tehdystä työstä.



## 2 JÄTEVEDEN TERTIÄÄRIKÄSITTELYN MENETELMÄT

Jätevedenpuhdistamoille säädetään ympäristöluvassa lupaehdot puhdistettavalle jätevedelle, jotka puhdistamon täytyy saavuttaa, ennen veden johtamista vesistöön. Jätevedenpuhdistamoilla fosforin lupa-arvot ovat tiukentuneet. Puhdistamoille myönnettävissä uusissa ympäristöluvuissa kokonaisfosforin luparajat ovat laskeneet. Puhdistetun jäteveden kokonaisfosforipitoisuus on ollut esimerkiksi aikaisemmin 0,6 mg/l, mutta uudessa tiukentuneessa luvassa saa laitokselta poistuvassa vedessä olla kokonaisfosforipitoisuus enää 0,4 mg/l. Näihin lupaehtoihin ei nykyisiä prosesseja tehostamalla aina pystytä vastaamaan, vaan tarvitaan jäteveden jälkikäsitelyä (Koivunen 2005,18.) Jälkisuodatus ja muut tertiäärivaiheen käsittelyprosessit eivät ole vielä kovinkaan yleisiä Suomessa. Tosin uusilla jätevedenpuhdistamoilla tertiäärikäsitely yleensä löytyy tai ainakin varaus tertiäärikäsitelyyn toteuttamiseen.

Jälkisuodatusta käytetään selkeytyksestä karkaavan kiintoaineen talteen ottamiseen ja vielä liukoisessa muodossa olevan fosforin saostamiseen. Tehostettuun fosforinpoistoon tähtäävät suodatustekniikat voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Näitä ovat hiekkasuodattimet, kalvosuodattimet ja suodatuskankaaseen tai -viiraan perustuvat laitteet. (Saari- nen 2003, 42-43.) Flotaatio toimii samalla tapaa kiintoaineen ja siihen sitoutuneen fosforin poistossa. Flotaatio on selektiosprosessi, jossa käytetään pieniä ilmakuplia erottamaan kiinteitä tai nestemäisiä hiukkasia nestefraasista. (Metcalf & Eddy 1991, 298.)

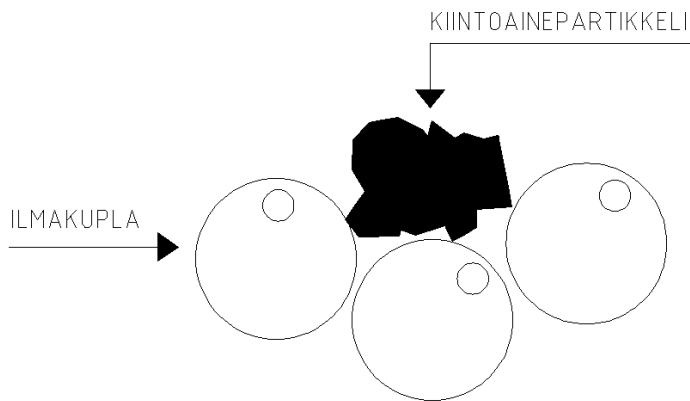
Jälkikäsitelymenetelmät liitetään puhdistusprosessin loppupäähän, mikäli pelkällä puhdistusprosessilla ei saada aikaan haluttua lopputulosta esimerkiksi kiintoaineen poistamiseksi puhdistetusta jätevedestä, ennen sen purkamista vesistöön.

### 2.1 Flotaatio

Flotaatio on yksi selkeytysmenetelmä, jota voidaan käyttää tehostamaan korkeita orgaanisen aineen tai kiintoaineen määriä jätevesipuolella. Flotaatiossa hiukkasmaiset epäpuhtaudet nostetaan veden pintaan hiukkasiin kiinnittyvien pienten ilmakuplien avulla. Flotaatio saadaan aikaan johtamalla veteen pieniä kaasukuplia, tavallisesti ilmaa, jotka kiinnittyvät poistettaviin partikkeleihin ja nostavat sen veden pinnalle. (Karttunen 2004, 97.) Ilmiö perustuu siihen, että kaasu ja kiinteä partikkeli muodostavat yhdessä ympäröivää vettä kevyemmän partikkelin. (Karttunen 1999,57). Poistettava aines kaavi- taan pois altaan pinnalta ja puhdistettu vesi poistuu flotaatioaltaan pohjan kautta. Pieniä mikrokuplia käyttävä flotaatio on käytännöllinen ratkaisu monissa vaikeimmissa vesialan ongelmissa. (Oy Watman Ab Vedenkäsitely www-sivu 2012) Flotaatio on yksikköope-

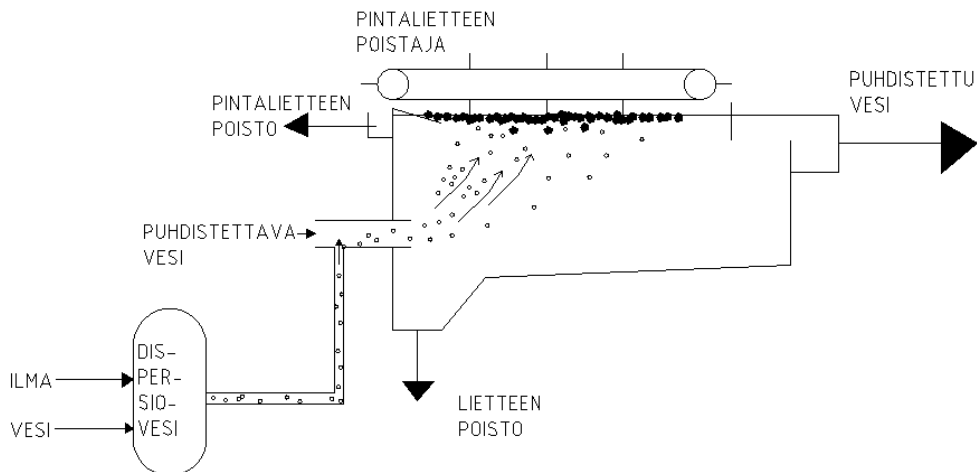
raatio, jota käytetään erottamaan vedestä kiintoaineet tai nestemäiset partikkelit. Flotaatiolle ominaista on se, että se kestää hyvin virtaaman vaihteluita puhdistustuloksen juuri huonontumatta. Tästä syystä se soveltuu myös ohjuoksutusvesien puhdistukseen. (Koi-vunen 2005, 20 - 21.)

Vaihtoehtoisia flotaatiomuotoja ovat ilmaflotaatio, paineflotaatio ja vakuumiflotaatio. Ilmaflotaatiossa altaan pohjalle johdetaan ilmaa riittävän hienoina kuplina. Paras tulos saavutetaan pienikokoisilla ilmakuplilla,  $d=40\text{...}70\ \mu\text{m}$ . (RIL 124-2 Vesihuolto II 2004 98 - 100.) Ilmakuplien kiinnittyminen kiintoainepartikkelin pinnalle on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio 1).



KUVIO 1. Ilmakuplien tarttuminen kiintoainepartikkeliin. (M. Rytönen)

Ilmakuplat saadaan veteen ns. dispersiovesimenetelmällä, jossa veteen liotetaan ilmaa ylipaineessa erillisessä dispersiovesisäiliössä (kuvio 2). Tämä vesi johdetaan flotaattoriin, jossa paineen aleneminen saa aikaan sen, että dispersioveden sisältämää ilmaa vapautuu käsiteltävän veden joukkoon pieninä ilmakuplina. Käsiteltävän veden määrästä dispersioveettä on noin 10 %. Flotaation periaatekuva on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio2).



KUVIO 2. Flotaation periaatekuva. (M. Rytönen)

Puhdistettuun veteen voidaan tarvittaessa sekoittaa myös kemikaaleja ennen veden johdamista flotaattorille.. Käsittelyä voidaan tehostaa lisäämällä esimerkiksi polymeeriä prosessiin (HS-Vesi www-sivut 2012).

## 2.2 Suodatusmenetelmät

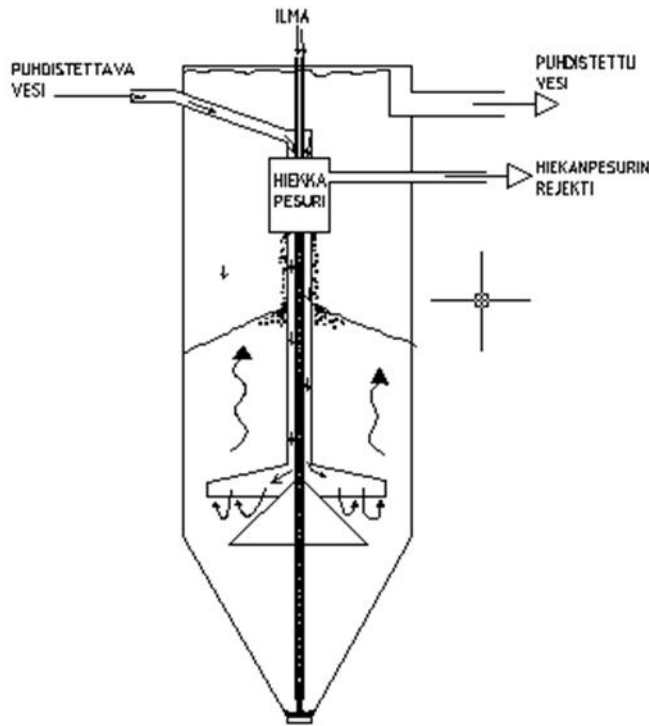
Suodatus on laajasti jätevesien käsittelyn viimeisenä vaiheena käytetty prosessi. Suodatuksessa vesi johdetaan suodatinmateriaalin läpi, jolloin kiinteät epäpuhtaudet jäävät joko suodattimen pinnalle tai pidättyvät syvempään materiaaliin. Suodatustapahtuma voi olla joko vuorotoiminen tai jatkuvatoiminen. Vuorotoiminen tarkoittaa sitä, että suodatus ja huuhtelu tapahtuvat vuorotellen peräkkäisinä jaksoina. Jatkuvatoimisessa sekä suodatus että huuhtelu tapahtuvat yhtäaikaaisesti (RIL 124-2 Vesihuolto II 2004, 107.)

### 2.2.1 Hiekkasuodatus

Jätevedenpuhdistamoissa käytetään usein tertiäärivaiheena hiekkasuodatusta. Hiekkasuodatus on investointikustannuksiltaan keskihintainen verrattuna muihin suodatusratkaisuihin. Kemiallisen saostuksen liittäminen hiekkasuodatukseseen parantaa kiintoaineen erotusta. Saostuksella saavutetaan liukoisen fosforin pitoisuuden alenemistä. (Saarinen 2003, 43.)

Hiekkasuodatintyyppejä on useita erilaisia ja laitetuottajia löytyy maailma lukuisia. Myös laitteistojen toteutuksessa on eroja. Jatkuvatoimisten hiekkasuodattimien toiminta perustuu siihen, ettei laitteistoa tarvitse pysäyttää puhdistuksen ajaksi, vaan laite puhdistuu käytön aikana.

Eräässä jatkuvatoimisessa hiekkasuodatintyyppissä puhdistettava vesi syötetään jakokammioon laitteiston alaosasta josta vesi virtaa ylös hiekkapatjan läpi ja poistuu suodattimen yläosasta. Veden noustessa ylös epäpuhtaudet tarttuvat hiekkapatjaan. Likaantunut hiekka painuu vettä tiheämpänä kohti laitteen pohjakartiota. Pohjakartiassa sijaitsee mammutpumppu, joka siirtää likaantuneen hiekan suodattimen yläosassa sijaitsevaan hiekkapesuriin. Pesty hiekka palautuu hiekkasuodattimen ylimmäksi suodatinkerrokseksi. Hiekan pesuvesi poistetaan kierrosta tai palautetaan jäteveden käsittelyprosessin alkuun. Pesua varten suodatinta ei tarvitse pysäyttää. Näin suodattimen toiminta on keskeytymätön. (Hyxo Oy www-sivut 2012; Oy Watman Ab Vedenkäsittely 2012) Tällaisen jatkuvatoimisen hiekkasuodattimen periaatekuva on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio 3).



KUVIO 3. Periaatekuva eräästä jatkuvatoimisesta hiekkasuodatintyypistä. ( M. Rytönen)

Hiekkasuodatus voidaan toteuttaa myös allassuodatuksena. Tällöin suodatuksessa puhdistettava vesi johdetaan hiekkapatjan läpi ylhäältä alaspäin. Hiekkapatjassa voidaan käyttää erilaisia materiaaleja kuten kvartsihiekkää. Suodatin voi olla homogeeninen yksikerrossuodatin. Toisena vaihtoehtona on ns. moni kerrossuodatin jossa suodatinmateriaali koostuu useammasta erilaisesta suodatinaineesta, jotka kerrostuvat huuhtelun yhteydessä tiheyserojen vaikutuksesta. Puhdistunut vesi johdetaan poistokanavan kautta purkuputkeen, josta se menee vesistöön. Patjaan kertynyt kiintoaine poistetaan vastavirtahuuhtelulla. Huuhtelua tehostetaan usein syöttämällä huuhteluveteen ilmaa. (Turunseudun puhdistamo Oy www-sivut 2012)

### 2.2.2 Suodatinkankaat ja -viirat

Viirakangassuodattimet jossa kankaan huokoskoko voi olla esimerkiksi 30  $\mu\text{m}$ , ovat hankintahinnaltaan hiekkasuodattimiin verrattuna edullisempia. Haittapuolena viirakangassuodattimille on niiden kyky poistaa vain kiintoainetta. Viira pidättää kiintoaineen tehokkaasti, mikäli kyseessä on bioflokki. Saarisen mukaan (2003, 43) kemiallinen saostuma ei kestä viiran pinnassa esiintyvää painetta niin hyvin, että kemiallinen saostus kannattasi toteuttaa juuri ennen suodatusta. Viira- ja kangassuodattimet toteutetaan yleensä kiekko- tai rumputyypisinä. Laitteisto voidaan sijoittaa oman rungon varaan ja kytkeä prosessiin putkiliitoksilla tai sijoittaa olemassa olevaan kanavaan. (Saarinen 2003, 43.)

### 2.2.3 Kalvosuodatus

Jäteveden kiintoaine voidaan erottaa vedestä puoliläpäisevällä kalvolla. Suodattuneen kiintoaineen partikkelikoko määräytyy kalvon huokoskoon perusteella, minkä mukaan kalvoja kutsutaan ultra-, nano- ja mikrosuodatuksiksi. (Karttunen 1999, 59) Alun perin kalvosuodattimet on kehitetty puhtaampien vesien käsittelyyn. Kalvojen kehitystyön ja valmistuskustannusten laskun myötä niitä on alettu käyttää myös jätevedenpuhdistuksessa esimerkiksi Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa. Useimmissa kohteissa puhdistetulle vedelle on asetettu poikkeuksellisen kovat vaatimukset tai sitten vedessä on ollut joku komponentti, jonka poistaminen on edellyttänyt kalvosuodatusmenetelmän käyttöä. Kalvoelementin lisäksi tarvitaan mittava likaantuneiden kalvojen puhdistusjärjestelmä. Kokonaiskustannukset pysyvät tällä tekniikalla korkeana, vaikka allasrakentamisinvestoinnit vähenevät. (Saarinen 2003, 43 - 44)

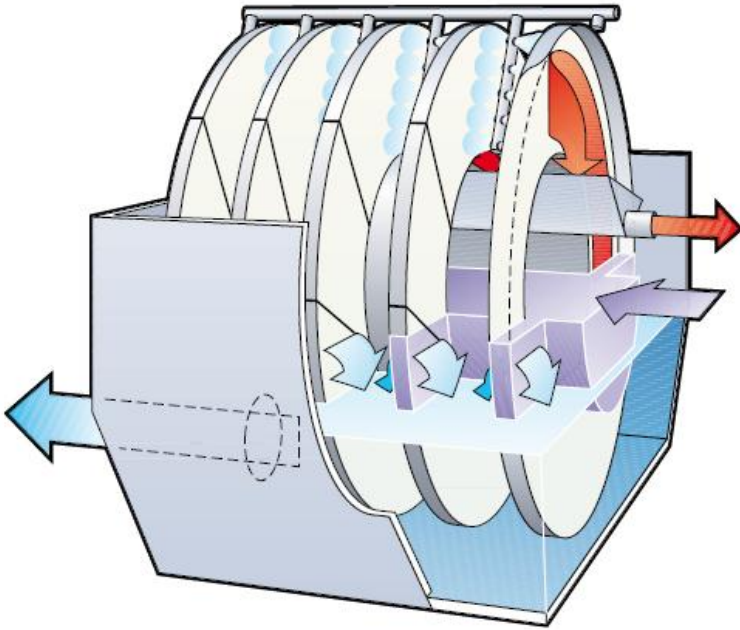
### 3 KIEKKOSUODATUS JÄTEVEDENKÄSITTELYSSÄ

Kiekkomallisia suodattimia on saatavilla monelta eri valmistajalta. Laitteiden toimintaperiaatteessa on hieman eroja eri toimittajien välillä. Nämä erot voivat ratkaisevasti vaikuttaa laitteiston soveltuvuuteen eri kohteisiin, joten toimintaperiaatteen valintaan ja testaamiseen on syytä kiinnittää erityistä huomiota.

#### 3.1 Kiekkosuodattimen toimintaperiaate

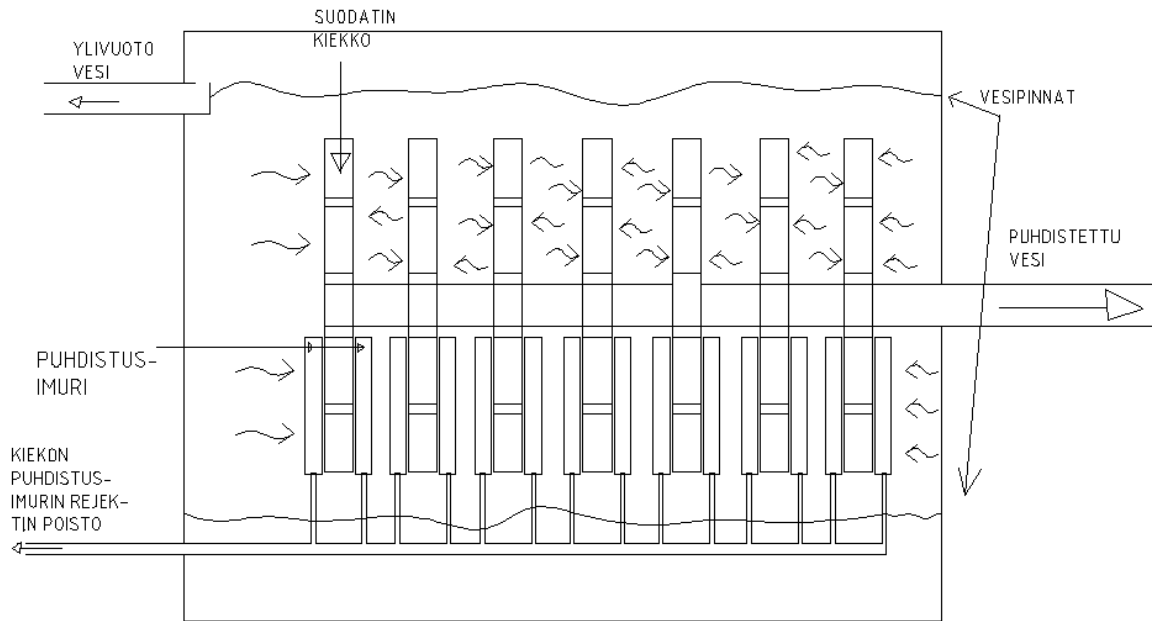
Kiekkosuodatin sijoitetaan jätevedenpuhdistusprosessin loppupäähän ja tarkoituksena on saada poistettua puhdistusprosessissa jäänyt kiintoaine pois vedestä. Laitteisto sijoitetaan jälkiselkeytysaltaiden jälkeen, ennen purkuputkea. Kiekkosuodatin voidaan sijoittaa vielä viimeistelemään puhdistustulosta esimerkiksi selkeytysaltaan jälkeen. Vesi johdetaan suodattimelle joko suoraan tai mahdollisen sekoitusaltaan kautta. Sekoitusaltaiden tarkoituksena on saada kemikaalien avulla flokeista suurempia, jotta ne jäävät paremmin suodatin kalvolle. Laitteiston toimintaperiaatteena on myös se, että vesi virtaa ilman erillistä pumpppausta painovoimaisesti laitteiston läpi.

Suodattimet sijaitsevat kiekolla, josta osa on vedenpinnan alapuolella. Vesi kulkee keskirumpuun, josta vesi jakautuu suodatinkalvojen väliin ja poistuu suodattimien läpi altaaseen. Poistettava kiintoaine jää suodattimen kalvon pinnalle, kun vesi virtaa suodatin kalvon läpi. Laitteisto puhdistaa itse suodattimet pesusuuttimista tulevalla vesisuihkulla. Pesusuihkut sijaitsevat laitteiston yläosassa vedenpinnan yläpuolella, jolloin kiekon pyöriessä suihkut puhdistavat kalvoille jääneen kiintoaineen. Pesutapahtuma lähtee käyntiin automaattisesti, kun vedenpinta nousee laitteiston pohjalla. Vedenpinta nousee, kun suodatinkalvoille kertynyt lika padottaa vettä. Vedenpinnan noustessa tarpeeksi korkealle suodattimen pesuri käynnistyy automaattisesti. Laitteisto käyttää puhdistukseen suodatettua vettä, joka kertyy kiekkojen toiselle puolelle ennen purkautumista poistoputkeen. (Hydrotech Newsletter 2012) Laitteiston toimintaperiaate kuva on esitetty seuraavan sivun kuviossa (kuvio 4).

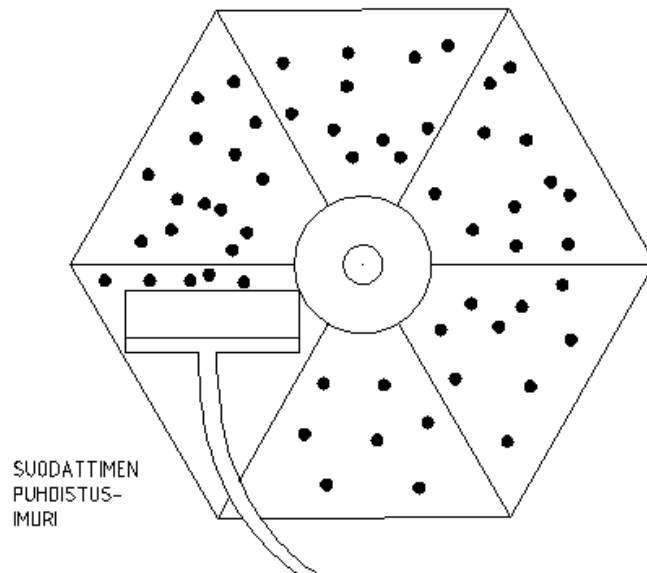


KUVIO 4. Periaatekuva Discfilter kiekkosuodatinlaitteiston toiminnasta. Hydrotehcin www-sivu. Lupa kuvankäyttöön saatu sähköpostin välityksellä.

Toinen toteutus kiekkosuodattimesta esitetään seuraavan sivun kuviossa (kuvio 5). Tässä mallissa suodattimien materiaali on erilainen ja kalvot ovat kokonaan vedessä. Tässäkin tapauksessa vesi virtaa painovoimaisesti suodatinmateriaalin läpi. Suodatettu vesi menee laitteiston keskirumpuun, josta se poistuu. Suodattimen pinnalle jäävä aines poistetaan imulla. Levyt joissa suodattimet ovat, pyörivät huuhtelun aikana hitaasti ja imu puhdistaa suodattimen pinnalle jääneen aineksen. Imurin sijaitsee laitteisto alaosassa (kuvio 6). Tässä mallissa huuhtelu ei keskeytä suodatusta, vaan huuhtelu tapahtuu aina, kun vedenpinta nousee tarpeeksi korkealle. Suurimmat kiintoainepartikkelit laskeutuvat säiliön pohjalle, josta ne pumpataan puhdistusprosessin alkuun. (Aqua-aerobic www-sivut 2012)



KUVIO 5 Aquadisk kiekkosuodatin.( M. Rytönen)



KUVIO 6 Aquadisklaitteiston puhdistusimurin toimintaperiaate.( M. Rytönen)

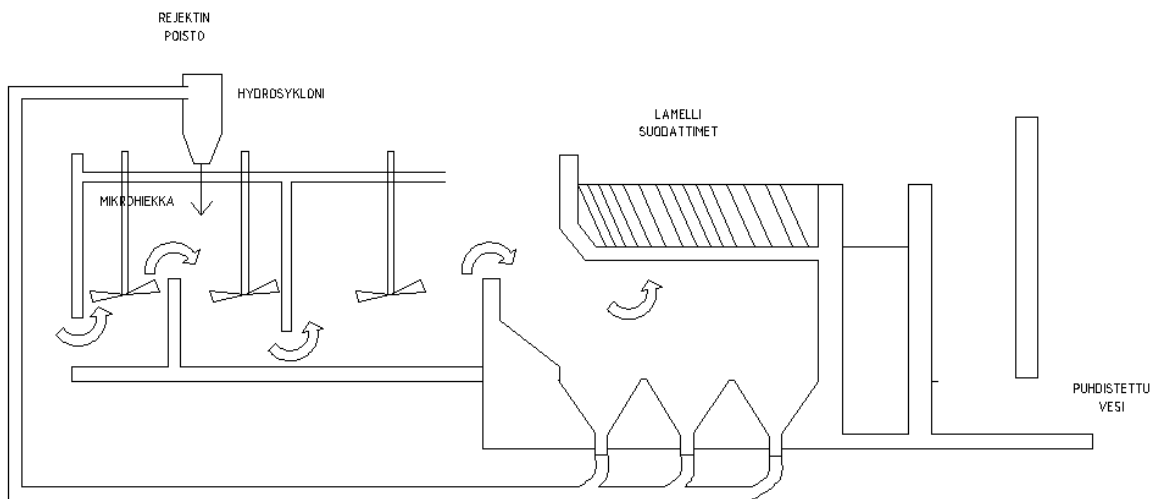
### 3.2 Esimerkkejä kiekkosuodattimen käytöstä jäteveden puhdistamisessa

Monilla jätevedenpuhdistamoilla on tarvetta tehostaa jätevedenkäsittelyä. Erilaisia koe-ajoja on suoritettu monilla jätevedenpuhdistamoilla. Kokeiden tavoitteena on yleensä ollut etsiä soveltuvaa suodatinlaitteistoa tehostamaan kiintoaineen poistoa jätevedenpuhdistamolla.



### 3.2.1 Baix Llobregaatin jätevedenpuhdistamo Espanjassa

Baix Llobregaatin jätevedenpuhdistamo on yksi maailman suurimmista jätevedenpuhdistamoista. Sen jäteveden käsittelykapasiteetti on keskimäärin  $302\,400\text{ m}^3 / \text{vrk}$ . Barcelonassa Baix Llobregaatin jätevedenpuhdistamolla tehdyssä tutkimuksessa tarkoituksena oli testata tertiäärikäsittelyä, johon kuului hiekkasuodatus ja kiekkosuodatus yhdistettynä prosessina. (Hydrotech www-sivut 2012) Hydrotech Ltd:n toimittama Discfilter-kiekkosuodatuslaitteisto sijaitsi prosessin loppuvaiheessa. Vesi johdettiin laitteistolle hiekkasuodatuksen jälkeen. Testissä oli Actiflo -hiekkasuodatusjärjestelmä, joka on kehitetty suodatusjärjestelmäksi sellaisiin paikkoihin, joissa suodatuslinjaston pinta-ala on rajallinen. Actiflo -järjestelmän teho perustuu siihen, että se pystyy käsittelemään puhdistettavaa vettä suurina määrinä pienellä pinta-alalla. Kyseisen laitteiston toimintaperiaate on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio7).



KUVIO 7 Aktiflo:n toimintaperiaate.( M. Rytönen)

Koeajossa prosessiin kuului kolme hiekkasuodatuslinjaa, jossa yhden linjan suurin jätevesivirtaama oli  $4\,800\text{ m}^3/\text{tunnissa}$ . Vesi syötettiin ensin flokkulointivaiheeseen, jossa veteen lisättiin mikrohiekkahiukkasia. Tämän tarkoituksena oli lisätä flokkien tiheyttä, jotta ne tarttuivat paremmin lamellisuodattimille. Flokkulointivaiheen jälkeen vesi johdettiin lamellisuodattimille, jossa oli  $10\ \mu\text{m}$ :n suodatinkalvot. Suodattimia oli 10 kappaletta ja yhden laitteiston käsittelykapasiteetti oli  $1\,440\text{ m}^3 / \text{t}$  mikrohiekkaa. Tämä tarkoittaa, että tonnilla mikrohiekkaa voitiin käsitellä  $1\,440\text{ m}^3$  puhdistettavaa vettä. ( Hydrotech www-sivut 2012)

Tämän tapauksen puhdistustuloksia ei esitetty.

### 3.2.2 Store Merlösen Tanskassa

Tanskassa Store Merlösen jätevedenpuhdistamolla vuonna 2002 tehdyssä tutkimuksessa lisättiin kiekkosuodatus jäteveden puhdistusprosessiin, jotta tiukentuneet fosforin päästörajat saavutettaisiin. Aiemmin fosforin raja-arvo oli ollut 0,6 mg/l ja uuden luvan mukainen raja-arvo oli 0,3 mg/l. Kiekkosuodatusta tehostettiin saostuskemikaalilla ja tutkimuksessa oli käytössä 20 µm:n suodatinkalvot. Suodatukseen tulevan veden kiintoainepitoisuus oli noin 30 mg/l ja virtaama 16 - 63 l/s. Tavoitteena oli päästä tuloksiin, jossa puhdistetun, laitoksesta poistuvan jäteveden fosforipitoisuuden vuotuinen keskiarvo olisi 0,3 mg/l.

Koeajossa verrattiin tuloksia ennen kiekkosuodatinta ja suodattimen lisäyksen jälkeen. Tuloksista voidaan nähdä, että kyseisessä kohteessa kiekkosuodatuksella saatiin poistettua kiintoainetta ja fosforia varsin tehokkaasti. Tutkimustulokset on esitetty alla olevassa taulukossa (taulukko1). (Hydrotech www-sivut 2012)

TAULUKKO 1 Store Merlösen tutkimustulokset.

Päiväys	Kiintoaine ulos mg/l	Kokonais fosfori ulos mg/l	
29.tammi	33	0,55	
19.helmi	31	0,57	
26.helmi		0,22	Discfilter koeajo alkoi
7.maalis	7,2	0,16	
3.huhti		0,16	
6.touko	2,3	0,10	
28.touko	4,3	0,17	

### 3.2.3 Merced Kalifornia USA

Tiukentuneiden vaatimusten ja tulossa olevan jätevedenpuhdistamon laajennuksen vuoksi Mercedin kaupunki päätti testata kahden eri valmistajan kiekkosuodatusjärjestelmiä. Molemmissa laitteistoissa vesi kulkee painovoimaisesti. Laitteistojen suodatinmateriaalit ovat erilaiset. Jätevedenpuhdistamo puhdistaa vettä noin 38 000 m<sup>3</sup> päivässä.

Testaukset suoritettiin samanaikaisesti, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Tällä varmistettiin, että molemmille suodatusjärjestelmille menevä vesi oli tasalaatuista. Tarkoituksena oli verrata laitteistojen käyttöominaisuuksia, luotettavuutta ja suorituskykyä. Koeajoissa verrattiin myös laatuvaihteluiden ja kemikaalimäärien vaikutusta suodatustuloksiin. Tutkittiin myös kuinka keinotekoisesti lisätty kiintoainepitoisuus vaikutti laitteiston

toimintaan. Tuloksia mitattiin sameusarvon perusteella. Lupa-arvo oli välillä 2 - 5 NTU, mutta tarkoituksena oli saavuttaa alle 2 NTU ja kiintoainepitoisuus 4 - 10 mg/l.

Testauksessa käytetyt laitteistot olivat Aqua Aerobikin AquaDisk ja Krugerin Hydrotech Discfilter. Molemmat toimivat painovoimaisesti, mutta suodatinkangas on erilainen. AquaDiskin suodatin on tehty polyesterikuiduista, joka on tuettu. Kankaan nimellishuokosko on 10 µm ja suodatinkiekot ovat täysin vedenpinnan alapuolella suodatinsäiliössä. Jätevesi syötetään suodatinsäiliöön, josta vesi virtaa painovoimaisesti suodatinmateriaalin läpi. Suodattimelle jäävä aines nostaa vedenpintaa säiliössä. Suodatettu vesi menee suodattimen jälkeen laitteiston keskirumpuun, josta se poistuu. Vastavirtahuuhtelun aikana suodattimen molemmille puolille jäävä kiintoaine poistuu imun vaikutuksesta. Levyt, joissa suodattimet ovat, pyörivät hitaasti huuhtelun aikana, jotta kaikki suodattimet saadaan puhdistettua. Suodatus ei keskeydy puhdistuksen aikana. Suurimmat kiintoainepartikkelit laskeutuvat säiliön pohjalle, josta ne pumpataan jäteveden puhdistusprosessin alkuun. Myös suodattimien puhdistusvesi pumpataan samaan paikkaan.

Hydrotech Discfilterin suodattimessa suodatin on tehty polyesterikuidusta, joka on kehystetty. Kehykset on asetettu kiekolle. Kiekko on osittain vedenpinnan alapuolella. Vesi virtaa painovoimaisesti suodatinkalvon läpi ja poistettava kiintoaine jää kalvon pinnalle. Suodattimelle jäävä kiintoaine nostaa vedenpintaa säiliössä, joka käynnistää huuhtelun. Huuhtelu tapahtuu vesisuihuilla, jotka huuhtelevat kiintoaineen pois kalvon pinnalta, kiekon pyöriessä. Huuhteluvesi poistetaan putkea pitkin prosessin alkupäähän. Suodatus ei pysähdy puhdistuksen aikana.

Molemmat laitteistot toimivat arkisin 8 tuntia päivässä. Aluksi laitteistoja testattiin normaalilla kuormituksella, jolloin sameusarvo oli 5 - 10 NTU ja kiintoainepitoisuus vaihteli välillä 12 - 19 mg/l. Molemmilla laitteistoilla saavutettiin alle 2 NTU sameusarvo käsitellyn veden kiintoainepitoisuuden ollessa 4 - 10 mg/l. Puhdistamon häiriötilanteita ajatellen testattiin myös tilanne, jossa kiintoainepitoisuutta kasvatettiin arvoon 24 - 40 mg/l ja sameus arvoon 15 NTU. Tässä tapauksessa molemmat laitteistot pääsivät puhdistustuloksissa arvoihin kiintoainepitoisuudessa 12 - 19 mg/l ja sameudessa 5 - 10 NTU.

Normaaleissa olosuhteissa laitteistojen toiminnassa ei havaittu suuria eroja. Kokeissa havaittiin kuitenkin, että laitoksen häiriötilanteissa AquaDisc pystyi toimimaan paremmin. Suodattimet eivät tällöin tukkeutuneet yhtä nopeasti kuin Discfilterin. Tästä johtuen puhdistettavan veden virtaama ei pienentynyt Aquadiscillä, toisin kuin Discfilterillä puhdistettavan veden virtaama pieneni, jotta se pääsi samaan puhdistustulokseen. (Knapp & Tucker 2006.)

### 3.2.4 Lapuan jätevesi Oy Suomi

Lapuan jätevesi Oy:n puhdistamolle testattiin Mecana clot filtration-laitteistoa. Tarkoituksena oli selvittää kyseisen suodattimen soveltuvuutta puhdistamon teollisuusvoittoisille jätevesille. Laitteiston suodatin on rumpumallinen, ja se sijaitsee altaassa. Suodatuspinta-ala koelaitteistossa oli 2 m<sup>2</sup>. Laitteistoa testattiin 5.10 - 16.11.2011. Tarkoituksena koeajossa oli testata suodattimen kiintoaineen erotuskyky sekä tukkeutumisherkkyttä. Seurattavat parametrit olivat kiintoainepitoisuus, sameus, kokonaisfosfori ja pesuväli. Aluksi laitteistoa testattiin valkoisella suodatinkankaalla, joka laitevalmistajan mukaan soveltuu kiintoainepitoisemman veden puhdistukseen. Suodattimelle johdettiin puhdistamolta lähtevää vettä 10 - 23 m<sup>3</sup>/h. Tästä koeajosta saadut tulokset:

- *tuleva kiintoainepitoisuus 11...12 mg/l, kiintoainereduktio 40 %*
- *tuleva sameus 2...5 FTU ja käsitellyn veden 1 FTU, reduktio 30...70 %*
- *kokonaisfosforireduktio 40 %*
- *pesuväli vaihteli välillä 30...90 minuuttia.*

Seuraavassa vaiheessa samalle suodattimelle ajettiin 10 - 20 m<sup>3</sup>/h puhdistamon esiselkeytysaltaan vettä. Samalla testattiin myös PAC:n (polyalumiinikloridin) lisäämistä tulevaan veteen. Tämän vaiheen tulokset olivat:

- *tuleva kiintoainepitoisuus 30...40 mg/l, kiintoainereduktio ilman alumiinin lisäystä 40...90 % ja alumiinin lisäyksellä 95 %*
- *tuleva sameus 40...90 FTU ja käsitellyn 2...12 FTU, reduktio 70...85 %*
- *kokonaisfosforireduktio 30 %*
- *pesuväli vaihteli välillä 2...30 minuuttia.*

Seuraavassa koeajossa samalle suodattimelle ajettiin 19 m<sup>3</sup>/h jälkiselkeytysaltaasta tulevaa vettä, joka vastaa lähimpänä todellisuudessa suodatukseen tulevan veden laatua. Tämä vesi vastaa laitokselta poistuvaa vettä, mikäli lisäsuodatusta ei ole. Myös tässä testissä kokeiltiin PAC:n lisäystä tulevaan veteen. Tämän koeajon tulokset:

- *tuleva kiintoainepitoisuus oli 12...47 mg/l, kiintoainereduktio ilman alumiinin lisäystä 94 % ja alumiinin lisäyksellä 89 %*
- *tuleva sameus 5...20 FTU ja käsitellyn 0.5...1.5 FTU, reduktio 85...95 %*
- *kokonaisfosforireduktio oli ilman alumiinia 86 % ja alumiinilla 82 %*
- *liukoisen fosforin reduktio jäi pieneksi, ollen 7-8 %*
- *pesuväli korreloi tulevan kiintoainepitoisuuden kanssa vaihdellen välillä 8...28 minuuttia.*

Suodatinta testattiin vielä vihreällä mikrokuitusuodatinkankaalla. Suodattimelle ajettiin puhdistamon lähtevää vettä 23 m<sup>3</sup>/h. Tästä koeajosta saadut tulokset:

- *tuleva kiintoainepitoisuus 7...10 mg/l, kiintoainereduktio 30...65 %*

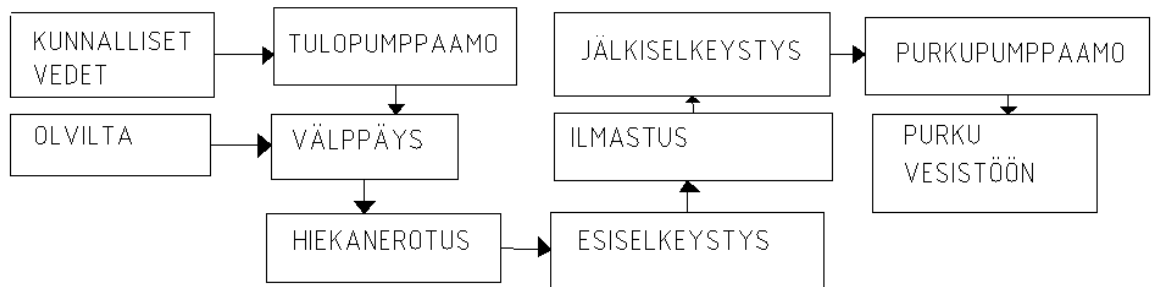
- *tuleva sameus 1...7 FTU käsitellyn 0.2...4 FTU, reduktio 45...84 %*
- *kokonaisfosforireduktio 45...50 %*
- *liukoisen fosforin pitoisuus lievästi nousi suodatuksessa, mikäli on uskominen analyysituloksiin*
- *pesuväli vaihteli välillä 10–30 minuuttia korreloiden tulevan veden sameuden ja kiintoainepitoisuuden kanssa*

Näissä koeajoissa alumiinin todettiin parantavan puhdistustulosta sameuden ja etenkin kiintoaineen osalta eri ajoissa, mutta se myös lyhensi laitteiston pesuväliä. Näin ollen todettiin, että alumiini ei sovellu kovinkaan hyvin suodatuksen apuaineeksi. I vaiheen (esiselkeytetty) kiintoainepitoisuudeltaan 90 mg/l tulevan veden ja Chemigaten tärkkelyksen vaikutuksesta pesuväli lyheni, sekä käsi-imurointia tarvittiin suodattimen puhdistamiseen. Näin ollen I vaiheen käyttövarmuus ei ollut tyydyttävä. Virtaama vaikutti pesuvälin pituuteen, mutta ei veden laatuun. Suodatettaessa II vaiheen (jälkiselkeytys) vettä suodatusteho oli varsin hyvä kaikilla mitattavilla parametreilla, eikä tukkeutumisongelmaa ilmennyt. Alumiinin lisäys lyhensi pesuväliä huolestuttavasti. Koeajojen perusteella on todettu, että tämä laitteisto soveltuu hyvin lähtevän jäteveden lisäkäsittelyksi. Suodatinkangas poistaa hyvin kiintoainesta ja ellei tulevan veden kiintoainepitoisuus nouse liian korkeaksi, on se myös toimintavarma. (Perälä 2011)

## 4.1 Tutkimuksen taustat ja tarve

Iisalmen Vuohiniemen jäteveden puhdistamo sijaitsee lähellä kaupungin keskustaa Poroveden rannalla. Puhdistamolle johdetaan käsiteltäväksi Iisalmen kaupungin, Vieremän ja Sonkajärven kuntien noin 23 000 asukkaan jätevedet, sekä Olvi Oyj:n panimon jätevedet, jotka muodostavat huomattavan osan puhdistamon kuormituksesta. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 5 500 m<sup>3</sup>/vrk.

Puhdistamon prosessina on matalakuormitteinen aktiivilieteprosessi biologiskemiallisella ravinteiden poistolla. Puhdistamon prosessi on esitetty alla olevalla lohkokaaaviolla (kuvio 8). Tarkempi kaavio puhdistamon prosesseista on esitetty liitteessä (liite 1).



KUVIO 8. Iisalmen jätevedenpuhdistamon lohkokaavio

Iisalmen jätevedenpuhdistamolla on puhdistusprosessissa ongelmana kiintoaineen karkaaminen vesistöön puhdistetun jäteveden mukana. Kiintoaine on hyvin pientä ja kevyttä, eikä se ei laskeudu kunnolla jälkiselkeytyksessä. Tästä syystä sitä pääsee lähtevän veden mukana poistumaan laitokselta. Tämä johtaa siihen, ettei ympäristöluvan lupaehdoin päästä kiintoaineen, fosforin, BOD:n ja COD:n osalta. Tehdyllä pilotti-koeajolla oli tarkoitus löytää ratkaisu kiintoaineen karkaamisongelmaan. Koelaitteiston avulla oli tarkoitus saada selville minkälaisilla kemikaaleilla sekä kemikaalimäärillä toivottuun lopputulokseen päästäisiin sekä selvittää samalla millainen suodattimen reikäkoko olisi paras kiintoaineen poistoon. Ensisijainen tarkoitus oli testata, päästäisiinkö tavoiteltuun puhdistustulokseen ilman lisäkemikalointia. Tavoitteena oli, että suodatuksen jälkeen lähtevän veden kiintoainepitoisuus olisi alle 10 mg/l. Tämä arvo oli lähtökohtana sen vuoksi, että aiemmat kokemukset Iisalmen jätevedenpuhdistamolla ovat osoittaneet, että kiintoainepitoisuuden jäädessä alle 10 mg/l saavutetaan kokonaisfosforin poistossa lupaehdoraaja. Kiintoaineen luparajana on 35mg/l ja fosforin 0,4 mg/l.

Puhdistamolla on tehty erilaisia kokeiluja prosessin toimivuuden parantamiseksi, joilla ympäristöluvan lupaehtoihin päästäisiin. Prosessiin on syötetty erilaisia kemikaaleja kiintoaineen laskeutuvuuden parantamiseksi. Huhtikuun (2011) alussa prosessiin lisättiin bakteeritabletteja, joiden tarkoituksena oli parantaa biologisen prosessin toimivuutta. Näillä kokeiluilla ei kuitenkaan toivottuun lopputulokseen ole päästy.

Puhdistamon tulevaisuus on vielä avoin. Vaihtoehtoisia toimenpiteitä puhdistamon tulevaisuudelle on jäteveden johtaminen Lapinlahdelle, puhdistamon saneeraus tai kokonaan uuden puhdistamon rakentaminen. Avoimen tilanteen vuoksi nykyinen ongelmatilanne pitäisi saada toistaiseksi ratkaistua mahdollisimman pienillä investoinneilla odotettaessa laitoksen tulevaisuuden ratkeamista. Kiekkosuodatus olisi hyvä ratkaisu ongelmaan, mikäli se poistaisi kiintoainetta ja lupaehdot täytyisivät. Kiekkosuodatuslaitteisto olisi helppo liittää prosessiin sen pienen tilantarpeen vuoksi. Lisäksi käytettävä kiekkosuodatinlaitteisto voitaisiin lopuksi siirtää jollekin muulle jätevedenpuhdistamolle. Nykyisellä puhdistamon tontilla laitteisto voitaisiin sijoittaa siten, että jälkiselkeytysaltaista vesi virtaisi painovoimaisesti laitteistolle jonka jälkeen vesi menisi purkuputkea pitkin vesistöön.

#### 4.1.1 Koelaitteiston valinta

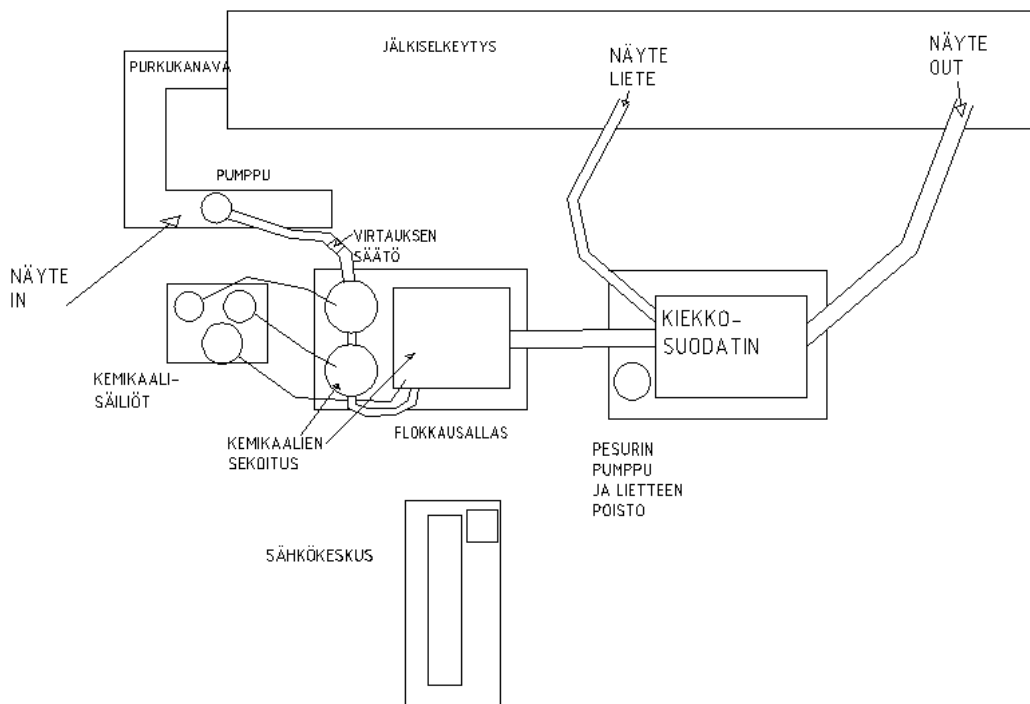
Pilottikokeeseen valittiin Hydrotechin kiekkosuodatin. Laitteiston valintaan vaikutti se, että laitetoimittajalla oli tarjota koeajoihin jo valmiina oleva koelaitteisto, joka vastaa toiminnaltaan täyden mittakaavan laitteistoa. Alla olevassa kuvassa (kuva 1) on näkyvissä koelaitteisto koottuna lisalmen puhdistamolle.



KUVA 1. Koelaitteisto koottuna puhdistamolle. Valokuva M. Rytönen

Laitteistoon kuului syöttöpumppaus, virtauksen säätö, sekoitussäiliöt (2 kpl), saostus- ja flokkaussäiliö sekä suodatusyksikkö. Kemikaaliyksikköön kuului happosäiliö, saostuskemikaalisäiliö, polymeerin liuotus- ja syöttösäiliö. Laitteistoon kuului myös oma sähkökeskus.

Laitteiston toiminta on esitelty tarkemmin luvussa 4.3. Alla olevassa kuviossa (kuvio 9) on esitetty koelaitteiston sijoitus puhdistamolle. Koeajolaitteiston sijoitus puhdistamon prosessikaavioon on esitetty liitteessä 2. Laitteisto sijoitettiin jälkiselkeytysaltaiden viereen asfalttikentälle. Jälkiselkeytyksestä vesi menee purkukanavaan, josta vesi nostettiin pumpulla koelaitteiston ensimmäiseen sekoitussäiliöön. Tämän jälkeen vesi kulki painovoimaisesti toiseen sekoitussäiliöön jatkaen matkaa flokkausaltaaseen. Tästä vesi jatkoi putkea pitkin kiekkosuodattimelle, josta suodatettu vesi poistui NÄYTE OUT putkea pitkin jälkiselkeytysaltaaseen. Suodattimen poistorejeki poistui NÄYTE LIETE putkea pitkin jälkiselkeytysaltaaseen (kuvio 9).



KUVIO 9. Koelaitteiston sijoitus puhdistamolla. (M. Rytönen)

#### 4.1.2 Koeajon tavoitteet

Koeajon tarkoituksena oli tutkia, saadaanko laitteistolla tehostettua kiintoaineen poistoa niin, että puhdistamolle asetettuihin lupaehtoihin päästäisiin. Tutkimus aloitettiin testamalla kiintoaineen poistotehoa kiekkosuodatuslaitteistolla ilman lisäkemikalointia. Tämän jälkeen tehtiin koeajot optimoimalla kemikalointia, jolla selvitettiin kemikaloinnin vaikutusta puhdistustuloksiin.



Ympäristöluvassa kiintoaineen luparaja on 35mg/l. Puhdistustulos on vaihdellut 20 - 70 mg välillä, mikä on johtanut siihen, että myöskään kokonaisfosforin osalta ei olla kokoaajan päästy luparajan (0,4 mg/l) alle. Puhdistustuloksia seurattaessa on huomioitu, että kiintoainepitoisuuden jäädessä alle 10 mg/l lähtevässä vedessä kokonaisfosforin luparaja alittuu. Tästä johtuen ensisijainen tavoite on, että kiekkosuodatin saisi poistettua kiintoainepitoisuuden alle 10 mg:n.

## 4.2 Tutkimussuunnitelma

Alkuperäinen tutkimussuunnitelma tuli laitetoimittajalta. Tutkimussuunnitelma on liitteenä (liite 3). Koeajosuunnitelma tehtiin tutkimussuunnitelmaan perustuen. Koeajosuunnitelman perusteella ja laitetoimittajan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta päätettiin, miten koeajoja alettiin toteuttaa. Tarkoituksena oli aloittaa laitteiston testaaminen eri huokoskoolla olevilla suodattimilla. Lisäksi oli tarkoitus tutkia erilaisten kemikalointivaihtoehtojen (saostuskemikaali, polymeeri ja pH:n säätö) vaikutusta puhdistustulokseen. Suodattimista oli vaihtoehtoina 10 µm:n ja 30 µm:n huokoskoolla olevat suodattimet. Suodattimien huokoskoon ja kemikaloinnin lisäksi tutkimuksen aikana säädettiin myös laitteiston kuormitusta virtaamasäädön avulla. Kemikalointiin sisältyi pH:n säätö, joka tapahtui lisäämällä happoa suodatettavaan veteen, sekä saostuskemikaalien ja polymeerien tyyppin valinta ja niiden annostuksien mitoitus. Koeajojen aikana seurattiin myös kiekkosuodattimen pesusykliä ja koelaitteistoon tulevaa kiintoainekuormaa. Koeajojen aikana otettavista vesinäytteistä analysoitiin kiintoainepitoisuus (TSS), kokonaisfosforin määrä ( $P_{tot}$ ), liukoinen fosfori ( $P_{sol}$ ),  $COD_{tot}$ ,  $COD_{sol}$ ,  $BOD_{7atu}$ , pH sekä LIETE näytteestä tutkittiin kiintoaine ja kuiva-aine. Näytteiden analysoinnit suoritti Savo-Karjalan ympäristötutkimus.

Näytteenottosuunnitelmaan kirjattiin mitä näytteitä koeajojen aikana oli tarkoitus ottaa, sekä minkä verran näytteitä otettiin. Näytteenottosuunnitelma on liitteenä (liite 4). Näytteenottosuunnitelma laadittiin yhteistyössä tutkivan laboratorion kanssa. Näin saatiin varmistettua näytemäärät, jotta ne riittävät analyysien tekemiseen. Tarkoituksena oli, että näytteitä otettaisiin päivittäin 1-3 kappaletta laitteistolle tulevasta ja lähtevästä vedestä ja yksi näyte suodattimelta poistuvasta rejektistä. Näytteet otettiin suodattimelle tulevasta vedestä, joka merkittiin näytepulloihin tekstillä IN + päivämäärä, aika ja tunniste-koodi. Laitteistosta lähtevä vesi eli puhdistettu vesi merkittiin näytepulloihin OUT + päivämäärä, aika ja tunniste-koodi. Suodattimelle jäävä kiintoaine, joka poistettiin laitteistosta rejektinä, merkittiin näytepulloon LIETE + päivämäärä, aika ja tunniste-koodi.

Näytteitä lähetettiin laboratorioon muovisissa näytepulloissa, joihin jokaiseen merkittiin näytteen nimi, päivämäärä, sekä kellonaika. Lisäksi näytteet erotettiin puhdistamon normaaleista näytteistä koodilla, joka myös kirjoitettiin pulloon. Tulosten tarkastelu ja seuraaminen tietokoneelta oli helpompi käytetyn erittelyn ansiosta. Tulokset kirjattiin ohjelmistoon Kuopiossa Savo-Karjalan ympäristönäytteenotossa, jossa laboratorioko-keet suoritettiin. Tulokset voitiin lukea lisämessä puhdistamalla tietokoneelta. Näytteiden mukaan laitettiin lähete, josta löytyivät samat tiedot kuin näytepulloista. Malli näyte-lähetteestä löytyy liitteestä 5.

Näytteistä tutkittiin ohjelman mukaisesti joko kaikki seurattavat parametrit tai osa para-metreistä. Normaalissa IN ja OUT tutkimussarjassa tutkittiin näytteistä kiintoaine, koko-naisfosfori, liukoinen fosfori ja CODCr. Laajassa tutkimussarjassa tutkittiin kiintoaine, kokonaisfosfori, liukoinen fosfori, CODCr, liukoinen CODCr, BOD<sub>7atu</sub>. LIETE näytteestä tutkitaan kiintoaine ja kuiva-aine. Laboratorion kanssa sovittiin, että kokonaisfosforin ja kiintoaineen tulokset kirjataan mahdollisimman nopeasti tulosten valmistuttua, jotta nii-den perusteella voitiin tehdä koeajoihin muutoksia tulosten perusteella.

### 4.3 Koeajot

Koeajot suoritettiin 18. - 27.5.2011 Iisalmen Vuohiniemen jäteveden puhdistamolla. Lait-teiston kokoaminen, puhdistus ja testaaminen alkoi 16.5.2011. Koeajojen jälkeen lait-teisto pestiin, purettiin ja pakattiin kuljetuskuntoon. Näytteiden tuloksia kirjattiin saman-aikaisesti, kun tuloksia saatiin. Tuloksien kirjaaminen jatkui vielä koeajojen jälkeen, kun-nes kaikki analyysit valmistuivat.

#### 4.3.1 Valmistelevat toimenpiteet

Koeajoja ennen laitteisto täytyi koota ja sijoittaa puhdistamolle sopivaan paikkaan. Pai-kan valintaan vaikutti se kuinka vesi saatiin johdettua laitteistoon, mutta myös se minne laitteistossa käsitelty vesi voitiin helpoiten purkaa. Laitteisto sijoitettiin jälkiselkeytysaltai-den viereen asfalttikentälle. Tässä kohden oli jälkiselkeytysaltailta lähtevän veden pur-kanava, josta vesi voitiin ottaa laitteistoon. Näin ollen paikka vastaa täysimittakaavai-sen laitteiston sijoituspaikkaa. Lisäksi tästä kohden laitteistosta poistuva vesi ja rejekti oli helppo purkaa jälkiselkeytysaltaisiin.

Paikan katsomisen jälkeen alkoi itse laitteiston kokoaminen toimintakuntoon. Laitteisto saapui puhdistamolle osissa. Laitteiston eri osat olivat kiinnitettyinä kuljetuslavoille. Sähkökeskus, sekoitussäiliöt, flokkausallas, kiekkosuodatin, sekä letkut olivat omilla lavoillaan. Laitteisto koottiin ja eri yksikköprosessit kytkettiin toisiinsa tarvittavin putkin ja letkuin. Sähköliitännät varmistettiin ja sähkön syöttö keskukseen järjestettiin. Laitteiston letkut tuettiin toiminnan varmistamiseksi. Ilman tukea letkut voisivat veden painon vaikutuksesta irtoilla tai vesi pääsisi padottumaan.

Laitteiston kokoamisen jälkeen valittiin sopiva pumppu, jolla vesi saatiin nostettua laitteistolle. Tältä osin koelaitteisto ei vastaa täyden mittakaavanlaitteistoa. Valituksi tuli pumppu, jonka tuotto oli 6 l/s. Täydenmittakaavan laitteistossa vesi virtaisi laitteistolle painovoimaisesti. Pumpun asennuksen jälkeen sen toiminta testattiin. Sopivimmaksi paikaksi pumpulle oli kaavailtu lähtevän veden poistokourun ja purkuputken yhtymäkohdaksi, koska tässä kohden vedessä oli syvyyttä tarpeeksi, jotta pumppu saataisiin upotettua veteen. Pumpua testatessa huomattiin kuitenkin, että vedessä on liikaa ilmaa jonka vuoksi pumppu ei toimi. Pumppu sijoitettiin selkeytsaltaan veden poistokouru, koska tässä virtaus on tasaista ja syvyyttäkin on tarpeeksi. Pumppu laskettiin kouruun pienessä vadissa, jotta pumppu ei irrottaisi pohjaan laskeutunutta ainesta. Tämän jälkeen pumpun tuotto säädettiin koelaitteistolle sopivaksi. Virtauksen säätö tapahtui säätämällä letkussa olevaa hanaa ja mittaamalla virtaamaa 100 litran astian avulla. Mittaus tapahtui ajanotona sekuntikellolla ja kuinka paljon vettä tuli tietyssä ajassa astiaan. Virtaus säädettiin arvoon 4,5l/s.

Kun laitteisto oli koottu ja virtaus säädetty alkoi laitteiston puhdistus. Kiekkosuodattimen kalvot tarkastettiin reikien varalta. Suodatinkalvot puhdistettiin happopesulla. Suodatinkalvo on esitetty alla olevassa kuvassa 2. Koelaitteiston osien puhdistus tapahtui huuhtelemalla vedellä ja harjaamalla säiliöt kaikenlaisesta irtoroskasta.



KUVA 2. Kiekkosuodattimen yksittäinen suodatinkalvo. Valokuva M. Rytkönen

Puhdistuksen jälkeen koelaitteisto käynnistettiin. Laitteiston toimintaa testattiin ennen koeajo-ohjelman aloitusta. Samalla tarkastettiin, että kiekkosuodatuslaitteen pesupumpun paine on riittävä (5bar) ja kaikki mahdolliset sekoittimet ja niiden moottorit ovat toimintakuntoisia.

#### 4.3.2 Laitteiston toiminta

Laitteiston toteutus ja toiminta esitetään tässä kappaleessa kuvien avulla. Tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa havaittiin, että koelaitteiston toimintaperiaate ei todellisuudessa vastannut kirjallisuusosiossa esitettyä toimintaperiaatetta. Tässä yhteydessä kuitenkin kuvataan toiminta niin kuin se oli koeajoissa.

Vesi pumpattiin koelaitteistolle poistokourusta uoppopumpulla, joka sijaitsi vadin sisässä (kuva 3). Pumppu laitettiin vadin sisään, jottei pumppu irrota kourun pohjalta ylimääräistä kiintoainetta, jota sinne oli laskeutunut.



KUVA 3. Puhdistettavan veden syöttöpumppaus laitteistolle uoppopumpulla. Valokuva M. Rytkönen

Tämän jälkeen vesi johdettiin letkulla (kuva 4) koelaitteistoon. Virtauksen säätöventtiili sijaitsi ennen laitteistoa letkussa (kuva 5). Letkusta vesi meni ensimmäiseen sekoitus-säiliöön, jossa tapahtui myös pH:n säätö happoa syöttämällä (kuva 6).



KUVA 4. Veden syöttöletku pumpulta laitteistolle. Valokuva M. Rytönen



KUVA 5. Virtauksen säätö ennen laitteistoa. Valokuva M. Rytönen



KUVA 6. Ensimmäinen sekoitussäiliö, jossa sijaitsee hapon lisäys. Valokuva M. Rytönen

Tämän jälkeen vesi virtasi painovoimaisesti toiseen sekoitussäiliöön, jossa oli pH:n mittausta, saostuskemikaalin lisäys ja sekoitus (kuva7). pH:n mittaus tapahtui käsikäyttöisellä pH-mittarilla (kuva8).



KUVA 7. Toinen sekoitussäiliö, jossa tapahtuu saostuskemikaalin lisäys ja sekoitus sekä pH:n mittaus. Valokuva M. Rytönen



KUVA 8. Fennolab WTW pH 3151 pH- mittari.  
Valokuva M. Rytönen

Flokkausaltaassa (kuva9) veteen lisättiin polymeeri (kuva10). Flokkausaltaassa polymeeri sekoittui veteen sekoittimen avulla (kuva11).



KUVA 9. Flokkausallas. Valokuva M. Rytönen



KUVA 10. Polymeerin syöttö flokkausaltaaseen. Valokuva M. Rytönen



KUVA 11. Flokkausaltaan sekoitin. Valokuva M. Rytönen

Flokkausaltaasta vesi virtasi letkua pitkin kiekkosuodatinlaitteistolle (kuvat 12,13 ja14).



KUVA 12. Putki flokkausaltaalta kiekkosuodattimelle. Valokuva M. Rytönen



KUVA 13. Putki flokkausaltaalta kiekkosuodattimelle. Putken tukeminen oli tärkeää, jotta vesi ei päässyt padottumaan, eikä putki irtoamaan veden painosta. Valokuva M. Rytönen



KUVA 14. Kiekkosuodatin ulkopuolelta. Valokuva M. Rytönen

Varsinaisessa kiekkosuodattimessa vesi meni altaaseen, jossa suodatin sijaitsi (kuva 15). Vesi suodattui suodattimien läpi altaan alaosaan. Tässä kohdassa koelaitteiston järjestely poikkesi teoriaosiossa esitetystä. Käsiteltävä vesi johdettiin altaaseen eikä keskirummun sisälle. Täyden mittakaavan laitteistossa kiekkosuodatinrumpua ympäröivään altaaseen tuli suodattimilta tuleva suodatettu vesi. Suodatinkalvon tukkeutuminen aiheuttaa kiekkorummun sisäpuolisen vedenpinnan nousun, joka käynnistää suodattimien pesun (kuvat 16 ja 17).



KUVA 15. Kiekkosuodattimen vesiallas ennen suodattimia. Valokuva M. Rytönen





KUVA 16. Veden korkeuden mittausanturi.  
Valokuva M. Rytkönen



KUVA 17. Suodattimien pesu käynnissä.  
Valokuva M. Rytkönen

Pesusuuttimet sijaitsivat laitteiston yläosassa, suodattimien molemmin puolin (kuva18). Pesun aikana suodatinrumpu pyöri, jolloin suodattimet puhdistuivat pesusuihkujen vaikutuksesta. (kuva19). Pesuun laitteisto käytti suodatettua vettä.



KUVA 18. Suodattimien pesusuuttimet Valokuva M. Rytönen



KUVA 19. Suodatin pintoja ennen ja jälkeen pesun. Valokuva M. Rytönen

Pesussa syntyvä rejekti poistui putkea pitkin jälkiselkeytsaltaaseen (kuva 21). Suodatettu vesi meni laitteiston loppupäänhän erotettuun altaaseen (kuva 20), josta se poistui putkea pitkin jälkiselkeytsaltaaseen (kuva 21).



KUVA 20. Suodatetun veden allas.  
Valokuva M. Rytönen



KUVA 21. Suodatetun veden (vasemmalla) ja rejektin (oikealla) poistoputket.  
Valokuva M. Rytönen

### 4.3.3 Näytteidenottoaikat ja välineet

Kiekkosuodatinpilottille tulevan veden näyte (IN) otettiin selkeytetyn jäteveden poistokourusta. Näyte otettiin sangolla (kuva 22).



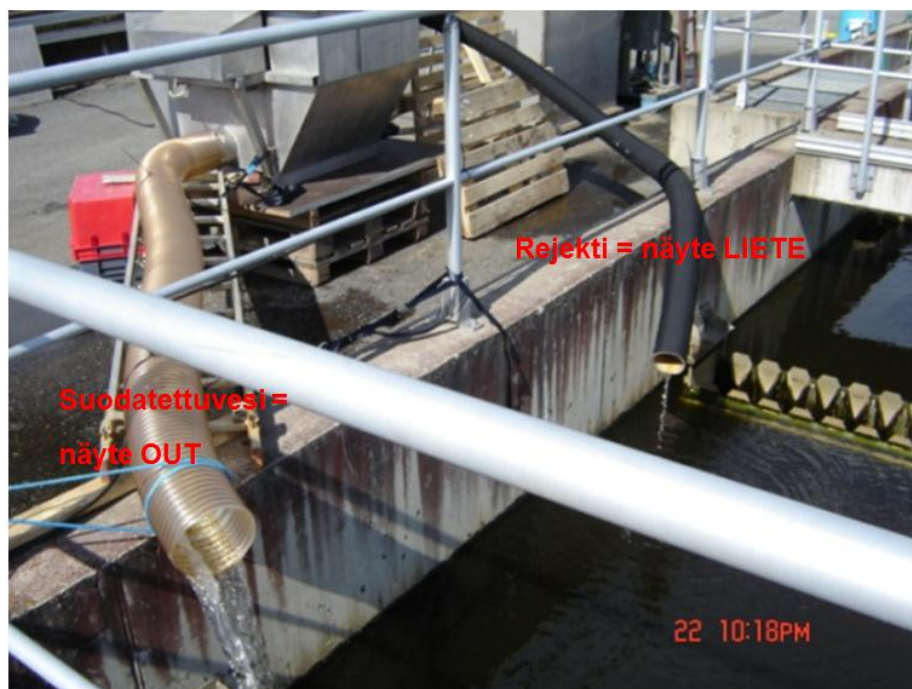
KUVA 22. Pilotille tulevan veden (IN) näytteenotin.  
Valokuva M. Rytönen

Samassa kohdassa mitattiin myös veden pH käsikäyttöisellä pH-mittarilla. pH-mittari on esitelty kuvassa 8. Seuraava pH:n mittaus tapahtui toisessa sekoitussäiliössä (kuva 7) käsikäyttöisellä pH-mittarilla. Kiekkosuodatuksesta poistuvan puhdistetun veden näyte (OUT) otettiin purkuputken päästä suoraan näytepulloon. Myös tämän veden pH mitattiin kenttämittarilla. Rejktivesinäyte (LIETE) otettiin rejktiveden purkuputken päästä suoraan näytepulloon. Alla olevassa kuvassa (kuva 23) on näytepullot, joissa on näytteet, sekä näytepullojen tunnistusmerkinnät.



KUVA 23. Täytetyt ja tunnistetiedoilla merkityt näytepullot. Valokuva M. Rytönen

Kuvassa 24 on koeajolaitteiston purkuputket, joista näytteet otettiin. Purku laitteistolta tapahtui jälkiselkeytsaltaaseen.



KUVA 24. Näytteiden OUT ja LIETE purkuputket kiekkosuodattimelta. Valokuva M. Rytkönen

Näytteiden ottoajat kirjattiin ylös, jolloin saatiin varmistettua, että IN ja OUT näytteiden näytteenottoväli pysyi 30 minuutissa. Kellonaika merkittiin myös näytepulloon sekä näytelähetteeseen jolla varmistettiin tulosten seurannan laatu. Kiekkosuodattimen pesu sykliä mitattiin sekuntikellolla.

#### 4.3.4 Näytteiden säilytys ja kuljetus analysoitavaksi

Näytepulloja säilytettiin puhdistamalla jääkaapissa siihen saakka, kunnes ne laitettiin kuljetusta varten kylmälaukkuihin näytelähetteen kanssa. Näytteet kuljetettiin kuriirin kyydillä arkipäivisin Kuopioon Savo- Karjalan ympäristötutkimuksen laboratorioon analysoitavaksi.

#### 4.3.5 Kemikaalit

Kemikaalisäiliöitä oli kolme kappaletta (kuva 25). Ensimmäisessä säiliössä oli suolahappoa, jolla saatiin säädettyä puhdistettavan veden pH. Annostelu tapahtui kalvopumpulla (kuva 26) ensimmäiseen sekoitussäiliöön. Polyalumiinisulfaattijoihin käytettiin 45 %:sta laimennosta ja ferrisulfaattijoihin 70 %:n laimennosta. Saostuskemikaalisäiliöstä polyalumiinisulfaatti tai ferrisulfaatti, syötettiin letkupumpulla (kuva 27) toiseen sekoitussäili-

öön. Polyalumiinsulfaatti oli PAX-XL60 laimennettuna 2.0 %:ksi ja Ferrisulfaatti oli PIX-105, joka laimennettiin 2.5 %:ksi.



KUVA 25. Kemikaalisäiliöt.  
Valokuva M. Rytönen



KUVA 26. Kalvopumppu  
Valokuva M. Rytönen



KUVA 27. Letkupumppu  
Valokuva M. Rytönen

Polymeeri valmistettiin polymeerin liuotussäiliössä polymeerijauheesta ja vedestä (kuva 28). Sekoituksen ja liuoksen tekeytymisajan jälkeen se laskettiin alapuolella olevaan polymeerin syöttösäiliöön. Polymeerin sekoitus- ja syöttösäiliö on kuvassa (kuva 29). Syöttösäiliöstä polymeeri syötettiin letkupumpulla toiseen flokkausaltaaseen. Käytettävät polymeerit olivat Fennopol AN305 ja Fennopol K1930. Molemmista valmistettiin 0.2 %:n syöttöliuos.



KUVA 28. Polymeerin sekoitussäiliössä oleva sekoitin, sekä valmiista polymeeriliuosta. Valokuva M. Rytönen



KUVA 29. Polymeerin sekoitus- ja syöttösäiliö. Valokuva M. Rytönen

#### 4.3.6 Koeajo-ohjelma

Koeajot alkoivat puhdistamalla 18.5.2011. Aluksi laitteistoa ajettiin pelkästään lähtevällä vedellä ilman lisäkemikalointia. Laitteistolle tulevan veden virtaama oli 6 l/s. Tässä koeajossa oli tarkoitus saada selville, poistaisiko laitteisto vedestä kiintoaineen pelkällä

suodattimella ilman lisäkemikalointia. Tällöin suodatinkoko oli 30 µm, jonka aikana mitattiin laitteiston pesusykliä. Laitteiston pesusykli mitattiin sekuntikellolla

Näytteet (IN) otettiin jälkiselkeytyksestä lähtevän veden poistokourusta, josta vesi pumpattiin laitteistolle. Vedestä mitattiin myös pH ja lämpötila. Ulos tuleva näyte otettiin putken päästä (OUT), joka vastaa todellisuudessa suodatuksesta poistuvaa vettä. Tästäkin mitattiin pH ja lämpötila. Tässä koeajossa vesi kuitenkin purettiin jälkiselkeytysaltaille. Rejektivesi näyte (LIETE) otettiin rejektin purkuputkesta, josta sekin meni tässä koeajossa jälkiselkeytysaltaisiin. Näytteidenottoväli oli 30 minuuttia IN ja OUT näytteiden välillä. LIETE näyte otettiin vain silloin kun haluttiin laaja tutkimus tuloksista. Tämä näyte otettiin samanaikaisesti OUT näytteen kanssa.

Seuraava testiajo suoritettiin pienentämällä virtaama arvoon 4.3 l/s, sekä lisäämällä veden polymeeriä. Polymeeriä lisättiin aluksi 1,5mg/l ja tällä annostuksella otettiin yksi koe-erä. Tämän jälkeen polymeerimäärä muutettiin arvoon 0,9mg/l ja virtaama pienennettiin arvoon 2,1 l/s. Tämän jälkeen tehtiin vielä koeajo, jossa annostuksena oli 1,4 mg/l polymeeriä virtaamalla 2,1l/s.

Seuraavaksi vaihdettiin suodattimet 10 µm huokoskoolla oleviin suodattimiin. Virtaamana käytettiin 2,1l/s. Tällä suodatinkoolla suodatettiin käsiteltävää vettä ilman lisäkemikalointia, jotta saataisiin arvio siitä, kuinka pienempi suodatinkoko suodattaa kiintoainetta pois ilman lisäkemikaaleja. Tällä suodatinkoolla myös seurattiin pesusykliä. Pian koeajon alkaessa suodattimet alkoivat tukkeutumaan ja laitteisto pesi suodattimia jatkuvasti. Pesusykli muuttui liian tiheäksi, eikä koetta voitu jatkaa. Tästä syystä siirryttiin takaisin 30 µm suodattimiin, joilla päätettiin tehdä loput koeajot.

Seuraavaksi ruvettiin kokeilemaan suodatusta eri kemikaalien kanssa käyttämällä 30 µm:n suodattimia. Erilaisia koeajoja suoritettiin kemikaalien määrää vaihtelemalla, sekä säätämällä suodatettavan veden pH:ta. pH:n säätö tapahtui lisäämällä veden sekaan happoa, jolla saatiin säädettyä pH haluttuun arvoon. Seuraavan sivun taulukossa (taulukko 2) on esitetty ajotapojen muutokset ja kemikaalien käyttö eri ajotavoilla. Eri koeajot on numeroitu juoksevalla numeroinnilla (1-21). Eri suodatinkokojen ja kemikaalien vaikutukset mittaustuloksiin on esitetty kappaleessa tutkimustulokset.



TAULUKKO 2. Ajotaulukko, kemikaalit ja niiden määrät

KOEAJOPÄIVÄ	KOEAJO nro	SUODATINKOKO µm	KOAGULANTTI		POLYMEERI	
			tyyppi	mg/l	tyyppi	mg/l
18.5.2011	1	30		0	0	0
19.5.2011	2	30		0	0	0
20.5.2011	3	30		0	AN305	1.4
20.5.2011	4	30		0	AN305	0.9
20.5.2011	5	30		0	AN305	1.4
21.5.2011	6	10		0		0
22.5.2011	7	30	PAX-XL60	30	AN305	2.4
22.5.2011	8	30	PAX-XL60	0	AN305	2.4
23.5.2011	9	30	PAX-XL60	30	AN305	0.0
23.5.2011	10	30	PAX-XL60	30	AN305	0.9
23.5.2011	11	30	PAX-XL60	30	AN305	2.4
23.5.2011	12	30	PAX-XL60	30	AN305	3.2
23.5.2011	13	30	PAX-XL60	30	AN305	3.7
23.5.2011	14	30	PAX-XL60	30	AN305	4.6
23.5.2011	15	30	PAX-XL60	30	K1390	4.6
24.5.2011	16	30	PIX-105	43	K1390	4.6
25.5.2011	17	30	PAX-XL60	0	K1390	3.2
25.5.2011	18	30	PAX-XL60	0	K1390	4.6
26.5.2011	19	30	PAX-XL60	43	K1390	2.8
26.5.2011	20	30	PAX-XL60	43	K1390	3.2
27.5.2011	21	30	PAX-XL60	43	K1390	3.2

Koeajoja jatkettiin lisäämällä veteen polymeeriä ja saostuskemikaalia. Polymeerinä käytettiin AN305 polymeeriä ja saostuskemikaalina käytettiin PAX-XL60 kemikaalia. Toisena polymeerinä käytettiin K1390 polymeeriä. Suoritettavat koeajot ja käytetyt kemikaalit selviävät taulukosta2.

#### 4.3.7 Koeajojen toiminnot ja kulku päivittäin

Päivän koeajosarja alkoi laitteiston käynnistyksellä. Ensimmäiseksi kytkettiin sähkönsyöttö koelaitteiston sähkökeskukselle (kuva 30).



KUVA 30. Koeajolaitteiston sähkökeskus.  
Valokuva M. Rytönen

Tämän jälkeen käynnistettiin pumppu, jolla vesi nostettiin jälkiselkeytysaltaiden poistokourusta ensimmäiseen sekoitussäiliöön. Tästä vesi jatkoi painovoimaisesti laitteiston muihin osiin. Veden annettiin virrata niin pitkään, kunnes flokkausallas oli täyttynyt niin paljon, että sekoittimet olivat veden alla. Tämän jälkeen flokkausaltaan sekoitin käynnistettiin. Kun vesi alkoi virrata flokkausaltaasta kiekkosuodattimelle, käynnistettiin suodattimen pesu. Suodattimen pesu säädettiin omasta ohjausyksiköstä (kuva 31), josta pesu saatiin säädettyä joko jatkuvatoimiseksi tai automaattiseksi.



KUVA 31. Kiekkosuodattimen pesunsäätöyksikkö. Valokuva M. Rytönen

Suodattimen pesu säädettiin jatkuvatoimiseksi jolla saatiin suodatinkalvot puhdistettua. Suodattimien pesun ollessa käynnissä seurattiin pesurin painemittaria, jotta paine pysyy pesun aikana 5 barissa. Painemittari on esitetty kuvassa 32. Tätä jatkettiin muutama minuutti, jonka jälkeen pesu laitettiin automaattiasentoon.



KUVA 32. Kiekkosuodattimen pesurin painemittari. Valokuva M. Rytönen

Tämän jälkeen laitettiin kemikaalien syötöt ja sekoittimet päälle, mikäli niitä lisättiin veteen. Hetken kuluttua otettiin näyte IN kourusta sangolla nostamalla. Näyte laitettiin näytepulloon, johon oli kirjattu mistä näytteestä on kyse, tunnisteet ja kellonaika. Puolen tunnin kuluttua tästä voitiin ottaa näyte suodattimelta tulevasta vedestä. Näytteenottohetkellä myös mitattiin tulevan veden pH ja lämpötila. Näytepullo vietiin jääkaappiin odottamaan kuljetusta. Pesusykliä mitattiin sekuntikellon avulla näytteenoton yhteydessä. Lietenäyte otettiin rejektiveden purkuputken päästä, jonne laitteistolta tuleva pesuvesi johdettiin. Näyte otettiin suoraan merkittyyn näytepulloon. Lietenäyte otettiin vain laajan tutkimussarjan näytteenoton aikana. Tällä periaatteella jatkettiin, kunnes tarvittava määrä näytteitä kyseiselle päivälle oli otettu.

Päivän päätteeksi koesarja keskeytettiin ja laitteisto pysäytettiin. Ensimmäiseksi suljettiin pumput, jotka syöttivät kemikaaleja veden sekaan. Seuraavaksi suljettiin vedenotto-pumppu. Kiekkosuodatinlaitteiston pesu laitettiin käsikäytöllä jatkuvalla pesulle suodatinkalvojen puhdistamiseksi. Pesua jatkettiin noin viiden minuutin ajan, jonka jälkeen laitteisto sammutettiin. Käynnissä olevat säiliöiden sekoittimet sammutettiin. Kaikkien sekoitussäiliöiden alahanat aukaistiin, jotta säiliöt tyhjenisivät nopeammin. Tyhjennys tapahtui kentälle, josta vesi valui viemäriin. Säiliöiden tyhjetty suojattiin laitteiston moottorit ja pumput, sekä sähkötaulu yön ajaksi pressuilla mahdollisen sateen vuoksi. Kemikaalisäiliöt suojattiin myös pressuilla, etteivät tehdyt kemikaaliseokset laimenisi mahdollisen sateen seurauksena. Lopuksi sähkötaululle tuleva virta sammutettiin.

Koeajoissa laitteistolle johdettiin jälkiselkeytyksestä poistuvaa vettä. Tämä vastaa todellisuudessaakin vettä, joka johdettaisiin kiekkosuodattimelle, mikäli tällainen hankittaisiin puhdistamolle tehostamaan puhdistustuloksia.

Koeajojen aikana puhdistamolta poistuvan veden kiintoainepitoisuus oli matala. Lähtevän veden kiintoainepitoisuus vaihteli välillä 4 - 26 mg/l. Jälkiselkeytyksaltaasta lähtevän puhdistetun jäteveden kiintoainepitoisuus pysyi siis luparajaa pienempänä. Jälkiselkeytyksaltaassa oli havaittavissa hyvin pientä pistemäistä ja hentoa kiintoainetta, joka pääsi karkaamaan poistokouruun ja sitä myötä lähtevän veden mukana vesistöön. Alla olevassa kuvassa (kuva 33) on nähtävissä kiintoainehiukkasia, jotka pääsivät karkaamaan jälkiselkeytyksestä poistuvan veden mukana. Kiintoaine oli niin hentoista, että se hajosi virtaaman vaikutuksesta poistokourussa ja viimeistään koelaitteistoon pumppauksen vaikutuksesta.



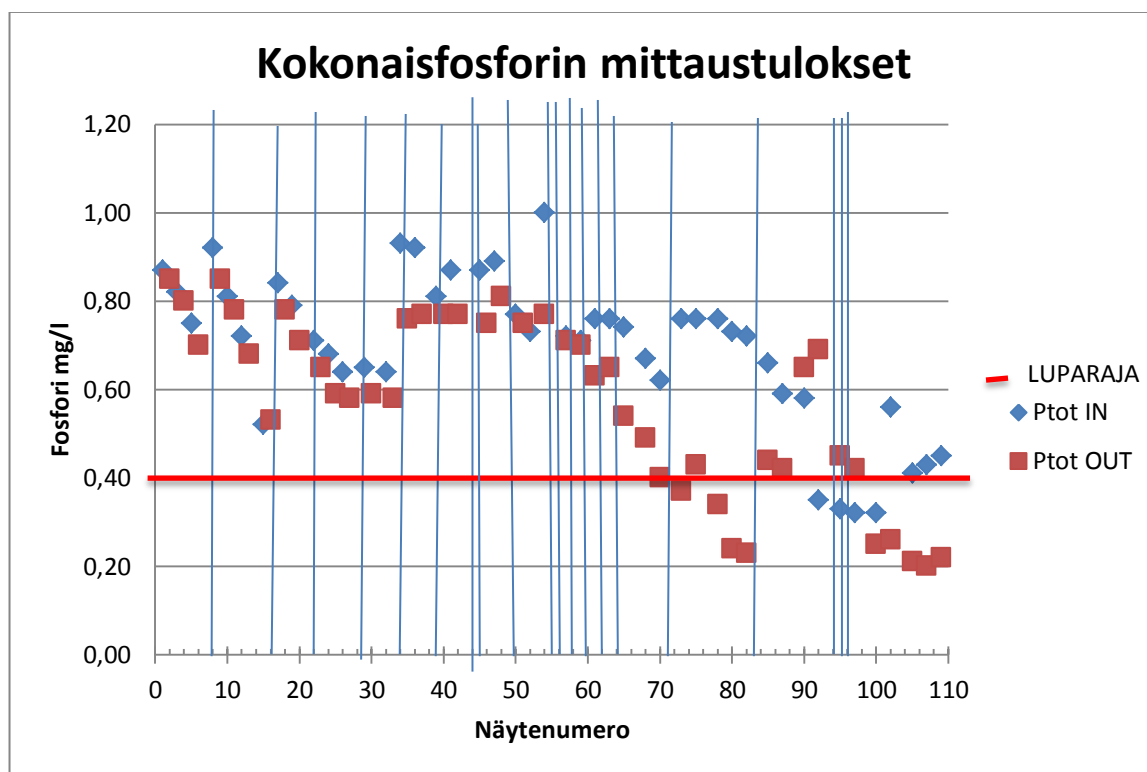
KUVA 33. Jälkiselkeytyksestä karkaavaa kiintoainetta.  
Valokuva M. Rytönen

Koeajojen aikana veden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli välillä 0,3 - 1,0 mg/l. Näin ollen kokonaisfosforille asetettu luparaja (0,4 mg/l) ylittyi lähes koko koejakson ajan. Kiintoaineen mukana puhdistamolta karkaa niin paljon fosforia vesistöön, ettei lupaehtoihin päästä. Liukoisien fosforin määrä vedessä oli koeajojen aikana tasaisempi ollen keskimäärin 0,3 mg/l. Tuloksissa keskitytään tarkastelemaan lähinnä kiintoaineen ja fosforin

mittaustuloksia. Ensimmäisenä tarkastellaan yleisesti tuloksia fosforin ja kiintoaineen osalta koko koeajojaksolta. Tarkastelussa esitettäviin kuvioihin on merkitty ajotapojen muutoshetket. Koeajojen mittauspöytäkirja ja tulokset on liitteenä 6

## 5.1 Yleiskuva koeajoista

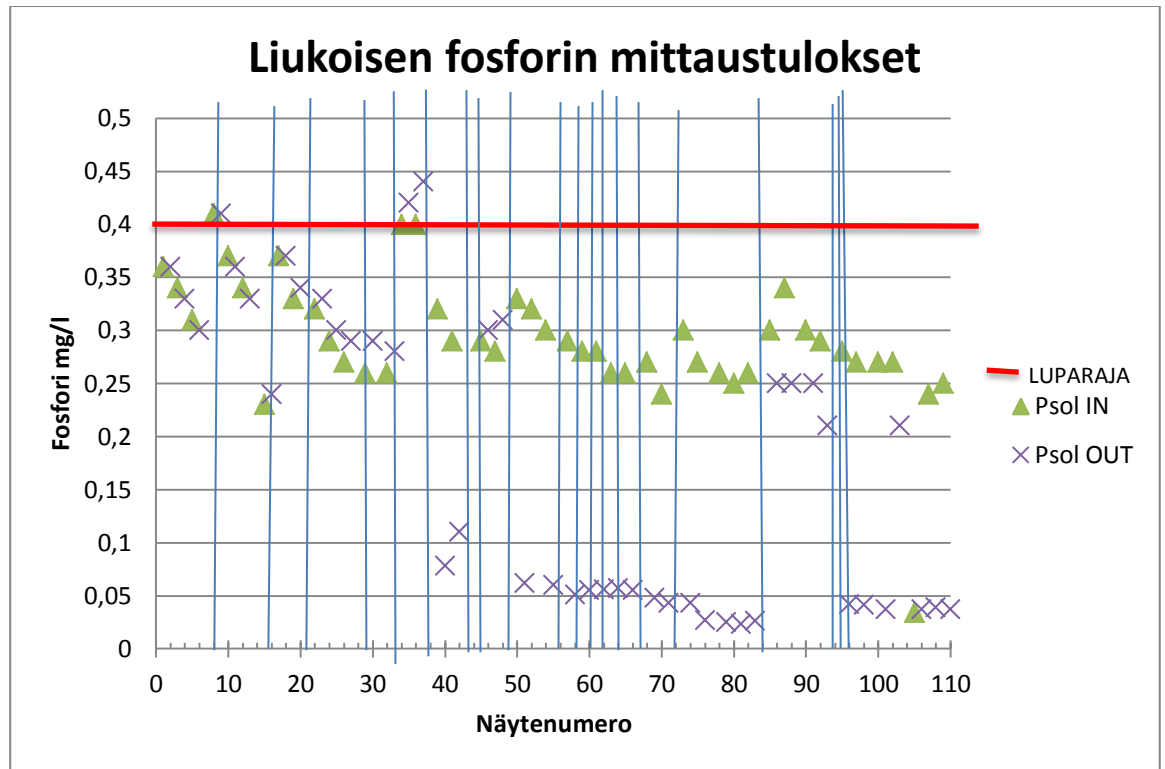
Kuviossa 10 on esitetty kokonaisfosforin mittaustulokset suodattimelle tulevan (IN) ja suodattimesta poistuvan (OUT) veden osalta koko koeajojakson ajalta. Kuvioon on merkitty sinisellä viivalla ajotapojen muutokset. Kokonaisfosforin luparaja on merkitty kuvioon punaisella vaakaviivalla. Tarkastellessa kuvaa voidaan huomata, että laitteisto poistaa pääsääntöisesti kokonaisfosforia vedestä käytettäessä kemikaaleja. Kokonaisfosforin lupa-arvoon 0,4 mg/l ei kuitenkaan päästy, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Eri kemikaalien vaikutukset mittaustuloksiin on esitelty myöhemmin eri ajotapojen erittelyosiossa.



KUVIO 10. Kokonaisfosforin mittaustulokset koeajojaksolta. Ajotapojen muutokset on merkitty sinisellä pystyviivalla ja luparaja punaisella viivalla. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.

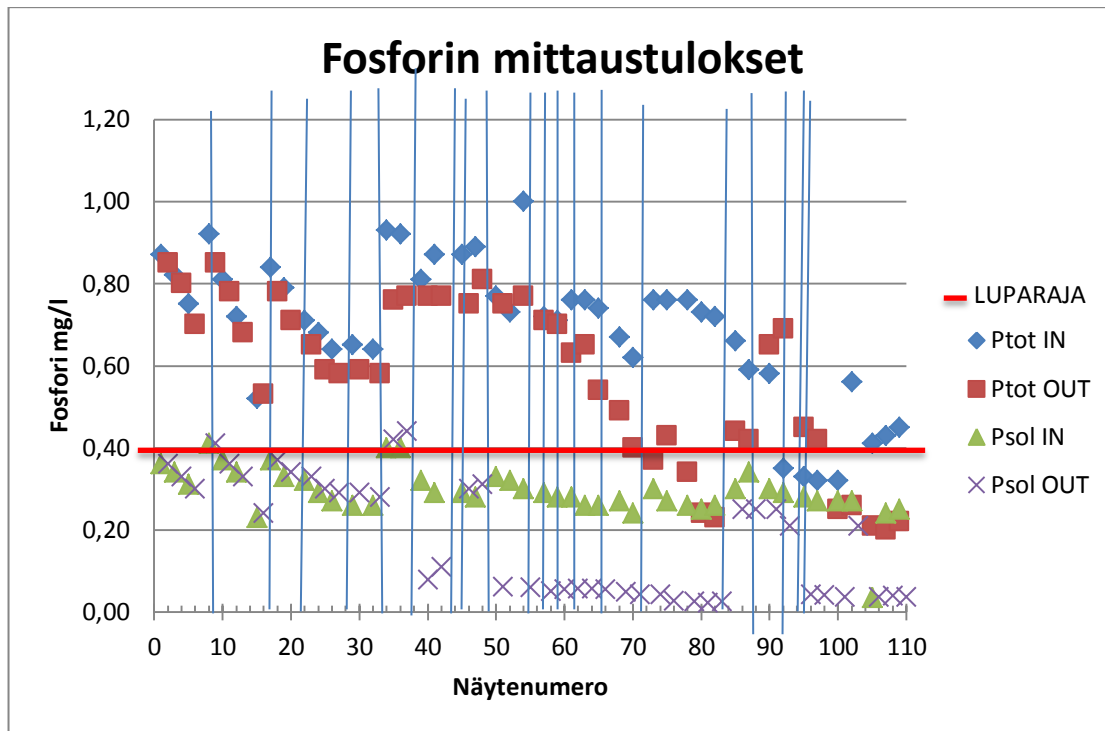
Tarkasteltaessa liukoisen fosforin mittaustuloksia koko koeajojakson aikana voidaan havaita, että sen määrä on sekä laitteistolle tulevassa että lähtevässä vedessä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta lupa-arvon alapuolella. Tästä voidaan todeta, että laitteisto poistaa hyvin liukoista fosforia käytettäessä saostuskemikaaleja. Tulokset on esitetty kuviossa 11. Kokonaisfosforin reduktio kuitenkin ratkaisee puhdistustehokkuuden ja kiekkosuodattimen läpi karkaa edelleen liikaa fosforia. Tämä viittaa siihen, että kiek-

kosuodatinlaitteistosta itse asiassa karkaa kiintoainetta ja sen mukana fosforia. Eri ajotapojen vaikutuksia tuloksiin on tarkemmin esitelty tarkentavassa osiossa.



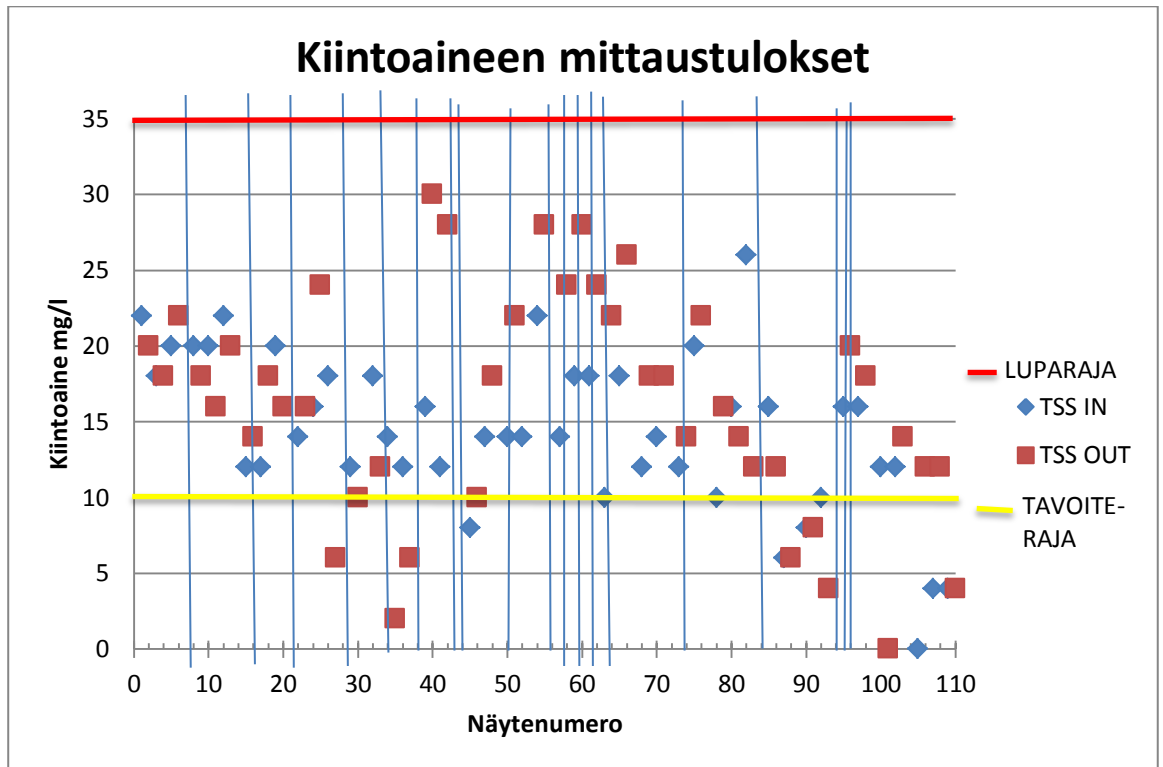
KUVIO 11. Liukoisen fosforin mittaustulokset koko koeajojaksolta. Ajotapojen muutokset merkitty sinisellä pystyviivalla ja luparaja punaisella viivalla. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.

Seuraavan sivun kuviossa 12, jossa on esitetty sekä kokonaisfosforin että liukoisenfosforin mittaustulokset. Tarkasteltaessa kuviota 12 huomataan, että loppupuolen käytettäessä lisäkemikalointia on saavutettu huomattavasti parempia puhdistustuloksia kuin ilman kemikalointia. Ilman kemikalointia puhdistustulos ei ole riittävän hyvä fosforin osalta.



KUVIO 12. Kokonaisfosforin ja liukoisenfosforin tulokset koko koeajojaksolta. Ajomuutokset merkitty sinisellä ja luparaja merkitty punaisella viivalla. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.

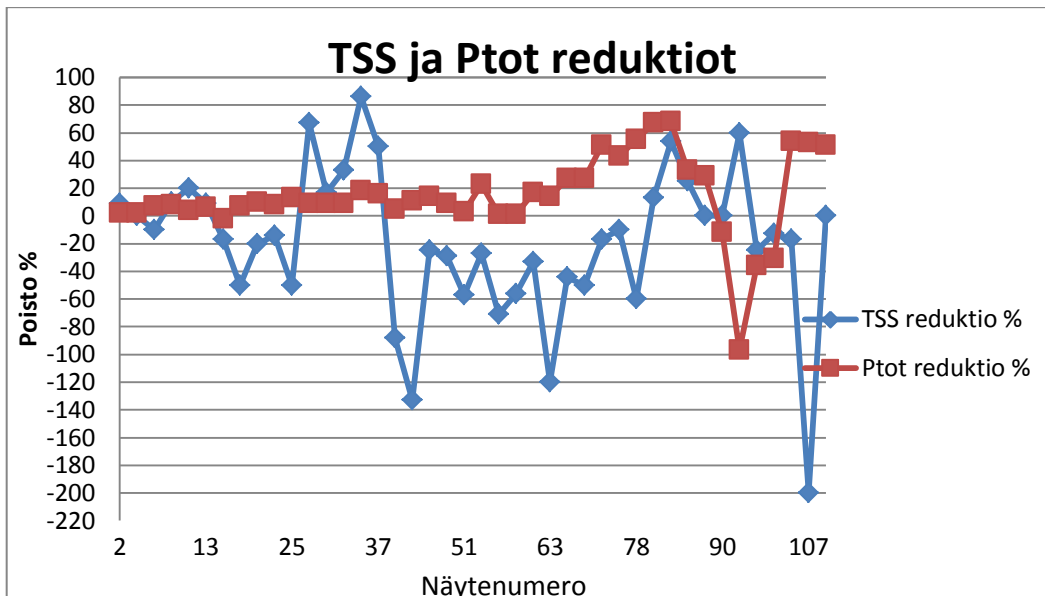
Katsottaessa kiintoaineen mittaustuloksia koko koeajojakson ajalta voidaan todeta, että kiintoainepitoisuus pysyy lupa-arvojen alapuolella. Ajotapojen muutokset on merkitty kuvioon 13 sinisellä viivalla. Ensisijainen tavoite kiekkosuodatinkokeessa oli, että saataisiin 10 mg/l kiintoainepitoisuus ilman lisäkemikalointia. Tavoiteraja on merkitty kuviossa 13 keltaisella viivalla. Kuvioista 13 voidaan todeta, ettei alle 10 mg/l kiintoainepitoisuuteen ole päästy kuin hyvin harvoissa mittaustuloksissa. Myös kiintoaineen mittaustulokset on eritelty tarkemmin tutkittaessa kemikaalien vaikutuksia tuloksiin luvun 5.2 eri alaluissa.



KUVIO 13. Kiintoaineen mittaustulokset koko koeajojaksolta. Ajotapamuutokset merkitty sinisellä, luparaja punaisella ja tavoiteraja keltaisella poikkiviivalla. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.

Kiintoaineen ja kokonaisfosforin poistoreduktioiden tulokset on esitelty kuviossa 14. Tästä voidaan nähdä, että kiintoaineen poistoreduktio on suurimmaksi osaksi negatiivisella puolella. Tämä tarkoittaa, että kiintoaineen määrä on kasvanut kiekkosuodatuksen aikana. Tämä voi selittyä käytetyllä kemiallisessa saostuksella ja kiintoaineen karkaamisella laitteistosta. Kiintoaineen karkaamisen syihin palataan myöhemmin johtopäätöksissä. Toisaalta kuitenkin kokonaisfosforin poistoreduktio on muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta positiivisella puolella. Tämä tarkoittaa, että kokonaisfosforia on pidättynyt laitteistoon. Puhdistustulokset ovat kuitenkin varsin vaatimattomia. Kemikaalien ja suodatinkokojen vaikutukset poisto prosenttiin on kerrottu myös tarkemmassa erittelyosiossa.





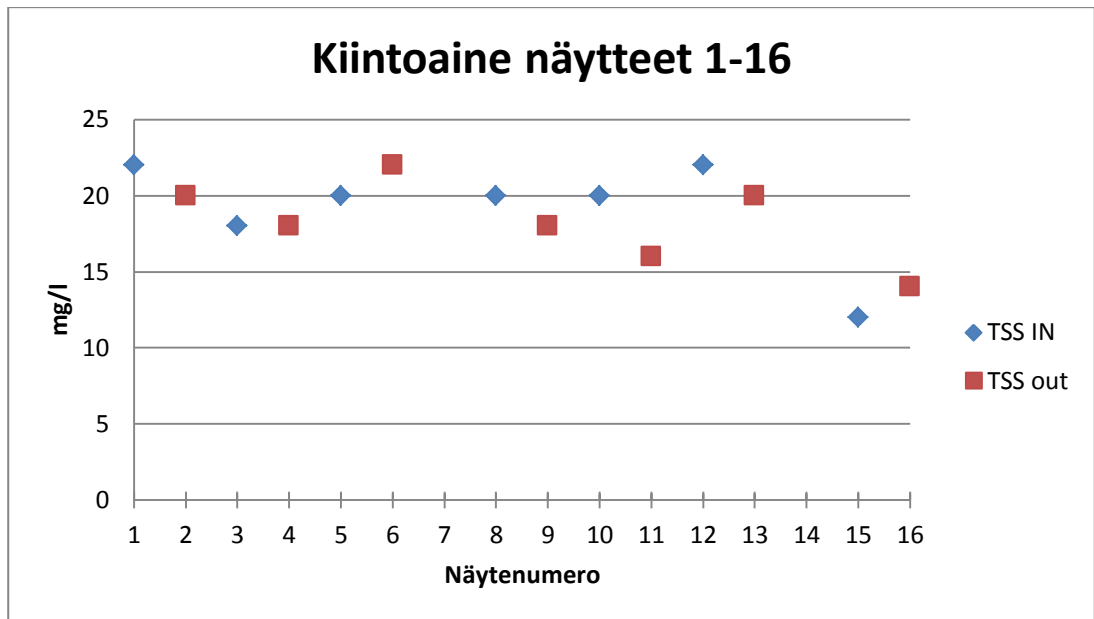
KUVIO 14. Kiintoaineen ja kokonaisfosforin poistoreduktiot koko koeajojaksolta. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

## 5.2 Tulosten tarkastelu koeajojaksoittain

Seuraavaksi tarkastellaan koeajoista saatuja mittaustuloksia eriteltyinä koeajo kohtaisesti. Koeajoissa vaihdettiin suodatintyyppiä ja kemikalointia.

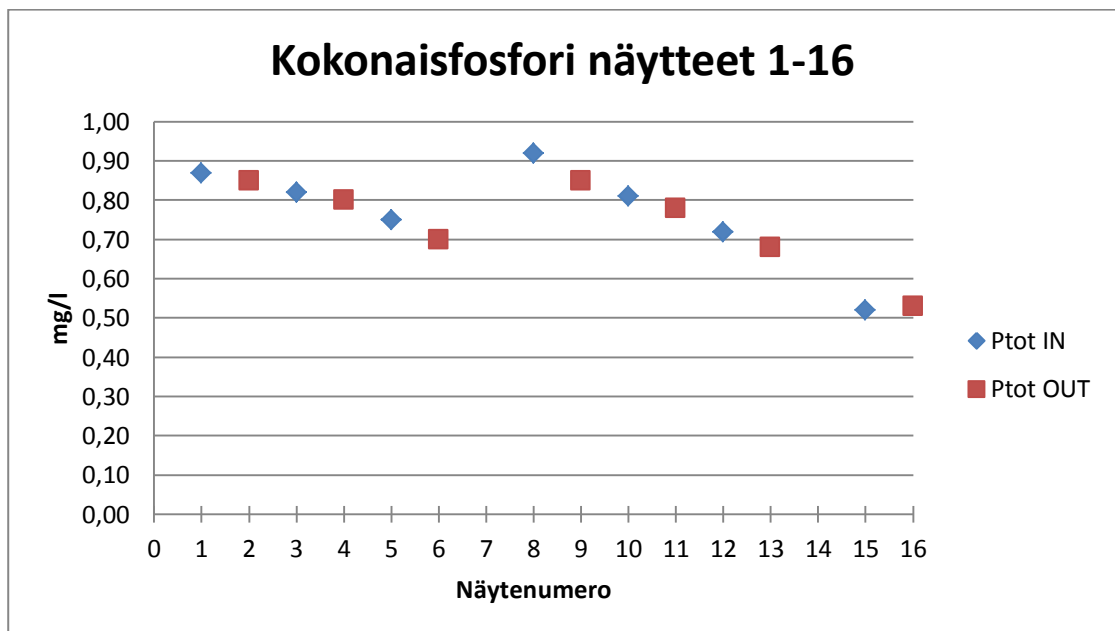
### 5.2.1 Kiekkosuodatuksen tehokkuus ilman lisäkemikalointia

Aluksi koeajoja suoritettiin 30 µm:n suodattimella ilman polymeeriä tai saostusta (näyttenumerot 1 - 16). Kuviossa 15 voidaan nähdä, että kiintoaineen pidätyskyky vaihteli suuresti. Kiintoaineen poistoreduktio vaihteli negatiivisesta -17 %:sta parhaimman 20 %:n välillä. Kiintoaine hajosi jo suodattimelle tullessa, eikä silmin nähtävää flokkia ollut.



KUVIO 15 Kiintoaineen mittaustulokset näytteissä 1 - 16 ilman lisäkemikalointia. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.

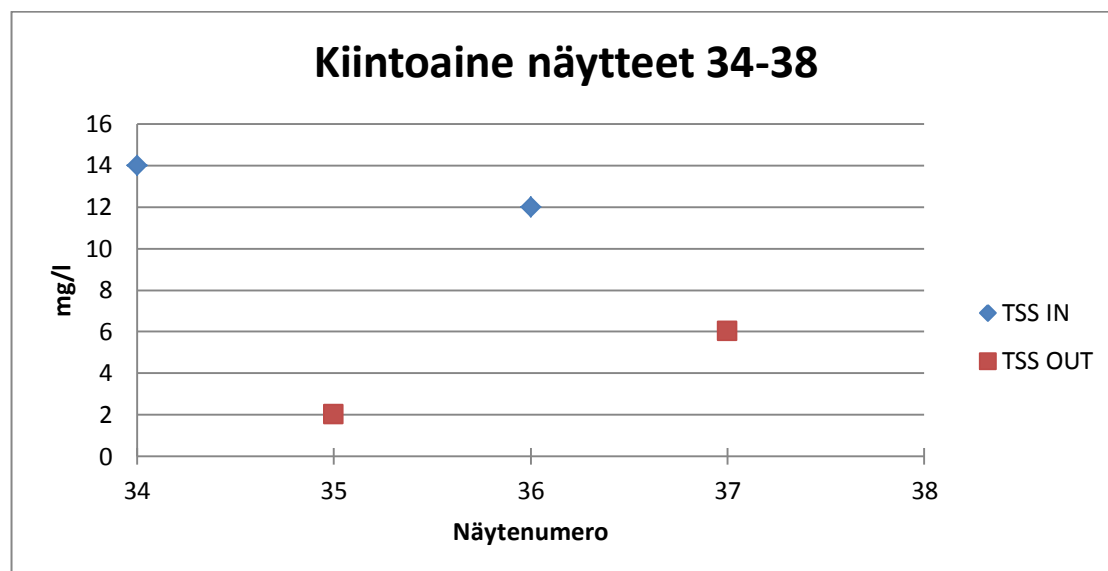
Seuraavan sivun kuviosta (kuvio 16) voidaan havaita, että kokonaisfosforia poistui hie- man, mutta lupaehtoihin ei tällä kokonaisfosforin poistomäärällä päästy. Poistoreduktio kokonaisfosforin poistossa vaihteli negatiivisen -2 %:n ja 8 %:n välillä.



KUVIO 16. Kokonaisfosforin mittaustulokset näytteissä 1 - 16 ilman lisäkemikalointia. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

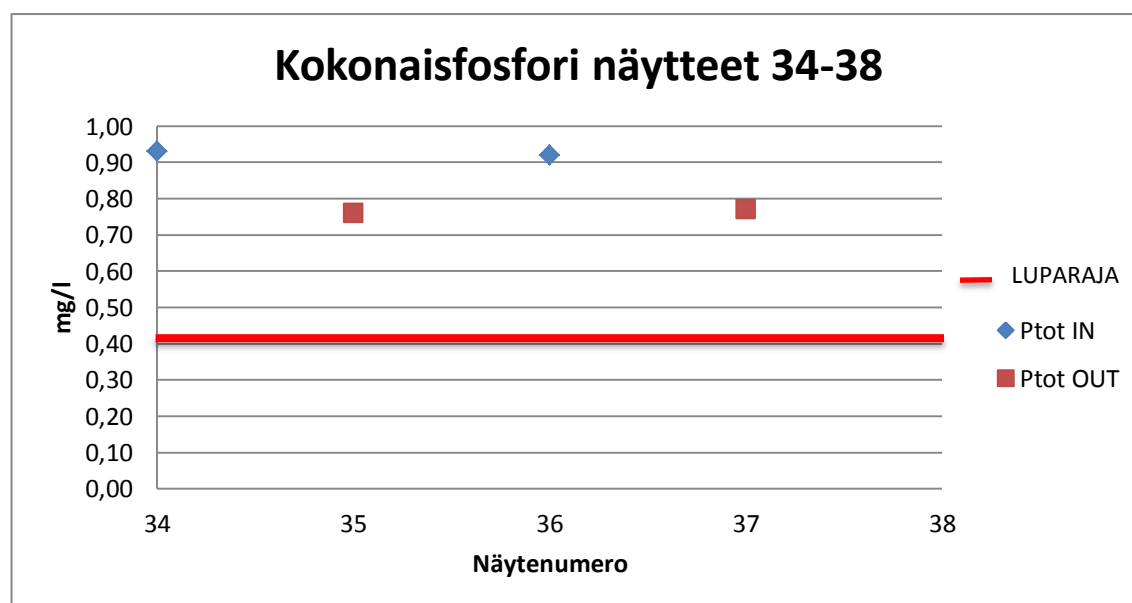
Seuraavaksi laitteistoon vaihdettiin 10 µm:n suodattimet. Tällä suodatinkoolla ajettiin ilman polymeeriä tai saostusta (näyttenumerot 34 - 38). Tämä suodatinkoko poisti kiintoainetta hyvin. Kuviosta 17 voidaan nähdä, että suodatin poisti kiintoainetta tavoiteltuun

tasoon alle 10 mg/l. Kiintoaineen reduktio oli 86 % ja 50 %. Tämä suodatinkoko aiheutti kuitenkin sen, että pesusykli toistui liian tiheästi, mikä johtui suodattimien nopeasta tukkeutumisesta. Tästä johtuen tätä suodatinkokoa ei voitu käyttää, vaan palattiin 30 µm:n suodattimiin.



KUVIO 17. Kiintoaineen mittaustulokset näytteissä 34 - 38 ilman lisäkemikalointia käytettäessä 10 µm:n suodatinkokoa. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

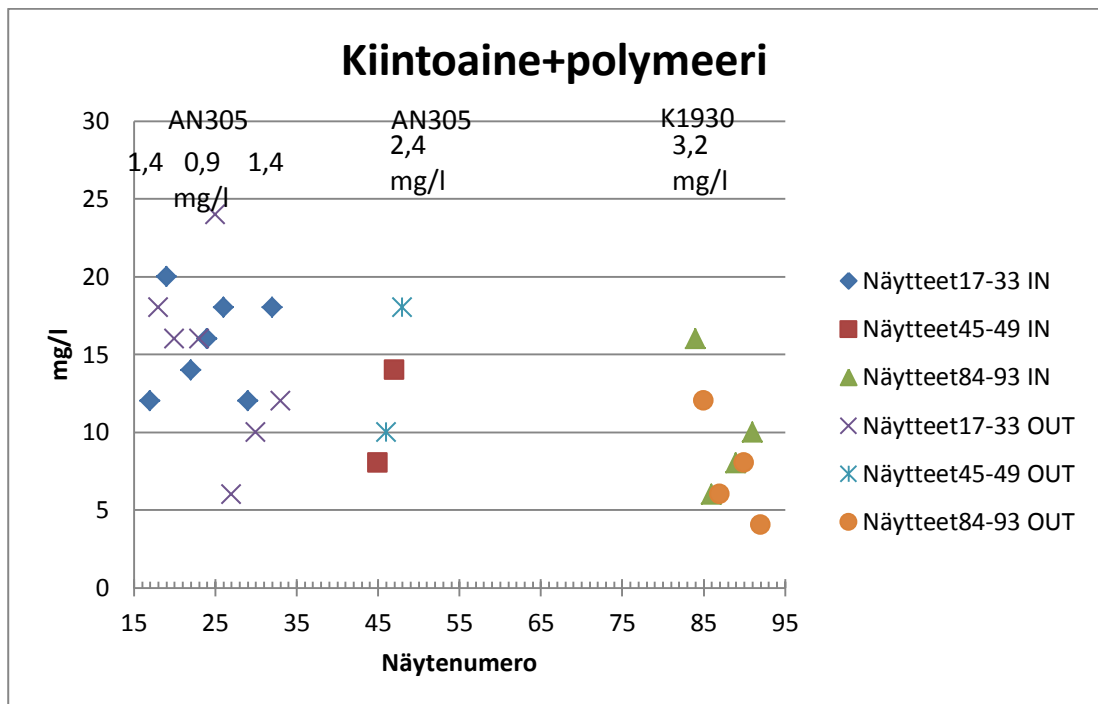
Tässä kokeessa havaittiin, että kiintoaineen poistuessa saadaan myös kokonaisfosforia poistettua. Kokonaisfosforin reduktio oli kahdessa näytesarjassa 16 ja 18 %. Kuviosta 18 voidaan kuitenkin nähdä, ettei tämäkään riitä lupa-arvojen alittamiseen.



KUVIO 18. Kokonaisfosforin mittaustulokset näytteissä 34 - 38 ilman lisäkemikalointia. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

## 5.2.2 Polymeroinnin vaikutukset

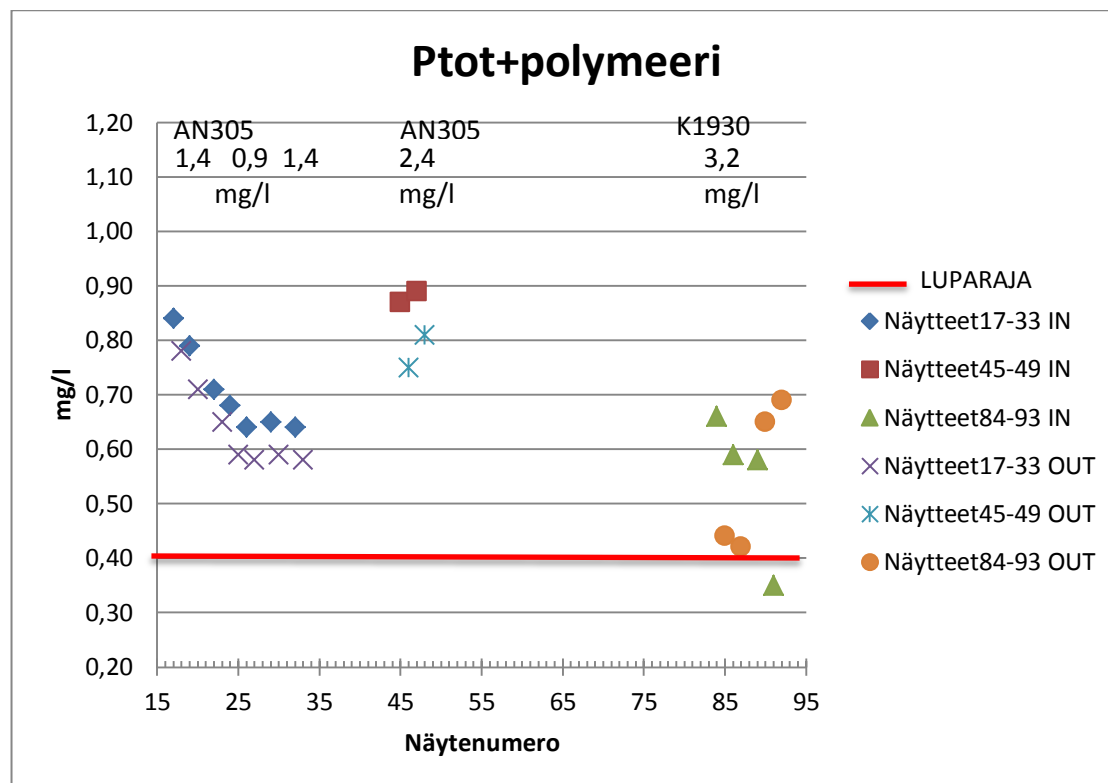
Suoritettujen koeajojen perusteella päädyttiin testaamaan 30 µm:n suodattimella eri polymeerien ja saostuskemikaalien vaikutusta puhdistustulokseen. Ensin testattiin polymeroinnin vaikutuksia mittaustuloksiin. Testattavat polymeerit olivat anioninen AN305 ja kationinen K1930. Polymeerejä testattiin ilman lisäsaostusta näytteissä 17 - 33, 45 - 49 ja 84 - 93. Ennen polymerointia laitteistolle tulevassa vedessä ei ollut silmin erotettavaa flokkia. Karkaava kiintoaine ei kestä pumppauksesta aiheutuvia leikkausvoimia ja tästä johtuen se hajoaa. Polymeerin tarkoituksena oli saada hajonneet flokit syntymään uudelleen ja kestävämmäksi, että ne jäisivät suodattimelle. Vaadittavat polymeeriannokset olivat suuret flokin saavuttamiseksi. Polymeeriannos on optimoitava erikseen. Polymeerejä oli käytössä kahta eri laatua, joita kokeiltiin eri aikaan. Kuvioissa 19 ja 20 on merkitty näytteiden yläpuolelle, mikä polymeerilaatu on kyseessä sekä minkälainen määrä polymeeriä lisättiin veteen. Polymeerin lisäys paransi kiintoaineen erotusta, mutta vaihtelu oli suurta (kuvio 19). Virtaamaa pienentämällä 4,3 l/s → 2,1 l/s erotuskyky tasoittui hieman. Kiintoaineen poistoreduktiot vaihtelivat suuresti. Poistoreduktiot olivat parhaimmillaan 60 %, mutta huonoimmillaan miinuksen puolella jopa 50 %.



KUVIO 19. Polymeerin vaikutus kiintoaineen mittaustuloksiin näytteissä 17 - 33, 45 - 49 ja 84 - 93. Polymeerin tyypin ja määrän vaihtelut merkittyinä. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

Kokonaisfosforin poistumassa oli myös paljon vaihtelua lisättäessä veteen polymeeriä. Kuviossa 20 on merkitty myös, mikä polymeeri oli kyseessä ja minkälaisella annostuksella sitä syötettiin. Kokonaisfosforin poistotehokkuus vaihteli ollen parhaimmillaan 33

%, mutta huonoimmillaan fosforin määrä lisääntyi 97 %. Kuitenkin poistoprosentti oli kahta näytettä lukuun ottamatta positiivisella puolella. Kokonaisfosforin reduktio näissä kokeissa oli keskimäärin 10 %. Tämäkään ei riittänyt lupaehdon 0,4 mg/l raja-arvon saavuttamiseen.

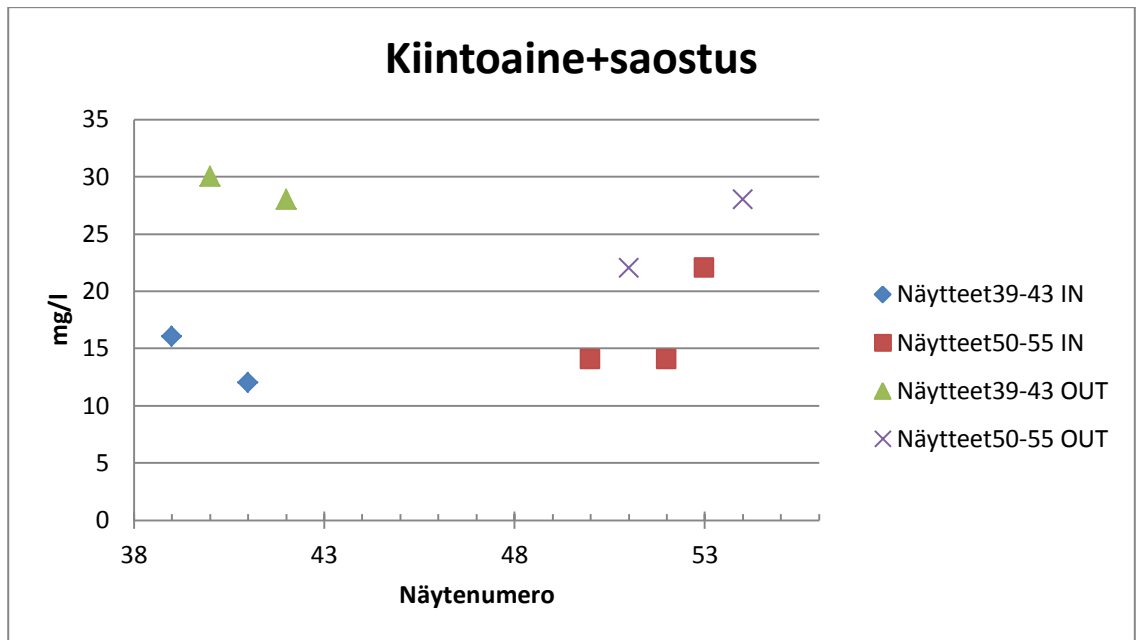


KUVIO 20. Polymeerin vaikutus kokonaisfosforin mittaustuloksiin näytteissä 17 - 33, 45 - 49 ja 84 - 93. Polymeerin määrät ja tyyppi merkittyinä. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

Koeajojen seurauksena voidaan todeta, että molemmat polymeerit muodostivat samankaltaista flokkia suurilla annoksilla.

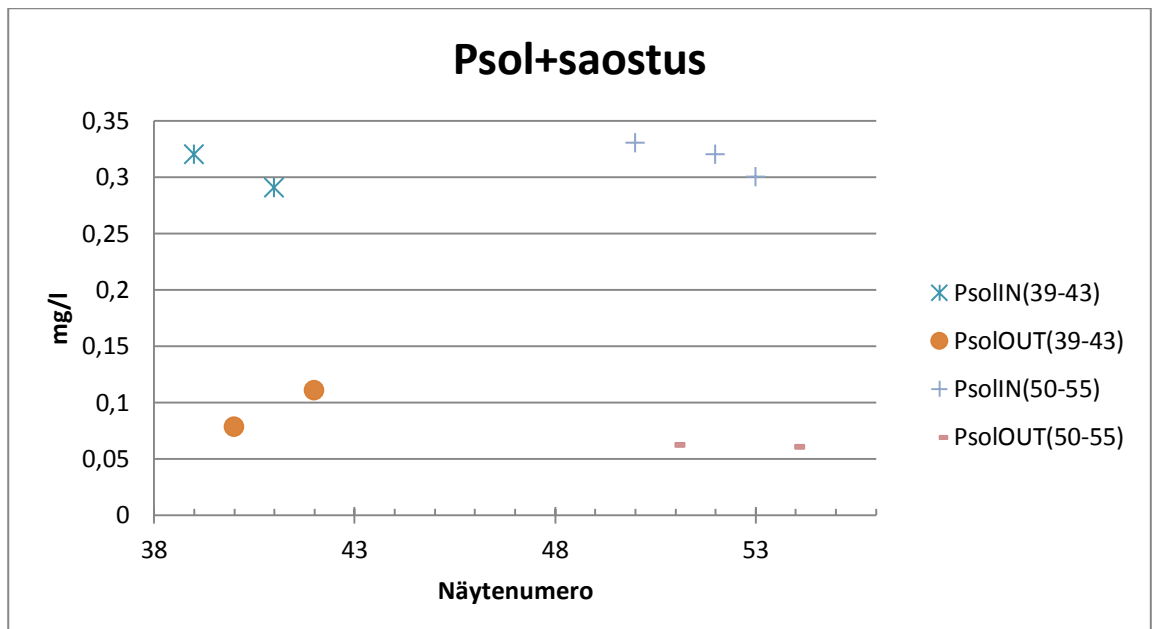
### 5.2.3 Saostuksen vaikutukset

Saostuskemikaalien lisäämistä ilman polymeerejä on tutkittu näytteissä 39 - 43 ja 50 - 55. Saostuskemikaalina näissä ajoissa olivat PAX-XL60 ja annostus oli 30 mg/l. Saostus ilman polymeeriä nostaa kiintoainepitoisuutta lähtevässä vedessä (kuvio 21). Tämä johtuu siitä, että saostuva flokki on pääosin liian pientä poistuaakseen suodattimella. Kuitenkin kiintoainepitoisuus oli lupaehdon rajalla.

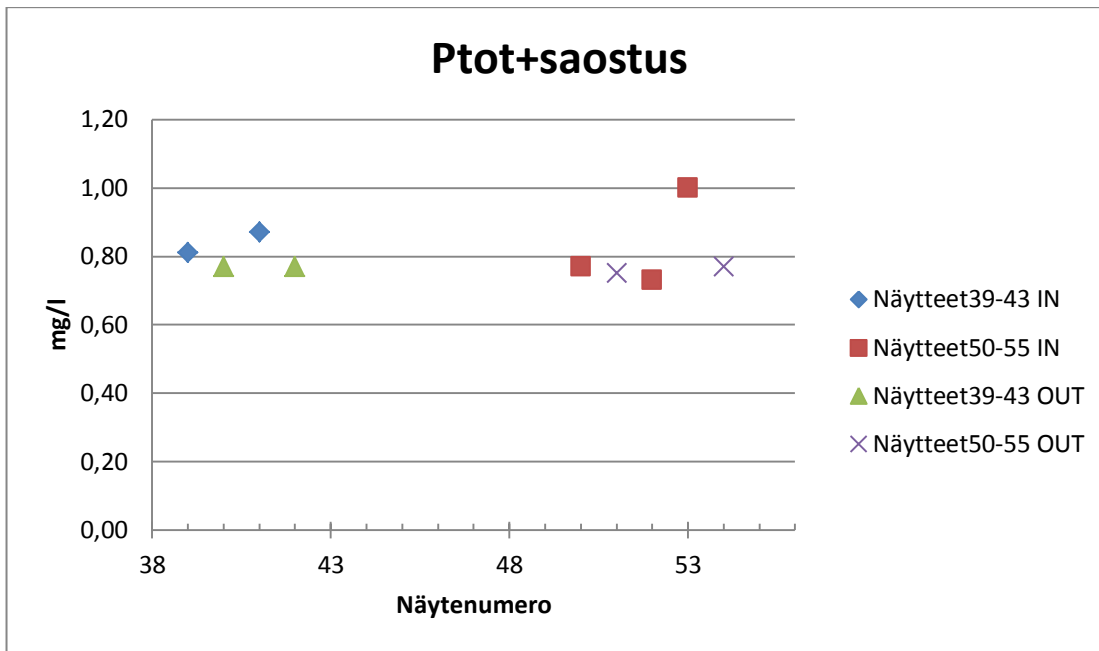


KUVIO 21 Saostuksen merkitys kiintoaineen mittaustuloksiin näytteissä 39 - 43 ja 50 - 55. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.

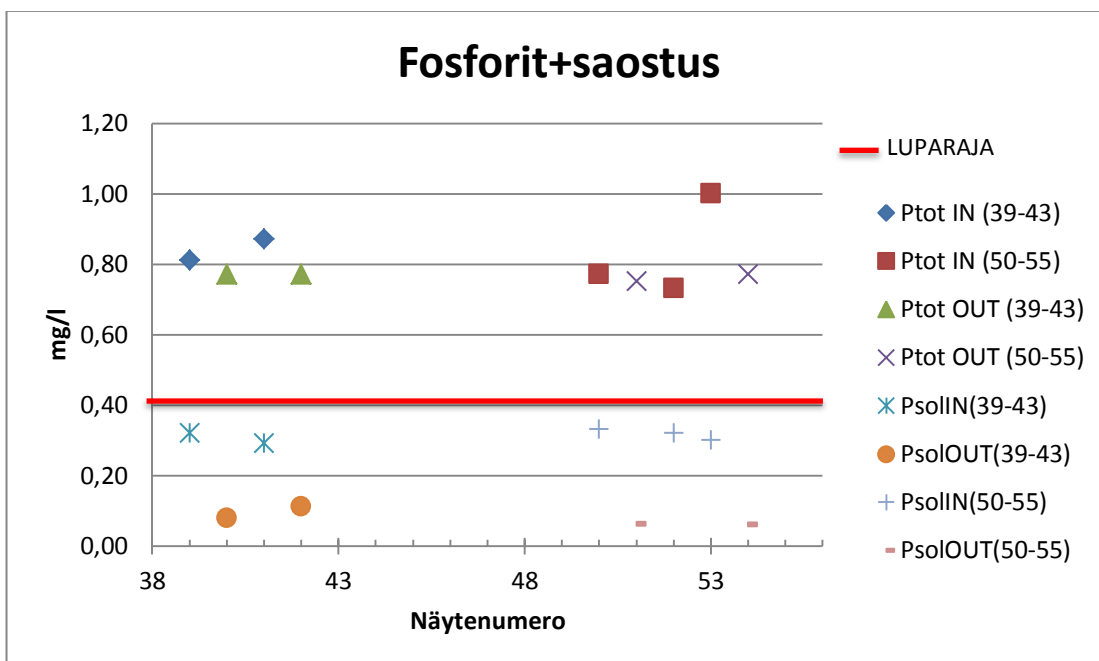
Saostuskemikaali saostaa liukoista fosforia tehokkaasti (kuvio 22). Poistoreduktio oli välillä 62 % - 81 %. Näin ollen kiintoaineessa on fosforia runsaasti ja pienikin pidättyvän kiintoaineen määrä poistaa kokonaisfosforia poistuvasta vedestä. Kokonaisfosforin mittaustulokset on esitetty kuviossa 23. Kokonais- ja liukoisen fosforin mittaustulokset on esitetty kuviossa 24.



KUVIO 22. Saostuskemikaalin vaikutus liukoisen fosforin mittaustuloksiin näytteissä 39 - 43 ja 50 - 55. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteiden kaikki tiedot.



KUVIO 23. Saostuskemikaalin vaikutus kokonaisfosforinmittaustuloksiin näytteissä 39 - 43 ja 50 - 55. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luetta-  
vissa näytteen kaikki tiedot.



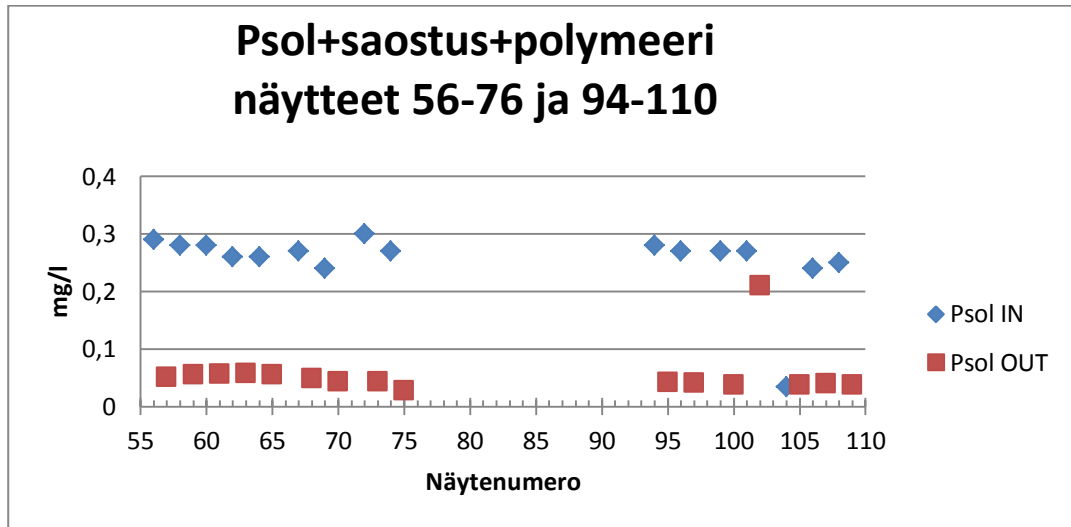
KUVIO 24. Saostuskemikaalin vaikutus fosforien mittaustuloksiin näytteissä 39 - 43 ja 50 - 55. Kokonaisfosforin luparaja merkitty punaisella viivalla. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

Tämäkään fosforin poistuma ei riitä kokonaisfosforin lupaehtojen täyttymiseen.

#### 5.2.4 Saostuksen ja polymeroinnin yhteisvaikutus

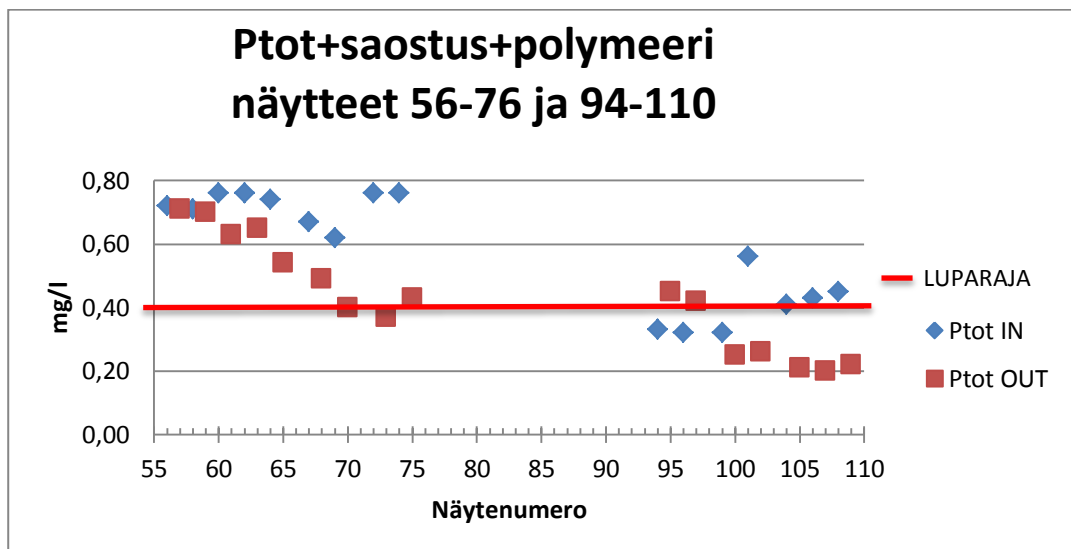
Seuraavissa koeajoissa pH säädettiin lähelle saostuskemikaaleille arvioitua optimiarvoa. Polyalumiinisulfaatille pH pyrittiin säätämään arvoon 6.3 ja ferrisulfaatille arvoon 5.0. pH:n säätäminen tapahtui lisäämällä happoa laitteiston ensimmäiseen sekoitussäiliöön

ennen saostuskemikaalin lisäystä. Saostuskemikaalin lisäksi veteen lisättiin myös polymeeriä. Käytössä olivat molemmat polymeerit (K1390 ja AN305). Liukoisen fosforin osalta molemmat saostuskemikaalit sekä polymeerit toimivat hyvin kuvio 25. Poistoreduktiot vaihtelivat 78 % ja 90 % välillä.



KUVIO 25. Saostuskemikaalin ja polymeerin yhteisvaikutukset kokonaisfosforin mittaustuloksiin näytteissä 56 - 76 ja 94 - 110. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

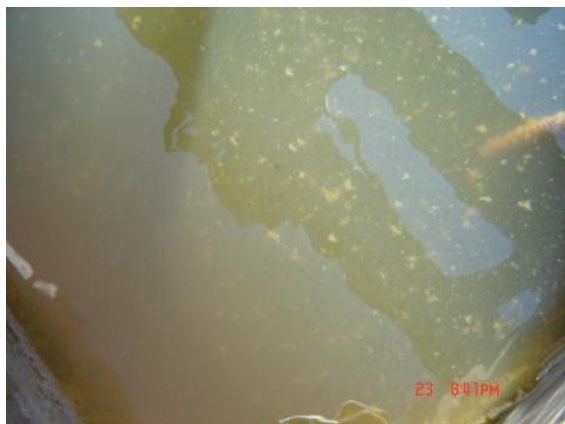
Kokonaisfosforin poiston osalta yhtäaikainen saostus ja polymerointi toimi myös kohtuullisen hyvin. Kemikaalien vaikutukset mittaustuloksiin on nähtävissä kuviossa 26. Kokonaisfosforin poistoreduktio vaihteli keskimäärin 30 % ja 50 % välillä. Poistuman ollessa noin 50 % päästään kokonaisfosforin osalta arvoihin 0,2 - 0,4 mg/l, jolloin pysytään luparajojen puitteissa.



KUVIO 26. Saostuskemikaalin ja polymeerin yhteisvaikutukset kokonaisfosforin mittaustuloksiin näytteissä 56 - 76 ja 94 - 110. Kokonaisfosforin luparaja on merkitty punaisella viivalla. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

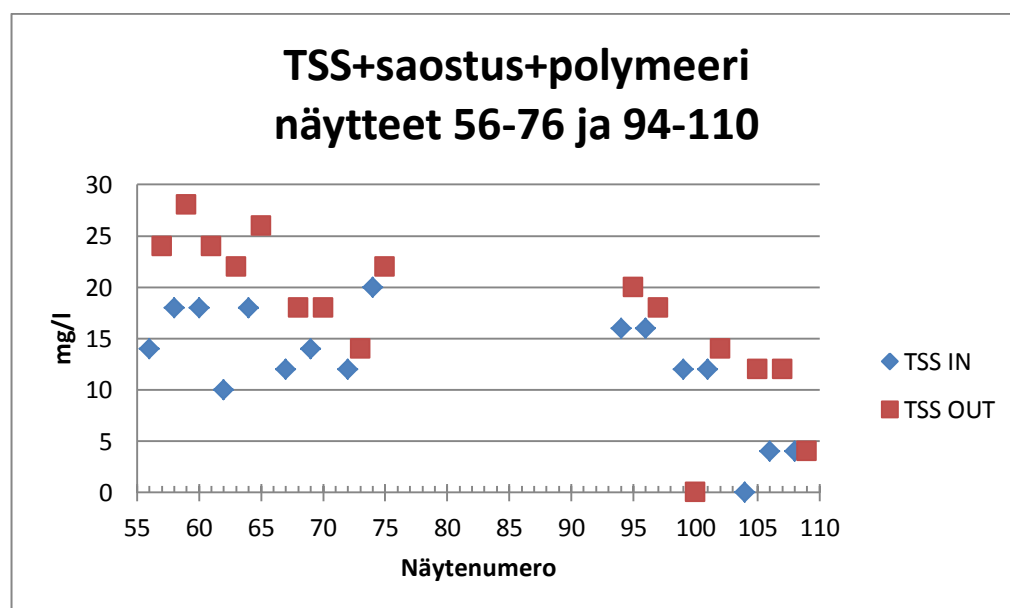


Kiintoaineen osalta tämä ajotapa ei vaikuta kovinkaan hyvältä. Saostus generoi runsaasti pientä kolloidista flokkia, mikä ei jää suodattimeen. Polymeeri synnytti reilusti isoa flokkia, mikä poistui pääosin pesuvedessä. Syntynyttä flokkia on kuvassa 31.



KUVA 34. Flokkia koaguloituaaltaassa.  
Valokuva M. Rytönen

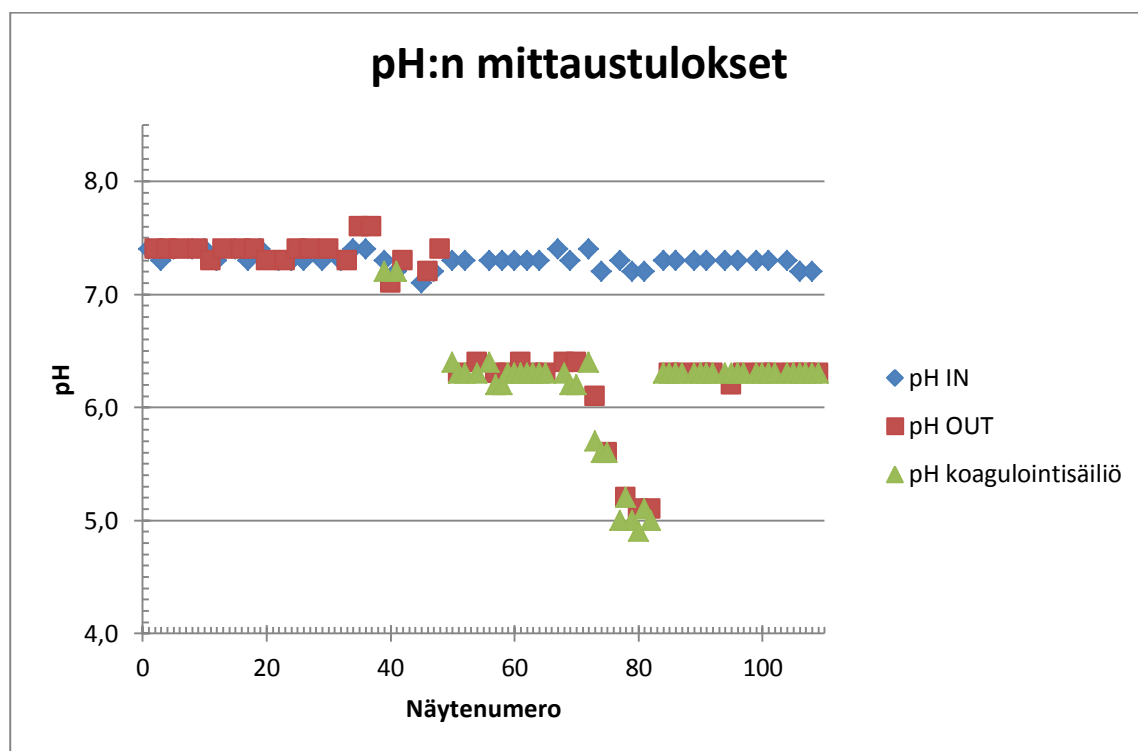
Flokkautumaton mikroflokki ja syntyneen flokin hajoaminen suodatuksessa aiheuttaa kohonneita kiintoainepitoisuuden arvoja. Tässä tapauksessa kiintoainepitoisuus lisääntyi suodatuksen aikana (kuvio 27). Poistoreduktiot vaihtelivat ollen huonoimmillaan – 200 % ja parhaassa tapauksessakaan poistoa ei tapahtunut ollenkaan, poistoprosentin ollessa 0 %. Kiintoaineen luparaja 35 mg/l ei kuitenkaan ylity, mutta kiintoainepitoisuus on ollut muutenkin hyvin alhainen koeajojen aikana. Laitteistolle tulevan veden kiintoainepitoisuus koeajojen aikana on vaihdellut 4 - 26 mg/l välillä.



KUVIO 27. Saostuskemikaalin ja polymeerin yhteisvaikutukset kiintoaineen mittaustuloksiin näytteissä 56 - 76 ja 94 - 110. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

### 5.3 pH:n säätö

Suodatukseen tulevan veden pH säädettiin saostuskemikaaleille sopiviksi polymeerin ja saostuskemikaalien yhteisvaikutuksia tutkittaessa. pH:n säätö tapahtui lisäämällä veteen happoa. Jälkiselkeytyksestä tulevan veden puskurikapasiteetti on erittäin suuri. Tästä johtuen hapon kulutus on suurta. Ferrisulfaatin (PIX-105) saostus pH on alhaisempi kuin polyalumiinisulfaattilla (PAX-XL60). PAX-XL60 on jo käytössä jälkiselkeytyksessä ja käytännön sovellusta silmällä pitäen se olisi todennäköisempi vaihtoehto. pH:n mittaustulokset on esitetty kuviossa 28. IN näyte on mitattu laitteistolle tulevasta vedestä. OUT näyte on mitattu laitteistosta poistuvasta vedestä. pH mitattiin myös koagulointisäiliöstä.



KUVIO 28. pH:n mittaustulokset koeajojaksolta. Mittauspöytäkirjasta (Liite 6) on näyttenumeroiden perusteella luettavissa näytteen kaikki tiedot.

### 5.4 Tulosten yhteenveto

Suodatus ilman kemikaalien lisäystä ei ole toimiva ratkaisu koelaitteiston mukaisella järjestelyllä. Käytettäessä tiheämpää suodatinta (10 $\mu$ m) kiintoaine pidättyi suodattimelle, mutta se tukkeutuu nopeasti. Huokoskooltaan suurempi (30  $\mu$ m) suodatin ei tukkeudu niin nopeasti, mutta se ei kykene pidättämään jälkiselkeytyksestä karkaavaa kiintoainetta.

Pelkästään polymeerointi ei parantanut puhdistustulosta. Jälkiselkeytyksestä karkaava kiintoaine hajosi jo jälkiselkeytyksen ylikaadossa ja syöttöpumppaus koelaitteistolla hajotti flokkaukseen tarvittavat partikkelit.

Saostus juuri ennen suodatusta poistaa vedestä käytännössä kaiken liukoisen fosforin, mutta mikroflokki on liian pientä pidäytyäkseen suodattimelle. Tämä nostaa kiintoainepitoisuutta tuloksissa lupaehtojen rajalle. Kiintoaineessa on runsaasti fosforia ja pienikin kiintoaineen poisto laskee kokonaisfosforipitoisuutta.

Saostettu mikroflokki saadaan flokattua suuremmiksi hiukkasiksi polymeerillä. Käytettäessä saostuskemikaalia ja polymeeriä yhdessä kokonaisfosfori laskee 30 % - 50 %. Tällöin päästään kokonaisfosforin osalta arvoihin 0,2-0,4 mg/l, joka on juuri lupa-arvoissa. Suodattimen läpäisevän mikroflokin vuoksi kiintoainepitoisuus nousee lähtöarvosta 4 - 26 mg/l arvoon 12 - 28 mg/l. Kiintoainepitoisuus pysyy kuitenkin lupa-arvojen alapuolella.

Käytännön sovellus pyrittäisiin toteuttamaan painovoimaisesti, jolloin olemassa oleva flokki ei hajoaisi pumppauksen vaikutuksesta. Flokki toimisi isompien ja kiinteämpien flokkien muodostusytimenä. Kestävän flokin muodostuminen on edellytys suodatusprosessille, jolloin kemikaalien optimointi on tärkeää. Puhdistamon vesi on osoittautunut tämän suhteen haastavaksi, joten kemikaalien optimointityöllä tuloksia voitaisiin todennäköisesti parantaa. Nyt suoritetuissa ajoissa kemikaalien määrät olivat suuret, joten todellista laitosta suunniteltaessa täytyisi kemikaloinnin kustannukset selvittää tarkasti.

Laitteiston toimintaperiaate koeajojärjestelyssä herätti jälkikäteen kysymyksen järjestyksen oikeellisuudesta. Verrattaessa veden virtausta koelaitteistolle valokuvien avulla tässä koeajotapauksessa ja teoriaa laitteiston toimintaperiaatteesta veden virtauksen suhteen laitteistolle huomattiin eroavaisuuksia. Tarkasteltaessa laitetoimittajan esitteitä ja videoita laitteiston toimintaperiaatteesta havaittiin, että puhdistettavan veden tulisi virrata kiekkosuodatinlaitteistolle keskirumpuun, josta vesi siirtyisi kiekon molemmin puolin olleiden suodatinkalvojen väliin. Tästä vesi suodattuisi ulospäin kalvojen molemmin puolin altaaseen, josta suodatettu vesi poistuu laitteistolta. Näin kiintoaines jää suodattimen sisäpuoliselle pinnalle, josta se pesurien suihkujen vaikutuksesta poistuu laitteistosta. Puhdistettu vesi menee altaaseen, josta vesi poistuu purkuputkea pitkin.

Kyseisessä koeajotilanteessa kiekkosuodattimelle tuleva käsiteltävä jätevesi virtasi altaaseen, jonka olisi pitänyt olla ainoastaan puhdistetulle vedelle verrattaessa kirjallisuusosiossa esitettyyn toimintaperiaatteeseen. Oliko laitteistossa vuoto vai puutuiko laitteistosta jokin oleellinen osa, jolla veden virtaus olisi saatu oikein. Vettä virtasi mah-

dollisesti myös laitteiston keskirumpuun, josta vettä meni suodatinkalvojen väliin, mutta suurin osa vedestä tuli suoraan altaaseen. Voidaankin pohtia, oliko koeajolaitteistossa merkittävä virheellisyys, joka johti huonoihin puhdistustuloksiin. Mikäli tällainen virhe laitteiston toiminnassa oli, koko koeajon tulokset eivät kerro totuutta hyvin toimivasta kiekkosuodatuslaitteistosta. Luotettavia tuloksia laitteiston puhdistustehokkuudesta ei olisi voitu saavuttaa sekoittuvien vesien johdosta. Tämä selittää myös sen, miksi tuloksissa välillä kiintoainepitoisuudet nousivat suodatuksen aikana.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Jätevedenpuhdistamoilla on sopeutuminen jätevedenpuhdistuksen kiristyviin lupa-arvojen vaatimukseen, koska lupa-arvoja on kiristetty ja tullaan edelleen kiristämään. Monissa tapauksissa laitokset ovat vanhoja sekä alimitoitettuja nykyiseen puhdistustarpeeseen. Siksi ongelmia aiheutuu prosessien toimivuudessa, eikä lupa-arvojen vaatimukseen voida vastata. Jäteveden puhdistamoilla pyritään löytämään ratkaisuja erilaisilla toimenpiteillä prosessin toimivuuteen ja lupaehtojen toteutumiseen. Yksi mahdollinen toimenpide on lisätä prosessiin jälkisuodatus, jolloin kiintoainetta ja fosforia saadaan poistettua tehokkaammin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kiekkosuodattimen toimivuutta kiintoaineenpoistoon jälkisuodatusvaihtoehtona. Tavoitteena kiekkosuodatuskoeajoilla oli löytää ratkaisu lisälmen jätevedenpuhdistamolla olevaan kiintoaineen karkaamisongelmaan. Puhdistetun jäteveden mukana karkaa kiintoainetta mistä johtuu, ettei ympäristöluvan lupaehtoihin päästä. Kiintoaineen luparaja on 35 mg/l ja kokonaisfosforin luparaja 0,4 mg/l. Aiempien havaintojen perusteella on huomattu, että mikäli laitokselta poistuvan veden kiintoainepitoisuus alittaa 10 mg/l, alittuu samalla myös kokonaisfosforille asetettu luparaja. Tällä hetkellä tilanne on kuitenkin se, ettei ympäristöluvan lupa-arvoihin päästä. Mikäli koeajoilla saadaan toivottuja tuloksia, voidaan prosessiin lisätä kiekkosuodatuslaitteisto suhteellisen helposti.

Kiintoaineen ja fosforin poiston tehostamiseksi on tehty erilaisia koeajoja myös muualla. Tutkituissa muualla tehdyissä koeajoissa jälkisuodatuksella oli saatu hyviä tuloksia. Näissä tutkimuksissa ei kuitenkaan kerrottu, kuinka vesi laitteistolle oli syötetty. Johdettiin vesi painovoimaisesti vai pumpattiinko vesi laitteistolle, kuten tässä koejärjestelyssä. Esimerkiksi Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa vastaavalla koelaitteistolla kiintoainepitoisuuksia oli saatu laskettua suodatuksen jälkeen huomattavasti. Sielläkin lisääntyvään puhdistustarpeeseen vaikutti kiristyneet kokonaisfosforin lupa-arvot. Suodatinkokona laitteistossa oli käytetty 20 µm:n suodatinta, jota lisälmen puhdistamon koeajoissa ei kokeiltu. Saostuksessa oli käytetty rautaa tehostamaan fosforin poistumista. Suodatuksen jälkeen keskiarvo kiintoaineen pitoisuudessa oli 4,6 mg/l ja kokonaisfosforilla 0,15 mg/l. Näiden tulosten perusteella laitteisto toimii hyvin kyseisessä kohteessa. Kuitenkin on huomioitava, että Tanskassa tehty koeajo kesti useamman kuukauden ajan ja tuloksissa oli ilmoitettu vain yksi tulos per kuukausi.

Kaliforniassa testattiin kahta erilaista kiekkosuodatinta, joiden suodatinmateriaalissa oli eroja. Siellä laitteistot olivat testauksessa yhtä aikaa, joten molemmille laitteistolle syö-

tettiin samanlaista vettä. Tässä testissä tutkittiin laitteiston toimivuutta kiintoaineen poistossa ja kuinka suodatus vaikutti veden sameuteen. Laitteistolle syötettiin normaali-kuormituksen mukaista vettä, jonka kiintoainepitoisuus oli 12 - 19 mg/l. Molempien laitteistojen suodatuksen jälkeinen kiintoainepitoisuus oli 4 - 10 mg/l. Testatessa mahdollisia häiriötilanteita laitoksella, laitteistolle syötettiin vettä jonka kiintoainepitoisuus oli nostettu 24 - 40 mg/l. Tässäkin tapauksessa molemmat laitteistot pääsivät samoihin puhdistustuloksiin 12 - 19 mg/l. Laitteistojen erona huomattiin, että häiriötilanteissa toisen laitteiston suodattimet tukkeutuivat helpommin, jolloin se pienensi veden virtaamaa.

Kiintoaineen ja fosforin poistamisen tehostamiseen on monia vaihtoehtoja. Erilaisia tertiäärikäsittelyvaihtoehtoja ovat esimerkiksi flotaatio, jossa veteen syötetään ilmaa, jonka vaikutuksesta kiintoaine nousee pinnalle, josta se saadaan poistettua. Hiekkasuodatuksessa vesi suodatetaan hiekkapatjan läpi. Tässä työssä tutkimuskohteena oli kiekkosuodatin, josta on useita erilaisia toteutuksia. Kaikissa on kuitenkin periaatteena se, että puhdistettava jätevesi virtaa kankaan tai kalvon läpi, jolle kiintoaine jää. Kaikille vaihtoehdoille on yhteistä se, että laitteistot sijoitetaan prosessin loppupäähän ennen veden purkamista vesistöön.

Kiekkosuodatin sijoitetaan jätevedenpuhdistamolla prosessin loppupäähän. Jälkiselkeytyksestä vesi johdetaan kiekkosuodatinlaitteistolle suoraan tai flokkausaltaan kautta. Flokkausaltaan tarkoituksena on muodostaa hienojakoisesta aineksestä suurempia helpommin erotettavia hiukkasia. Kiekkosuodatusta voidaan käyttää myös lisäsuodatuksena esimerkiksi hiekkasuodatuksen jälkeen. Käsiteltävä vesi johdetaan yleensä painovoimaisesti kiekkosuodatuslaitteistolle. Vesi virtaa laitteistossa suodattimien läpi ja kiintoaine jää suodattimen pinnalle. Suodattimien kerätessä kiintoainetta veden pinta laitteistossa nousee ja veden saavuttaessa tietyn korkeuden laitteiston pesu käynnistyy automaattisesti. Suodattimien pesuun laitteisto ottaa veden jo puhdistetusta vedestä ja rejekti poistuu laitteistolta prosessin alkuun.

Iisalmen jätevedenpuhdistamolla koeajot suoritettiin Discfilter -kiekkosuodattimella. Tehdyt koeajot suoritettiin yhteistyössä laitetoimittajan kanssa.

Tutkimussuunnitelma tuli laitteiston toimittajalta, jonka perusteella laadittiin ohjelma koeajoille. Tarkasteltavia asioita koeajo-ohjelmassa oli koeajojen suoritustapa ja näytteiden otto koeajotulosten selvittämiseksi. Näytteiden säilytys ja kuljetus suunniteltiin yhteistyössä tutkivan laboratorion kanssa.

Laitteistoon otettiin jälkiselkeytyksestä lähtevää vettä. Vesi pumpattiin laitteistolle poistokourusta ennen purkuputkea vesistöön. Tämä vastaa vettä, joka todellisuudessaakin laitteistolle johdettaisiin, mikäli laitteisto hankittaisiin puhdistamolle. Koeajoja suoritettiin ilman lisäkemikalointia kahdella suodatinkoolla. Käytettävät suodattimet olivat 10 µm ja 30 µm. Koeajot aloitettiin 30 µm:n suodattimella ilman lisäkemikalointia. Puhdistustulos kiintoaineen osalta vaihteli suuresti. Poistoreduktio vaihteli parhaasta 20 %:sta negatiiviseen -17 %:iin. Fosforia poistui hieman, mutta lupaehdon rajaan ei tällä päästy. Poistoreduktio vaihteli negatiivisesta -2 %:sta 8 %:n poistoon. 10 µm:n suodattimella ajettiin välillä pieni jakso. Käytettäessä 10 µm:n suodatinta laitteisto poisti hyvin kiintoainetta sekä fosforia, mutta suodattimet tukkeutuivat nopeasti, jolloin pesusykli muuttui liian tiheäksi. Kiintoaineen osalta tavoiteltu puhdistustulos alle 10 mg/l täyttyi. Poistoreduktiot vaihtelivat 86 % ja 50 %. Hyvän kiintoaineen poistokyvyn myötä myös kokonaisfosforin poistoreduktio oli 18 % ja 16 %. Tämä ei kuitenkaan riitä lupa-arvon täyttymiseen. Suodattimien tukkeutumisen vuoksi 10 µm:n suodatin ei sovellu käytettäväksi näissä koeajoissa. Tämän vuoksi päädyttiin käyttämään 30 µm:n suodatinta loppuisissa koeajoissa. Ensisijainen tavoitetulos oli, että laitteisto olisi poistanut kiintoainetta alle 10 mg/l ilman lisäkemikalointia. Koska tätä ei saavutettu, päädyttiin testaamaan laitteistoa polymeerillä ja saostuksella.

Ensin testattiin pelkän polymeroinnin vaikutuksia. Testattavat polymeerit olivat anioninen AN305 ja kationinen K1390. Ennen polymeerin lisäystä vedessä ei ollut silmin nähtävää flokkia. Pumppauksen vaikutuksesta kiintoaine hajosi laitteistolle tullessa. Polymeerin tarkoituksena oli saada hajonneet flokit syntymään uudelleen ja kestävämmiksi, jotta ne jäisivät suodattimelle. Polymeroinnin lisäys paransi kiintoaineen erotusta, mutta vaihtelut olivat suuria. Polymeroinnin aikana virtausta laitteistolle pienennettiin. Virtausta pienentämällä saatiin kiintoaineen erotuskykyä parannettua hieman. Parhaillaan kiintoaineen poistoreduktio oli 60 %, mutta huonoimmillaan kiintoaine lisääntyi 50 %. Tämä mahdollisesti johtui suodattimelle pidättyneen kiintoaineen hajoamisesta, jonka vuoksi se läpäisi suodattimen. Polymeroinnin vaikutus kokonaisfosforin poistumaan vaihteli myös suuresti. Keskimäärin kokonaisfosforin poistoreduktio oli 10 %, mutta lupaehdosta ei tälläkään päästy. Pari näytettä poistoreduktioissa meni reilusti miinukselle. Tämä johtui oletettavasti myös samasta syystä kuin kiintoaineen kohdalla, eli suodattimelle jäänyt kiintoainetta pääsi läpi. Polymeerin määrät vaihtelivat koeajojen aikana, mutta käytettäessä suuria annoksia molemmat polymeerit muodostivat samankaltaista flokkia.

Tämän jälkeen veteen lisättiin saostuskemikaalia ilman polymeerin lisäystä. Saostuskemikaalina toimi PAX-XL60 ja annostuksena 30 mg/l. Saostus ilman polymeeriä nostaa kiintoainepitoisuutta lähtevässä vedessä. Saostuva flokki on liian pientä poistua suodattimella. Lisääntyvästä kiintoainepitoisuudesta huolimatta pysyttiin lupaehdon ra-

jalla kiintoaineen osalta. Saostuskemikaali saostaa liukoista fosforia hyvin poistoredukti-  
on ollessa 62 % – 81 %. Kokonaisfosforin osalta taas ei samoihin tuloksiin päästä. Pelk-  
kää saostuskemikaalia käytettäessä ei haluttuihin kokonaisfosforin poistotuloksiin pääs-  
ty.

Tutkittaessa polymeerin ja saostuksen yhteisvaikutuksia, saostuskemikaaleina oli käy-  
tössä PAX-XL60 ja PIX-105 ja polymeereinä K1390 ja AN305. Saostuskemikaaleja käy-  
tettäessä pH säädettiin niiden optimialueille. Käytettäessä polymeeriä ja saostuskemi-  
kaalia yhdessä, saavutettiin hyvät tulokset liukoisen fosforin poistossa. Liukoisen fosfo-  
rin poistoreduktiot vaihtelivat välillä 78 % - 90 %. Samoin kokonaisfosforin osalta tämä  
yhdistelmä oli toimivin. Kokonaisfosforin poistoreduktiot vaihtelivat 30 % -50 %:n välillä.  
Silloin kun päästiin poistoreduktiossa 50 %:n tasolle kokonaisfosforipitoisuus vaihteli  
välillä 0,2 - 0,4 mg/l. Näillä tuloksilla luparaja alittuu. Tämä ajotapa on kokonaisfosforin  
osalta paras vaihtoehto, mutta kiintoaineen poistolle tämä ei sovellu. Saostus synnyttää  
runsaasti pientä kolloidista flokkia, mikä ei jää suodattimelle. Polymeeri taas synnytti  
isoa flokkia, joka poistui pääosin pesuveden mukana. Kuitenkin kohonneita kiintoainepi-  
toisuuksia aiheuttaa flokkautumaton mikroflokki ja syntyneen flokinhajoaminen suoda-  
tuksessa. Tästä johtuen kiintoainepitoisuus lisääntyi suodatuksen aikana. Huonoimmil-  
laan kiintoaine lisääntyi 200 % ja parhaassa tuloksessa ei muutosta tapahtunut ollen-  
kaan. Kiintoainepitoisuus ei kuitenkaan ylitä luparajaa, mutta koeajojen aikana, kiinto-  
ainepitoisuus oli muutenkin kovin alhainen. Veden kiintoainepitoisuus oli 4 – 26 mg/l.

Yhteenvetona tuloksista voidaan todeta, että kiekkosuodatin ei ole toimiva ratkaisu ilman  
lisäkemikalointia. 10 µm:n suodatinta käytettäessä kiintoaine pidättyi suodattimelle, mut-  
ta se tukkeutui nopeasti. 30 µm:n suodatin ei tukkeudu, mutta se ei kykene pidättämään  
jälkiselkeytyksestä karkaavaa kiintoainetta. Yksistään polymeeriä lisättäessä se ei flo-  
kannut karkaavaa kiintoainetta. Karkaava kiintoaine on niin hentoista, että se hajoaa jo  
jälkiselkeytyksen ylikaadossa. Syöttöpumppaus laitteistolle hajottaa flokkaukseen tarvit-  
tavat partikkelit.

Saostus poistaa käytännössä kaiken liukoisen fosforin, mutta mikroflokki on liian pientä  
pidättyäkseen suodattimelle. Tämä nostaa kiintoainepitoisuutta lupaehtojen rajalle. Kiin-  
toaineessa on runsaasti fosforia ja pienikin kiintoaineen poisto laskee kokonaisfosforipi-  
toisuutta.

Käytettäessä sekä polymeeriä ja saostusta kokonaisfosfori laskee 30 – 50 %. Tällä  
päästään arvoihin 0,2 - 0,4 mg/l. Nämä arvot jäävät juuri luparajan 0,4 mg/l alapuolelle.  
Suodattimen läpäisevän mikroflokin vuoksi kiintoainepitoisuus nousee lähtöarvosta 4 -



26 mg/l arvoon 12 - 28 mg/l. Kiintoainepitoisuus pysyy kuitenkin lupa-arvojen alapuolella. Kuitenkin kemikaalien annostukset olivat suuria joten käytännössä nämä aiheuttaisivat kohtuuttomia kustannuksia, mikäli tällaisilla annostuksilla jouduttaisiin prosessia pyörittämään.

Tehtyjen koeajojen perusteella voidaan todeta, että tämä kiekkosuodatuslaitteisto ei ole soveltuva lisälmen jätevedenpuhdistamolle. Koeajoille ensisijaisesti asetetut tavoitteet eivät täytyneet. Ensisijaisena tavoitteena oli, että kiintoainepitoisuus saataisiin ilman lisäkemikalointia arvoon 10 mg/l. Toisaalta kemikaaleja lisäämälläkään ei tavoitearvoon 10 mg/l päästy.

Mikäli koeajoja olisi toteutettu pidemmän aikaa, olisi varmaan saatu luotettavampia tuloksia. Koeajojakso oli suhteellisen lyhyt ja eri kemikaaleja vaihdettiin melko nopealla tahdilla. Koeajojakso tietyillä parametreilla olisi voinut olla pidempi, koska vaihtelut tuloksissa olivat suuria. Mikäli ajojakso olisi ollut pidempi, vaihtelut olisivat voineet tasoitua ja kemikaalien toimivuudesta olisi saanut selvemmän kuvan. Kemikaalien vaikutuksista saaduista tuloksista eri ajotavoilla olisi voinut valita parhaiten soveltuvan ja ajaa pidemmän ajan näillä kemikaalimäärillä. Silloin olisi saanut luotettavamman tuloksen kemikaloinnin vaikutuksista, koska vertailutuloksia olisi ollut pidemmältä jaksolta

Toisaalta taas oleellisen seikan koeajojärjestelyjä mietittäessä tuo veden pumppaus laitteistolle. Tutkimuksissa todettiin, että pumppaus hajottaa kiintoainepartikkeleita. Johdettamalla vesi kiekkosuodattimelle painovoimaisesti tämän olisi voinut ehkä välttää. Mikäli laitteisto olisi voitu sijoittaa niin, olisivat puhdistustulokset mahdollisesti olleet erilaisia ja laitteiston toimivuus olisi kenties voinut olla parempi. Vaihtoehtoisia ratkaisuja olisi voinut olla esimerkiksi kiekkosuodatinlaitteiston sijoittaminen jälkiselkeytyksestä lähtevän veden poistokouruun. Toisaalta olisi voinut miettiä vaihtoehtoa jossa jälkiselkeytyksestä olisi rajattu allas, johon laitteisto olisi sijoitettu. Tämä vaihtoehto olisi tietenkin ollut suuremman työn takana toteuttaa, mutta laitteiston toimivuuden kannalta olisi voinut ollut ratkaiseva tekijä. Tutkituissa, muualla suoritetuissa koeajoissa ei ollut mainittu miten vesi oli laitteistolle johdettu, mutta niissä ei ollut mainintaa, että vesi olisi erikseen pumputtu laitteistolle. Mikäli vesi on johdettu laitteistolle painovoimaisesti, voi se selittää parempia puhdistustuloksia. Toisaalta joka puhdistamolla veden laatu vaihtelee, joka tuo myös omat haasteet laitteiston toimivuudelle.

Huomioitavaa on myös, että alkuperäisestä näytteenottosuunnitelmasta poikettiin. Alkuperäinen tarkoitus oli ottaa näytteitä 3 - 7 päivässä, mutta useampana päivänä näytteitä tuli paljon enemmän. Näytteiden analysoinneista tuli kustannuksia puhdistamolle suunniteltua enemmän. Toisaalta kustannuksissakin olisi voitu säästää tältä osin, mikäli muu-

toksia ajotapoihin ei olisi tehty niin nopealla tahdilla. Koeajojen näytteistä analysoitiin kiintoaine (TSS), kokonaisfosfori ( $P_{\text{tot}}$ ), liukoinen fosfori ( $P_{\text{sol}}$ ),  $\text{COD}_{\text{tot}}$ ,  $\text{COD}_{\text{sol}}$ ,  $\text{BOD}_{7\text{atu}}$  ja kiintoaine. Kuitenkin tulosten tarkastelussa käytiin läpi mittaustuloksia lähinnä kiintoaineen ja fosforeiden osalta. Tästä herää kysymys, olisiko koeajoista kannattanut analysoida vain kiintoaine ja fosforit, koska näillä parametreillä laitteiston toimivuutta testattiin. Koeajojen perusteella saaduista tiedoista olisi voinut valita parhaiten soveltuvan ajotavan ja tällä ajotavalla suorittaa pidemmän jakson, jolloin mittaustulokset olisivat kenties tasoittuneet. Näistä koeajoista olisi voinut sitten ottaa analysoitavaksi kaikki edellä mainitut parametrit. Tällä tavalla laboratorioanalysoinneista aiheutuvista kustannuksista olisi voitu säästää.

Työlle asetetut tavoitteet toteutuivat hyvin, koska tarkoituksena oli testata kiekkosuodattimen toimivuutta kiintoaineenpoiston tehostamisessa ja kokonaisfosforin lupa-arvojen saavuttamisessa. Koeajot menivät hyvin, eikä suurempia ongelmia ilmennyt koeajojen aikana. Toivottuja tuloksia kuitenkin koeajoilla ei saavutettu, eli voidaan todeta, että jokin muu vaihtoehto kiintoaineenpoistoon voisi olla sopivampi toteutettavaksi lisälmen puhdistamalla. Koska kiintoainetta ei saatu poistettua tavoiteltuun pitoisuuteen, ei kokonaisfosforinkaan lupa-arvoihin päästy ilman kohtuuttoman suuria kemikaaliannostuksia. Tertiäärikäsittelyn toteuttamisen mahdollisuuksia on monenlaisia, joiden toimivuutta kannattaisi kokeilla ongelman ratkaisemiseksi.

Tarkasteltaessa koelaitteiston toimintaa näin jälkikäteen valokuvien perusteella ja laite-toimittajan esitteissä ja videoissa oleviin kiekkosuodattimen toimintaperiaatteisiin, löytyi veden virtauksesta eroavaisuuksia. Eroja löytyi puhdistettavan veden syötössä kiekkosuodattimelle. Tästä johtuen heräsi kysymys toimiko koelaitteisto niin kuin sen olisi pitänyt toimia. Mikäli koelaitteiston veden syöttö oli virheellinen, se selittäisi myös laitteiston huonoja puhdistustuloksia. Näin ollen voidaan todeta, että koeajoista saadut tulokset eivät vastaa todellisia kiekkosuodatuksella saatavia puhdistustuloksia, jos koejärjestely todella oli virheellinen. Tämän tutkimuksen perusteella on syytä tarkastaa koelaitteiston toimintaperiaate ja tarvittaessa kannattaa harkita koeajon uusimista ainakin osittain.

## LÄHTEET

Aqua-aerobic www-sivu 2012, [viitattu 27.2.2012].

Saatavissa: <http://www.aqua-aerobic.com/aquaDisk.asp>

Aquaflow esite. Tertiäärikäsittelyn vertailu 2011

HS-Vesi www-sivu 2012, [viitattu 3.2.1012].

Saatavissa: <http://www.hsvesi.fi/Kiinteasivu.asp?KiinteasivuID=3938&NakymaID=242>

Hydrotech newsletter 2012, [verkkodokumentti]. Hydrotech [viitattu 14.2.2012].

Saatavissa:

[http://www.hydrotech.se/hydrotech/ressources/documents/1/2527,hydrotech\\_state-of-the-art.pdf](http://www.hydrotech.se/hydrotech/ressources/documents/1/2527,hydrotech_state-of-the-art.pdf)

Hydrotech [verkkodokumentti]. 2012, [viitattu 8.2.2012],

Saatavissa:

[http://www.hydrotech.se/hydrotech/ressources/documents/1/2537,hydrotech-solution\\_reuse\\_water.pdf](http://www.hydrotech.se/hydrotech/ressources/documents/1/2537,hydrotech-solution_reuse_water.pdf)

Hydrotech [verkkodokumentti] 2012. [viitattu 8.2.2012].

Saatavissa:

[http://www.hydrotech.se/hydrotech/ressources/documents/1/2552,200202\\_Hydrotech\\_WWTP\\_Store-Merlos.pdf](http://www.hydrotech.se/hydrotech/ressources/documents/1/2552,200202_Hydrotech_WWTP_Store-Merlos.pdf)

Hyxo Oy www-sivu 2012, [viitattu 10.2.2012]

Saatavissa: <http://www.hyxo.fi/fi/tuotteet/g/suodatus/jatkuvatoimiset-hiekkasuodattimet/105/DynaSand-hiekkasuodatin>

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

Karttunen E, 1999 Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki Opetushallitus

Knapp T & Tucker D 2006, [verkkojulkaisu] Side-by-side pilot testing of two disk filter manufacturers at the city of merced wastewater treatment plant [viitattu 13.2.2012].

Saatavissa:

<http://www.environmentalexpert.com/Files%5C5306%5Carticles%5C11564%5C270.pdf>

Koivunen J, 2005. Korkeapaineflotaatio ja peretikkahappodesinfiointi jäteveden käsittelyssä. Vesitalous nro 3.[viitattu 10.2.2012]

Metcalf & Eddy 1991. Wastewater engineering. 1991 Singapore International edition

Oy Watman Ab Vedenkäsittely www-sivu 2012. [viitattu 3.2.2012]

Saatavissa: [http://www.watman.fi/teollisuus/tuote\\_flot.asp](http://www.watman.fi/teollisuus/tuote_flot.asp)

Oy Watman Ab Vedenkäsittely www-sivu 2012. [viitattu 10.2.2012]

Saatavissa: [http://www.watman.fi/teollisuus/tuote\\_jatkuva.asp](http://www.watman.fi/teollisuus/tuote_jatkuva.asp)

Perälä M 2011. Lapuan jätevesi oy. Mescana loppuraportti. [viitattu 1.2.2011].

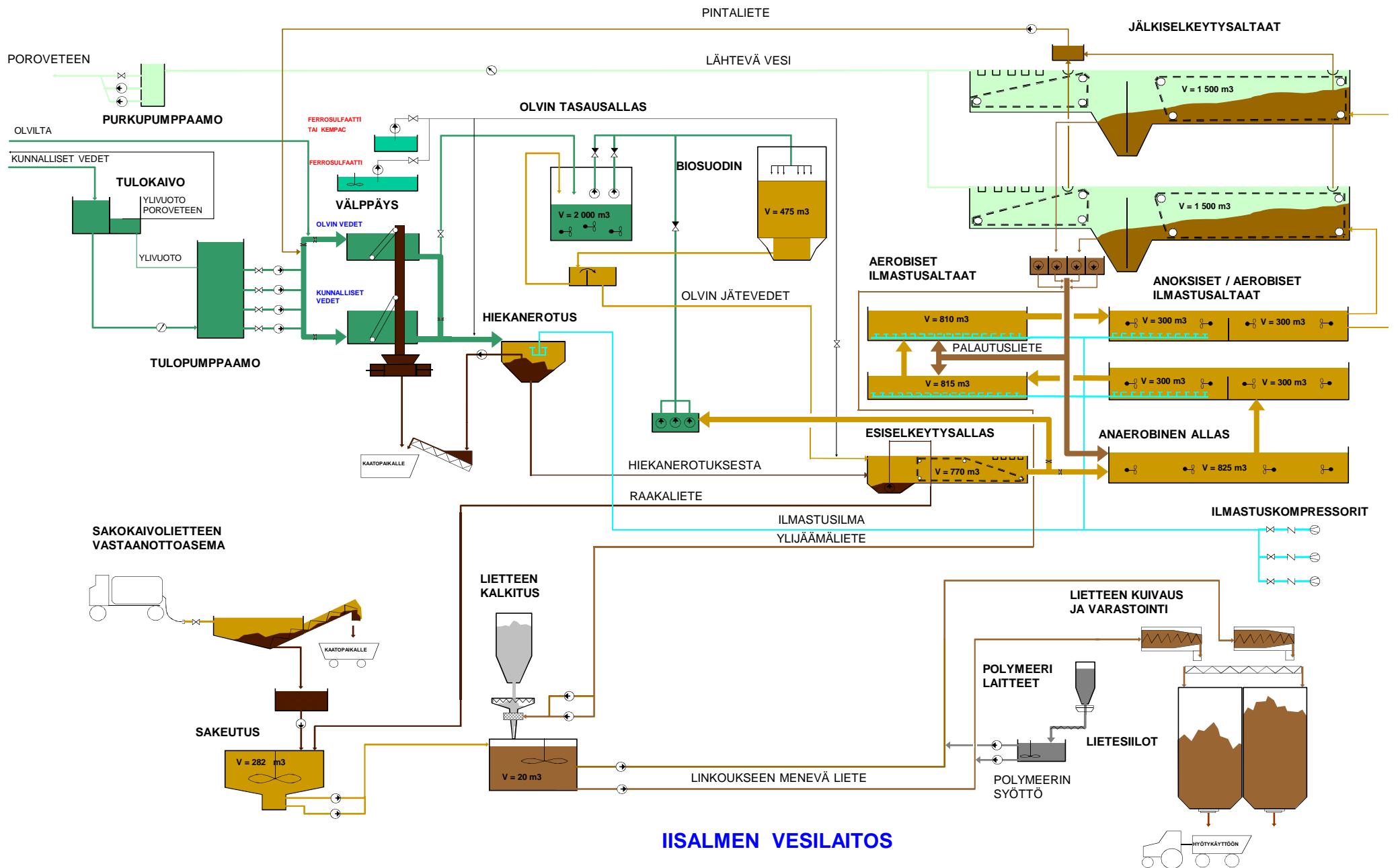
Saatavissa: Lapuan jätevesi oy:ltä

Saarinen R. 2003. Jälkisuodatus alentaa vesistökuormitusta. [verkkajulkaisu] Vesitalous nro 2. [viitattu 10.2.2012]

Turun seudun puhdistamo Oy www-sivu. [viitattu 13.2.2012].

Saatavissa: <http://turunseudunpuhdistamo.fi/hiekkasuodatus.html>





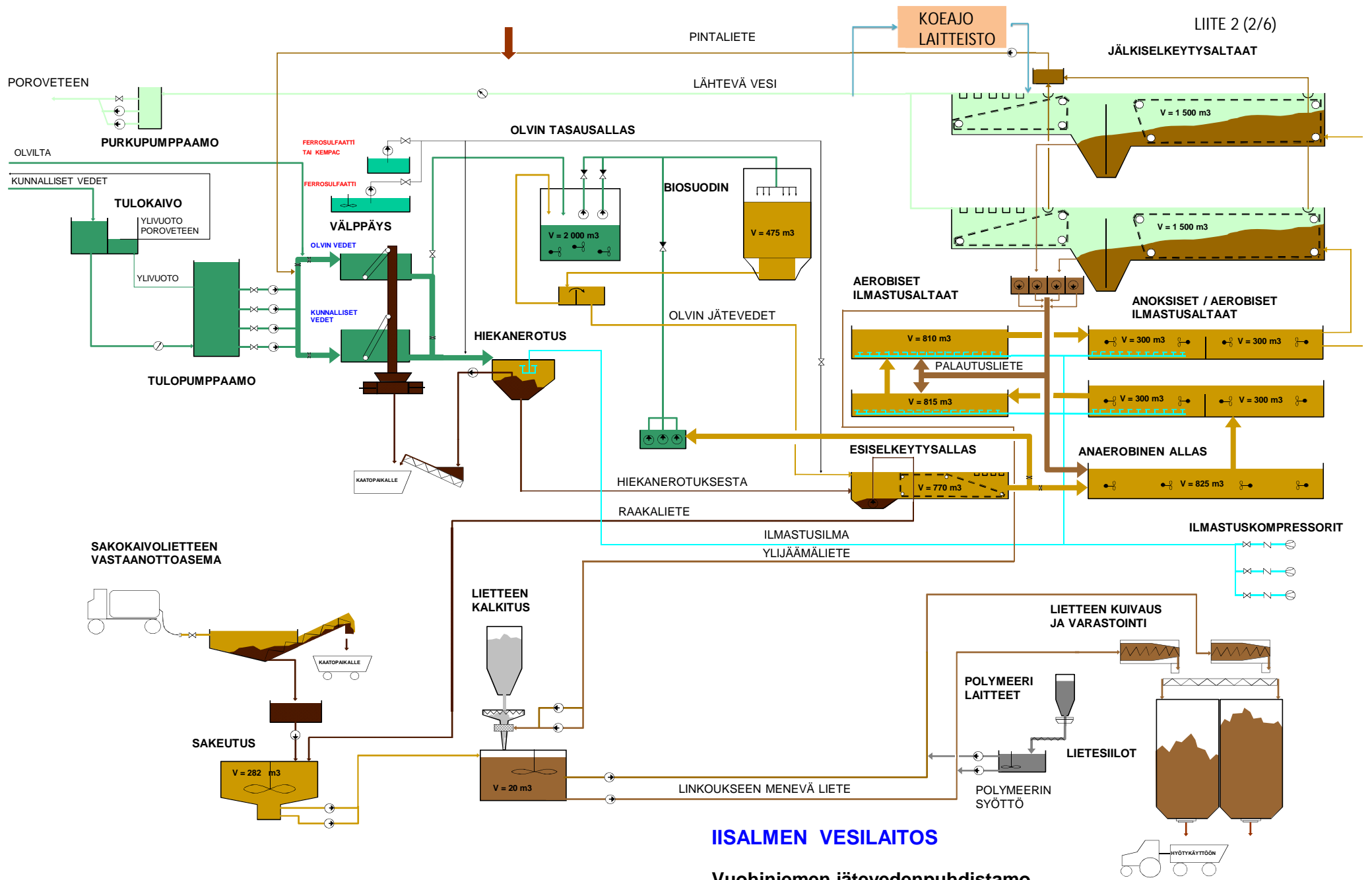
## IISALMEN VESILAITOS

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo  
prosessikaavio



]





## IISALMEN VESILAITOS

Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo  
 prosessikaavio

Tutkimussuunnitelma ei julkinen tiedosto

**Näytteenottosuunnitelma**

Näytteet otetaan suodattimelle tulevasta (IN), lähtevästä (OUT) ja lietteestä.  
Näytteenottoja päivittäin 1-3 kpl vesistä ja 1 kpl lietteestä.

Näytteet		IN	OUT	LIETE	Yhteensä
<b>Näytteenotto</b>	kpl/d	3	3	1	
<b>TSS (kiintoaine)</b>	mg/L	3	3	1	7
<b>Ptot</b>	mg/L	3	3		6
<b>Psol</b>	mg/L	3	3		6
<b>CODtot</b>	mg/L	3	3		6
<b>CODsol</b>	mg/L	1	1		2
<b>BOD7</b>	mg/L	1	1		2
<b>DS (kuiva-aine)</b>	%			1	1

Päivä		IN	OUT	LIETE	Yhteensä
		Näytettä/d	Näytettä/d	Näytettä/d	Näytettä/d
<b>Ti</b>	<b>17.5.</b>	1	1	1	3
<b>Ke</b>	<b>18.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7 (min-) max
<b>To</b>	<b>19.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7
<b>Pe</b>	<b>20.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7
<b>La</b>	<b>21.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7
<b>Su</b>	<b>22.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7
<b>Ma</b>	<b>23.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7
<b>Ti</b>	<b>24.5.</b>	(1-) 3	(1-) 3	1	(3-) 7

(Analyysit seuraavalla viikolla)  
(Analyysit seuraavalla viikolla)

(Ti näytteen analyysit)

<b>Ke</b>	<b>25.5.</b>
<b>To</b>	<b>26.5.</b>
<b>Pe</b>	<b>27.5.</b>

Liete	0.5 l
tuleva	1 l
lähtevä	2 l

Lähetä

LIITE 5 (5/6)

Iisalmen Vuohiniemen jvp, kiekkosuodatuskoeajo

628c /ylim

Kirjataan joka näytteeseen pvm ja klo-aika!

	pvm	klo
IN		
OUT		

	pvm	klo
IN		
OUT		

	pvm	klo
IN laaja		
OUT laaja		
LIETE		

	pvm	klo
IN		
OUT		
LIETE		

	pvm	klo
IN		
OUT		
LIETE		

	pvm	klo
IN laaja		
OUT laaja		
LIETE		

	pvm	klo
IN		
OUT		
LIETE		

	pvm	klo
IN		
OUT		
LIETE		

	pvm	klo
IN laaja		
OUT laaja		
LIETE		

Analysit:

IN ja OUT: kiintoaine, kokonaisfosfori, liukoinen fosfori ja CODCr

IN laaja ja OUT laaja: kiintoaine, kokonaisfosfori, liukoinen fosfori, CODCr, liukoinen CODCr, BOD7-ATU

LIETE: kiintoaine, kuiva-aine

Pyydetään mahdollisimman nopeasti etenkin kok.P ja kiintoaine!!!

Kiitos.

Mittauspöytäkirja ei julkinen tiedosto

