

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Prosessitekniikan koulutusohjelma

Simo Ruippo

Biologisen jätevedenpuhdistamon typpitase ja ravinneannostelun optimointi

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä
Simo Ruippo
Biologisen jätevedenpuhdistamon tyypitase ja ravinneannostelun optimointi, 34 sivua, 6 liitettä
Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Prosessitekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö 2012
Ohjaajat: Tuntiopettaja, Heikki Siitonen, Saimaan ammattikorkeakoulu
Päivämestari, Jouko Asikainen, Kuorimo ja vedenpuhdistamo, Stora Enso Oyj
Tuotantoinsinööri, Joanna Rahko, Stora Enso Oyj

Sellu- ja paperiteollisuuden jätevedet sisältävät aineita, joilla on korkea biologinen hapenkulutus. Aktiivilietemenetelmä sopii tällaisten jätevesien puhdistamiseen. Aktiivilietelaitoksen ohjaaminen on kuitenkin haasteellista, koska biolietteen toiminnan kannalta oleelliset tekijät, kuten tulevan jäteveden määrä tai COD –kuorma, vaihtelevat jatkuvasti. Tarvittavat tiedot saadaan laboratorioanalyysillä ja online –mittareilla. Kaksi kertaa viikossa tehtävät näytteiden otot eivät anna reagointiaikaa olosuhteiden muuttuessa nopeasti.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli seurata Stora Enso Oyj:n Kaukopään biologiselle jätevedenpuhdistamolle tulevia ja sieltä lähteviä typpikuormituksia ja muodostaa tyypitase. Lisäksi tarkoitus oli erityisesti seurata ilmastusaltaan typpipitoisuutta ja pyrkiä optimoimaan typpiravinteiden annostelua. Tätä varten biologiselta jäteveden puhdistamolta kerättiin kahden viikon ajalta pistonäytteitä, jotka analysoitiin Stora Enso Oyj:n tutkimuskeskuksessa Tainionkoskella.

Ilmastusaltaan näytteet pilaantuivat pakastuksen aikana. Tyypitase saatiin muodostettua myöhemmin otettujen lisänäytteiden avulla.

Asiasanat: aktiivilietemenetelmä, ilmastus, typpi, tyypitase

Abstract

Simo Ruippo

Biological Wastewater Treatment Plant's Nitrogen Balance and Optimization of Nutrient Dosing, 34 pages, 6 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Process Engineering

Final year project 2012

Instructors: Mr Heikki Siitonen, Lecturer, Saimaa UAS

Mr Jouko Asikainen, Debarking and Water Treatment Plant, Stora Enso Oyj

Ms Joanna Rahko, Production engineer, Stora Enso Oyj

Waste water of pulp and paper industry contains materials that have high biological oxygen consumption. Activated sludge system suits for treating the process waste waters. However, controlling an activated sludge system is challenging because the essential factors, such as the amount of incoming waste water or COD –load, are changing constantly. The necessary information is gained by laboratory analyses and online measurements. The analyzed samples that are taken twice a week reduce the reaction time when the circumstances change.

The goal of this final year project was to observe the incoming and outgoing nitrogen loads of waste water and define the nitrogen balance. This project took place at Stora Enso's Kaukopää wastewater treatment plant. Also the aim is to especially observe the nitrogen level of the aeration tank, and to intend to optimize the dosing of nitrogen nutrient. To execute this, during two weeks a number of samples were collected from the wastewater treatment plant and they were analyzed in the Stora Enso's research center in Tainionkoski.

The samples of the aeration tank were ruined during the freezing. The nitrogen balance could however be defined from additional samples that were collected later.

Key Words: Activate Sludge System, Aeration Tank, Nitrogen, Nitrogen Balance.

Sisältö

Lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	6
2	Aktiivilietemenetelmä.....	7
2.1	Toimintaperiaate.....	7
2.2	Aktiivilietelaitoksen toimintaolosuhteet.....	8
2.3	Aktiivilietteen laskeutuvuus.....	9
2.4	Aktiivilietteen mikro-organismit.....	10
2.5	Imatran tehtaiden jätevedenpuhdistamo.....	11
3	Ravinteet ja niiden annostelu.....	12
3.1	Typpi.....	13
3.2	Fosfori.....	13
3.3	Ravinteiden annostelu.....	14
3.4	Ravinteiden annostelun ohjaus.....	16
4	Ravinteiden puutteen vaikutukset.....	17
5	Ravinteiden vaikutukset vesistöön.....	17
6	Typensidonta ilmasta aktiivilietelaitoksissa.....	18
7	Aktiivilietelaitoksen ohjaus.....	19
8	Näytteiden otto.....	20
9	Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	21
9.1	Typpiseuranta.....	21
9.2	Typpitase.....	23
9.3	Lisänäytteet 7.12.2011.....	25
9.4	Ilmastusaltaan laskeutuskokeet ja mikrobien seuranta.....	27
10	Pohdinta.....	31
	Lähteet.....	34

Liitteet

Liite 1 Kaukopään jätevedenpuhdistamon kaaviokuva

Liite 2 Tasausaltaasta otettujen näytteiden tulokset

Liite 3 Ilmastusaltaasta otettujen näytteiden tulokset

Liite 4 Palautuslietteestä otettujen näytteiden tulokset

Liite 5 Jälkiselkeyttimien jälkeen otettujen näytteiden tulokset

Liite 6 Kaukopään sellun ja CTMP -laitoksen jäteveden näytteet, Tainionkosken

sellun jäteveden näytteet, CTMP -flotaatolietesäiliön näytteet,

Polttolietesuodoksen näytteet sekä Polttolietteen näytteet

Lyhenneluettelo

AOX = adsorbable organic halogens. AOX kertoo jäteveden orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneen kokonaiskloorin määrän.

BOD = biological oxygen demand. BOD kuvaa sitä happimäärää, jonka pieneliöt tarvitsevat hajottaessaan jäteveden kiintoainetta ja muita helposti hajoavia eloperäisiä yhdisteitä.

COD = chemical oxygen demand. COD kuvaa sitä happimäärää, joka tarvitaan veden sisältämän kaiken orgaanisen aineen hajottamiseen kemiallisesti.

CTMP = chemi-thermomechanical pulp. Kemihierre, mekaaninen massa.

1 Johdanto

Metsäteollisuuden jätevedet vaikuttavat vesistöjen laatuun. Veden laadun muutokset näkyvät mm. rehevöitymisinä ja hapen vajauksena. Biologisessa jäteveden puhdistuksessa käytetään hyväksi mikrobien toimintaa. Biotoiminnan kannalta on tärkeää, että toimintaolosuhteet ovat optimaaliset mikrobeille. Ravinteiden annostelulla on tässä tärkeä rooli.

Biologisella jätevedenpuhdistamolla typpiravinteiden annostelu on haasteellista, koska typpiravinnetta tulee monesta eri lähteestä. Kaukopään ja Tainionkosken sellutehtaiden lisäksi CTMP –laitoksen jätevedet johdetaan biologiselle jätevedenpuhdistamolle. Siellä tapahtuvat muutokset näkyvät muutaman päivän viiveellä, mikä vaikeuttaa mm. urean annostelua. Jätevesien näyteanalyysit tehdään kaksi kertaa viikossa arkipäivinä, mikä on melko hidasta. Tällöin hätätilanteisiin reagoiminenkin vie aikaa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on seurata Stora Enso Oyj:n Kaukopään biologisen jätevedenpuhdistamon typenkulutusta ja pyrkiä vähentämään sitä. Sitä varten on seurattava puhdistamolle tulevia ja lähteviä typpikuormia ja määritettävä niistä typpitaset. Typpitasetta ja typpiseurantaa varten kerätään kahden viikon ajalta näytteitä, jotka analysoidaan Stora Enso Oyj:n tutkimuskeskuksella Tainionkoskella. Lisäksi tämän työn avulla arvioidaan tarvetta online –typpianalysointilaitteiden hankinnalle. Se sijoitettaisiin todennäköisesti ilmastusaltaaseen, ja ilmoittaisi biolietteen typpipitoisuuden luotettavasti reaaliajassa.

2 Aktiivilietemenetelmä

Metsäteollisuuden jätevedet sisältävät puun kemiallisia pääaineosia, prosessikemikaaleja ja niiden reaktiotuotteita sekä täyteaineita. Prosessijätevedet ovat laadultaan vaihtelevia, mikä vaikeuttaa niiden analysointia. (Virolainen 2000, 2.)

Yleisimmät jätevesiä kuvaavat suureet ovat biologinen hapenkulutus (BOD), kemiallinen hapenkulutus (COD), kiintoaine- ja ravinnekuormitus sekä orgaanisten klooriyhdisteiden päästöjä kuvaava AOX-suure. BOD kuvaa helposti hajoavan aineen määrää vedessä, COD puolestaan vaikeasti hajoavan aineen. (Virolainen 2000, 3.)

Metsäteollisuudessa jätevesien ulkoisessa puhdistuksessa aktiivilietemenetelmä on yleisin puhdistusmenetelmä ja kehittynein biologinen puhdistusmenetelmä. Siinä veden puhdistaminen perustuu mikro-organismien toimintaan ja niiden muodostaman lietteen laskeutumiseen. Prosessi sisältää anaerobisen tasausvaiheen, biologisen ilmastetun reaktiovaiheen ja laskeutukseen perustuvan lietteen erotusvaiheen. Aineen hajoaminen tapahtuu aerobisesti bakteerien toiminnan seurauksena. Aktiivilieteprosessilla saavutetaan BOD:n osalta yli 90 %:n, COD:n osalta jopa 75 %:n, fosforin osalta 20 - 70 %:n ja AOX-kuormituksen osalta 30 - 50 %:n vähenemä. (Virolainen 2000, 7.)

2.1 Toimintaperiaate

Aktiivilietemenetelmä on aerobinen bioprosessi, jossa jäteveden orgaaninen aine sidotaan lietteeseen ja hajotetaan tämä. Hapen avulla liete pysyy aerobisena ja prosessin biotoiminta nopeutuu. Aktiivilieteprosessin ydin on ilmastusallas. Muita osa-alueita ovat mm. jälkiselkeytin, esiselkeytin,

jäähdytystornit, tasausallas, varoaltaat ja neutralointiasema. (Virolainen 2000, 8, 10; Konola 2001, 25.)

Aktiivilietelaitokselle tuleva vesi menee ensimmäiseksi esikäsittelyyn, jossa karkeat kiintoaineet erotetaan esimerkiksi koneväljän avulla. Esiselkeyttimessä jätevedestä poistetaan primääriliete, eli kuori-, kuitu- sekä täyte- ja lisäaineita. Poistaminen tapahtuu laskeuttamalla, jolloin primääriliete laskeutuu pohjaan ja selkeytynyt vesi virtaa ylijooksuna aktiivilieteprosessiin. (Virolainen 2000, 8; Konola 2001, 13.)

Ilmastusaltaassa tapahtuu orgaanisen aineen sitominen ja hajotus. Olosuhteiden tulee olla biologiselle toiminnalle sopivat. Niihin vaikutetaan liukoisen hapen, ravinteiden, lämpötilan ja pH:n säädöllä. (Virolainen 2000, 8-9; Konola 2001, 14.)

Ilmastusaltaasta jätevesi virtaa jälkiselkeytykseen, jossa pyritään erottamaan liete käsittelystä jätevedestä. Jälkiselkeyttimen ylijooksuna poistuva kirkaste johdetaan yleensä vesistöön tai osa siitä kierrätetään uudelleen käytettäväksi. Liette palautetaan takaisin ilmastukseen sekä pieni osa ohjataan lietteen käsittelyyn. (Virolainen 2000, 9; Konola 2001, 14.)

2.2 Aktiivilietelaitoksen toimintaolosuhteet

Aktiivilietelaitoksen toiminnan kannalta on oleellista, että sen toimintaolosuhteet ovat mikrobeille suotuisat. Lietteen pH vaikuttaa lietepartikkelin pintavaraukseen, biopolymeerien ionisoitumisasteeseen ja pinnan hydratoitumiseen sekä lajivalikoitumaan ja sen tuhoutumiseen. Normaalisti pH pyritään pitämään 6,5 – 7,5 välillä ja sitä säädellään rikkihapolla ja kalkilla. Alhaisessa pH:ssa bakteeritoiminta vaarantuu, sillä sienet alkavat dominoida. Mikäli pH laskee alueelle 4 - 5, rihmamaiset organismit lisääntyvät ja muodostuu paisuntalietettä. (Konola 2001, 21.)

Aktiivilieteprosessin lämpötila vaikuttaa biokemiallisiin reaktioihin, ilmastusaltaan hapensiirtokykyyn ja bakteerien elämismahdollisuuksiin. Aktiivilietelaitoksen toiminnan kannalta optimilämpötila on alle 40 °C, sillä tämän jälkeen biolietteen laskeutuvuus ja BOD:n poisto huononee, ja kiintoainepäästöt kasvavat huomattavasti. Korkea lämpötila vaikuttaa mikro-organismien käyttäytymiseen ja mahdollistaa mikrobikannan yksipuolistumisen. Tyypillisesti sellutehtaan prosessivedet ovat kuumia, jolloin ne pitää jäähdyttää joko lämmönvaihtimessa tai jäähdytystornissa. (Konola 2001, 21 - 22.)

Aktiivilieteprosessin happipitoisuus vaikuttaa lietteen laskeutumisominaisuuksiin ja orgaanisen aineen poistumiseen. Ilmastuksen tavoitteena on kuljettaa ilman sisältämä happi mikro-organismien käyttöön. Liunneen hapen määrällä on vaikutusta eliökunnan valikoitumiseen, kasvamiseen ja täten flokin muodostumiseen. Hapen yleinen tai paikallinen puute on yleinen syy lietteen paisumiseen, sillä rihmamaisten mikro-organismien kasvu lisääntyy happipitoisuuksien ollessa alle 0,5 - 1 ppm (parts per million). (Konola 2001, 26.)

Metsäteollisuuden jätevesien ravinnepitoisuus on yleensä alhainen. Jätevesiin lisätään typpeä ja fosforia, joiden oikea annostelu takaa BOD:n tehokkaan poistumisen. Mikäli ravinteita ja happea ei ole tarpeeksi, flokkaantuminen huononee ja rihmamaiset kasvustot pääsevät valtaan ja syntyy huonosti laskeutuvaa lietettä. (Konola 2001, 31.)

2.3 Aktiivilietteen laskeutuvuus

Yleisin lietteen laskeutuvuutta kuvaava parametri on lieteindeksi (Sludge volume index, SVI). Se ilmoittaa tilavuuden, minkä 1 g lietettä vaatii 30 minuutin laskeutuksen jälkeen. Tavoitearvo on noin 120 ml/g. Jos lieteindeksi on yli 200

ml/g, on laskeutuminen silloin erittäin huonoa. (Hynninen 1998, 71; Virolainen 2000, 16.)

Lieteindeksi voidaan laskea kaavalla:

$$SVI = \frac{L_A}{MLSS_a} \quad (2.3.1)$$

Kaavassa (2.3.1) L_A = lietteen 30 minuutin laskeuma-arvo, ml/l
 $MLSS_a$ = lietepitoisuus, g/l

Lieteindeksiä käytetään yleisesti, vaikka se on riippuvainen lietteen alkukonsentraatiosta eikä siten kuvaa tarkasti lietteen laskeutumista. Se on kuitenkin yksinkertainen määrittäminen vaihtoehtoisin menetelmiin verrattuna. (Virolainen 2000, 16.)

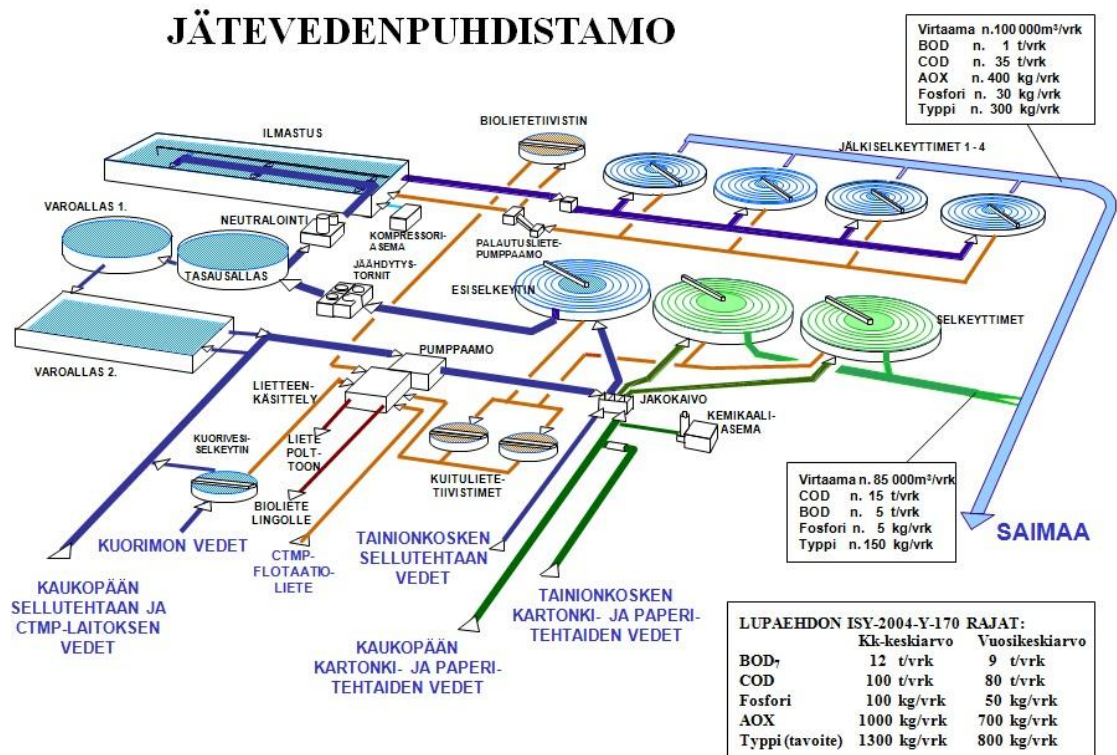
2.4 Aktiivilietteen mikro-organismit

Aktiivilietteen mikro-organismit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: bakteerit, alkueläimet sekä homeet, hiivat, levät ja monisoluiset organismit. Biomassasta on noin 95 - 99 % bakteereita. (Virolainen 2000, 27.)

Mikrobisto valikoituu tulevan jäteveden laadun, kuormituksen ja muiden ympäristötekijöiden mukaan. Lajimäärän monimuotoisuus aktiivilietteessä takaa yleensä paremman puhdistustuloksen sekä kyvyn joustaa laadullisissa ja määrällisissä vaihteluissa. (Konola 2001, 33.)

2.5 Imatran tehtaiden jätevedenpuhdistamo

Imatran tehtaiden jätevedenpuhdistamo valmistui vuonna 1992, ja se sijaitsee Kaukopäässä. Jätevedenpuhdistamo ja sen toiminta on havainnollistettu kuvassa 2.5.1 sekä liitteessä 1. Jätevedenpuhdistamo koostuu kolmesta osasta: kemiallisesta puhdistamosta, biologisesta puhdistamosta ja lietteen käsittelystä. (Stora Enso Oyj 2011.)



Kuva 2.5.1 Imatran tehtaiden jätevedenpuhdistamo. (Stora Enso Oyj 2011.)

Kemialliseen puhdistukseen pumpataan kartonki- ja paperitehtaalta tulevat vedet. Puhdistamon mitoitusvirtaama on 95 000 m³/d. Jätevedet kulkevat jakokaivon kautta, jossa epäpuhtaudet saostetaan alumiini- ja rautayhdisteellä sekä polymeerillä. Rikkihapon avulla säädetään pH arvoon 6. Jätevesi pumpataan selkeyttimelle, jossa kemiallinen liete valuu pohjalle. Sieltä se pumpataan tiivistimen kautta lietteenkäsittelyyn kuivattavaksi. Puhdas vesi johdetaan näytteenoton jälkeen vesistöön. (Stora Enso Oyj 2011.)

Biologinen puhdistamo on matalakuormitteinen aktiivilietelaitos, jonka mitoitusvirtaama on 140 000 m³/d. Biologiseen puhdistukseen pumpataan sellu- ja CTMP –tehtailta tulevat jätevedet. Jätevesi pumpataan välppäyksen kautta esiselkeyttimelle, jossa pohjalle laskeutunut liete johdetaan lietteenkäsittelyyn. Esiselkeyttimeltä jätevesi pumpataan jäähdytystornien kautta neutralointiin, missä pH säädetään alueelle 6 – 8 rikkihapon tai kalkin avulla. Jäteveteen lisätään typpeä ja fosforia, jotka toimivat ilmastusaltaassa olevien pieneliöiden eli mikrobien ravinteina. Jätevesi puhdistuu, kun pieneliöt syövät vedessä olevia puusta liuenneita orgaanisia aineita. Mikrobeille tärkeää happea ne saavat altaan pohjailmastimiin puhallettavasta ilmasta. Mikrobien muodostama bioliete laskeutuu jälkiselkeyttimien pohjalle, josta se pääosin palautetaan ilmastukseen. Ylimäärä johdetaan lietteenkäsittelyyn. Puhdas vesi johdetaan ylijuuksuna näytteenoton jälkeen vesistöön. (Stora Enso Oyj 2011.)

Esiselkeyttimen liete, bioliete, kemiallisen puhdistamon liete, kuorimon jäteveden liete sekä CTMP –laitoksen flotaatiliete sekoitetaan keskenään ja käsitellään kolmella rinnakkaisella kuivauslinjalla. Vedenerotusta tehostetaan polymeerin ja höyryn avulla. Vedenerotus tapahtuu rumpusuotimilla ja ruuvipuristimilla. Lietteen kuiva-aine on lopuksi noin 35 %. Kuivattu liete sekoitetaan kuorijätteeseen ja kuljetetaan poltettavaksi kuorikattilalle. (Stora Enso Oyj 2011.)

3 Ravinteet ja niiden annostelu

Metsäteollisuuden jätevedet sisältävät yleensä riittävästi liuennutta biologisesti hajoavaa ainetta. Useimmiten ravinteiden määrä jätevesissä on kuitenkin riittämätön. (Virolainen 2000, 18.)

Parhaimman puhdistustehon saamiseksi aktiivilietesysteemin tulisi vastata mikro-organismien kasvun tarvetta. Tämän takia johtuen jätevesiin lisätään typpeä ja fosforia. (Virolainen 2000, 18.)

3.1 Typpi

Typen määrä vaikuttaa lietteen hajoamisnopeuteen ja poistoveden orgaanisen aineen määrään. Typen hallinnan kannalta on oleellista tietää, mitä typen yhdisteitä ja miten paljon liukoista typpeä tulee puhdistussysteemin, sekä miten paljon sitä poistuu poistovesissä. (Konola 2001, 31 - 32.)

Urea on yleisin typpellinen lisäravinne. Se liukenee helposti veteen, mutta hajoaa hitaasti. Ureaan on myös havaittu selvästi parantavan lietteen laskeutumismomenteja sekä edistävän COD:n, AOX:n ja fosforin poistoa. Kaikilla mikrobeilla ei ole ureaa pilkkovaa entsyymiä, ureaasia, mutta mikrobit pystyvät hyödyntämään urean sellaisenaan. Mikrobeille helppokäyttöisin typpilähde on ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$). Jos puhdistetussa vedessä on paljon ammoniumia tai nitraattia, on silloin ureaa annosteltu liikaa muuhun kuormitukseen nähden. (Puustinen 1992, 37; Virolainen 2000, 18; Konola 2001, 32.)

3.2 Fosfori

Fosfori pitää yllä solun rakennetta ja toimintaa, joten se on välttämätön alkuaine eläville soluille. Fosforin puute hidastaa aktiivisen biomassan kasvua ja näin ollen syntyy huonosti laskeutuvaa lietettä. (Konola 2001, 32.)

Biologiset puhdistamot poistavat ennen kaikkea liukoista fosforia. Suuri osa vesistöön päätyvästä fosforista on yleensä sitoutunut kiintoaineeseen. (Konola 2001, 33.)

3.3 Ravinteiden annostelu

Riittävä ravinnemäärä orgaanisen aineen määrään on tärkeä. Perussääntö ravinteiden annosteluun biomassan tuotantoon nähden on BOD:N:P = 100:5:1. Tiettyjä lisäaineita, kuten rautaa, kaliumia ja sinkkiä tarvitaan myös, mutta jätevedet yleensä sisältävät näitä riittävästi. (Hynninen 1998, 69.)

Typhen tarve voidaan laskea kaavalla:

$$m(\text{N/d}) = S_N \times S_{\text{out}} + (F \times \text{SS}_{\text{out}} \times S_N + F \times O) - F \times N_{\text{in}} \quad (3.3.1)$$

$$m(\text{N/d}) = 0,05 \times 32000 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + (100000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 15 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 0,05 + 100000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 2 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}) - 100000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \quad (3.3.2)$$

$$= 1600 \frac{\text{kgN}}{\text{d}} + 75 \frac{\text{kgN}}{\text{d}} + 200 \frac{\text{kgN}}{\text{d}} - 600 \frac{\text{kgN}}{\text{d}} = 1275 \frac{\text{kgN}}{\text{d}} \quad (3.3.3)$$

Kaavassa (3.3.1)

F = vesimäärä, 100 000 m³/d

N_{in} = tuloveden typpipitoisuus, 6 g N/m³

O = ilmastuksen happipitoisuus, 2 g/m³

S_N = lietteen typpipitoisuus, 5 %

S_{out} = poistolietemäärä, 32 000 kg/d

SS_{out} = poistoveden kiintoaine, 15 g/m³

Fosforin tarve voidaan laskea kaavalla:

$$m(\text{P/d}) = S_P \times S_{\text{out}} + (F \times \text{SS}_{\text{out}} \times S_P + F \times O) - F \times P_{\text{in}} \quad (3.3.4)$$

$$m(P/d) = 0,007 \times 32000 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + (100000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 15 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 0,007 + 100000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 0,2 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}) -$$

$$100000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \quad (3.3.5)$$

$$= 224 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 10,5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 20 \frac{\text{kg}}{\text{d}} - 150 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 104,5 \text{kg} \frac{\text{P}}{\text{d}} \quad (3.3.6)$$

Kaavassa (3.3.4) F = vesimäärä, 100 000 m³/d
 P_{in} = tuloveden fosforipitoisuus, 1,5 g P/m³
 O = ilmastuksen happipitoisuus, 2 g/m³
 S_{P} = lietteen fosforipitoisuus, 0,7 %
 S_{out} = poistolietemäärä, 32 000 kg/d
 SS_{out} = poistoveden kiintoaine, 15 g/m³

(Stora Enso Oyj 2011.)

Typen annostelu vaikuttaa lietteen hajoamisnopeuteen ja poistoveden orgaanisen aineen määrään. Mitä enemmän biomassaa muodostuu, sitä enemmän tarvitaan typpeä. Typen tarve riippuu lieteistä, mikä on verrannollinen biomassan muodostumisen kanssa. Mitä pitempi lieteikä on, sitä vähemmän syntyy biomassaa ja sitä vähemmän tarvitaan typpeä. (Konola 2001, 31.)

Keskimääräinen lieteikä (S_A) määritetään seuraavalla kaavalla:

$$S_A = \frac{VZ}{Q_w Z_R + (Q - Q_w) Z_O} \quad (3.3.7)$$

Kaavassa (3.3.7) V = ilmastusaltaan tilavuus, m^3
 Q = tulevan jäteveden tilavuusvirta, m^3/d
 Q_W = ylijäämälietteen tilavuusvirta, m^3/d
 Z = ilmastusaltaan kiintoainepitoisuus
 Z_R = ylijäämälietteen kiintoainepitoisuus
 Z_O = jälkiselkeytyksestä lähtevän veden
kiintoainepitoisuus

(Lammi & Pakarinen 1992, 53.)

Lieteikä on kiintoaineen määrä ilmastusaltaassa suhteessa systeemistä poistuneeseen kiintoaineeseen. Lieiteikä on normaalisti 5 – 15 päivää. (Hynninen 1998, 71.)

3.4 Ravinteiden annostelun ohjaus

Ravinteita annosteltaessa on kiinnitettävä huomiota liukoiseen jäännöstyyppiin. Jos jälkiselkeyttimeltä poistuvassa vedessä on ammoniumia, se johtuu liiallisesta typen annostelusta. (Virolainen 2000, 18.)

Fosforin tarve saadaan määritettyä tarkkailemalla säännöllisesti ilmastuksen liukoista fosfaattimäärää. Mikäli fosforia annostellaan liikaa, osa ylimääräisestä liukoisesta fosfaatista ohjautuu palautuslietteen mukana takaisin ilmastusaltaaseen. Tällöin ravinnesyötön pysyessä samana liukoisen fosforin määrä alkaa kasvaa systeemissä. (Virolainen 2000, 18 – 19.)

Ravinteiden annostelutarve lasketaan tasemenetelmällä. Tase on seuraava: ravinteet sisään = ravinteet ulos. Taseen pitää toteutua noin lieteiän jaksolla. Tärkeät lietteen pitoisuudet muuttuvat melko hitaasti, eikä muutoksia päivätasolla saa tehdä yli 20 – 25 % aiemmista, vaikka taselaskenta sitä vaatisikin. Poistoveden ravinteista liuennut fosfori halutaan pitää tasolla 0,15 – 0,3 mg/l ja typpi tasolla 2 – 2,5 mg/l. (Stora Enso Oyj 2011.)

4 Ravinteiden puutteen vaikutukset

Prosessin ohjauksessa typpeä lisätään minimitarpeen edellyttämä määrä. Mikäli typpeä ei ole käytettävissä riittävästi, prosessin biologinen toiminta osittain estyy tai muuttuu. Mikäli mikrobitoiminta osittain estyy, kasvaa prosessissa poistettavissa olevan orgaanisen aineen määrä käsitellyssä vedessä. Tämä näkyy BOD- ja COD-pitoisuuksien kasvuna ja ylijäämälietteen tuoton laskuna. (Hynninen 1992, 15.)

Normaalisti biologisen hajoamisen lopputuotteina syntyy hiilidioksidia, vettä ja epäorgaanisia liukoisia yhdisteitä esimerkiksi fosfori- ja typpiyhdisteitä. Kun typpivajetta ei riitä korvaamaan normaalin hajoamisen yhteydessä vapautunut typpi eikä ilmasta sidottu typpi, jää tällöin hajoaminen osittaiseksi. Osittaisen hajoamisen lopputuotteena syntynyt aines ei sitoudu lietteeseen, vaan jää pääosin prosessissa käsiteltyyn veteen. (Hynninen, 1992, 15.)

5 Ravinteiden vaikutukset vesistöön

Typpi ja fosfori ovat yhdisteitä, jotka aiheuttavat vesistöissä rehevöitymistä. Rehevöitymiseen liittyy monia vesien käytön kannalta haitallisia ilmiöitä. Planktonlevätuotanto ja –biomassa kohoavat, mikä samentaa vettä ja aiheuttaa usein myös epämiellyttävää hajua ja makua veteen. Tämä aiheuttaa lisäkustannuksia vedenpuhdistamoilla. Lisäksi suurin osa syntyvästä levälajistosta on eläinplanktonin ravinnoksi huonosti sopivaa ainesta, mikä lisää vedessä tai pohjalla hajoavan orgaanisen aineksen määrää. (Salonen ym. 1992, 23-24; Konola 2001, 13.)

Sinilevien yleistymisen vähentää myrkyllisyytensä vuoksi mm. virkistyskäyttöä ja vedenhankintaa. Ravinnepitoisuuksien nousu heikentää myös veden happipitoisuutta, jolloin runsashappista vettä vaativat kalalajit, kuten lohi, taimen ja siika katoavat, ja vastaavasti särkikalat lisääntyvät. Veden

ravinnepitoisuuksien nousu kasvattaa myös vesikasvillisuuden määrää ja muuttaa olennaisesti lajisuhteita, mikä kiihdyttää etenkin suojaisten lahtien ja matalien pienvesien umpeenkasvua. (Salonen ym. 1992, 23-24; Konola 2001, 13.)

6 Typensidonta ilmasta aktiivilietelaitoksissa

Typensidontaa ilmasta voi tapahtua olosuhteissa, joissa typpeä on prosessissa liian vähän ja olosuhteet ovat typensitotajabakteereille suotuisat. Jos typpeä ei ole tarpeeksi, biologinen toiminta joko osittain estyy tai muuntuu, mikä johtaa puhdistustuloksen heikkenemiseen. (Turunen 2003, 19.)

Typensidonnan määrä riippuu laitoksen olosuhteista. Pitkäaikainen typpipula antaa diatsotrofisille bakteereille kilpailuedun. Niiden kanta lisääntyy ja lietteen typensidontapotentiaali kasvaa. Aktiivilietelaitoksen ilmastusaltaassa typensidonta ilmasta alkaa, jos helpommin hyödynnettävää liukoista typpeä ei ole tarpeeksi saatavilla. Typensidontaa voi tapahtua laajalla pH- (4 - 9) ja lämpötila-alueella (1 – 50 °C), eli aktiivilietelaitoksen normaalit olosuhteet ovat typensidonnan kannalta hyvät. (Turunen 2003, 79.)

Typensidonta ilmasta ei ole sinänsä haitallista aktiivilietelaitoksen toiminnalle, mutta se on kuitenkin hidasta ja kuluttaa paljon energiaa. Typpeä ei ehditä ottaa ilmasta tulevaa orgaanista kuormitusta vastaavaa määrää, jolloin typensidonta tuo mukanaan tavallisuudesta nopeamman ja epätäydellisen lietteen hajoamisen, mikä johtaa puhdistetun jäteveden ominaisuuksien (BOD, COD, kiintoaine, fosfori ja typpi) heikkenemiseen. (Turunen 2003, 80.)

Aktiivilietelaitoksella voidaan saada kohtuullinen puhdistustulos myös ilman lisättyä typpeä. Pitkäaikainen ajo liuennon typen vajauksessa suosii diatsotrofisten bakteerikantojen menestymistä, ja lietteen typensitomispotentiaali kasvaa. Parhaan puhdistustuloksen saamiseksi on

kuitenkin huolehdittava tyyppiä lisäämällä bakteerien riittävästä liukoisen typen saannista. Ajettaessa ilman lisätyppiä puhdistettavan jäteveden typpipitoisuus on ratkaisevaa, eli typpivajeen taso voi vaihdella paljon. (Turunen 2003, 38 – 39.)

7 Aktiivilietelaitoksen ohjaus

Aktiivilieteprosessin ohjauksella pyritään pitämään prosessin olosuhteet vakioina. Säädetäviä tekijöitä ovat aktiivilietemäärä, palautus- ja ylijäämälietemäärä sekä ilmastuksen happipitoisuus. (Virolainen 2000, 20.)

Ilmastus- ja selkeytysaltaiden tilanteita hallitaan pitämällä vakio kiintoainepitoisuus ja lietemäärä ilmastus- ja selkeytysaltaassa sekä säilyttämällä vakio lieteikä. Tätä hallitaan muuttamalla lietteen palautusta suhteessa virtaamaan, jolla päästään hyviin tuloksiin, mikäli virtaama ja jäteveden laatu ovat tasaiset. Kokonaislietemäärää säädelään lietteen poistolla. Kokonaislietemäärää säätämällä pyritään löytämään optimilietemäärä, joka minimoi kustannukset ja optimoi puhdistustuloksen. (Virolainen 2000, 20.)

Kun prosessin kuormitus tai biomassa kasvavat, ilmastuksen tarve kasvaa. Kustannussyistä pyritään kuitenkin välttämään liiallista ilmastusta. Ilmastusaltaan happipitoisuus pyritään yleensä pitämään välillä 1,5 – 3 mg O₂/l. Liunneen hapen asetusarvo ei kuitenkaan ole välttämättä kaikissa olosuhteissa sama, vaan se riippuu lieteikästä ja lämpötilasta. Myös tulevan veden laadun vaihtelut ja ilmastusaltaan virtaamamuutokset vaikuttavat hapentarpeeseen ja happipitoisuuteen. Prosessin paremman kontrollon kannalta liunneen hapen konsentraatio mitataan useammasta pisteestä. (Virolainen 2000, 20 – 21.)

Palautuslietteen ohjauksella estetään lietteen liian pitkä viipymä selkeytysaltaassa ja pidetään samalla palautuslietteen sakeus mahdollisimman

suurena. Lietteen pitkä viipymä jälkiselkeytyksessä aiheuttaa hapettomat olosuhteet, jolloin lietteen laatu saattaa huonontua. Palautussuhteen määrittäminen perustuu esimerkiksi virtaustietojen, lietepitoisuuden ja lämpötilan mittaamiseen. (Virolainen 2000, 22.)

Ylijäämälietteen poistoa säädettäessä on huomioitava ilmastuksen ja palautuksen kiintoainepitoisuus sekä selkeytyksen lietepatjan korkeus. Ylijäämälietteen poistoa lisätään, kun halutaan vähentää biomassaa, poistaa huonosti laskeutuvaa lietettä tai pitää lietteen epäorgaanisen ja orgaanisen aineen suhde tasapainossa. (Virolainen 2000, 23.)

8 Näytteiden otto

Typpipitoisuuksien määrittämiseksi suoritettiin typpiseuranta, jonka pituus oli 14 päivää. Näytteitä otettiin kuuden tunnin välein seuraavista paikoista:

- tasausaltaan jälkeen
- ilmastusallas, 2. näytteenottopiste
- palautusliete ilmastusaltaaseen
- jälkiselkeytyksen jälkeen, biopoistuva

Näytteet pakastettiin ja vietiin analysoitavaksi Stora Enson tutkimuskeskukselle Tainionkoskelle. Kokonaistyyppi on analysoitu SFS-EN 11905-1:1998 –menetelmällä ja liukoinen typpi sisäisellä menetelmällä, joka perustuu SFS-EN 11905-1:1998 –menetelmään. Jokaisesta ilmastusaltaan näytteestä tehtiin lisäksi 30 minuutin laskeutuskoe ja tutkittiin mikroskoopilla mikrobikannan tila. Näytteiden otto aloitettiin 1.3.2011 klo 6.00 ja lopetettiin 14.3.2011 klo 12.00.

Tämän lisäksi otettiin viitenä päivänä lisänäytteitä seuraavista paikoista:

- Kaukopään sellun ja CTMP –laitoksen tuleva jätevesi avokanaalista
- Tainionkosken tuleva jätevesi
- CTMP –flotaatiolietesäiliöön tuleva jätevesi
- lietepuristimilta polttoon menevä liete
- lietepuristimien suodosvesi

Näiden näytteiden sekä typpiseurannan näytteiden avulla oli tarkoitus määrittää biologiselle jätevedenpuhdistamolle tulevat ja sieltä poistuvat typpikuormat ja muodostaa niistä typpitase.

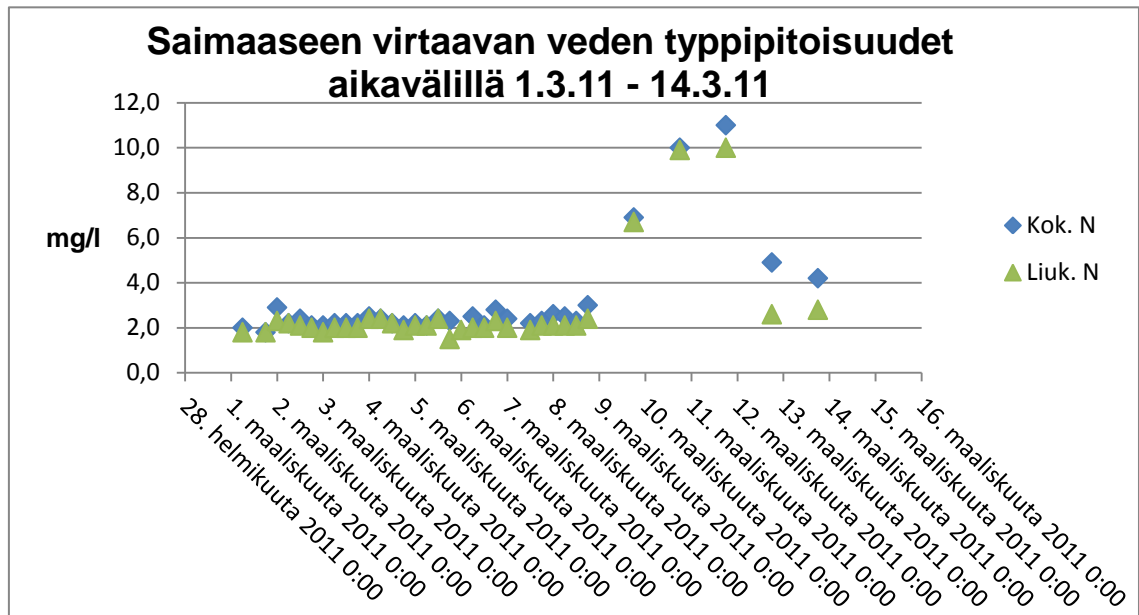
9 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Näytteiden analysoinnin yhteydessä selvisi, etteivät ilmastusaltaasta otetut näytteet olleet säilyneet pakastettuina, eivätkä näin ollen antaneet luotettavaa tulosta. Lisäksi 12.3. klo 0.00 näytteet olivat jääneet ottamatta.

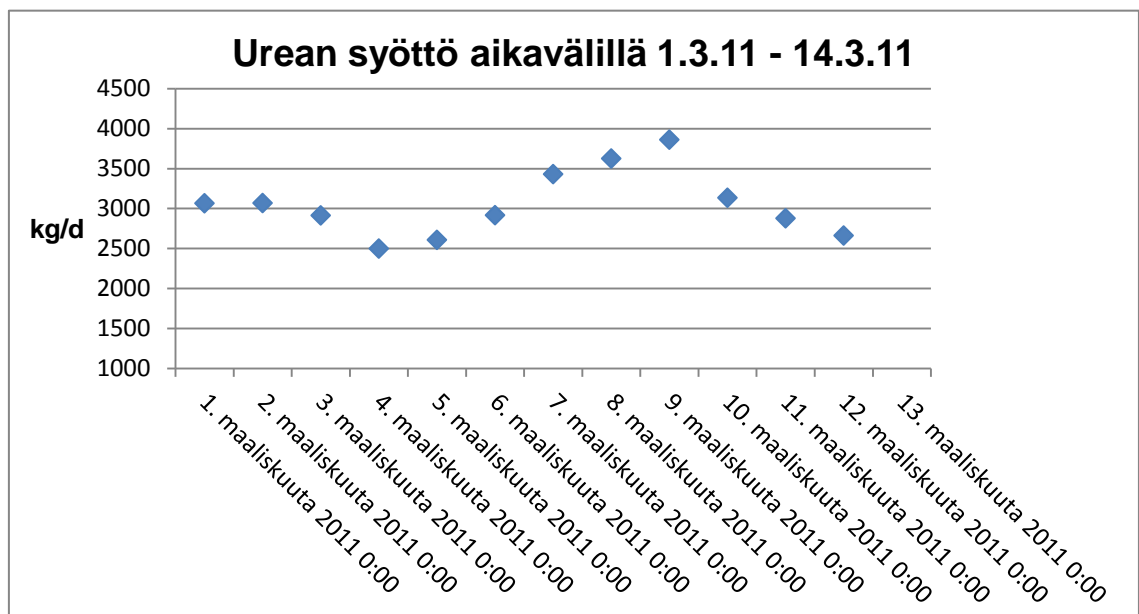
Kaikkia näytteitä ei taloudellisista syistä analysoitu, vaan aluksi ensimmäiseltä viikolta näytteitä ja sen jälkeen tarvittaessa lisää muita näytteitä. Tulokset ovat liitteissä 2 – 6.

9.1 Typpiseuranta

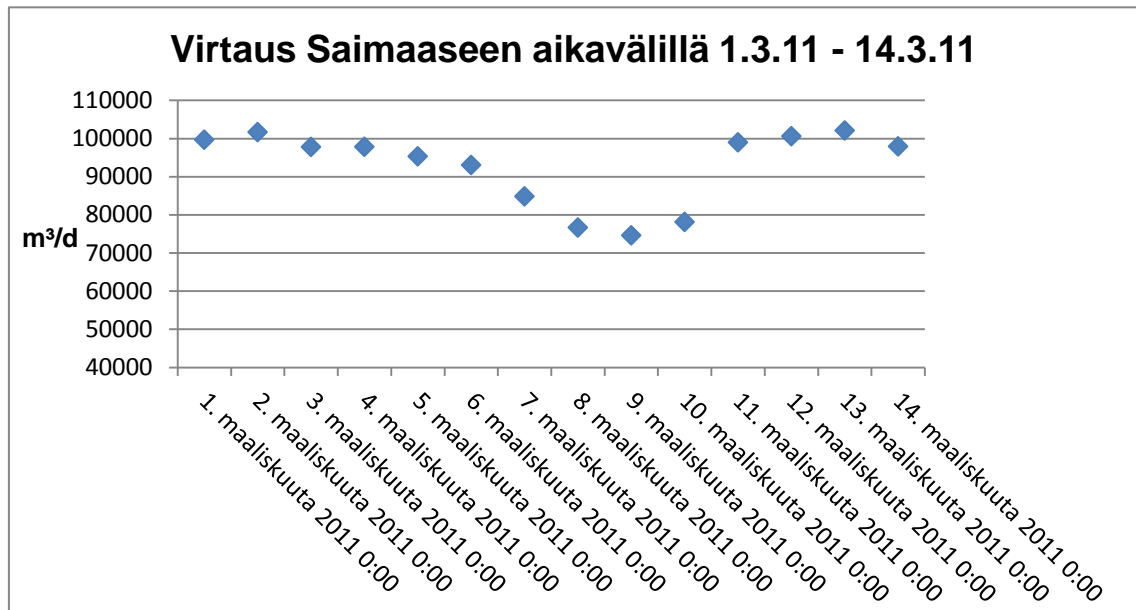
Typpitulosten analysoinnissa keskityttiin Saimaaseen poistuvan veden typpipitoisuuksien tarkasteluun. Saaduista tuloksista piirrettiin kuva 9.1.1. Kuvaan 9.1.2 on havainnollistettu urean syöttö ja kuvaan 9.1.3 poistuvan jäteveden virtaus.



Kuvio 9.1.1 Poistuvan veden typpipitoisuudet typpiseurannan aikana.



Kuvio 9.1.2 Urean syöttö typpiseurannan aikana.

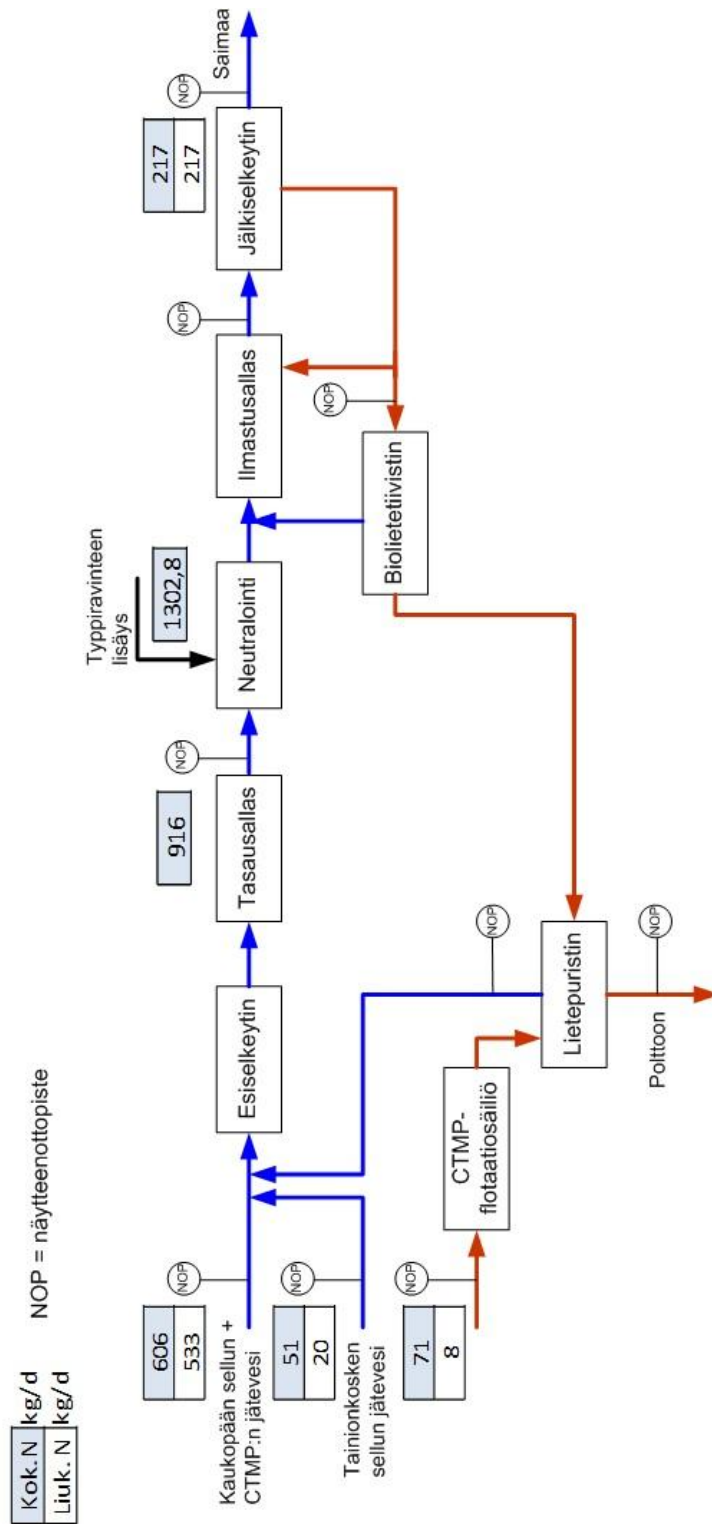


Kuvio 9.1.3 Typpiseurannan aikana Saimaaseen poistuva vesi.

Kuvasta 9.1.1 huomataan, että typpipitoisuudet ovat hyviä 9.3. asti, jonka jälkeen ne nousevat korkeiksi. Tämä johtuu 7.3. Kaukopään sellutehtaan kuitulinja 3:lla alkaneesta seisokista, joka kesti 11.3. asti. COD –kuorma saapui puhdistamolle vasta 12.3. Tämän takia biologiselle jätevedenpuhdistamolle tuleva jätevesikuorma pieneni. Samanaikaisesti urean syöttöä hieman lisättiin, mikä johti korkeisiin typpipitoisuuksiin poistuvassa jätevedessä.

9.2 Typpitase

Typpitase määritettiin ajalta 1.3.2011 – 5.3.2011. Analysoidut tulokset laskettiin jäteveden virtauksen mukaan yksikköön kg/d. Näistä tuloksista määritettiin typpitasekaavio (kuva 9.2.1).



Kuvio 9.2.1. Biologisen jätevedenpuhdistamon typpitasekaavio.

Typpitasetta ei pystytty määrittämään, koska näytteiden oton suunnittelussa tapahtui virhe. Kuvan 9.2.1 luvut pitävät kuitenkin paikkansa.

9.3 Lisänäytteet 7.12.2011

Typпитaseen määrittämiseksi otettiin vielä lisänäytteitä 7.12.2011. Kyseessä oli supistettu typпитase, jossa keskityttiin ilmastusaltaan ympärille, mikä helpottaa typen kierron määrittämistä. Näytteet otettiin seuraavista paikoista:

- tasausaltaan jälkeen, ennen neutralointia
- neutraloinnin jälkeen, ennen ilmastusta
- ilmastusallas, 2. näytteenottopiste
- jälkiselkeytyksen jälkeen, biopoistuva
- biolietetiivistimelle tuleva
- biolietetiivistimen kirkaste, ilmastukseen menevä
- ylijäämäliete, lietepuristimelle menevä

Näytteistä analysoitiin kokonais- ja liukoinen typpi. Analysointi suoritettiin Stora Enson tutkimuskeskuksella Tainionkoskella. Tulokset ovat taulukossa 9.3.1.

	Kok. N mg/l	Liuk. N mg/l	Virtaus l/s	Kok. N kg/d	Liuk. N kg/d
tasausaltaan jälkeen, ennen neutralointia	8,1	7,9	1101	770,5	751,5
neutraloinnin jälk., ennen ilmastusta	20	17	1103	1906,0	1620,1
ilmastusallas, 2. näytteenottopiste	170	3,1	2498	36690,6	669,1
jälkiselk.jälkeen, biopoistuva	3,1	3,1	1759	471,1	471,1
biolietetiivistimelle tuleva	280	13	1262	30530,3	1417,5
biolietetiivistimen kirkaste, ilmastukseen menevä	6,8	3,8	1338	786,1	439,3
ylijäämäliete lietepuristimelle	1300	64	13,3	1493,9	73,5

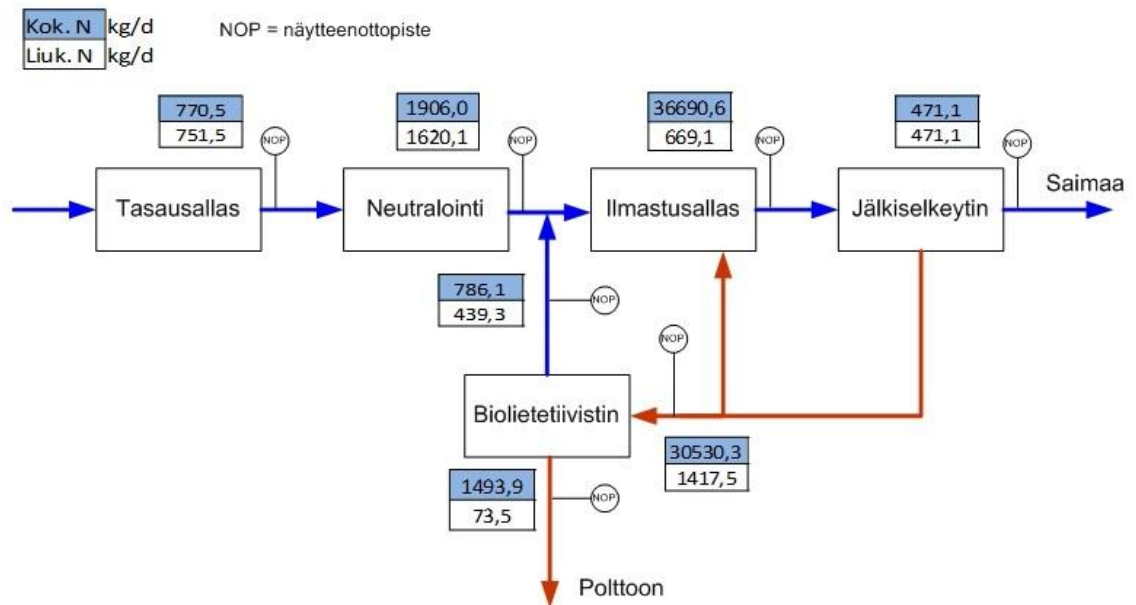
Taulukko 9.3.1. Tulokset 7.12.2011 otetuista näytteistä.

Typpititoisuudet kg/d kohden laskettiin seuraavasti:

Tasausaltaan jälkeen, ennen neutralointia, $C_{\text{Kok. N}}$:

$$C_{\text{Kok. N}} = \frac{1101 \frac{\text{l}}{\text{s}} * (60 * 60 * 24) \text{s}}{1000} * \frac{8,1 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{1000} = 770,5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \quad (9.3.1)$$

Typitaseen havainnoimiseksi määritettiin typitasekaavio (kuva 9.3.1). Kaaviosta voidaan havaita prosessin kulku, näytteenottopisteet sekä saadut kokonais- ja liukoisen typen arvot kg/d kohden.



Kuvio 9.3.1. Biologisen jätevedenpuhdistamon supistettu typitasekaavio.

Typitasekaaviosta havaitaan, että neutraloinnin jälkeen otetun näytteen kokonaistyyppi vastaa poistuvan kokonaistypen määrää. Poistuva kokonaistyyppi määräytyy jälkiselkeyttimiltä Saimaaseen menevän ja biolietetiivistimeltä polttoon menevien kokonaistyyppitulosten summasta.

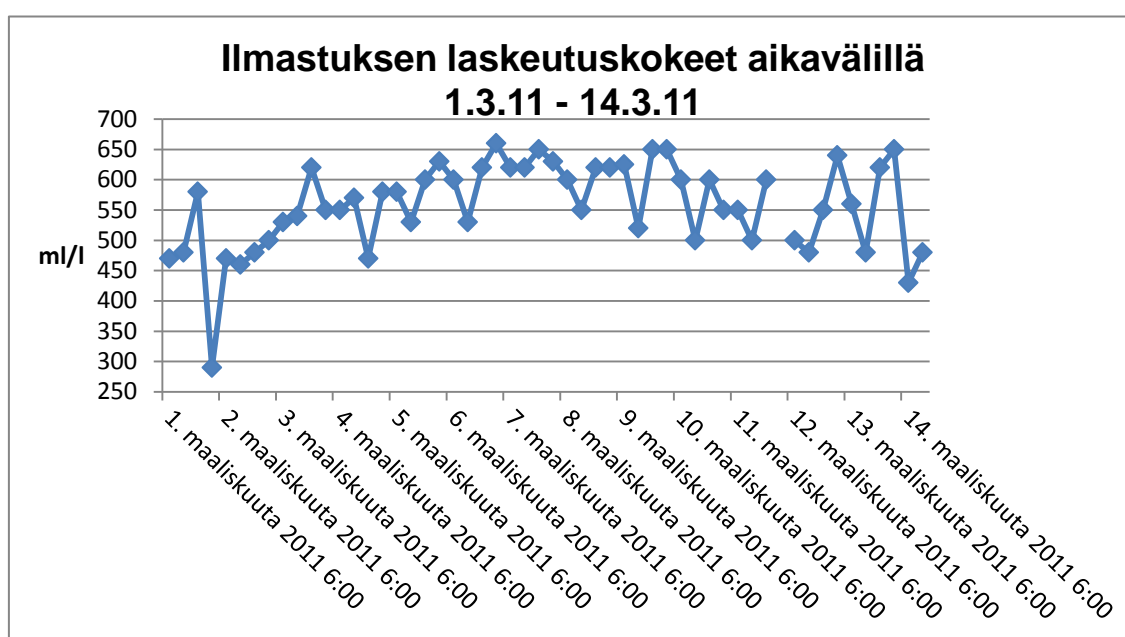
$$\text{Kokonaistyyppi neutraloinnin jälkeen} = 1906,0 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \quad (9.3.2)$$

$$\text{Poistuva kokonaistyyppi} = 471,1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 1493,9 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 1965 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \quad (9.3.3)$$

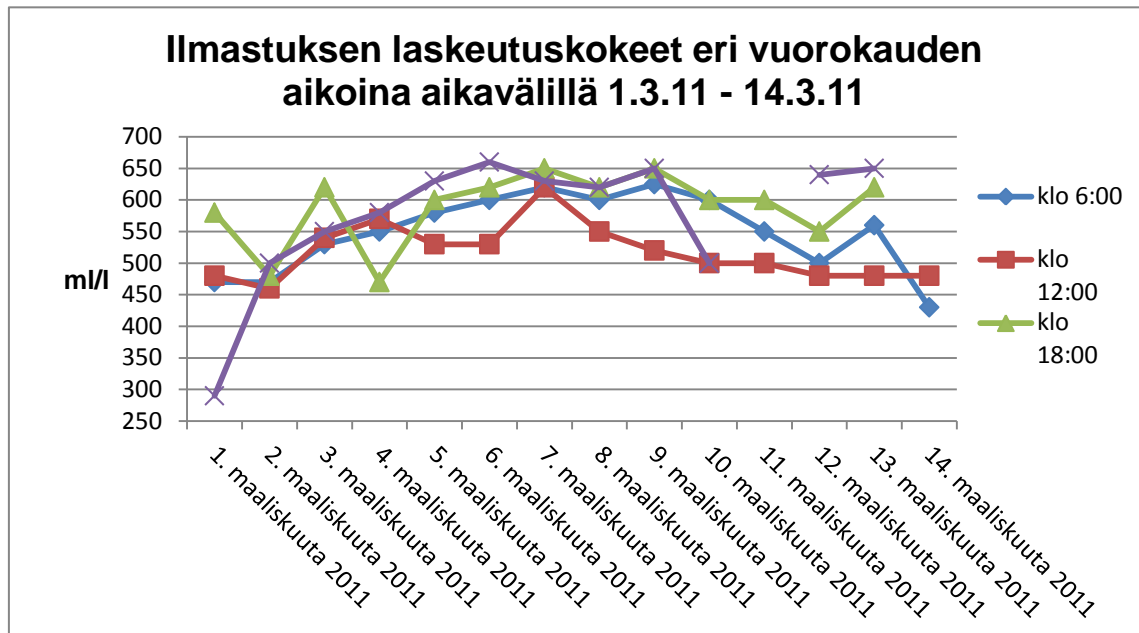
Lietteen takaisinkierto jälkiselkeyttimiltä ilmastukseen on normaalisti 110 – 130 %, mikä selittää korkeat typipitoisuudet ilmastusaltaassa ja palautuslietteessä.

9.4 Ilmastusaltaan laskeutuskokeet ja mikrobien seuranta

Jokaisesta ilmastusaltaasta otetustanäytteestä suoritettiin 30 minuutin laskeutuskoe yhden litran kartio –astiassa. Jokaisesta näytteestä myös tutkittiin mikroskoopilla mikrobien tila, joka arvioitiin silmämääräisesti. Arvioitavina määreinä olivat flokki, rihmat ja eliöt. Arviontikriteerit ovat samat päivittäin tehtävän mikroskooppianalyysin kanssa. Ilmastusaltaan näytteiden laskeutuskokeiden tulokset ovat kuvioissa 9.4.1 ja 9.4.2. Mikroskooppianalyysin tulokset ovat taulukossa 9.4.1.



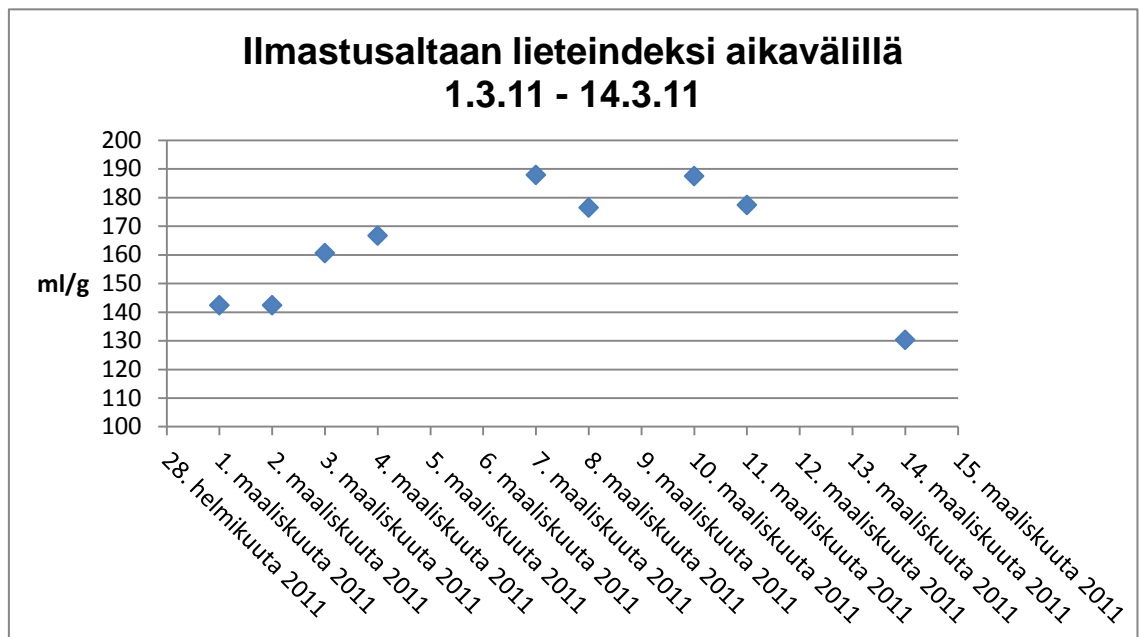
Kuvio 9.4.1. Ilmastuksen laskeutuskokeiden tulokset.



Kuva 9.4.2. Ilmastuksen laskeutuskokeiden tulokset eri vuorokaudenaikoina.

Laskeutuskokeista voidaan havaita suuri hajonta eri vuorokauden aikoina sekä suhteellisen huono lietteen laskeutuminen. Tämä selittyy osin tarkasteltaessa ilmastusaltaan lieteindeksiä kuvasta 9.4.3. Lieteindeksin tulisi olla noin 120 ml/g, jotta lietteen laskeutuminen olisi toivottavalla tasolla. Kyseisellä aikavälillä lieteindeksi on kuitenkin huomattavasti korkeampi.

Klo 6.00 ja klo 12.00 laskeutuskokeet tehtiin välittömästi näytteidenoton jälkeen, mutta klo 18.00 ja klo 0.00 näytteet seuraavana aamuna noin klo 6.00, mihin asti niitä säilytettiin kylmässä. Se voi myös selittää näytteiden huonoa laskeutumista sekä isoa hajontaa eri vuorokaudenaikoina otettujen näytteiden välillä.



Kuva 9.4.3. Ilmastusaltaan lieteindeksi.

Pvm	Flokki	Rihma	Eliöt	Pvm	Flokki	Rihma	Eliöt
1. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2	8. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	3
1. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	2,5	8. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2,5	3
1. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	2	8. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3
2. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	2	9. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	3
2. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2	9. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	3
2. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3	9. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3,5
2. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	2	9. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	2
3. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	2	10. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	3
3. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2	10. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	3
3. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	2,5	10. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3
3. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	2,5	10. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3
4. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	2	11. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	3
4. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2	11. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2
4. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3	11. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3
4. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3	11. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3
5. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	2,5	12. maaliskuuta 2011 0:00			
5. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	3	12. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2
5. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3	12. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3
5. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	1	2,5	12. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3
6. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	2	13. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	3
6. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	3	3	13. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	3
6. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	1	3,5	13. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3
6. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3	13. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	2	3
7. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	3	14. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	2	3
7. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	3	2,5	14. maaliskuuta 2011 6:00	2/1	2	2
7. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3	14. maaliskuuta 2011 12:00	2/1	2	3
7. maaliskuuta 2011 18:00	2/1	3	3				
8. maaliskuuta 2011 0:00	2/1	3	3				

Taulukko 9.4.1. Mikroskooppianalyysin tulokset.

Flokki

- 1 pientä < 150 µm
- 2 keskikokoista 150 - 500 µm
- 3 suurta > 500 µm
- /
- 1 kiinteää, pyöreähköä
- 2 hajanaista, epäsäännöllistä

Rihma

- 0 ei lainkaan
- 1 vähän
- 2 kohtalaisesti
- 3 paljon
- 4 erittäin paljon

Eliöt

- 1 satunnaisesti 0 - 5 / preparaatti
- 2 vähän 5 - 10 / preparaatti
- 3 kohtalaisesti > 10 / preparaatti
- 4 runsaasti, joka näkökentässä

Mikroskooppianalyysin tuloksissa ei havaittu suuria poikkeamia kyseisellä aikavälillä. Flokki oli kaikissa näytteissä keskikokoista ja kiinteää. Näytteet eivät sisältäneet suuria rihmastoja, ja niiden eliökanta oli monipuolista.

10 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin typpiravinneannostelun vähentämismahdollisuuksia. Tulokset löytyvät luvusta 9 tulokset ja tulosten tarkastelu. Alunperin tarkoitus oli keskittyä seuraamaan typen käyttäytymistä biologisessa jätevedenpuhdistuksessa ja erityisesti ilmastusaltaassa. Ilmastusaltaan näytteiden pilaantuminen pakastuksen aikana, mikä tuli tutkijoillekin yllätyksenä, muutti kuitenkin työn luonnetta rajusti. Työssä keskityttiin enemmän typpitaseen määrittämiseen.

Työn suunnitteluun olisi pitänyt keskittyä enemmän. Suunnitelmassa ei otettu huomioon, että biolietetiivistimeltä lähtee lietettä voimalaitokselle myös suoraan ilman puristamista. Lisäksi kemialliselta jätevedenpuhdistamolalta tulee lietettä lietepuristimille, jonka suodos johdetaan biologiseen puhdistukseen. Sieltä tulevaa typen määrää ei myöskään ollut huomioitu. Näin ollen typpitaseen määrittäminen ajalta 1.3. – 5.3.2011 epäonnistui.

Opinnäytetyön suorittaminen olisi ollut helpompaa, jos oltaisiin keskitytty enemmän ilmastuksen ympärille ja suoritettu typpiseuranta samalla mittakaavalla kuin 7.12.2011 otetut lisänäytteet. Toisaalta typpiravinneannostelun ja sen seurannan kannalta on tärkeää tietää kaikki typpilähteet. Lisäksi typpiseurannan olisi pitänyt kestää kauemmin, koska biologisella jätevedenpuhdistamolla tapahtuvat muutokset, esimerkiksi urean syötön suhteen vievät aikaa. Typpiseurannan aikana ollut seisokki Kaukopään kuitulinja 3:lla aiheutti myös epätavalliset olosuhteet jätevedenpuhdistamolla. Työn suorittamisen kannalta tasainen COD –kuormitus koko ajanjakson ajan olisi luonut paremmat edellytykset typpiseurannan onnistumiselle.

Typpiseurannan aikana 1.3 – 14.3.2011 Saimaaseen virtaavan jäteveden typpipitoisuudet olivat ensimmäisen viikon aikana sallituissa lukemissa, joten typen annostelu on ollut onnistunutta. Kuitulinja 3:n seisokista toisella viikolla johtunutta typpipäästöjen äkillistä nousua oli lähes mahdoton välttää, koska jätevedenpuhdistamon olosuhteet muuttuivat niin nopeasti.

Yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista oli arvioida tarve hankkia ilmastusaltaaseen typpipitoisuuden reaaliajassa ilmoittava online –mittari. Se olisi urean annostelun ja päästöjen hallinnan kannalta suuri apu. Nykyisellä menetelmällä kahdesti viikossa suoritettava analyysi on hidas ja työläs suorittaa. Tämän vuoksi hätätilanteessa ei ole aikaa reagoida, vaan vahinko on yleensä jo tapahtunut. Noin 15 minuutissa suoritettavaa pikatyppianalyysiakaan ei voida ilmastusaltaasta tehdä, johtuen lietteen korkeasta kiintoainepitoisuudesta. Toisaalta nykyisin suoritettava taselaskenta on toiminut melko moitteettomasti.

Kuvat

Kuva 2.5.1 Imatran tehtaiden jätevedenpuhdistamo, s. 11

Kuviot

Kuvio 9.1.1 Poistuvan veden typpipitoisuudet typpiseurannan aikana, s. 22

Kuvio 9.1.2 Urean syöttö typpiseurannan aikana, s. 22

Kuvio 9.1.3 Typpiseurannan aikana Saimaaseen poistuva vesi, s. 23

Kuvio 9.2.1 Biologisen jätevedenpuhdistamon typpitasekaavio, s. 24

Kuvio 9.3.1 Biologisen jätevedenpuhdistamon supistettu typpitasekaavio, s. 26

Kuvio 9.4.1 Ilmastuksen laskeutuskokeiden tulokset, s. 27

Kuvio 9.4.2 Ilmastuksen laskeutuskokeiden tulokset eri vuorokauden aikoina, s. 28

Kuvio 9.4.3 Ilmastusaltaan lieteindeksi, s. 29

Taulukot

Taulukko 9.3.1 Tulokset 7.12.2011 otetuista näytteistä, s. 25

Taulukko 9.4.1 Mikroskooppianalyysin tulokset, s. 30

Lähteet

Hynninen, P. 1998. Environmental control. Papermaking science and technology. Jyväskylä: Fapet Oy.

Hynninen, P. 1992. Sellu- ja paperiteollisuuden typpipäästöt ja niiden vähentämismahdollisuudet. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

Konola, K. 2001. Aktiivilietelaitoksen toimintaan vaikuttavat tekijät. Diplomityö. Oulun yliopisto.

Lammi, R & Pakarinen, K. 1992. Typpiravinnelisäyksen vaikutus sellutehtaan aktiivilietelaitoksen toimintaan. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

Puustinen, J. 1992. Ravinteiden käytön optimointi metsäteollisuuden aktiivilietelaitoksissa. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

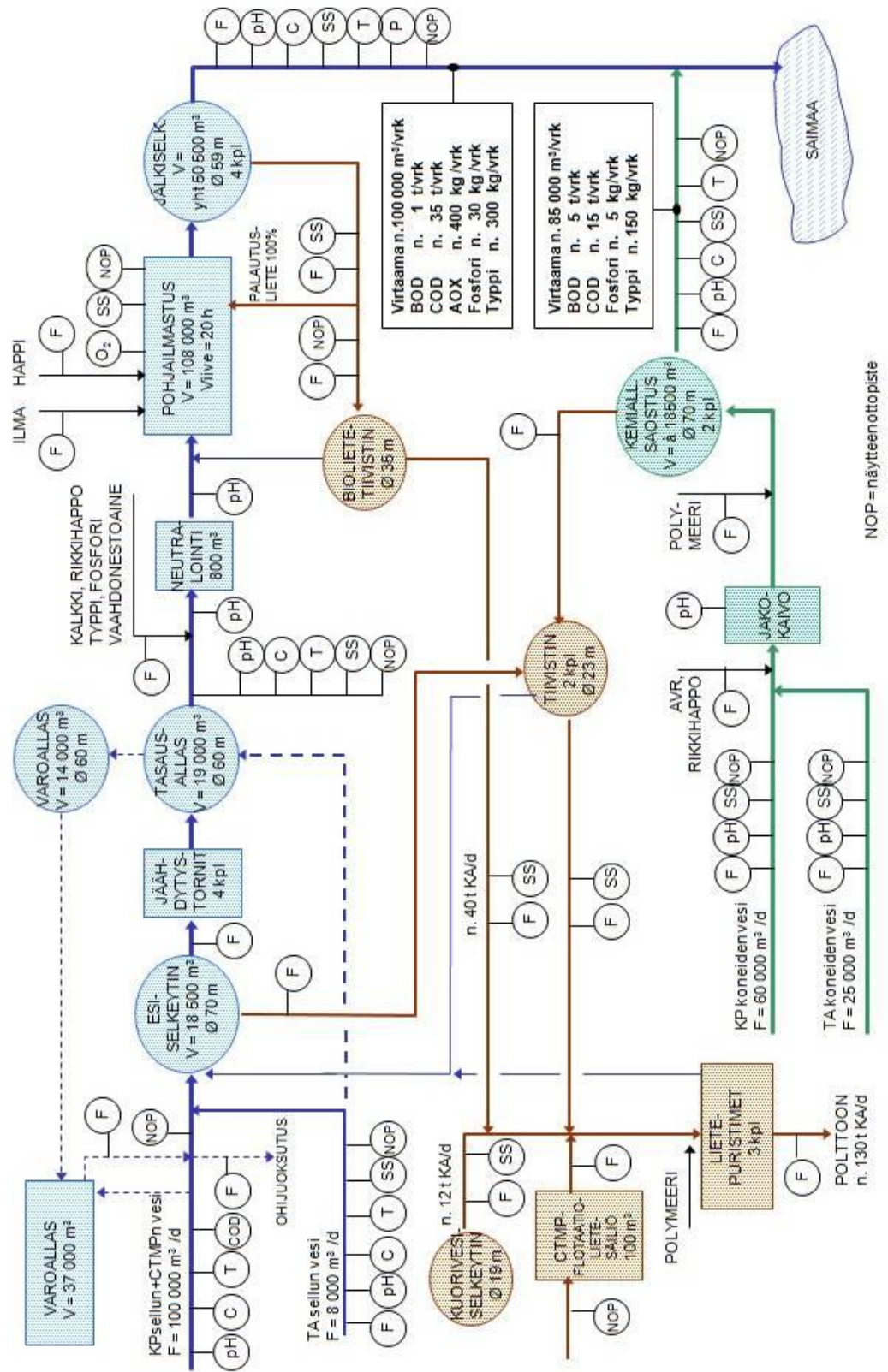
Salonen, S., Frisk, T., Kärmeniemi, T., Niemi, J., Pikänen, H., Silvo, K & Vuoristo, H. 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

Stora Enso Oyj 2011. Sisäinen tietojärjestelmä ja intranet.

Turunen, J. 2003. Typensidonta ilmasta sellu- ja paperitehtaiden aktiivilietelaitoksissa. Lisensiaatintutkimus. Teknillinen korkeakoulu.

Virolainen, K. 2000. Aktiivilieteprosessi. Pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto.

JÄTEVEDENPUHDISTAMO



Tasausaltaasta otettujen näytteiden tulokset.

Päivämäärä	Kok. N mg/l	Päivämäärä	Kok. N mg/l
1.3.2011 klo 6	8,2	8.3.2011 klo 6	
1.3.2011 klo 12	7,5	8.3.2011 klo 12	
1.3.2011 klo 18		8.3.2011 klo 18	11,0
1.3.2011 klo 24	7,8	8.3.2011 klo 24	
2.3.2011 klo 6	8,1	9.3.2011 klo 6	
2.3.2011 klo 12	8,0	9.3.2011 klo 12	9,8
2.3.2011 klo 18	9,1	9.3.2011 klo 18	10,0
2.3.2011 klo 24		9.3.2011 klo 24	
3.3.2011 klo 6		10.3.2011 klo 6	
3.3.2011 klo 12	8,6	10.3.2011 klo 12	
3.3.2011 klo 18	10	10.3.2011 klo 18	9,5
3.3.2011 klo 24	12	10.3.2011 klo 24	
4.3.2011 klo 6	13	11.3.2011 klo 6	
4.3.2011 klo 12	8,8	11.3.2011 klo 12	
4.3.2011 klo 18	8,7	11.3.2011 klo 18	9,8
4.3.2011 klo 24		11.3.2011 klo 24	
5.3.2011 klo 6	8,4	12.3.2011 klo 6	13
5.3.2011 klo 12	8,2	12.3.2011 klo 12	8,7
5.3.2011 klo 18	14	12.3.2011 klo 18	9,3
5.3.2011 klo 24	8,1	12.3.2011 klo 24	
6.3.2011 klo 6	16	13.3.2011 klo 6	
6.3.2011 klo 12	8,8	13.3.2011 klo 12	
6.3.2011 klo 18	8,7	13.3.2011 klo 18	7,7
6.3.2011 klo 24	8,4	13.3.2011 klo 24	
7.3.2011 klo 6		14.3.2011 klo 6	
7.3.2011 klo 12	7,9	14.3.2011 klo 12	
7.3.2011 klo 18	8,9	14.3.2011 klo 18	näyte hukassa
7.3.2011 klo 24	9,0	14.3.2011 klo 24	

Ilmastusaltaasta otettujen näytteiden tulokset.

Päivämäärä	Kok. N mg/l	Päivämäärä	Kok. N mg/l
1.3. klo 6		8.3. klo 6	
1.3. klo 12	160	8.3. klo 12	
1.3. klo 18	210	8.3. klo 18	
1.3. klo 24		8.3. klo 24	
2.3. klo 6		9.3. klo 6	
2.3. klo 12		9.3. klo 12	
2.3. klo 18	150	9.3. klo 18	
2.3. klo 24		9.3. klo 24	
3.3. klo 6		10.3. klo 6	
3.3. klo 12		10.3. klo 12	81
3.3. klo 18		10.3. klo 18	100
3.3. klo 24	230	10.3. klo 24	140
4.3. klo 6		11.3. klo 6	
4.3. klo 12		11.3. klo 12	
4.3. klo 18		11.3. klo 18	
4.3. klo 24	120	11.3. klo 24	
5.3. klo 6	190	12.3. klo 6	
5.3. klo 12		12.3. klo 12	
5.3. klo 18	220	12.3. klo 18	
5.3. klo 24		12.3. klo 24	
6.3. klo 6		13.3. klo 6	
6.3. klo 12		13.3. klo 12	
6.3. klo 18		13.3. klo 18	
6.3. klo 24	190	13.3. klo 24	
7.3. klo 6		14.3. klo 6	
7.3. klo 12	180	14.3. klo 12	
7.3. klo 18	190	14.3. klo 18	
7.3. klo 24		14.3. klo 24	

Palautuslietteestä otettujen näytteiden tulokset.

Päivämäärä	Kok. N mg/l	Liuk. N mg/l	Päivämäärä	Kok. N mg/l	Liuk. N mg/l
1.3. klo 6			8.3. klo 6	950	180
1.3. klo 12			8.3. klo 12		
1.3. klo 18			8.3. klo 18		
1.3. klo 24	300	24	8.3. klo 24		
2.3. klo 6			9.3. klo 6		
2.3. klo 12			9.3. klo 12		
2.3. klo 18	510	54	9.3. klo 18		
2.3. klo 24			9.3. klo 24		
3.3. klo 6			10.3. klo 6		
3.3. klo 12			10.3. klo 12		
3.3. klo 18	930	170	10.3. klo 18		
3.3. klo 24			10.3. klo 24		
4.3. klo 6	510	170	11.3. klo 6		
4.3. klo 12			11.3. klo 12		
4.3. klo 18			11.3. klo 18		
4.3. klo 24	340	33	11.3. klo 24		
5.3. klo 6	680	170	12.3. klo 6		
5.3. klo 12	1100	110	12.3. klo 12		
5.3. klo 18			12.3. klo 18		
5.3. klo 24	380	39	12.3. klo 24		
6.3. klo 6			13.3. klo 6		
6.3. klo 12	1600	160	13.3. klo 12		
6.3. klo 18	450	42	13.3. klo 18		
6.3. klo 24	260	41	13.3. klo 24		
7.3. klo 6			14.3. klo 6		
7.3. klo 12			14.3. klo 12		
7.3. klo 18	330	28	14.3. klo 18		
7.3. klo 24			14.3. klo 24		

Jälkiselkeyttimien jälkeen otettujen näytteiden tulokset.

Päivämäärä	Kok. N mg/l	Liuk. N mg/l	Päivämäärä	Kok. N mg/l	Liuk. N mg/l
1.3. klo 6	2,0	1,8	8.3. klo 6	2,5	2,1
1.3. klo 12	näyte hukassa		8.3. klo 12	2,3	2,1
1.3. klo 18	1,8	1,8	8.3. klo 18	3,0	2,4
1.3. klo 24	2,9	2,3	8.3. klo 24		
2.3. klo 6	2,2	2,2	9.3. klo 6		
2.3. klo 12	2,4	2,1	9.3. klo 12		
2.3. klo 18	2,1	2,0	9.3. klo 18	6,9	6,7
2.3. klo 24	2,1	1,8	9.3. klo 24		
3.3. klo 6	2,2	2,0	10.3. klo 6		
3.3. klo 12	2,2	2,0	10.3. klo 12		
3.3. klo 18	2,2	2,0	10.3. klo 18	10,0	9,9
3.3. klo 24	2,5	2,4	10.3. klo 24		
4.3. klo 6	2,4	2,4	11.3. klo 6		
4.3. klo 12	2,2	2,2	11.3. klo 12		
4.3. klo 18	2,1	1,9	11.3. klo 18	11,0	10,0
4.3. klo 24	2,2	2,1	11.3. klo 24		
5.3. klo 6	2,1	2,1	12.3. klo 6		
5.3. klo 12	2,4	2,4	12.3. klo 12		
5.3. klo 18	2,3	1,5	12.3. klo 18	4,9	2,6
5.3. klo 24	tulos hukassa		12.3. klo 24		
6.3. klo 6	2,5	2,0	13.3. klo 6		
6.3. klo 12	2,1	2,0	13.3. klo 12		
6.3. klo 18	2,8	2,3	13.3. klo 18	4,2	2,8
6.3. klo 24	2,4	2,0	13.3. klo 24		
7.3. klo 6	näyte hukassa		14.3. klo 6		
7.3. klo 12	2,2	1,9	14.3. klo 12		
7.3. klo 18	2,3	2,1	14.3. klo 18	näyte hukassa	
7.3. klo 24	2,6	2,1	14.3. klo 24		

Taulukko 1. Kaukopään sellun ja CTMP -laitoksen jäteveden näytteet.

Päivämäärä	Kok. N (mg/l)	Liuk. N (mg/l)
1.3.	4,1	4,1
2.3.	7,5	3,7
3.3.	7,6	7,7
4.3.	6,9	6,9
5.3.	7,2	6,9

Taulukko 2. Tainionkosken sellun jäteveden näytteet.

Päivämäärä	Kok. N (mg/l)	Liuk. N (mg/l)
28.2.	2,3	1,8
1.3.	3,2	2,5
2.3.	4,5	3,7
3.3.	8,6	2,4
4.-6.3.	15	2,8

Taulukko 3. CTMP -flotaatilietesäiliön näytteet.

Päivämäärä	Kok. N (mg/l)	Liuk. N (mg/l)
1.3.	200	33
2.3.	160	6,2
3.3.	120	6,7
4.3.	120	19
5.3.	130	18

Taulukko 4. Polttolietesuodoksen näytteet.

Päivämäärä	Kok. N (mg/l)	Liuk. N (mg/l)
1.3.	45	21
2.3.	77	24
3.3.	94	24
4.3.	70	24
5.3.	65	23

Taulukko 5. Polttolietteen näytteet. (tulokset laskettu kuivapainoa kohden).

Päivämäärä	Kok. N (mg/kg)
1.3.	4900
2.3.	12000
3.3.	8400
4.3.	7200
5.3.	6400