



OHITUSVESIEN ERILLISKÄSITTELY FLOTAATIOHIEKKASUODATUKSEN AVULLA

Milja Ronni

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan
koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautuminen
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautuminen

RONNI, MILJA:

Ohitusvesien erilliskäsittely flotaatiohiekkasuodatuksen avulla

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2013

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia ohitusvesien flokkausta ja kemikaalien käyttöä flotaatiohiekkasuodatuksen avulla Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla Savonlinnassa. Tavoitteena oli määrittää ohitusvedelle sopiva PAX-18-saostuskemikaalipitoisuus ohitusveden puhdistusprosessissa. Lisäksi tavoitteena oli selvittää pystytäänkö monifaasipumpun ja nykyisen flotaatiolaitteiston avulla tuottamaan riittävän hyvä dispersio flotaatioprosessia varten.

Työn kokeellinen osa muodostui neljästä osasta: monifaasipumpun säätämisestä oikeanlaisen dispersion saamiseksi, ohitusveden puhdistusprosessin ajoista eri PAX-18-saostuskemikaalipitoisuuksilla, ohitusveden laskeutuskokeista sekä ohitusvesinäytteiden analysoinneista. Analyysinä käytettiin kiintoaineen ja liuenneen fosforin pitoisuuden sekä kemiallista hapenkulutuksen määrittämiä.

Ongelmiksi pumpun käytössä muodostuivat dispersioveden epätasainen jakaantuminen flotaatioaltille ja dispersioveden laadun tasaisuus. Koska dispersioveden laadun jatkuvuutta ei saatu toimimaan halutusti koepäivänä, työ suoritettiin vain yhdellä flotaatioaltilalla. Kokeiden jälkeen huomattiin myös, että PAX-18-kemikaalin koeajot oli suoritettu väärässä järjestyksessä. Tulokset eivät olleet siksi johdonmukaisia, joskin niiden pohjalta voitiin päätellä sopiva PAX-18-kemikaalipitoisuus ohitusvedelle. Monifaasipumpun säätö tarvitsee lisää perehtymistä ja kenties valmistajan lisäohjeita tasaisen dispersion ja sen jakautumisen takaamiseksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Chemical Engineering

RONNI, MILJA:

Separate treatment of bypass waters with flotation filtration process

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 5 pages

April 2013

This thesis was made in Pihlajaniemi wastewater treatment plant in Savonlinna. The purpose of this thesis was to study the treatment of bypass waters with flotation filtration process. The aim was to determine a suitable PAX-18 concentration in bypass water and to examine whether the multiphase pump and the current flotation system can produce a good enough dispersion for the flotation process.

The experimental part of this thesis consisted of adjusting the multiphase pump and determination of an appropriate concentration of PAX-18 flocculation chemical in bypass water. Analyses used in this thesis were sedimentation tests, determination of suspended solids and dissolved phosphorus and chemical oxygen demand.

A problem with the adjustment of the multiphase pump was the unequal distribution of dispersion water at the flotation filtration process. Also the quality of dispersion was varying. Since continuity of dispersion was not achieved the work was carried out in only one flotation basin. It was also observed that the PAX-18 trial tests were performed in the wrong order. The results were therefore somewhat unreliable. Despite of these problems an appropriate PAX-18 concentration was determined. The multiphase pump needs further research and additional instructions from manufacturer.

Key words: flotation filtration, bypass water, wastewater treatment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SAVONLINNAN VESI	8
2.1	Tietoa Savonlinnan Vedestä.....	8
2.2	Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo	8
3	JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTA	9
3.1	Jäteveden puhdistuksen tavoitteet	9
3.2	Välppäys.....	10
3.3	Hiekanerotus	10
3.4	Esiselkeytytys.....	10
3.5	Ilmastettu ja ilmastamaton biologinen käsittely	11
3.6	Jälkiselkeytytys	12
3.7	Flotaatiohiekkasuodatus.....	12
3.8	Lietteen käsittely	13
3.9	Jäteveden puhdistukseen käytettävät kemikaalit.....	13
3.9.1	Kalkki	13
3.9.2	Ferrosulfaatti	13
3.9.3	Polymeeri	14
3.9.4	PAX-18.....	14
4	FLOTAATION TEORIAA	15
4.1	Koagulaatio ja flokkien muodostuminen	15
4.2	Dispersiovesi.....	15
4.3	Monifaasipumppu	16
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	17
5.1	Laskeutuskokeet.....	17
5.2	Monifaasipumpun säätö	17
5.3	PAX-18-pitoisuuden määrittäminen ohitusvedessä	20
5.4	Työssä käytetyt analyysit.....	21
5.4.1	Kiintoainepitoisuus.....	21
5.4.2	Liukoinen fosfori.....	21
5.4.3	Kemiallinen hapenkulutus	21
6	TULOKSET	23
6.1	Laskeutuskokeiden tulokset	23
6.2	Ohitusveden PAX-18-pitoisuuksien tulokset.....	23
6.2.1	Kemiallisen hapenkulutuksen tulokset.....	24
6.2.2	Liuenneen fosforin pitoisuuden tulokset	25
6.2.3	Kiintoainepitoisuuden tulokset.....	25

7 JOHTOPÄÄTÖKSET	27
LÄHTEET	28
LIITTEET.....	30

ERITYISSANASTO

BHT	Biokemiallinen hapenkulutus
COD	Kemiallinen hapenkulutus (Chemical Oxygen Demand)
Dispersiovesi	Veden ja ilman suspensio
Flokkaus	Pienten kiintoainehiukkasten yhteenliittäminen
Flotaatio	Vedenpuhdistusprosessi, jossa epäpuhtaudet poistuvat kaasukupliin sitoutuneina veden pinnalle
FeSO ₄	Ferrosulfaatti, saostuskemikaali
Hulevesi	Yhteisnimitys sade- ja sulamisvesille
Koagulaatio	Hiukkasten pintavarausten neutraloimisesta johtuva saostuminen
Kolloidi	Nesteeseen tai kaasuun hienojakoisena sekoittunut aine
PAX-18	Kauppanimi polyalumiinikloridille, saostuskemikaali
PO ₄ -P	Fosfaattifosfori, kokonaisfosforin liukoinen osa
Suspensio	Kiinteän aineen ja nesteen seos
Vuotovesi	Pinta- tai pohjavesi, joka ohjautuu jätevesiviemäriin

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia ohitusvesien flokkausta ja kemikaalien käyttöä flotaatohiekkasuodatuksen avulla Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla Savonlinnassa. Tavoitteena oli määrittää ohitusvedelle sopiva PAX-18-saostuskemikaalin pitoisuus prosessissa, sekä selvittää, pystytäänkö monifaasipumpun ja nykyisen flotaatiolaitteiston avulla tuottamaan riittävän hyvä dispersio flotaatioprosessia varten. Pihlajaniemen laitoksen monifaasipumppua oli testattu jo aiemmin ja saatu säädettyä silmämääräisesti sopiva dispersio. Ongelmaksi oli muodostunut monifaasipumpun jatkuvan käytön epävarmuus.

Työn kokeellinen osa muodostui monifaasipumpun säätämisestä oikeanlaisen dispersion saamiseksi, flotaatohiekkasuodatusprosessin käytöstä eri PAX-18-pitoisuuksilla sekä näytteiden analysoinneista. Analyysinä käytettiin laskeutuskokeita ja puhdistetun ohitusveden kiintoaineen ja liunneen fosforin pitoisuutta sekä kemiallista hapenkulutusta. Teoriaosiossa on kerrottu tarkemmin jätevedenpuhdistuksen prosesseista ja kemikaaleista.

2 SAVONLINNAN VESI

2.1 Tietoa Savonlinnan Vedestä

Savonlinnan Veden (vesi- ja viemärlaitoksen) toiminnan tehtävänä on talousveden hankinta ja jakelu, putkistojen rakentaminen ja huolto, viemäriverkon ylläpito ja jätevesien puhdistus. Toiminnan perusteena talousvedelle on sosiaali- ja terveysministeriön laatuvaatimusten täyttäminen sekä jäteveden osalta Itä-Suomen vesioikeuden puhdistusvaatimukset. (Savonlinnan Veden www-sivut.)

Vuoden 2011 lopussa Savonlinnan Veden jätevesiviemäriverkon pituus oli noin 300 kilometriä, josta sekaviemäriä oli 13 kilometriä. Jätevedenpumppaamoita oli käytössä vuoden 2011 lopussa 102 kappaletta. Kuntaliitoksista johtuen Savonlinnan Veden toiminta on laajentunut myös Punkaharjun vesi- ja viemärlaitokselle. (Savonlinnan kaupungin vesihuollon kehittämissuunnitelma 2012; Savonlinnan Veden www-sivut.)

2.2 Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo

Savonlinnassa sijaitseva Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo valmistui vuonna 1978. Vuonna 1984 jätevedenpuhdistamoa laajennettiin jälkikäsittelylaitoksella ja 1994 puhdistamolle lisättiin aktiivilieteprosessi biologista ravinteidenpoistoa varten. Jätevedet pumpataan puhdistamolle verkostosta, jossa on kolme pääpumppaamo. Puhdistettu jätevesi ohjataan purkuputkella Pihlajaveteen. (Savonlinnan kaupungin vesihuollon kehittämissuunnitelma 2012.)

3 JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTA

3.1 Jäteveden puhdistuksen tavoitteet

Yhdyskuntajätevesissä on runsaasti typpeä ja fosforia, jotka aiheuttavat vesistössä rehevöitymistä. Jäteveden puhdistuksen tavoitteena on puhdistaa jätevesi kiintoaineesta ja vesistöjä rehevöittävästä ravinteista ympäristöluvan puhdistustavoitteiden mukaisesti käyttäen erilaisia mekaanisia, biologisia ja kemiallisia puhdistusprosesseja.

Jäteveden sisältämällä kokonaisfosforilla tarkoitetaan veden sisältämän fosforin eri muotojen kokonaisuutta. Fosfaattifosfori ($\text{PO}_4\text{-P}$) on kokonaisfosforin liennut, epäorgaaninen osa. Typpeä taas esiintyy jätevedessä nitraatti- (NO_3^-), nitriitti- (NO_2^-) ja ammoniumtyppinä (NH_4^+). Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla typpi ja suurin osa fosforista poistuu biologisesti aktiivilieteprosessissa. Fosforinpoisto viimeistellään kemiallisella saostuksella. (Valtioneuvoston asetukseen jätevesistä 888/2006; Pelto-Huikko & Vieno 2009; Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

Pihlajaniemen ympäristöluvassa esitetään puhdistamon lupaehtojen mukaiset puhdistusvaatimukset biokemiallisen hapenkulutuksen (BHK_7), kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Cr}), fosforin sekä kiintoaineen kohdalta (taulukko 1) (Janhunen, S. 2013).

TAULUKKO 1. Ympäristöluvan mukaiset puhdistusvaatimukset Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla. (Itä-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 33/03/2.)

	pitoisuusarvo enintään	poistoteho vähintään
BHK₇	10 mg O ₂ /l	95 %
Fosfori	0,5 mg P/l	92 %
COD_{Cr}	125 mg O ₂ /l	75 %
Kiintoaine	35 mg/l	90 %

3.2 Välppäys

Välppäys on jäteveden puhdistusprosessin ensimmäinen vaihe, jossa poistetaan karkeita isompia epäpuhtauksia vedestä, jotta ne eivät pääse puhdistamon pumppuihin. Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla on käytössä on porraskvälppä, jonka rinnalla varalla on kaksi vanhaa välppää huoltotilanteita varten. (Kangas 2004.)

3.3 Hiekanerotus

Hiekanerotuksessa jätevedestä poistuu helposti laskeutuvia sekä kelluvia epäpuhtauksia. Isommat epäpuhtaudet on poistettava prosessin alkupäässä, jotta ne eivät häiritse puhdistamon toimintaa muissa puhdistusvaiheissa. Hiekanerotusaltaana on pitkä, suorakaiteen muotoinen allas, jossa jätevesi viipyy ja hiekka sekä muut raskaammat kiintoainepartikkelit laskeutuvat altaan pohjalle. Hiekka kaavitaan vastavirtaan altaan alkupäähän ja lietteet myötävirtaan altaan loppupäähän. Altaan pohjalle kerääntynyt hiekka kaavitaan mekaanisesti pois ja johdetaan välppälavalle. Hiekanerotuksen loppuun tulee kalkinsyöttö, jolla säädellään jäteveden pH:ta. Liitteessä 1 on PI-kaavio, josta näkyy hiekanerotusprosessin sijoitus laitoksella. (Kiuru 2003; Kangas 2004.)

3.4 Esiselkeytys

Esiselkeytys on jätevedenpuhdistuksen mekaaninen prosessi, jossa jätevedessä olevat suurimmat, vettä raskaammat epäpuhtaudet painuvat esiselkeytysaltaiden pohjalle painovoiman ansiosta. Laskeutunut aines poistetaan prosessista raakalietteenä.

Pihlajaniemen puhdistamossa on neljä esiselkeytysallasta. Esiselkeytyksessä jätevedestä poistuu noin 70% laskeutuvasta kiintoaineesta. Jäteveteen liuenneet yhdisteet, kuten fosfori, eivät poistu jätevedestä vielä tässä prosessivaiheessa.

Ohitusvesi

Puhdistettavan veden määrä nousee syksyisin ja keväisin johtuen hule- ja sulamisvesien määrästä. Näiden vesimassojen ohjaaminen koko vedenpuhdistusprosessin läpi kuormittaa prosessia turhaan, joten ne voidaan ohjata ohitusvedeksi ja näin välttää prosessin viileneminen ja vesimassan negatiiviset vaikutukset esimerkiksi ilmastuksen bakteerimassaan ja nitrifikaatioon. Ohitusvesi ohjataan esiselkeytyksestä suoraan ohitusvesikanavaa pitkin flotaatiohiekkasuodatukseen, jolloin puhdistusprosessista jää pois biologinen puhdistus sekä jälkiselkeytys. Ohitusvesi sisältää vähemmän kiintoainesta kuin normaali jätevesi.

3.5 Ilmastettu ja ilmastamaton biologinen käsittely

Ilmastusprosessissa tapahtuu jäteveden aerobinen ja anaerobinen biologinen käsittely. Tässä prosessivaiheessa jätevedestä poistetaan typpi ja pääosa fosforista. Typen- ja fosforinpoisto on Pihlajaniemen jätevedenpuhdistomolla täysin nitrifioiva koko vuoden. Biologisessa käsittelyssä on kaksi U-muotoista allasta, jotka on jaettu kenttiin, joiden ansioista prosessia voidaan ajaa eri tavoin (anaerobinen, nitrifikaatio ja denitrifikaatio) lämpötilan mukaan. Ilman pitoisuutta säädetään automaattisesti hapentarpeen mukaan. (Kangas 2004, Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

Aktiivilieteprosessi on aerobinen jäteveden biologinen puhdistusprosessi. Aktiiviliete on mikrobeista ja muista pieneliöistä muodostuva lietemassa, jossa pieneliöt käyttävät ravinnokseen lietteeseen liuenneita ravinteita. Näin ollen pieneliöt puhdistavat veden ylimääräisistä ravinteista. Ilmastuksessa on oltava tarvittava happimäärä mikrobitoiminnan takaamiseksi ja vesi on pidettävä liikkeessä, jotta mikrobeilla on riittävä kontakti ravintoainekseen. Jatkuva liike estää myös ennenaikaisen flokin laskeutumisen ilmastusaltaissa. (Karttunen 1999.)

Biologisessa typenpoistossa on kaksi vaihetta. Ensimmäinen vaihe on nitrifikaatio, joka tapahtuu aerobisessa lohossa. Nitrifikaatiossa jäteveden sisältämä ammoniumtyppi hapettuu nitriitiksi ja edelleen nitraatiksi. Se on lämpöherkkä prosessi ja matala lämpötila voi hidastaa tai jopa estää nitrifikaation. Toinen vaihe typenpoistoprosessissa on denitrifikaatio, jossa nitraattityppi pelkistyy typpikaasuksi anaerobisessa lohossa.

Anaerobisessa prosessissa puhdistuksen suorittavat hapettomien olosuhteiden mikrobit. (Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

Aktiivilieteprosessin tasapainottaminen edellyttää, että prosessista poistetaan haluttu määrä ylijäämälietettä, jotta lieteikä pysyy halutun suuruisena. Ilmastusprosessin ylijäämäliete poistetaan lietteen sakeuttamoon.

3.6 Jälkiselkeyty

Jälkiselkeyty on ilmastuksen jälkeinen jätevedenpuhdistusprosessi, jossa vettä painavammat partikkelit, esimerkiksi ilmastuksesta siirtynyt aktiiviliete, painuvat jälkiselkeytysaltaan pohjaan. Pohjan liete kaavitaan ja ohjataan lietteen käsittelyyn ja palautuslietteenä ilmastusprosessiin. Puhdistettu vesi poistuu jälkiselkeytysaltaiden pinnalla oleviin ylivuotokouruihin. (Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

3.7 Flotaatiohiekkasuodatus

Flotaatiohiekkasuodatusprosessi on biologisesti käsitellyn veden viimeistelyä. Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla on kahdeksan flotaatioallasta, joissa kaikissa on noin metrin paksuiset hiekkasuodattimet. Flotaatioaltaat ja niiden sijoitus näkyvät liitteen 3 PI-kaaviossa. Vesi johdetaan suodattimien läpi, jolloin suurin osa hienojakoisesta laskeutumattomasta aineksesta poistuu. Suodattimien hiekka on raekooltaan 2-3 millimetriä. Jälkisuodatus on toiminnassa laitoksella koko ajan. Suodatettu jätevesi ohjataan Pihlajaniemen vesistöön. (Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla flotaatiota käytetään pääosin suurien virtaamahuippujen aikana, kuten keväällä sulamisvesien aikaan. Jos jälkiselkeytetyn veden kiintoainepitoisuus nousee niin korkeaksi, että se on vaarassa tukkia suodattimet, flotaatio käynnistyy automaattisesti. Flotaatioprosessista kerrotaan tarkemmin luvussa 4.

3.8 Lietten käsittely

Aktiivilieteprosessin ylijäämäliete ja esiselkeytyksen raakaliete pumpataan sakeutusaltaisiin, joissa liete tiivistety laskeutumalla noin 3%:n kuiva-ainepitoisuuteen. Sakeutettuun lietteeseen lisätään polymeeriä, joka tehostaa lietteen kuivausprosessia. Liete kuivataan kahdella suotonauhapuristimella 15-25%:n kuiva-ainepitoisuuteen. Kuivattu liete kuljetetaan kompostointia varten toiseen sijoituspaikkaan. (Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

3.9 Jäteveden puhdistukseen käytettävät kemikaalit

3.9.1 Kalkki

Kalkkia käytetään jäteveden pH:n korjaamisessa, sillä monet vedenpuhdistusprosessit vaativat tietyn pH:n. Esimerkiksi biologisen käsittelyvaiheen pH säädetään syöttämällä kalkkimaitoa esiselkeytykseen prosessin toiminnan takaamiseksi. Myös lietteen sakeuttamon pH säädetään lisäämällä sakeuttamoon menevää lietteeseen kalkkia. (Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo Savonlinna n.d.)

3.9.2 Ferrosulfaatti

Ferrosulfaattia (FeSO_4) käytetään jätevedenpuhdistusprosesseissa saostuskemikaalina. Puhdistettava jätevesi on esikäsiteltävä koagulantilla, joka luo veteen mikroflokkeja. Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla ferrosulfaattia voidaan lisätä jäteveteen neljästä eri kohdasta prosessia. Ferrosulfaatin toiminnasta koagulanttina kerrotaan enemmän luvussa 4. (Pelto-Huikko & Vieno 2009.)

3.9.3 Polymeeri

Polymeeri toimii laitoksella lietteen kuivauksen apuaineena. Pihlajaniemellä käytetään SNF Finland Oy:n Flopam-polymeeriä.

3.9.4 PAX-18

Polyalumiinikloridi, tuotenimeltään PAX-18, on Kemira Chemicals Oy:n valmistama nestemäinen saostuskemikaali, jonka avulla luodaan vedessä olevista partikkeleista suurempia flokkeja, jotka saadaan poistettua helpommin vedestä. Käytettäessä PAX-18-saostuskemikaalia, puhdistusprosessi on viimeisteltävä flotaatiohiekkasuodatuksen avulla, jotta kemikaalin luomat flokit saadaan poistettua vedestä. PAX-18-saostuskemikaalin tarkemmat tuotetiedot ovat liitteessä 4.

4 FLOTAATION TEORIAA

4.1 Koagulaatio ja flokkien muodostuminen

Vedessä on mekaanisten puhdistusprosessien jälkeen jäljellä liuenneita sekä pieniä hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Näiden epäpuhtauksien poistoon käytetään kemiallista saostusta. Epäpuhtauksien pinnan sähkövaraus, joka on usein negatiivinen, estää kolloideja muodostamasta suurempia partikkeleita. Jotta kolloidisia aineita voidaan poistaa vedestä, niistä on tehtävä suurempia partikkeleita, jotka voidaan poistaa fysikaalisella käsittelyllä. Kolloidien pinnan sähkövaraus muutetaan sekoittamalla veteen kemikaalia, joka vaikuttaa sähkövaraukseen. Tyypillisesti koagulantteina käytetään metallisuoloja, Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla koagulanttina käytetään ferrosulfaattia, joka toimii myös saostuskemikaalina. (Binnie, Kimber & Smethurst 2006.)

Kun pinnan sähkövaraus on muutettu, kolloidit voivat muodostaa suurempia partikkeleita, jotka on helpompi poistaa flotaatioprosessissa. Tämä tapahtuu lisäämällä jäteveteen saostuskemikaalia (PAX-18), joka auttaa suurempien flokkien muodostumista. Muodostuneet flokit on näin helpompi poistaa flotaatioprosessissa. (Holsti, E. 2012)

4.2 Dispersiovesi

Flotaatiossa tarvittava dispersiovesi on veden ja ilman suspensio. Dispersiovesi luodaan johtamalla puhdistettuun veteen paineistettua ilmaa. Dispersioveden ilmakuplat toimivat flokkien tartuntapintana ja kuljetusmekanismina. Ilmakuplien tulee olla pieniä, jotta kuplien pinta-ala on mahdollisimman suuri. Mitä enemmän kuplia mahtuu tiettyyn tilavuuteen, sitä todennäköisempää on niiden yhdistyminen flokkeihin. (Mehrphasen Multiphase 2011.)

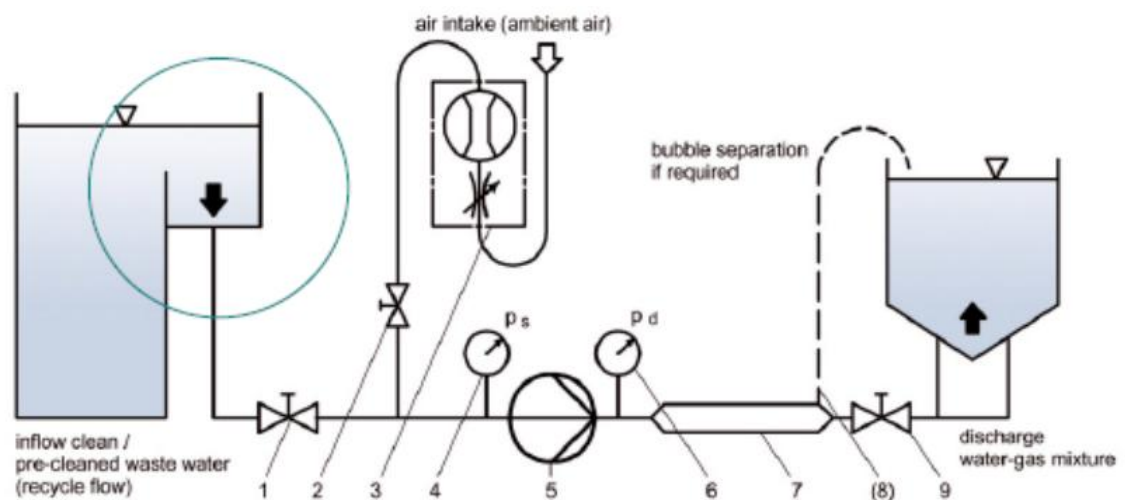
Dispersioveden ilmakuplien koko riippuu käytettävästä paineesta ja suuressa paineessa ilmakuplat ovat kooltaan pienempiä. Kuplien kokoon vaikuttaa myös dispersioveden virtausnopeus. (Ainali, Juuso & Sorsa 2001.)

4.3 Monifaasipumppu

Tämän työn lähemmän tarkastelun kohteena multifasipumppu LBU603C160L, jonka valmistaja on Edur. Valmistajan mukaan monifaasipumpun mikrokuplien koko 30 μm riippuen jäteveden koostumuksesta (Thiele, J. 2010).

Kuviossa 1 on kuvattu lähemmin monifaasipumpun säätölaitteistoa. Kuviossa:

- 1) Veden virtauksen kuristusventtiili
- 2) Imun takaiskuventtiili
- 3) Ilmavirtauksen mittaus
- 4) Tulopuolen manometri
- 5) Monifaasipumppu
- 6) Painepuolen manometri
- 7) Liuoslinja
- 8) Kuplien erotus (jos tarpeellinen)
- 9) Paineenlennusventtiili



KUVIO 1. Valmistajan PI-kaaviokuva monifaasipumpusta. (Starting of Edur Multi-phase Pumps 2011.)

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Laskeutuskokeet

Laskeutuskokeissa käytetty ohitusvesinäytteet otettiin esiselkeytyksen jälkeisestä kanavasta. Kokeet suoritettiin litran laskeutussuppilossa. Esiselkeytyskanavasta otettuun yhden litran näytteeseen lisättiin haluttu määrä vedellä laimennettua PAX-18-liuosta. PAX-18-kemikaali oli laimennettu kymmenkertaisesti mittapulloon, jotta kemikaalin mittaaminen olisi tarkempaa ja näin ollen tulokset luotettavampia. Kemikaalin lisäämisen jälkeen näytettä sekoitettiin kartiossa. Laskeutusaika kokeissa oli 15 minuuttia. Laskeutusajan päätyttyä laskeutussuppilon päältä otettiin desilitran mitalla 200 ml vettä, josta analysoitiin kiintoainepitoisuus sekä liuenneen fosforin pitoisuus.

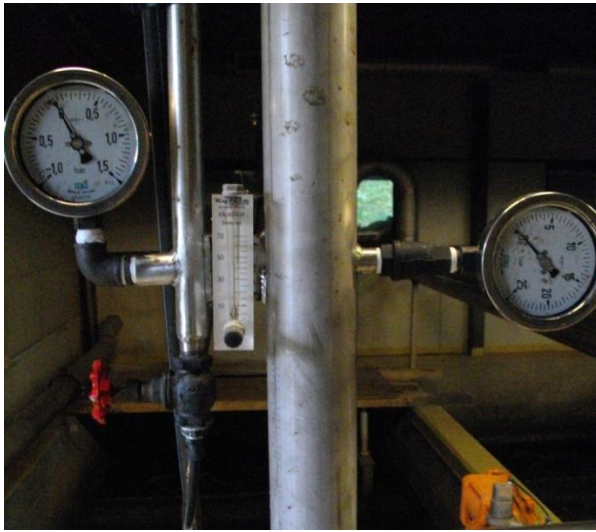
Laskeutuskokeet antoivat lähtökohdan PAX-18-pitoisuudelle. Normaalisti kun laitoksella käytetään ajossa PAX-18-kemikaalia, sen pitoisuus on noin 100 mg/l. Laskeutuskokeet tehtiinkin pitoisuuksilla 200 mg/l ja 250 mg/l, jotta nähtäisiin pelkän kemikaalin vaikutus kiintoaineen poistoon. Koska flotaatiohiekkasuodatusprosessissa puhdistusta tapahtuu flotaation lisäksi suodatuksessa, laskeutuskokeiden pohjalta haluttiin ohitusvedelle kokeilla myös 150 mg/l PAX-18-pitoisuutta.

5.2 Monifaasipumpun säätö

Monifaasipumppua oli kokeiltu laitoksella jo aikaisemmin hieman vaihtelevin tuloksin. Pumpun avulla ei ollut saatu säännöllistä ja jatkuvaa dispersiota. Vanha flotaatiosysteemi oli toiminnassa kaikilla kahdeksalla jälkikäsittelylaitoksen flotaatioaltaalla ja monifaasipumppu oli toiminnassa flotaatioaltailla 7 ja 8. Flotaatioaltaat näkyvät jälkikäsittelylaitoksen PI-kuvassa, joka on liitteenä 3.

Monifaasipumppu säädettiin vaiheissa etsien sopivaa ilmavirtaaman, paineen, alipaineen sekä dispersiovedenvirtaaman yhdistelmää. Kun jotain tekijää muutettiin, odotettiin aina muutama minuutti, jotta nähtiin muutoksen vaikutus dispersiossa.

Kuvassa 1 on monifaasipumpun manometrit sekä keskellä ilmavirtaaman rotametri.



KUVA 1. Manometrit ja rotametri. (Ronni 2012)

Taulukossa 2 on esitetty monifaasipumpun säädön eteneminen ja dispersioveden laatuun vaikuttavien tekijöiden muuttuminen. Dispersion laatu arvioitiin silmämääräisesti.

TAULUKKO 2. Monifaasipumpun säädöt.

	ilmavirtaama [l/min]	alipaine [bar]	paine [bar]	dispersioveden virtaama [l/s]
1	45	-0,1	8,0	4,6
2	20	-0,2	9,0	4,6
3	40	-0,1	8,0	3,0
4	40	-0,7	6,0	3,0
5	60	-0,45	5,0	3,0
6	60	-0,15	8,0	4,0

1) Aloitusvaiheessa säädettiin ilmanpaineet sekä ilman ja dispersioveden virtaamat niin, että saatiin aikaan jonkinlainen dispersio molemmille altaille. Ensimmäiseksi haasteeksi muodostui ilman virtaus. Ongelmana tässä oli, että käytössä oli vain yksi flotaatioallas. Kun toinen flotaatioallas lisättiin käyttöön, imu parani huomattavasti.

2) Kun dispersion annettiin kehkeytyä altaille kymmenisen minuuttia, huomattiin, että toisen altaan dispersio oli huomattavasti huonompi. Altaalla 8 dispersiovesi oli

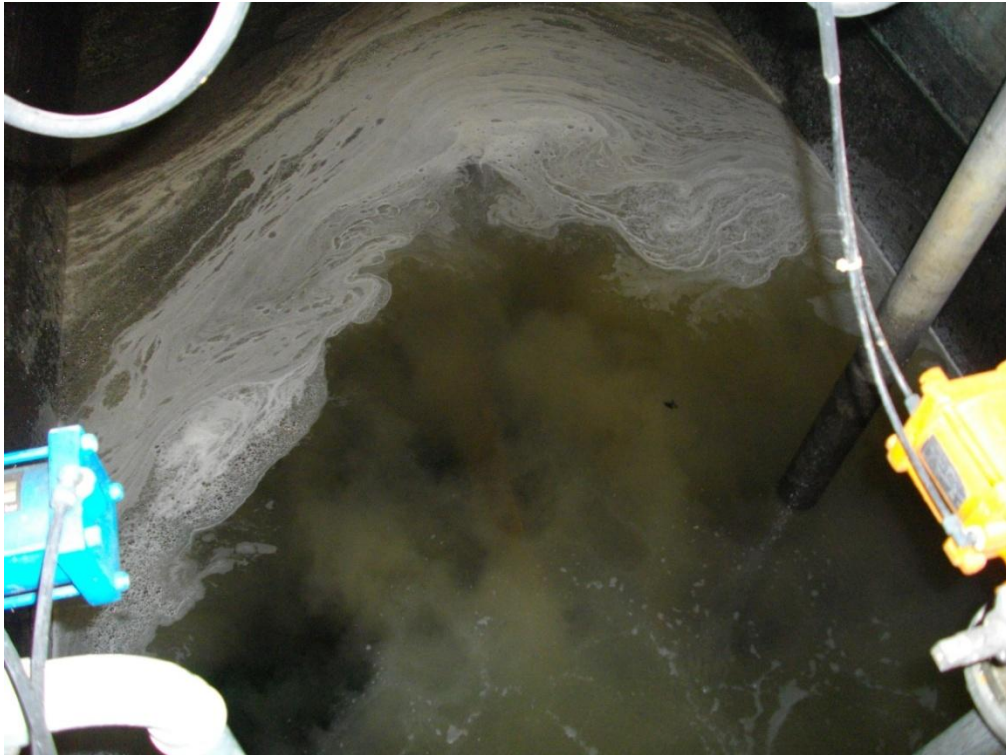
isokuplaista. Ongelma yritettiin ratkaista kuristamalla altaan 7 dispersioveden venttiiliä. Tämä kuitenkin osoittautui turhaksi. Painetta laskettiin 20 bar:n kuristamalla ilmaventtiiliä. Dispersiossa ei kuitenkaan tapahtunut silmämääräisesti suuria muutoksia.

3) ja 4) Testattiin dispersioveden virtaaman laskun vaikutusta. Tällä ei kuitenkaan ollut haluttua vaikutusta dispersioveden laatuun. Virtaaman lasku myös laskee alipainetta. Tässä vaiheessa altaan 7 dispersioveden venttiili käännettiin täysin auki.

5) Testattiin ilmamäärän nostamista 60 l/min, jonka johdosta dispersion laatu parani molemmilla altailla näkyvästi, joskin se ei ollut vielääkään ideaali. Dispersiokuplat olivat silmämääräisesti arvioituina liian suuria, joten kokeiltiin dispersioveden virtaaman nostoa 4 l/min.

6) Annettiin dispersion tasaantua muutaman minuutin ja huomattiin, että altaalla 7 dispersio oli silmämääräisesti hyvä, mutta altaan 8 dispersion laatu vaihteli muutaman minuutin välein. Tässä vaiheessa yritettiin myös kuristaa altaan 7 dispersioveden venttiiliä, jotta altaalle 8 saataisiin lisää dispersiovedettä, mutta tällä ei ollut haluttua vaikutusta. Aikarajoituksista johtuen ohitusveden PAX-18-pitoisuuden määrittäminen päätettiin tehdä käyttäen vain flotaatioallasta 7.

Dispersiossa pienet kuplat muodostavat jäteveteen maitomaisen valkoisen koostumuksen, jonka näkee kuvassa 2. Silmämääräisellä arvioilla parhaan dispersion altaalle tuotti taulukon 2 kohta 6, joka on lihavoitu.



KUVA 2. Dispersiovesi virtaa flotaatioaltaaseen. (Ronni 2012)

5.3 PAX-18-pitoisuuden määrittäminen ohitusvedessä

PAX-18-kemikaalin lisäys linjaan tapahtui letkulla, joka oli liitetty kemikaalipumppuun. Letku ohjattiin ohituskanavaan lattialuukusta, joka sijaitsi esiselkeytysaltaiden läheisyydessä. Maksimi linjaan pumpattavaa PAX-18-kemikaalia oli 400 ml/min. Kemikaalin pitoisuus vedessä säädettiin ohitusvesivirtaaman avulla aukaisemalla ja sulkemalla käsin virtausta kuristavaa luukkuja. Ohitusvesivirtaamaa seurattiin valvomon tietokoneella. Pitoisuudenmuutokset tehtiin aina näytteenoton jälkeen. Puhdistetun ohitusveden näytteet otettiin suodattimien jälkeisestä näytteenottohanasta. Lopuksi ohitusvettä ajettiin niin sanotulla vanhalla dispersiojärjestelmällä vertailun vuoksi.

Normaalisti laitoksella käytetään PAX-18-pitoisuus on noin 100 mg/l. Laskeutuskokeiden pohjalta oletettiin, että tämä pitoisuus on liian alhainen ohitusveden käsittelyssä. Laskeutuskokeiden perusteella koeajoihin valittiin lähtöpitoisuudeksi PAX-18-kemikaalille 150 mg/l, sillä puhdistustulokseen vaikuttaa myös flotaation jälkeinen hiekkasuodatus.

5.4 Työssä käytetyt analyysit

5.4.1 Kiintoainepitoisuus

Kiintoaineen määrittäminen tapahtui suodattamalla kaksi 100 ml:n näytettä standardisuodatinpaperin läpi imupullon avulla. Suodatinpaperit kuivattiin 105°C:ssa uunissa ja punnittiin. Kahdesta näytteestä laskettiin kiintoainepitoisuuden keskiarvo.

Kiintoainepitoisuudet määritettiin puhdistetuille ohitusvesinäytteille sekä laskeutuskokeiden laskeutetuille näytteille.

5.4.2 Liukoinen fosfori

Liukoisen fosforin määrittämisessä jätevedestä selvitetään fosfaattifosforin ($\text{PO}_4\text{-P}$) pitoisuus suodatetussa näytteessä. Määrittäminen tehtiin fotometrisesti. Nollanäytteenä käytettiin suodosta samasta näytteestä.

5.4.3 Kemiallinen hapenkulutus

Pihlajaniemen jätedenpuhdistamolla käytetään päivittäiseen jätevesinäytteiden analysointiin KMnO_4 -lukua. Luku kuvaa hapetuskemikaalin, tässä tapauksessa kaliumpermanganaatin, kulutusta titrauksessa. KMnO_4 -luku voidaan muuttaa COD_{Mn} -arvoksi yhtälön 1 avulla. COD_{Mn} -arvo kuvaa happimäärää, mikä kuluu kaliumpermanganaatin hapettaessa näytteen sisältämiä orgaanisia aineita. Arvo ei siis kuvaa suoraan jäteveden orgaanisen aineen määrää. COD-arvo voidaan määrittää myös käyttäen hapettimena kromaattia (COD_{Cr}). (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2011. Kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} .)

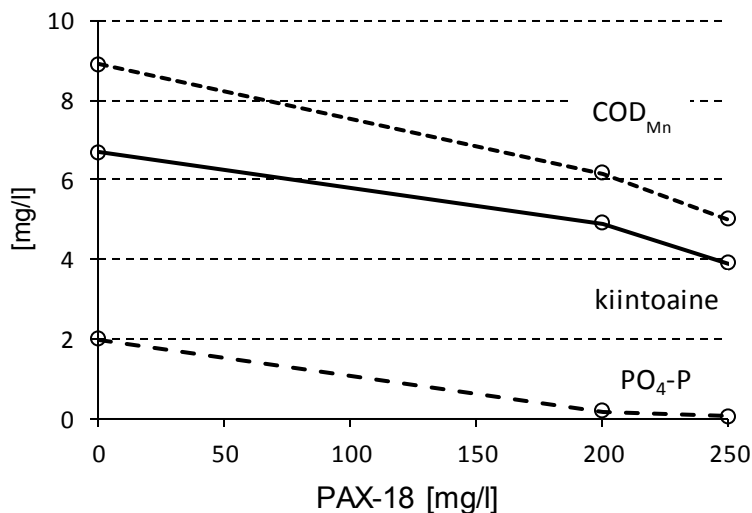
$$\text{KMnO}_4 = 3,95 \times \text{COD}_{\text{Mn}} \quad (1)$$

KMnO_4 -luku määritetään lisäämällä vesinäytteeseen rikkihappoa ja kaliumpermanganaattia, jonka jälkeen näytettä kiehutetaan 20 minuuttia. Kemiallisesti hapettuvien aineiden hapettuminen ja permanganaatin pelkistyminen tapahtuvat näytteen kiehuessa. Näytteeseen jäljelle jääneen permanganaatin määrä selvitetään titraamalla. Titrauksen ekvivalenttipisteessä näytteen väri muuttuu indikaattorina käytettävän kaliumjodidin takia. Kaliumpermanganaatin kulutuksen pohjalta lasketaan KMnO_4 -luku. (Järvinen 2008.)

6 TULOKSET

6.1 Laskeutuskokeiden tulokset

Laskeutuskokeiden ja ohitusveden analyysien tulokset löytyvät mittauspöytäkirjasta liitteestä 5. Kuviossa 2 verrataan laskeutettujen näytteiden analyysien tuloksia esiselkeytettyyn, laskeutumattomaan jätevesinäytteeseen. Laskeuttamaton näyte näkyy kuviossa PAX-18-pitoisuudella 0. Analyysinä käytettiin COD_{Mn} -arvon sekä kiintoaineen ja liuenneen fosforin ($\text{PO}_4\text{-P}$) pitoisuuksien määrittämiä.



KUVIO 2. Laskeutuskokeiden analyysien tulokset PAX-18-pitoisuuden mukaan.

6.2 Ohitusveden PAX-18-pitoisuuksien tulokset

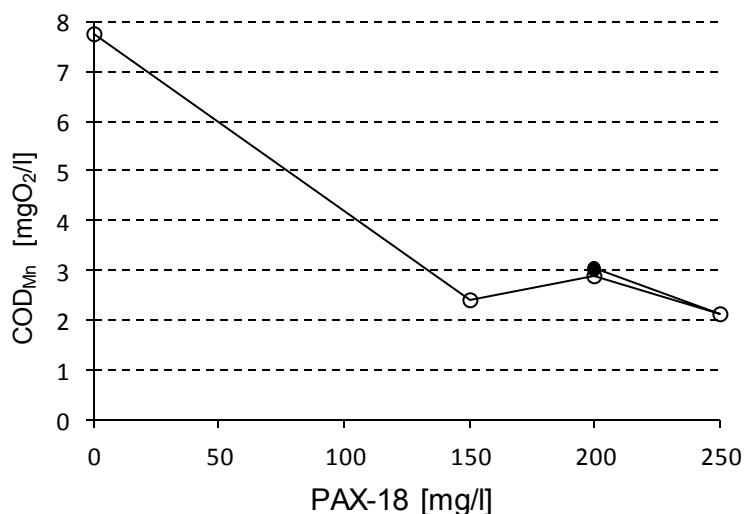
Alle on koottu ohitusveden koeajojen analyysien tuloksia kuvioihin. Kaikissa kuvioissa näkyy epänormaali piikki 200 mg/l PAX-18-pitoisuuden kohdalla. Tämä johtuu väärästä koeajojärjestyksestä ja liian lyhyestä pitoisuuden tasaantumisajasta pitoisuuksien muutosten välillä. Koeajot aloitettiin suurimmasta pitoisuudesta (250 mg/l), josta vaihdettiin suoraan pienimpään pitoisuuteen (150 mg/l). Pitoisuuden muutokset olisi tullut suorittaa pienimmästä suurimpaan. Kuten mittauspöytäkirjasta näkyy (liite 5), myös näiden pitoisuuksien muutosten välinen aika oli lyhyt, 30 minuuttia. Koska PAX-18-pitoisuus näytteenotto hetkellä on ollut ohitusvedessä on

ollut todennäköisesti korkeampi kuin 150 mg/l, tuloksien muuttuminen 200 mg/l PAX-18-pitoisuuteen on suuri. PAX-18-pitoisuuksien 150 mg/l ja 200 mg/l muutoksen välillä tasaantumisaika oli 75 minuuttia.

Puhdistetun ohitusveden näytteiden tuloksien kuvaajissa vanhalla dispersiojärjestelmällä ajettu vertailu näkyy kaikissa kuvaajissa mustana pisteinä. Vertailu ajettiin pitoisuudella 200 mg/l PAX-18.

6.2.1 Kemiallisen hapenkulutuksen tulokset

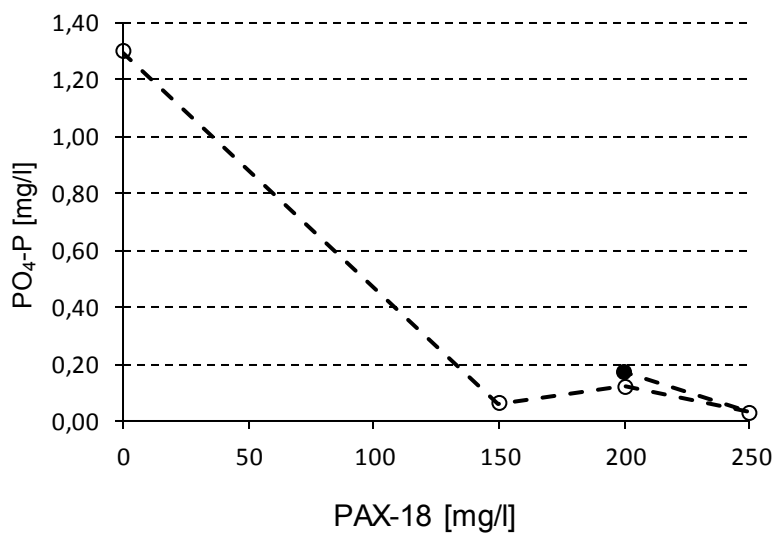
Ympäristöluvan mukaisissa puhdistusvaatimuksissa COD-arvo ilmoitetaan dikromaattihapettimella hapetettuna (COD_{Cr}) ja raportin analyysit suoritettiin permanganaattihapettimella (COD_{Mn}). COD_{Cr} -arvot voivat olla moninkertaisia permanganaatilla suoritettua hapetukseen verrattuna. Tämän takia myöskään lukuarvot eivät ole täysin käännettävissä ympäristöluvan puhdistusvaatimuksiin. Alle on koottu COD_{Mn} -arvojen muutoksia PAX-18-pitoisuuden muuttuessa. Kuviossa 3 demonstroidaan saostuskemikaalin pitoisuuden vaikutuksen kemiallisesti hapettuvien aineiden laskuun. Yleensä COD_{Mn} -arvo luonnonvesissä on 10-20 mg/l O_2 (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu Kemiallinen hapenkulutus 2011).



KUVIO 3. COD_{Mn} -arvon muutos PAX-18-pitoisuuden muuttuessa ohitusvedessä.

6.2.2 Liuenneen fosforin pitoisuuden tulokset

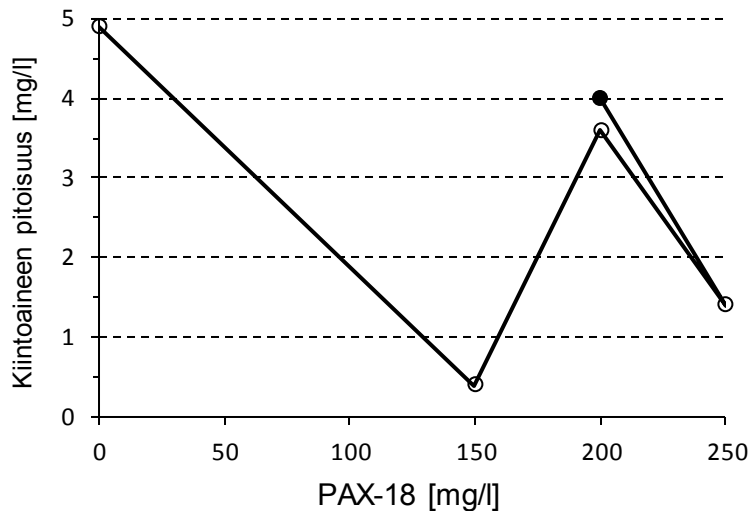
Liuenneen fosforin pitoisuuden muutos oli huomattava PAX-18-pitoisuuden noustessa. Ympäristöluvan puhdistustavoitteiden mukaan kokonaisfosforipitoisuuden puhdistetussa vedessä tulisi olla alle 0,5 mg/l. Koska tämä analyysi määrittää vain kokonaisfosforin liuenneen osan, arvon tulisi pysyä tämän alle. Kuviossa 4 näkyy liuenneen fosforin pitoisuuden muutos PAX-18-pitoisuuden funktiona.



KUVIO 4. Liukoisin fosforin pitoisuuden muutos PAX-18-pitoisuuden muuttuessa ohitusvedessä.

6.2.3 Kiintoainepitoisuuden tulokset

Kuviossa 5 on esitetty kiintoainepitoisuuden muutos PAX-18-pitoisuuden suhteen. Ympäristöluvan mukaan kiintoaineen pitoisuusarvo puhdistetussa vedessä saa olla enintään 35 mg/l. Kuten kuvaajasta voidaan havaita, kiintoainepitoisuus oli jo ennen flotaatiohiekkasuodatusta melko alhainen. Tuloksista nähdään, että ohitusveden flotaatiohiekkasuodatusprosessissa kiintoainepitoisuus on saatu erittäin alhaiseksi. Tässä on otettava huomioon, että tuloksia voinee vääristää alhaiset kiintoainepitoisuudet, jolloin kiintoaineen määrittämisen analyysi voi olla epätarkka.



KUVIO 5. Kiintoaineen pitoisuuden muutos PAX-18-pitoisuuden muuttuessa ohitusvedessä.

200 mg/l PAX-18-pitoisuuden kohdalla kuvaajassa on piikki, joka johtuu 150 mg/l pitoisuuden tuloksien vääristymistä. 150 mg/l PAX-18-pitoisuus saattaa silti olla riittävä ohitusveden puhdistukseen, mutta ongelmana voi olla epätasaisen dispersion vaikutus flotaatioon. Tällöin hiekkasuodattimet voivat tukkiintua veteen jääneestä kiintoaineesta. Jos ohitusveden alkuperäinen kiintoainepitoisuus on 7 mg/l tai alle, niin laskeutuskokeiden (ottaen huomioon flotaation jälkeisen suodatuksen) ja koeajonäytteiden analyysien perusteella ympäristöluvan mukaiseen puhdistustulokseen sopivampi PAX-18-pitoisuus olisi 200 mg/l, jolloin kiintoaineen kokonaisvaltainen saostuminen on todennäköisempää. Suuremmat PAX-18-pitoisuudet ovat epäedullisia niin kustannustehokkuuden kuin suodattimien toimivuuden kannalta.

Vaikka tutkimustulokset tässä tapauksessa eivät ole täysin luotettavia, voidaan niiden olettaa olevan oikean suuntaisia. Koivunen kirjoittaa Vesitalous-lehden numerossa 3/2005, että Kuopion yliopistossa on tutkittu samaa aihetta vuonna 2005. Tämän tutkimuksen mukaan kokonaisfosforin vähenemä oli keskimäärin 90%, COD_{Cr} vähenemä 36-60%, ja kiintoaineen vähenemä 65-90% käytettäessä PAX-14-kemikaalia noin 170 mg/l:n pitoisuutena. PAX-18 sisältää alumiinia 9 p-%, kun PAX-14 alumiinia on 7,2 p-% (Vanhan selkeytysaltan käytöstä poistamisen työselostus 2010). Tämä viittaa siihen, että sopiva PAX-18-pitoisuus ohitusveden puhdistuksessa olisi lähempänä 150 mg/l kuin 200 mg/l.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Monifaasipumpun säätäminen ja sen tuottama dispersio onnistuivat lopulta hyväksyttävästi, mutta valitettavasti vain toiselle flotaatioaltaalle. Ottaen huomioon ongelmat dispersion laadun epätasaisuudessa sekä paineiden jatkuvassa hienosäädössä, vanha dispersiojärjestelmä on lopulta luotettavampi käytöltään kuin monifaasipumppu. Tämä johtuu vanhan dispersiojärjestelmän vakaudesta ja tuttuudesta. Monifaasipumppu tulisi säätää mielellään pumpun valmistajan avulla, jolloin tulos olisi luotettava ja pumpun käyttö helpottuisi. Asiantuntija osaisi myös ratkaista ongelman liittyen dispersioveden jakautumiseen altaalle. Kun asiaan tutustuttiin paremmin, huomattiin myös, että dispersioveden teoreettisen määrän laskeminen ennen koetta olisi helpottanut työskentelyä.

Kokeellisen osion suorituksessa tapahtui virheitä, jotka vaikuttivat tuloksiin. Väärä PAX-18-pitoisuuksien ajojärjestys sekä liian lyhyt kemikaalin pitoisuuden tasaantumisaika ensimmäisen pitoisuuden muutoksen välissä näkyivät tuloksissa epätavallisena piikkinä. Tämä johtui siitä, että kemikaalipitoisuus ohitusvedessä oli luultua suurempi. Tulokset eivät olleet näin ollen johdonmukaisia, joskin niiden pohjalta voitiin päätellä, että 200 mg/l PAX-18-pitoisuus ohitusvedessä yhdessä flotaatiohiekkasuodatusprosessin kanssa täyttää ja jopa ylittää ympäristöluvan puhdistusvaatimukset. Varsinkin liuenneen fosforin pitoisuus ohitusvedessä laski huomattavasti. Fosforin tehokas poistaminen jätevesistä onkin tärkeää luonnonvesien rehevöitymisen estämiseksi.

Aiheesta olisi syytä tehdä jatkotutkimusta. PAX-18-saostuskemikaalin pitoisuutta ohitusveden puhdistusprosessissa tulisi tarkastella syvemmin välillä 150-200 mg/l. Tutkimuksessa voitaisiin lisäksi tarkastella PAX-18-pitoisuuksien vaikutuksia veden pH:n muutoksiin. Jatkotutkimus aiheesta vähentäisi jätevedenpuhdistamojen kemikaalikustannuksia, koska välttyttäisiin turhalta ylikemikaloinnilta.

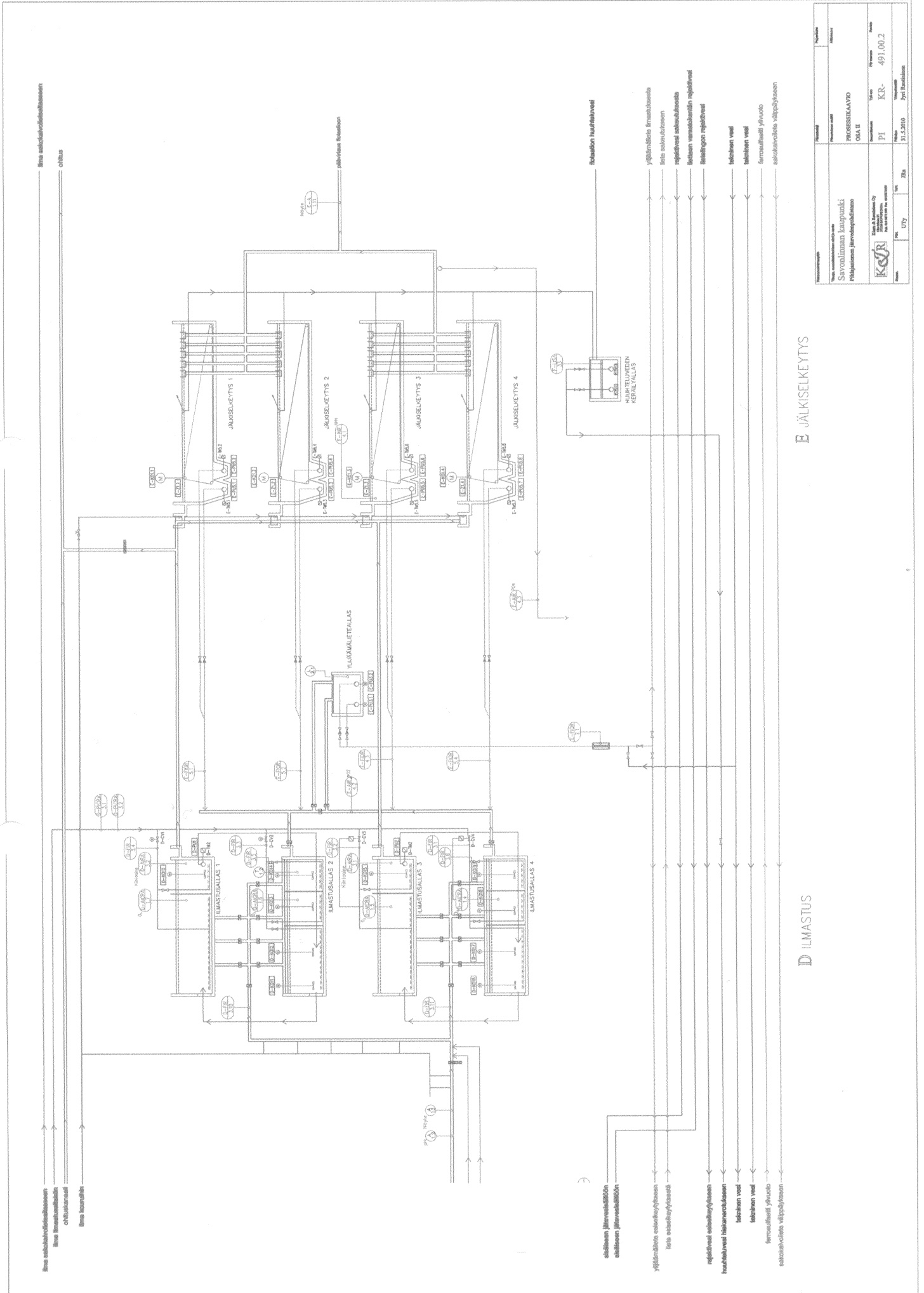
Thiele, J. 2010. EDUR- Multiphase Pumps. Innovative Pump Techniques for Handling of Liquid-Gas Mixtures and for Generation of Dispersions. Sähköinen julkaisu. Pollution Solutions 5/2010. 16-17. <http://www.pollutionsolutions-online.com>

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 12.10.2006/888

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2011. Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}). Luettu 30.11.2012. <http://www.ymparisto.fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2011. Kemiallinen hapenkulutus. Luettu 5.4.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=373494&lan=FI>

Vanhan selkeytysaltaan käytöstä poistaminen. 2010. Työselostus. Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä. Luettu 5.4.2013. <http://www.pkky.fi/Resource.phx/pkky/teknisetpalvelut/outokumpu.htx.il113.pdf>



ILMASTUS

JÄLKSELKEYTYS

Projekti	Storömmän kaupunki Pihlajaniemi järvetäyttö	Prosessikaavio	OMA II
Maailma	KOR	Yht. KR-	491.00.2
Maailma	31.5.2010	Jyri Eerikainen	

kemira

PAX-18

Polyalumiinikloridi Kemira PAX-18 on vedenpuhdistuksessa käytettävä nestemäinen saostusaine, joka sisältää aktiivisia moniarvoisia alumiiniyhdisteitä.

Kemira PAX-18 sopii juoma- ja jätevesien puhdistukseen ja sitä voidaan käyttää useimmissa puhdistusprosesseissa.

Kemialliset ja fysikaaliset tiedot

Ulkomuoto	Kellertävä neste	
Alumiini (Al ³⁺)	9,2±0,3	p-%
Rauta (Fe ³⁺)	< 0,01	p-%
Kloridi (Cl ⁻)	21±2	p-%
OH/Al	1,2±0,1	
pH	< 1,0	
Tiheys (23 °C)	1370±50	kg/m ³
Viskositeetti (23 °C)	34	cP

Epäpuhtaudet: Pitoisuus tuotteessa [mg/kg]

Arseeni (As)	< 0,05
Kadmium (Cd)	< 0,05
Kromi (Cr)	< 0,5
Elohopea (Hg)	< 0,02
Nikkeli (Ni)	< 1
Lyijy (Pb)	< 1
Antimoni (Sb)	< 0,05
Seleenit (Se)	< 0,05

Laatu

Kemira PAX-18 vastaa juomavesien käsittelyssä käytettäville kemikaaleille asetettua standardia "European Standard EN883 *Chemicals used for treatment of water intended for human consumption*".

Käytettävät materiaalit

Kemira PAX-18 kanssa kosketuksiin joutuvien osien tulee olla muovia (PE, PP, PVC), lasikuituvahvisteita polyesteriä, titaania tai kumioitua terästä. Tämä on huomioitava valittaessa pumpuja, putkistoja ja varastosäiliöitä. Haponkestäviä teräslaatuja ei voi käyttää Kemira PAX-18 kanssa.

Säilytys

Kemira PAX-18:n säilyvyys on vähintään 6 kk. Suositeltava käyttö- ja varastointilämpötila yli - 5 °C. Säilytysastia tulee merkitä tuotteen teknillä nimellä sekä varoitusmerkillä.

Toimitukset

Kemira PAX-18 toimitetaan irtotavarana säiliöautoilla max. 42 tonnia. Liuoksen maksimilämpötila on 50 °C ja tyypillinen lämpötila 25 – 30 °C.

Annostelu

Kemira PAX-18 voidaan annostella kalvopumpuilla laimentamattomana suoraan varastosäiliöstä tai vedellä laimennettuna.

Annostelumäärien laskeminen

100 ml/m³ PAX-18 vastaa

- 137 g/m³ PAX-18
- 12,6 g/m³ Al

100 g/m³ PAX-18 vastaa

- 72,99 ml/m³ PAX-18
- 9,2 g/m³ Al

Käyttöturvallisuus

Ärsyttää silmiä ja ihoa.

Käytettävä sopivaa suojavaatetusta, suojakäsineitä ja silmien- tai kasvonsuojainta.

Ennen tuotteen käsittelyä on perehdyttävä käyttöturvallisuustiedotteeseen.



ÄRSYTTÄVÄ

Laskeutuskokeet 25.9.2012

Sää: tihkusadetta, +10°C

Näytteenotto klo 11.30

PAX-18 [mg/l]	kiintoaine [mg/l]	KMnO₄ [mg/l]	COD_{Mn} [mg O ₂ /l]	PO₄-P [mg/l]
0	6,7	35,2	8,9	2,0
200	4,9	24,4	6,2	0,18
250	3,9	19,8	5,0	0,05

Ohitusveden analyysit 26.9.2012

Sää: pilvinen, ei sadetta, +10°C

Näytteenotot:c(PAX-18) = 250 mg/l klo.11.30, c(PAX-18) = 150 mg/l klo. 12.00,
c(PAX-18) = 200 mg/l klo.13.15, c(PAX-18) =200 mg/l klo. 13.45 (vanha
flotaatiosysteemi)

PAX-18 [mg/l]	kiintoaine [mg/l]	KMnO₄ [mg/l]	COD_{Mn} [mg O ₂ /l]	PO₄-P [mg/l]
0	4,9	30,6	7,7	1,3
150	0,4	9,5	2,4	0,06
200	3,6	11,5	2,9	0,12
250	1,4	8,4	2,1	0,03
200*	4,0	12,0	3,0	0,17

*vanhalla dispersiojärjestelmällä