

PUHDISTUSTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN ERÄÄLLÄ METSÄTEOLLISUUDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikka
Ympäristöbiotekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2008
Lehikoinen Laura

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniologia
Tekniikan laitos

LEHIKOINEN, LAURA:

Puhdistustehokkuuden parantaminen
eräällä metsäteollisuuden
jätevedenpuhdistamolla

Ympäristötekniologian opinnäytetyö, 25 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2008

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tutkimukset suoritettiin eräällä metsäteollisuuden tuotantolaitoksella Suomessa. Kemiallista hapenkulutusta (Chemical Oxygen Demand, COD) käytetään mittarina jäteveden sisältämille orgaanisille, kemiallisesti hapettuville yhdisteille. Tehtaan aktiivilietelaitoksen COD-reduktio on vaihdellut kuukausittain 68–70 % välillä vuosien 2003–2007 aikana. Puhdistamon puhdistustehon pitäisi riittää jatkuvaan 80 prosentin COD-redukioon. Opinnäytetyössä etsittiin puhdistamolle ajomalleja, joilla voidaan päästä parhaaseen puhdistustehokkuuteen jatkuvasti.

Tutkimuksessa tehtaan puhdistamolle tehtiin koeajo, jossa seurattiin COD-reduktion muutoksia muuttamalla puhdistamon ajoparametreja. Koeajossa kasvatettiin aktiivilietteen lietesakeutta, ilmastuksen ilmamäärää sekä fosforiannostusta. Työssä määritettiin puhdistamolle tulevan jäteveden ravinnesuhteita sekä jäteveden biohajoavuusaste. Prosessivalvontajärjestelmästä vuodesta 2006 lähtien kerätyistä tiedoista tehtiin SIMCA-monimuuttuja-analyysi, jonka avulla etsittiin syitä alhaisiin COD-reduktioihin. Koeajon tuloksia verrattiin kirjallisuuteen ja yleisesti todeksi tunnettuihin arvoihin sekä tietoihin puhdistamon toiminnasta.

Tulokset osoittivat puhdistamolle tulevan veden olevan ravinneköyhää myös lisä-ravinneannostelun jälkeen. Jätevesi on biohajoavuusasteeltaan vain kohtalaisen biohajoavaa, mitä voitaisiin kasvattaa riittävällä lisä-ravinneannostelulla. Syy alhaiseen COD-redukioon voisi olla mikrobien ravinnepuute, mikä vaikuttaa suoraan puhdistamon puhdistustehoon. Oikean ravinnetasapainon löytämiseksi tarvitaan lisää tutkimuksia, joissa voitaisiin ottaa huomioon myös jäteveden ravinneannostelun vaikutus biohajoavuuteen sekä biohajoavuuden merkitys COD-reduktion parantamisessa.

Avainsanat: aktiivilietelaitos, jätevesi, COD-reduktio, puhdistusteho, biohajoavuus

Lahti University of Applied Sciences
Environmental Engineering
Faculty of Technology

LEHIKOINEN, LAURA:

Improving the Purification Efficiency of a
Wastewater Treatment Plant Operated by
the Finnish Wood-Processing Industry

Bachelor's Thesis of Environmental Engineering, 25 pages, 1 appendix

Spring 2008

ABSTRACT

The aim of this study was to increase the purification efficiency of an activated sludge plant (located in Finland and operated by the local wood-processing industry) by improving the achieved COD-reduction levels. COD stands for *Chemical Oxygen Demand* and is often used as an indicator of the amount of organic pollutants found in (and thus also the quality of) surface water. The COD-reduction levels at the plant have been varying monthly between 68 and 80 % over the course of four years. However, the nominal capacity of the plant should support a consistent COD-removal level of 80 %. This study was performed to ascertain the reason for the reduced COD-reduction capacity of the plant and also to devise measures that would allow it to operate at full efficiency.

The study was carried out in two parts: the practical phase and the analytic phase. In the first phase changes were made to the activated sludge plant's configuration to increase the sludge volume index, aeration rate and the amount of phosphorus added during the water purification process. A nutrient analysis was also carried out to determine the nutrient balance and biodegradation rate of the wastewater. In the analytic phase the results of the previous phase were analyzed and compared to other studies and literature on the subject. The available process data from 2006 until the end of this study was used to carry out a Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) – analysis. This was used as a basis when the reasons for the comparatively low COD-reduction levels observed at the plant were being considered.

The study results indicate that the nutrient values of the wastewater in the activated sludge plant are below those needed by the microorganisms present. This appears to be the main reason for the low COD-reduction levels as well as the low amount of biodegradability detected in the analyzed wastewater. To increase the purification efficiency of the activated sludge plant, further studies should be carried out to determine the right amount of nutrients to be added during the wastewater treatment process. This also holds true for the possibility of increasing the COD-reduction levels by influencing the biodegradability scale.

Keywords: activated sludge plant, wastewater, COD-removal, purification efficiency, biodegradability scale

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	AKTIIVILIETELAITOS	2
	2.1 Aktiivilietelaitoksen toiminta	2
	2.2 Tehtaan puhdistamo	2
3	KOEAJO	5
	3.1 Koeajon tarkoitus	5
	3.2 Ilmastus	5
	3.3 Lietesakeus	6
	3.4 Ravinteet	6
4	TULOKSET JA TARKASTELU	7
	4.1 Koeajon vaikutus COD-reduktioon	7
	4.2. Ilmastusilma ja puhdistamolta poistuva kiintoaine	8
	4.3. Vaahdonestoaine ja ilmastusaltaan lämpötila	11
	4.4. Ravinteet	14
	4.5. Lietesakeus	18
	4.6. SIMCA-monimuuttuja-analyysi	20
5	YHTEENVETO KOEAJOSTA	21
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSHAASTEET	24
	LÄHTEET	25

LIITE 1: HAPEN LIUKOISUUS VETEEN (MG/L) ERI LÄMPÖTILOISSA

1 JOHDANTO

Tähän opinnäytetyöhön liittyvät tutkimukset suoritettiin eräällä metsäteollisuuden tuotantolaitoksella Suomessa. Tehdasalueella toimii kaksi erillistä tuotantoyksikköä, joilla on käytössään osittain yhteneviä tehdasprosesseja.

Tutkimuksen tehtaan aktiivilietelaitoksella käsitellään kaikki tehdasalueella tuotetut jätevedet. Puhdistamon ilmastusaltaalle käsiteltävää jätevettä virtaa normaaliajossa noin 52 000 m³/vrk. Kemiallista hapenkulutusta (Chemical Oxygen Demand, COD) käytetään mittarina jäteveden sisältämille orgaanisille, kemiallisesti hapettuville yhdisteille. Tehtaan puhdistamon jätevedet ovat laadultaan vähäravinteisia fosforin ja typen osalta, mutta sisältävät korkean COD-kuorman. Suurin osa jäteveden COD:stä on peräisin puun orgaanisista yhdisteistä, kuten ligniinistä, hiilihydraateista sekä uuteaineista. Vain pieni osa prosessikemikaaleista päätyy tehtaan vesikierroon jälkeen puhdistamolle.

Tehtaan jätevedenpuhdistamon COD-reduktio on vaihdellut kuukausittain 68–80 %:n välillä vuosien 2003–2007 aikana. Puhdistamoa on laajennettu tehtaan prosessilinjan uudelleenrakentamisen yhteydessä niin, että puhdistamon puhdistustehon tulisi jatkuvasti olla tasoa 80 %. Opinnäytetyössä etsittiin puhdistamolle ajomalleja, joilla voidaan päästä parhaaseen reduktioon jatkuvasti. Työssä määritettiin puhdistamolle tulevan jäteveden ravinnesuhteet sekä jäteveden biohajoavuusaste. Prosessivalvontajärjestelmästä vuodesta 2006 lähtien kerätyistä tiedoista tehtiin monimuuttuja-analyysi, jonka avulla etsittiin syitä alhaisiin COD-reduktioihin. Aktiivilietelaitoksella tehtiin koeajo, jonka tuloksia verrattiin kirjallisuuteen ja yleisesti todeksi tunnettuihin arvoihin sekä tietoihin puhdistamon toiminnasta seurantakemusten perusteella.

2 AKTIIVILIIETELAITOS

2.1 Aktiivilietelaitoksen toiminta

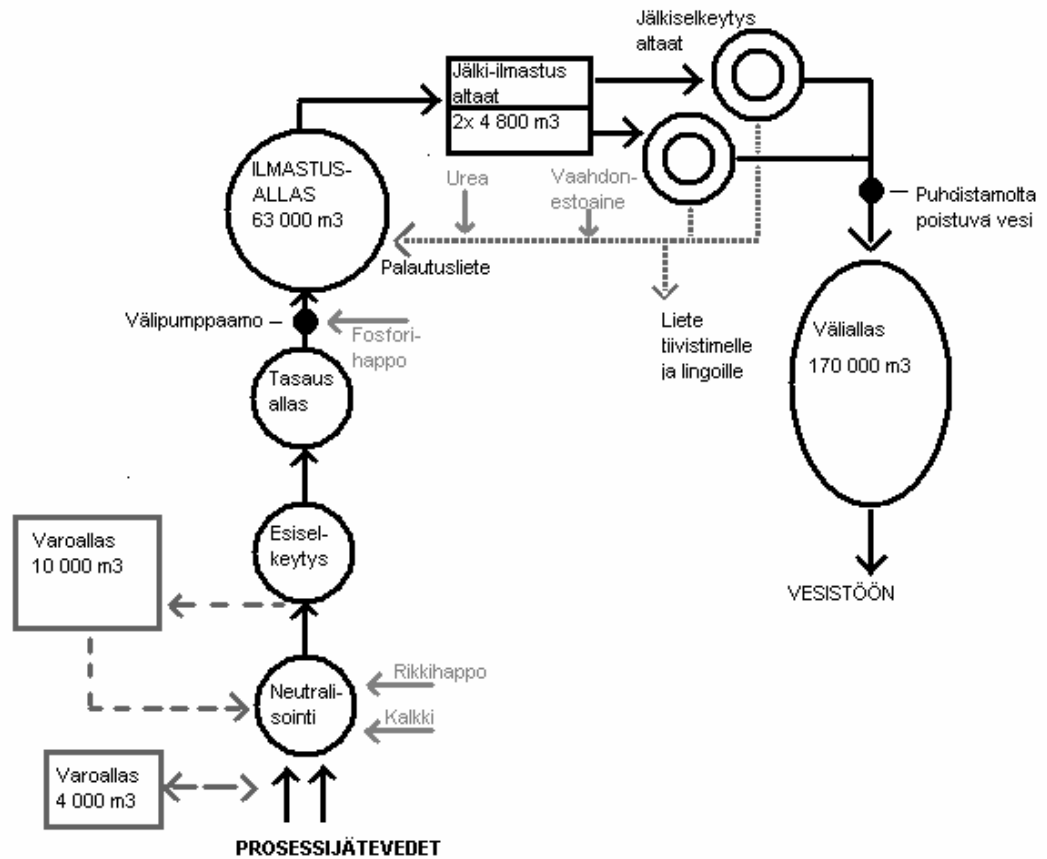
Aktiivilietelaitoksen veden puhdistuminen perustuu elävän biomassan, eli aktiivilietteen, toimintaan. Aktiiviliete on mikrobien sekapopulaatiosta ja muusta biomassasta koostuvaa lietettä, jossa mikrobit hyödyntävät jäteveden sisältämiä ravinteita aineenvaihdunnassaan. Jäteveden mikrobikanta vaihtelee puhdistamokohtaisesti riippuen tulevan jäteveden laadusta. Puhdistamon toimintaperiaatteena on, että aktiiviliete sekoitetaan tulevan jäteveden joukkoon ilmastusaltaassa, jolloin jäteveden sisältämät ravinteet siirtyvät mikrobisoluihin. Puhdistettu jätevesi erotetaan aktiivilietteestä jälkiselkeytyksessä, jossa pohjalle laskeutuneet mikrobisolut kaavi-taan takaisin biologiseen puhdistukseen. Selkeytynyt altaan pintavesi johdetaan eteenpäin vesistöön tai mahdollisiin lisäkäsittelyihin. (Puhakka 2002, 447–448, 454.)

Aktiivilietelaitoksen puhdistustehokkuus riippuu paljon aktiivisen biomassan määrästä sekä kasvuvaiheesta. Biomassaa pyritään pitämään kasvavassa vaiheessa tehokkaan ravinnekulutuksen mahdollistamiseksi, jolloin saavutetaan parhain puhdistustulos. Kasvuvaihetta ylläpidetään riittävällä ilmastuksella, ylijäämälietteen poistolla, jäteveden laadun tasauksella pH:n ja lämpötilan suhteen sekä lisäravinteilla. Lisäravinteiden annostelu on tarpeen etenkin metsäteollisuuden jätevesien puhdistuksessa, sillä jätevedet sisältävät biomassan kasvun vaatimiin tarpeisiin nähden riittämättömästi typpeä ja fosforia.

2.2 Tehtaan puhdistamo

Tehtaan aktiivilietelaitoksen ilmastusaltailla käsitellään kaikki tehtaan jätevedet lukuun ottamatta puhtaita vesiä, kuten lauhteita, jäähdytysvesiä tai sadevesiä, jotka johdetaan suoraan välialtaan kautta purkuvesistöön. (KUVIO 1) Jätevesien peruskuorma muodostuu tehtaan kemikaalikierron prosesseissa sekä huuhteluprosesseissa, jolloin tehtaan ajot vaikuttavat suoraan jätevesien määrään. Tehdasalueella toi-

miva toinen tuotantolaitos muodostaa pienen osan puhdistamolle virtaavasta kokonaisjätevesimäärästä.



KUVIO 1. Puhdistamon rakenne.

Prosessijätevedet tehtaalta yhdistyvät samaan kaivoon, jonka jälkeen ne menevät välppäyksen kautta neutralisointiin yhdessä toisen tuotantolaitoksen vesien kanssa. Neutralisointikemikaaleina käytetään rikkihappoa (H_2SO_4) veden pH:n laskemiseen sekä kalkkia (CaO) alkalointiin, joita annostellaan tarpeen mukaan niin, että pH saadaan pidettyä optimaalisena aktiivilietelaitoksen eliöille. Minimi- ja maksimiar-

vot ovat vaihdelleet pH 2,49 ja pH 12 välillä, jolloin kalkkia tai rikkihappoa on annosteltu, kunnes pH on saatu lähelle neutraalia.

Neutralisoinnista jätevedet menevät esiselkeytysaltaalle ja sieltä tasausaltaalle, jonne myös johdetaan suoraan tehtaan saniteettivedet. Tasausaltaan jälkeen jäteveteen annostellaan tarvittaessa 70-prosenttista fosforihappoa. Annostelu tapahtuu pumppun avulla 1 m³ kontista, minkä jälkeen jätevedet menevät edelleen 63 000 m³ täyssekoitteiselle ilmastusaltaalle. Jätevesien sisältämä lämpö on otettu talteen lämmönvaihtimilla, minkä takia erillistä jäähdytystornia ei ole käytössä. Varsinaiselta ilmastusaltaalta jätevedet kulkevat jälki-ilmastuksen kautta kahdelle jälkiselkeytysaltaalle. Jälkiselkeytysaltailta jätevesi ohjataan öljypuomein varustetulle 170 000 m³:n välialtaalle, josta tapahtuu purku vesistöön.

Tehtaalla on käytössään 10 000 m³ varoallas, jonne johdetaan laadultaan normaalkuormituksesta poikkeavat jätevedet. Varoaltaalle vedet on mahdollista pumpata esiselkeytysaltaalta ja palauttaa takaisin puhdistukseen ennen neutralisointia. Tehdasalueella toimivalla toisella tuotantolaitoksella on käytössään erillinen 4000 m³ varoallas, jonne vedet pumpataan suoraan tuotantolaitokselta. Purku varoaltaalta puhdistamolle tapahtuu neutralisoinnin kautta. Varoaltaiden käyttö suojaa puhdistamon biolietettä satunnaispäästöiltä sekä veden laadun äkillisiltä muutoksilta. Jätevedet pumpataan varoaltailta takaisin puhdistukseen pienellä virtauksella normaalilanteessa puhdistamolle menevän jäteveden sekaan.

Laskeutuva bioliete jälkiselkeytysaltailta kerätään lietesäiliöön ja edelleen liete-kaivoon. Suurin osa laskeutuneesta lietteestä palautuu ilmastusaltaalle palautuslietepumppaamon avulla yhdessä urealiuoksen kanssa. Lisäravinnetyyppinä käytettävä urea liuotetaan ureasuolasta, joka annostellaan annostimella siirtoruuville ja edelleen liuotusastiaan. Ylijäämäliete kulkee biolietetiivistimelle ja sieltä lingolle ja soodakattilapolttoon. Esiselkeytysaltaan pohjalta kuituliete pumpataan suoraan suotonauhapuristimelle. Tavoiteltava lieteikä on tehtaan puhdistamolla ollut 10–20 vrk, ja yleensä se on pysynyt noin 20 vuorokautena.

3 KOEAJO

3.1 Koeajon tarkoitus

Puhdistamolla suoritettiin koeajo, jossa seurattiin COD-reduktion muutoksia muuttamalla puhdistamon ajoparametreja. Koeajon tarkoituksena oli löytää jatkuvaan käyttöön soveltuvia ajomalleja, joilla saavutettaisiin parhaimmat tulokset COD-reduktiolle.

Koeajossa kasvatettiin ilmastuksen ilmamäärää, fosforiannostusta sekä lietesakeutta. Puhdistamon reduktion vaihteluja seurattiin koeajojakson aikana. Koeajo suoritettiin 25.5.–15.6.2007 välisenä aikana.

3.2 Ilmastus

Jäteveden ilmastuksen tarkoituksena on taata riittävä hapensaanti aktiivilietelaitoksen mikrobeille sekä sekoittaa jätevesi-aktiivilietemassaa. Tarvittava ilmastusteho riippuu aktiivilietteen tilasta ja sakeudesta sekä siitä, miten paljon jäteveden mukana tulee mikrobien ravinnoksi kelpaavaa ainesta. Ilmastuksen tehokkuus on puolestaan riippuvainen hapen liukoisuudesta aktiivilietteeseen, mihin vaikuttaa lämpötila sekä ilmastettavaan veteen liuenneiden aineiden määrä. Sekoituksella saadaan pienennettyä aineensiirtovastusta, jolloin ilmastusilma on parhaiten koko aktiivilietelaitteen eliöstön käytössä. Vaahdonestoaineen lisäys on apuna sekoituksesta aiheutuviin kuohumisilmiöihin, mutta liiallinen käyttö suurentaa myös ilmastuksen kuplakokoa tai poistaa kuplat kokonaan. Pienemmällä kuplakoolla on mahdollista saada suurempi ilman ja veden rajapinta ja näin ollen tehokkaampi hapensiirto. Pienemmät kuplat nousevat myös hitaammin pintaan, joten hapen liukenemiselle jää enemmän aikaa. (Laukkanen 2003, 109.) Koeajossa ilmastuksen määrälle asetettiin vähimmäisarvoksi $28\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$, joka vastasi ilmastusmäärän keskiarvoa vuoden 2006 alusta lähtien.

3.3 Lietesakeus

Koeajossa tutkittiin, voisiko lietesakeutta kasvattamalla päästä parempaan puhdistustulokseen. Lietesakeuden normaalitaso puhdistamolla on ollut välillä 3,7–4,3 g/l. Sakeuden nostamisella kokeiltiin, vaikuttaisiko populaation koon kasvattaminen tehokkaampaan jäteveden sisältämän ravinnon käyttöön. Lietesakeus nostettiin kokeen alussa lähelle 5 g/l ja alennettaisiin normaalitasolle uuden lietelingon vaihdon yhteydessä. Koeajossa puhdistamoa ajettiin osin yhdellä lingolla, sillä toinen linko oli poissa käytöstä huollon takia.

3.4 Ravinteet

Ilmastusaltaalle menevän veden ravinnesuhteiden selvittämiseksi tehtiin ravinnemääritykset fosforista ja typestä. Ravinnemääritykset tehtiin välipumppaamon keräilynäytteistä, joista mitattiin myös kemiallinen ja biokemiallinen hapenkulutus. Tarkoituksena oli selvittää ilmastukseen menevän jäteveden ravinnetasapainoa sekä ravinteiden riittävyyttä mikrobipopulaatiolle. BOD (Biochemical Oxygen Demand eli biokemiallinen hapenkulutus) tarkoittaa sitä hapen määrää, jonka mikrobit kulltavat hajottaessaan orgaanista ainesta hiilidioksidiksi ja vedeksi hapellisissa olosuhteissa. COD tarkoittaa happimäärää, joka tarvitaan orgaanisen aineen hapettamiseen jollakin kemiallisella hapettimella hiilidioksidiksi ja vedeksi. BOD-COD –suhteen selvittämällä haettiin arviota käsittelyyn tulevan jäteveden biohajoavuudelle.

Aerobinen prosessi tarvitsee hyvin toimiakseen typpeä ja fosforia ravinnon (BOD) määrään nähden suunnilleen seuraavassa suhteessa:

$$\text{BOD} : \text{N} : \text{P} \sim 100 : 3,5 \dots 5 : 0,7 \dots 1$$

BOD kuvastaa lähinnä mikrobiologisesti hajoavan ravinnon määrää. Suhdeluvut 100:5:1 sopivat korkeakuormitteiseen prosessiin jossa ravinnetarve on suuri ja biomassatuotanto suurta. (Laukkanen 2003, 35 ja 102.) Puhdistamolle syötettävän

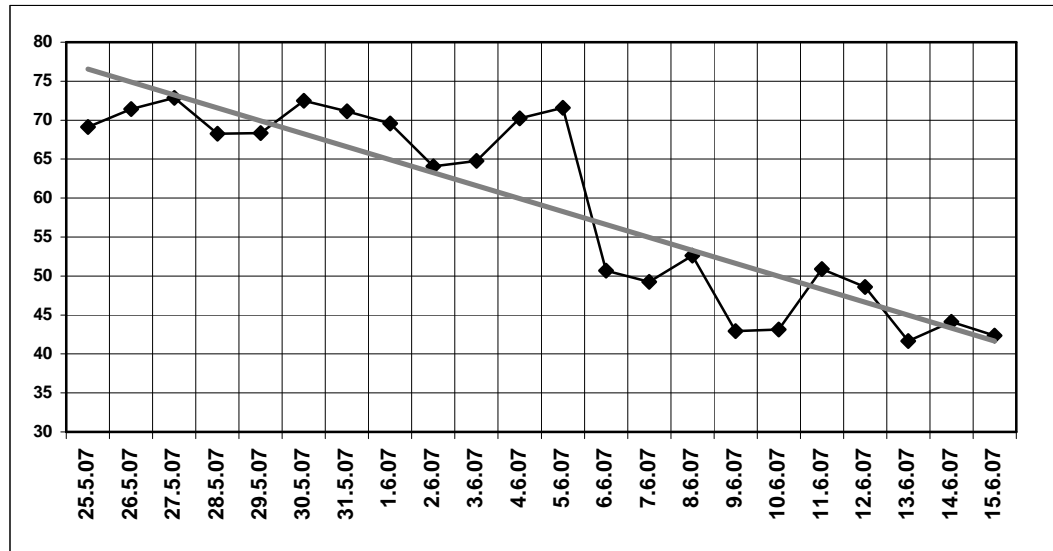
fosforin enimmäismäärälle koeajossa asetettiin lupaehtojen mukaiset rajat, joissa puhdistamolta poistuvan veden liukoisen fosforin pitoisuus pysyisi maksimissaan välillä 0,3–0,4 mg/l. Tarkoituksena oli turvata aktiivilietteen riittävä fosforin saanti kuormittamatta puhdistamolta poistuvaa vettä liikaa. Fosforipitoisuuden toteutusta valvottiin rutiinilaboratorioanalyysien, joiden perusteella annosteluun tehtiin muutoksia. Puhdistamolalle annosteltiin tyypeä koejakson aikana tehtaan ajojen mukaan poikkeamatta normaalista käytännöstä. Urean syöttöä on tarkasteltu tarkemmin kappaleessa 4.4.

4 TULOKSET JA TARKASTELU

4.1 Koeajon vaikutus COD-reduktioon

Tarkasteltavia tuloksia on viiveistetty huomioimalla puhdistamon jäteveden virtaukset sekä elävän biomassan sopeutumisaika muuttuviin parametreihin. Viiveistämällä tulokset saadaan parhaimmin vertailtua koeajon muutosten vaikutuksia koko puhdistamolla. Tulokset ovat siten toisiinsa heti rinnastettavissa. Biomassan sopeutumiseen tarvittava aika on arvioitu seitsemäksi vuorokaudeksi lietteen pitkäaikaisseurannassa.

Puhdistamon COD-reduktion määrittämiseksi on valittu puhdistamolta poistuvan veden COD:n vertaaminen välipumppaamon COD:hen kahden vuorokauden viiveajalla. Koeajo ei vaikuttanut COD-reduktioon odotetulla tavalla, vaan aktiivilietelaitoksen puhdistuskyky aleni koeajojakson aikana. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi asioita, jotka ovat koeajon aikana voineet vaikuttaa COD-reduktioon alentavasti. Koeajon reduktion laskusuhdanna on havainnollistettu kuvaajassa (KUVIO 2).

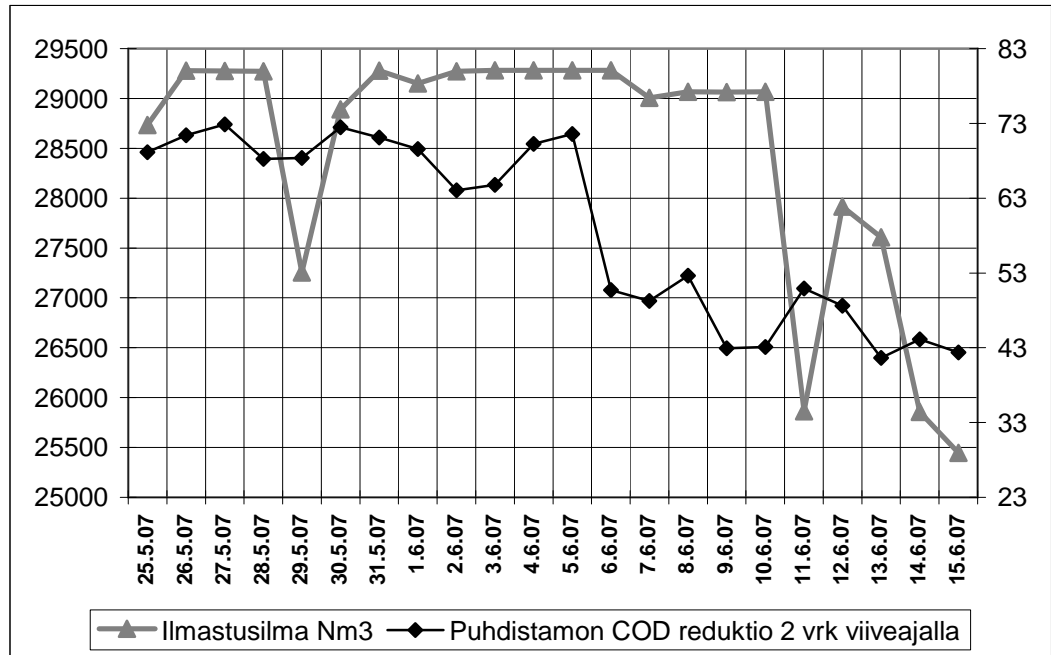


KUVIO 2. Puhdistamon COD-reduktion kehitys koeajon aikana kahden vuorokauden viiveajalla.

4.2. Ilmastusilma ja puhdistamolta poistuva kiintoaine

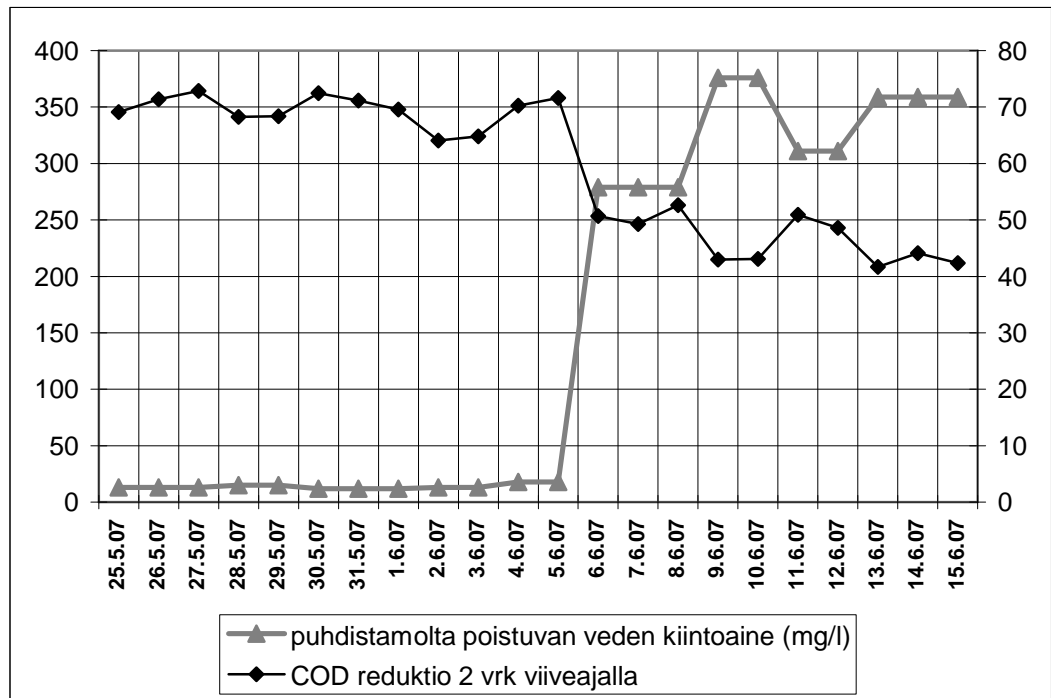
Valtaosassa koepäivistä ilmastuksen määrä vastasi tavoitteeksi asetettua 28 000 Nm³/h (KUVIO 3). Tehtaan ajot vaikuttivat jätevesien virtaukseen ilmastusaltaalle 29.5.07, jolloin ilmastuksen määrä alitti tavoitearvon. Koejakson lopulla ilmastuksen määrää vähennettiin varotoimenpiteenä, kun huomattiin kiintoainepäästöjen kohoaminen puhdistamolta poistuvassa vedessä. Ilmastusta vähennettiin, jotta mahdollinen vaahtoamisilmiö ei aiheuttaisi lisää ongelmia lietteen laskeutuvuuden kanssa. Lietepinnan nousu aiheutti huonosti laskeutuneen jäteveden pääsyn puhdistamolta poistuvan veden kanavaan ja lisäsi siten poistuvan veden kiintoainepitoisuutta. Syy liete-pinnan nousulle oli todennäköisesti puhdistamon toisen lietelingon korjaustoimenpiteet, joiden aikana lietettä poistettiin vain yhden lingon voimin.

Ilmastuksen toteutuminen ei korreloinut puhdistamon COD -reduktion kanssa, joten ilmastuksen määrän voi katsoa olleen tarpeeksi riittävä koejakson ajan.



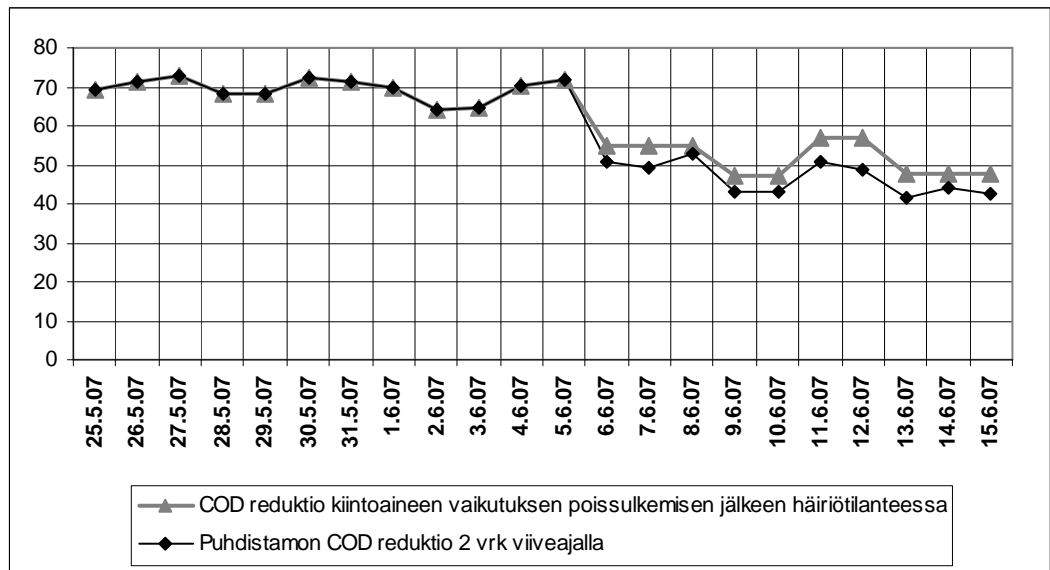
KUVIO 3. Ilmastusilman määrä Nm³/h koeajon aikana sekä puhdistamon COD-reduktio kahden vuorokauden viiveajalla.

Poistuvan veden kiintoainemäärän kasvulla on selvästi COD-reduktiota huonontava vaikutus (KUVIO 4). Kesäkuun 6. päivästä alkaen puhdistamolta poistuvan veden kiintoainepäästöt nousivat reilusti yli 2000 % puhdistamon normaalitilanteen kiintoainepäästöihin verrattuna.



KUVIO 4. Puhdistamolta poistuvan veden kiintoainepitoisuus (mg/l) ja COD-reduktio kahden vuorokauden viiveajalla koejakson aikana.

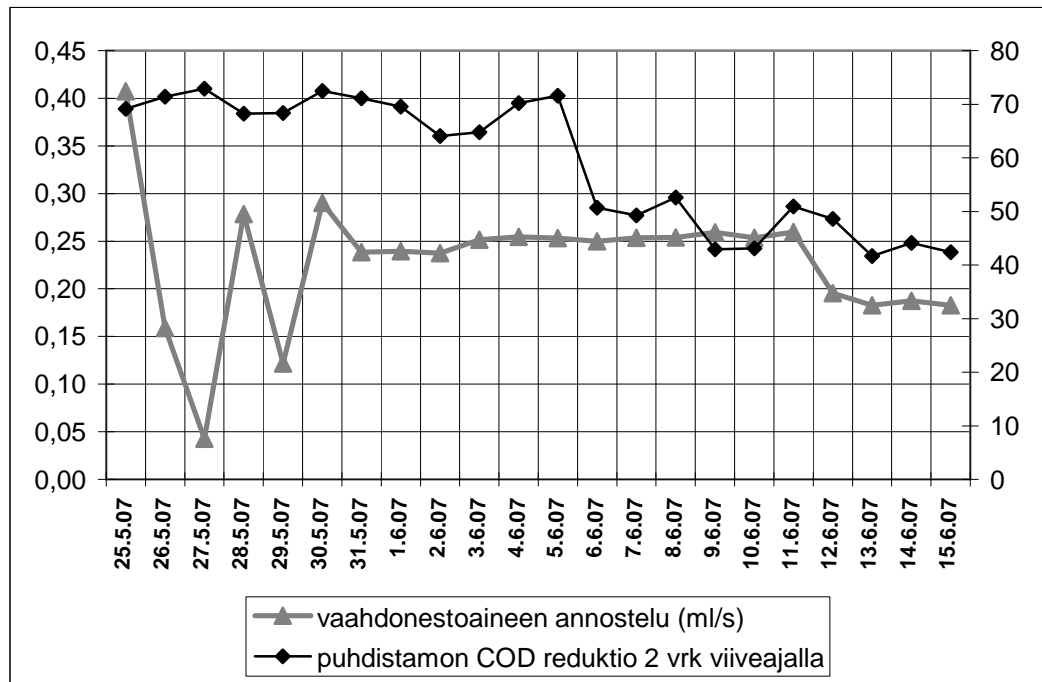
Puhdistamolta poistuvan veden kiintoainemäärän nousu korreloi käänteisesti reduktion kanssa, joten kiintoaineen osuutta reduktiossa on arvioitu pois (KUVIO 5). Häiriötilanteen reduktion Kuviossa 5 on arvioitu paranevan vähintään kiintoaineen nousun (mg/l) suhteella reduktion laskuun. Näin arvioiden häiriötilanteen reduktio parani keskimääräisesti 11 % kiintoaineen vaikutuksen poissulkemisen jälkeen, jolloin puhdistamon keskimääräinen COD-reduktio häiriötilanteessa saatiin 50 prosentin yläpuolelle. Todellisuudessa kiintoaineen vaikutus COD-reduktioon on varmasti suurempi, mutta sen arvioiminen laskennallisesti jälkikäteen on hankalaa. Todellisemman tuloksen antaisi COD-reduktion laskeminen puhdistamolta poistuvan veden liukoisesta COD-analysistä, jolloin kiintoaineen vaikutus poistetaan suodattamalla näyte.



KUVIO 5. Yksi arvio koeajon COD-reduktiosta kiintoaineen vaikutuksen poissulkemisen jälkeen.

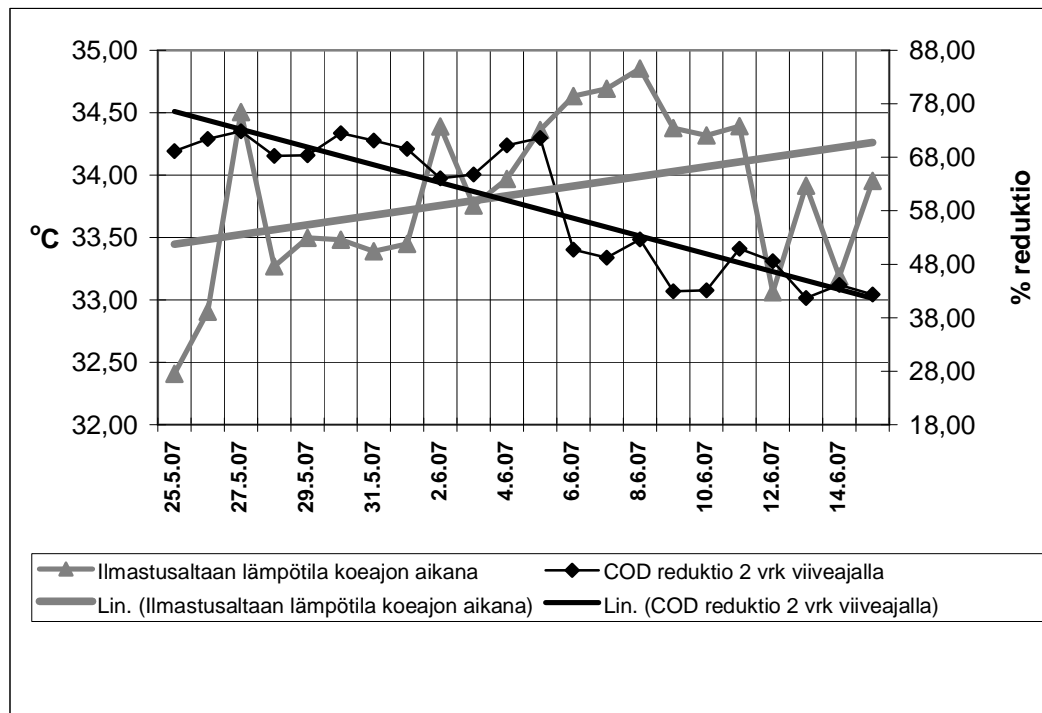
4.3. Vaahdonestoaine ja ilmastusaltaan lämpötila

Koeajon vaahdonestoaineen annostelu pysyi vähäisenä, joten ilmastusilmamäärän vaihteluista huolimatta on epätodennäköistä, että vaahdonestoaine olisi vaikuttanut oleellisesti hapen liukenemiseen ja siten mikrobien hapen saantiin (KUVIO 6). COD-reduktion laskua tarkkailun aikana ei voida selittää vaahdonestoaineen annostelulla.



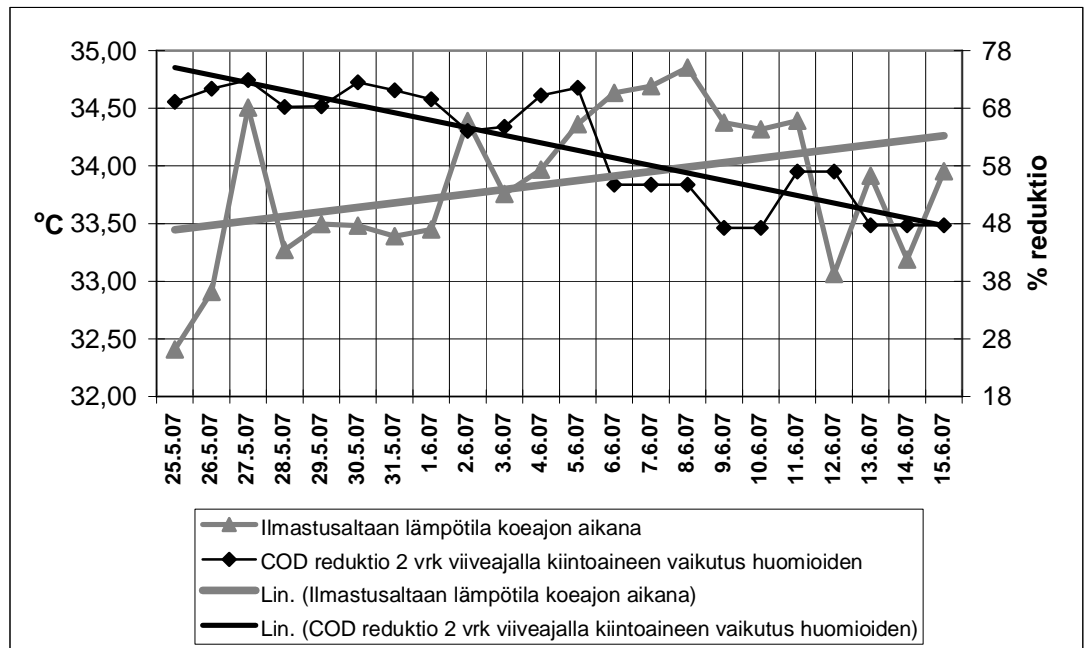
KUVIO 6. Vaahdonestoaineen annostelu (ml/s) sekä puhdistamon COD-reduktio koeajon aikana 2 vrk viiveajalla.

Ilmastusaltaan lämpötila oli noususuuntainen koejakson ajan. Lämpötilan kehitykseen luultavasti vaikuttivat eniten prosessivesien lämpötilamuutokset, mutta osaltaan myös lämpenevä vuodenaika. Hapen liukoisuus veteen heikkenee lämpötilan noustessa, minkä takia on tärkeää, ettei ilmastukseen tulevan veden lämpötila nouse liian korkealle. Lämpötilavaihteluiden tulisi myös pysyä mahdollisimman vähäisinä, sillä muutokset vaikuttavat mikrobien sekapopulaatioiden lajistoon. Koeajon ajan lämpötila pysytteli 32,4 °C ja 34,9 °C välillä, jolloin hapen liukoisuus veteen on noin 7,4 – 7,1 mg/l (LIITE 1). Todellisen hapen liukoisuuden selvittämiseksi koeajon suorittaneella puhdistamolla vaatii lisäselvityksiä, joissa on otettava huomioon ainakin ilmastuksen ja sekoituksen määrä sekä vaahdonestoaineen käyttö. Ilmastusaltaan lämpötilan nousu vaikuttaisi huonontaneen puhdistamon COD-reduktiota koeajossa (KUVIO 7). Kiintoainepäästöjen aikana 6. kesäkuuta alkaen on lämpötilan nousu ollut pidempikestoista, jolloin lämpötila on myös saavuttanut koeajon korkeimmat arvot. Reduktio on laskenut eniten lämpötilan nousujaksolla.



KUVIO 7. Ilmastusaltan lämpötilan muutokset verrattuna reduktioon.

Ilmastusaltan lämpötilan vaikutus reduktioon väheni, kun reduktiossa on huomioitu kiintoainepäästöjen vaikutukset reduktiota alentavana tekijänä (KUVIO 8). Lämpötilan nousu näyttäisi kiintoainevähennysten jälkeenkin alentavan altaan puhdistustehoa, joten on mahdollista että ilmastusallas toimii parhaiten tietyllä lämpötila-asteella. Asteikolla 32,4 °C - 34,9 °C ei kuitenkaan saavutettu yli 72 reduktio-prosentin arvoja. Koeajon ilmastusaltan lämpötilavaihtelu oli 2,5 °C, mikä taas ei ole merkittävää vaihtelua. Luultavasti äkilliset muutokset lämpötilassa ovat voineet vaikuttaa reduktioon enemmän kuin 2,5 °C lämpötilavaihtelu. Puhdistamon mikrobikannan optimilämpötilan määrittämistä ei ole käsitelty tämän koeajon yhteydessä, ja se vaatisi lisäselvityksiä sekä aktiivilietteen mikrobilajiston tuntemista.



KUVIO 8. Ilmastusaltan lämpötilan muutokset verrattuna reduktioon, josta on vähennetty kiintoaineen osuus reduktiota huonontavana tekijänä.

4.4. Ravinteet

Ilmastusaltaalle tulevan veden BOD : N : P oli keskimäärin 100 : 0,016 : 0,004 (TAULUKKO 1). Ravinnesuhteet typen osalta paranivat hieman urealisäyksen jälkeen. Koeajon aikana typpeä syötettiin palautuslietteen mukana puhdistamolle noin 7,4 mg/l, joka lisättynä ilmastusaltaalle tulevaan veteen muutti ravinnesuhteen 100 : 0,032 : 0,004 (TAULUKKO 2).

TAULUKKO 1. Puhdistamolle menevän veden ravinnesuhteet.

Näyte	Keräilyai- ka	Liuk P mg/l	Kok P mg/l	Liuk N mg/l	Kok N mg/l	CODCr mg/l	BOD mg/l	BOD / CODcr
1 <i>Suhdeluvut</i>	16.-17.5	1,42	2,3 <i>0,005</i>	3,51	6,92 <i>0,016</i>	1386	440 <i>100</i>	<i>0,32</i>
2 <i>Suhdeluvut</i>	18.-20.5.	1,36	2 <i>0,005</i>	3,4	6,58 <i>0,018</i>	1355	370 <i>100</i>	<i>0,27</i>
3 <i>Suhdeluvut</i>	21.-22.5.	0,86	2,14 <i>0,005</i>	3,22	8,62 <i>0,020</i>	1651	430 <i>100</i>	<i>0,26</i>
4 <i>Suhdeluvut</i>	23.-24.5.	0,98	1,7 <i>0,004</i>	4,04	7,63 <i>0,016</i>	1672	480 <i>100</i>	<i>0,29</i>
5 <i>Suhdeluvut</i>	25.-27.5	1,16	1,7 <i>0,004</i>	3,35	6,75 <i>0,014</i>	1577	470 <i>100</i>	<i>0,3</i>
6 <i>Suhdeluvut</i>	28.-29.5.	1,22	1,84 <i>0,004</i>	2,88	5,62 <i>0,014</i>	1473	410 <i>100</i>	<i>0,28</i>
7 <i>Suhdeluvut</i>	30.-31.5.	1,22	1,76 <i>0,004</i>	2,3	5,4 <i>0,011</i>	1533	490 <i>100</i>	<i>0,32</i>

TAULUKKO 2. Puhdistamolle menevän veden ravinnesuhteet urean annostelun jälkeen.

Näyte	Keräilyaika	Kok P mg/l	Kok N mg/l	CODCr mg/l	BOD mg/l	BOD / CODcr
1 <i>Suhdeluvut</i>	16.-17.5	2,3 <i>0,005</i>	14,3 <i>0,033</i>	1386	440 <i>100</i>	<i>0,32</i>
2 <i>Suhdeluvut</i>	18.-20.5.	2 <i>0,005</i>	14,0 <i>0,038</i>	1355	370 <i>100</i>	<i>0,27</i>
3 <i>Suhdeluvut</i>	21.-22.5.	2,14 <i>0,005</i>	16,0 <i>0,037</i>	1651	430 <i>100</i>	<i>0,26</i>
4 <i>Suhdeluvut</i>	23.-24.5.	1,7 <i>0,004</i>	15,0 <i>0,031</i>	1672	480 <i>100</i>	<i>0,29</i>
5 <i>Suhdeluvut</i>	25.-27.5	1,7 <i>0,004</i>	14,2 <i>0,030</i>	1577	470 <i>100</i>	<i>0,30</i>
6 <i>Suhdeluvut</i>	28.-29.5.	1,84 <i>0,004</i>	13,0 <i>0,032</i>	1473	410 <i>100</i>	<i>0,28</i>
7 <i>Suhdeluvut</i>	30.-31.5.	1,76 <i>0,004</i>	12,8 <i>0,026</i>	1533	490 <i>100</i>	<i>0,32</i>

Suhdeluvut on laskettu kokonaistypen sekä kokonaisfosforin arvoista, ja fosforin annostelu on mukana ilmastusaltaalle tulevassa vedessä. Puhdistamolta mitatut ravinnesuhteet kertovat puhdistamolle tulevien jätevesien olevan ravinneköyhiä. Yleisesti aktiivilieteprosessin ravinnesuhdeoptimina pidetään $100 : 3,5 \dots 5 : 0,7 \dots 1$. BOD kuvaa hiilenlähdettä eli ravintoa, jota aktiivilietteen mikrobit käyttävät energiantuotantoon sekä uuden solumateriaalin valmistamiseen. N ja P kuvaavat ravinteita, typpeä ja fosforia, joita mikrobit tarvitsevat solujen biosynteesissä proteiinien valmistamiseen sekä erilaisissa solutoiminnoissaan. Ilmastukseen tulevan veden BOD/COD –suhdetta voidaan käyttää varovaisesti mittana jäteveden biohajoavuudelle. COD-analyysi ei erottele biologisesti saatavilla olevaa ja inerttiä orgaanista ainetta, joten COD-arvot ovat yleensä BOD:n arvoja suurempia. COD-analyysi hapettaa myös kaikki jätevedessä olevat orgaaniset ainekset, jotka voivat estää tai hidastaa hapettumista BOD-analyysissä. BOD/COD puhdistamolle tulevassa vedessä oli 0,3 (TAULUKKO 1 ja 2). Mitä korkeampi suhde on, sen biohajoavampana jätevettä voidaan pitää. Biohajoavuudesta ja BOD/COD -suhteesta ei ole tarkempaa ohjeistusta. Ravinteiden lisäyksellä on luultavasti mahdollista päästä korkeampaan BOD/COD -suhteeseen, mikä voisi lisätä aktiivilietelaitoksen puhdistustehokkuutta.

Puhdistamon jatkuvasti alhainen COD-reduktio voisi pohjimmiltaan olla ravinteiden vähydestä aiheutuva. Ravinnetarpeet vaihtelevat kuitenkin puhdistamokohtaisesti riippuen tulevista jätevesistä sekä vallitsevasta mikrobilajistosta, joten kirjallisuudessa käytettyyn aktiivilietelaitoksen ravinnesuhdeoptimiin ei liene tarkoituskaan päästä. Kyse on ennemminkin esimerkkiarvoista, joita voidaan soveltaa puhdistamokohtaisesti. Koeajon suorittaneella puhdistamolla vaikuttaisi olevan puutetta ravinteista, joten lisäselvityksiä voitaisiin tehdä ravinnesuhteen muutoskokeilla paremman puhdistustuloksen aikaansaamiseksi.

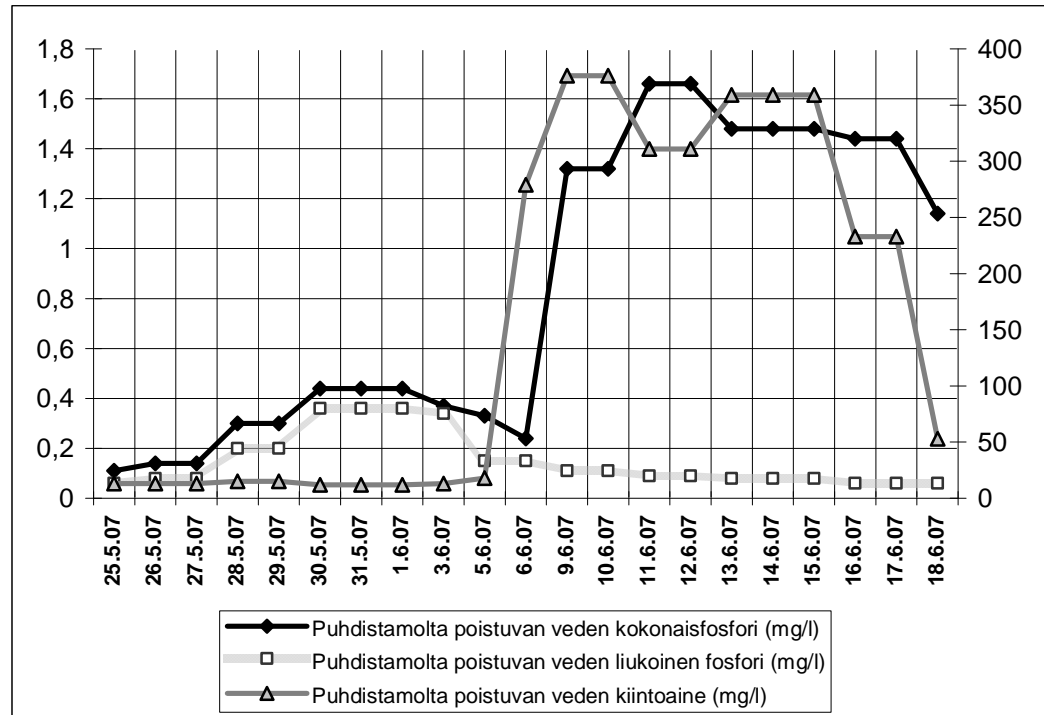
Urean syöttöä puhdistamolle koejakson aikana arvioitiin tehtaan järjestelmästä otettujen ureasiilojen tyhjenemistrendien perusteella. Ureaa ajettiin päivittäin puhdistamolle noin 200–1200 kg. Ureasta typpeä on noin 47 %, joten typpeä annosteltiin koeajon aikana 95–580 kg/d eli noin 1,8–11,3 mg/l (TAULUKKO 3).

TAULUKKO 3. Typen annostelu puhdistamolle koeajon aikana.

	Urean annostelu kg/d	Ilmastusaltaalle virtaava vesi l/d	Typpeä mg/l
25.5.07	638	50572	5,9
26.5.07	634	50620	5,9
27.5.07	759	52040	6,9
28.5.07	752	50343	7,0
29.5.07	989	49100	9,5
30.5.07	747	51027	6,9
31.5.07	755	49586	7,2
1.6.07	593	48980	5,7
2.6.07	734	49942	6,9
3.6.07	651	51973	5,9
4.6.07	1034	53847	9,0
5.6.07	674	54911	5,8
6.6.07	767	53418	6,8
7.6.07	203	52012	1,8
8.6.07	414	51975	3,7
9.6.07	780	52088	7,0
10.6.07	750	51847	6,8
11.6.07	849	52249	7,6
13.6.07	922	49441	8,8
14.6.07	1208	51378	11,1
15.6.07	776	50304	7,2
16.6.07	1042	50072	9,8
17.6.07	1029	50562	9,6
18.6.07	1192	50744	11,0
19.6.07	1226	51054	11,3

Puhdistamolta poistuvan veden liukoinen fosfori pysyi alle 0,4 mg/l koko koeajon ajan (KUVIO 9). Kiintoaineeseen sitoutuneen kokonaisfosforin arvot nousivat kiintoainepäästöjen myötä 6.6. jälkeen. Kokonaisfosforin pitoisuus nousi lähes 400 % häiriötilanteen aikana. Fosforia ei ollut kuitenkaan annosteltu liikaa, sillä liukoisen fosforin alhaiset pitoisuudet sekä kiintoainepäästön yhteydessä kohonneet kokonaisfosforin arvot kertovat fosforin olleen hyvin sitoutunutta aktiivilietteeseen.

Näin ollen liete hyödynsi saamansa lisäravinnefosforin, jolloin fosfori sitoutui kiintoaineeseen. Ilman häiriöpäästötilannetta fosforin annostelua olisi jopa voitu lisätä, jotta oltaisi saatu selville voidaanko ravinteiden määrän kasvattamisella saada hyviä tuloksia reduktioon.



KUVIO 9. Puhdistamolalta poistuvan veden kokonaisfosfori (mg/l), liukoinen fosfori (mg/l) ja kiintoaine (mg/l) koeajon aikana kahden vuorokauden viiveajalla.

4.5. Lietesakeus

Lietesakeuden nosto poikkesi alkuperäisestä koeajon suunnitelmasta, minkä mukaan sakeus nostettaisiin tasolle 5 g/l (TAULUKKO 4). Ennen koeajon varsinaista aloittamista 28.5. oli lietesakeus koeajon suunnitelmien mukainen toisen lietelingon korjaustoimenpiteistä johtuen. Sakeutta ei varsinaisesti nostettu missään vaiheessa, vaan lietteenpoiston kapasiteetin puuttumista hyödynnettiin koeajossa. Koeajon edetessä lietesakeus laski tasaisesti tasolle 4 g/l ja edelleen uuden lingon käyttöönoton jälkeen 5.6. Koeajon lopulla sakeus oli 3,2 g/l.

TAULUKKO 4. Lietteen liukoinen fosfori ja kokonaisfosfori (mg/l) koeajon aikana seitsemän vuorokauden viiveaika huomioituna.

	Lietteen kokonaisfosfori (mg/l)	Lietteen liukoinen fosfori (mg/l)	Lietesakeus (g/l)
3.5.07	41	0,01	-
7.5.07	41	1,08	5,2
11.5.07	44	0,68	4,9
14.5.07	43	0,52	4,8
17.5.07	42	0,14	-
21.5.07	39	0,04	4,6
23.5.07	41	0,09	4,7
28.5.07	40	0,22	4,3
30.5.07	40	0,18	4,3
31.5.07	39	0,01	-
1.6.07	39	0,01	4,3
4.6.07	37	0,01	4,1
6.6.07	31	0,01	3,8
8.6.07	32	0,01	3,5
11.6.07	30	0,01	3,4
13.6.07	29	0,01	3,2
18.6.07	30	0	-

Lietesakeuden tasainen lasku koeajon aikana saattoi johtua mikrobien kasvun hidastumisesta. Ravinteiden riittämättömyys todennäköisesti hillitsi elävien solujen lisääntymistä lietteessä, mikä aiheutti flokkautumista ja lopulta lietepinnan nousun jälkiselkeytysaltaalla. Solujen ollessa voimakkaassa lisääntymisvaiheessa, biomassa pysyy solujen sähkövarausten ansiosta dispersiona, jolloin niiden laskeutuminen vaikeutuu. Hidastuvan kasvun vaiheessa yksittäisten solujen törmätessä toisiinsa ei poistovoima ole riittävän suuri vaan aiheuttaa niiden tarttumista toisiinsa ja flokkien muodostumista. (Puhakka 2002, 441.) Flokkautuminen tuo yksittäisille soluille lisää massaa, jonka ansiosta ne painuvat paremmin pohjaan ravinnollisempaan ympäristöön. Näin ollen sakeuden lasku ilmastusaltaalla johtuisi lietteen kerääntymisestä jälkiselkeytysaltaalle, kun lietteen poisto ei ollut riittävän tehokasta yhdellä

lietelingolla, sekä kasvun hidastumisesta eli uuden biomassan muodostumisen vähenemisestä. Lietteen liukoisen fosforin pitoisuuksien aleneminen määritysrajalle 31.5. alkaen kertoo lietteen käyttävän hyvin saatavilla olevan fosforin. Kokonaisfosforin määrä koeajon aikana alenee lietesakeuden vähenemisen yhteydessä, sillä suurin osa fosforista on sitoutunut solujen sisälle. Jälkiselkeytysaltaiden lietepinta alkoi nousta heti kesäkuun puolella, mikä tukee teoriaa ravinteiden puuttumisesta sekä flokkautumisesta.

Ilmastuslietteen sakeuden nosto COD-reduktion parantamiseksi puhdistamalla ei antanut koeajossa haettua tulosta, sillä sakeuden nostolla ei saatu lisättyä aktiivista biomassaa lietteessä. Lietteenpoiston hillitsemisellä saatiin kasvatettua kokonaiskiintoaineen määrää lietekierrossa sen sijaan, että olisi saatu lisättyä puhdistustehokkuutta elävien mikrobien määrää kasvattamalla.

Luultavasti lietesakeuden kasvatus olisi täytynyt tehdä vähitellen ravinteiden määrää lisäämällä ja rajoittamatta normaalia lietteenpoistoa. Siten aktiivisen biomassan määrää saataisiin lisättyä ja tutkittua paremmin sakeuden noston vaikutuksia puhdistamon COD-redukioon.

4.6. SIMCA-monimuuttuja-analyysi

Puhdistamon reduktiota edistäviä tekijöitä haettiin monimuuttuja-analyysin avulla. Tutkimuksessa käytettiin tehtaan prosessidatajärjestelmästä kerättyjä arvoja vuoden 2006 alusta lähtien koeajon loppuun. Arvot viiveistettiin puhdistamon virtausnopeuksien mukaiseksi, jolloin voitiin suoraan verrata puhdistamon alkupään ja loppupään arvoja toisiinsa. Lietteen viiveaikana käytettiin seitsemää vuorokautta, mikä arvioitiin virtausten sekä aktiivilietteen adaptaatioviiveen perusteella.

SIMCA (Soft Independent Modeling of Class Analogy) on monimuuttuja-analysointiin tarkoitettu ohjelmisto. Tässä tutkimuksessa käytettiin SIMCA:n sisältämää PLS (Partial Least Squares regression) –menetelmää, jonka avulla syötemuuttujista (X) luotiin malli prosessin vastemuuttujasta (Y, eli tässä reduktio).

Alhaisen ja korkean reduktioiden arvoihin johtaneita X-muuttujien arvoja verrattiin datan keskiarvoihin ja näin saatiin selville mitkä muuttujat ovat olleet keskiarvosta poikkeavalla tasolla, kun reduktio on ollut pieni. Kyse on siis ainoastaan korrelaatioista eikä syy-seuraussuhteista.

Monimuuttuja-analyysillä ei saatu uusia tutkimustuloksia, vaan tulokset tukivat aiempia puhdistamon ajojen aikana tehtyjä havaintoja sekä aiempia tutkimustuloksia. COD-reduktio on ollut huono, kun puhdistamolla on ollut normaalitilanteesta poikkeavat ajot tai kun kyseessä on ollut häiriötilanne. Poikkeavat ajot monimuuttuja-analyysissä tarkoittivat alhaisia virtauksia tai ilmastuskapasiteetin puuttumista esimerkiksi kompressoreiden korjausten yhteydessä. Häiriötilanteet SIMCA-analyysissä tulivat esiin puhdistamolta poistuvan veden korkeissa kiintoaine- ja kokonaisfosforin pitoisuuksissa. Puhdistamolta poistuvan veden korkea kiintoainepitoisuus vaikutti nostavasti sekä kokonaisfosforin pitoisuuteen että COD:n määrään, jotka alensivat molemmat COD-reduktiota.

5 YHTEENVETO KOEAJOSTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli puhdistamon ajoparametreja muuttamalla etsiä COD-reduktiota edistäviä tekijöitä ajomallein, jotka soveltuisivat puhdistamolla jatkuvaan käyttöön. Tutkimuksessa tehtiin koeajo aktiivilietelaitoksella, joiden tuloksia verrattiin kirjallisuuteen ja yleisesti todeksi tunnettuihin arvoihin sekä tietoihin aktiivilietelaitoksen toiminnasta seurantakokemusten perusteella.

Muutoksia tehtiin ilmastusilman, fosforiannostelun sekä lietesakeuden määrään. Tutkimussuunnitelman mukaan tarkoitus oli kasvattaa niiden määriä samanaikaisesti ja tutkia vaikuttaisivatko muutokset positiivisesti aktiivilietelaitoksen puhdistustehoon, jota seurattiin laskemalla puhdistamon COD-reduktio. Ilmastusaltaalle menevästä jätevedestä tehtiin ravinnemääritykset osin ennen koeajon aloittamista, 16.–31.5.07 välisenä aikana kerätyistä näytteistä veden ravinnesuhteiden selvittämiseksi.

si. Lisäksi puhdistamon reduktiota edistäviä tekijöitä haettiin monimuuttuja-analyysin (SIMCA) avulla, jossa käytettiin tehtaan prosessidatajärjestelmästä kerättyä tietoa vuoden 2006 alusta koeajon loppuun. Koeajossa tarkasteltiin aktiivilietelaitoksen toimintaa myös huomioiden ilmastusaltaan lämpötilan, vaahdonestoaineen ja puhdistamolta poistuvan veden kiintoaineen vaikutuksia koeajon aikaiseen COD-reduktioon. Kaikki tutkimuksissa käytetty data viiveistettiin puhdistamon virtausten mukaiseksi, jotta puhdistamon alkupään ja loppupään arvot saatiin keskenään vertailukelpoisiksi. Lietteen viiveaikana käytettiin seitsemää vuorokautta, mikä arvioitiin virtausten sekä aktiivilietteen adaptaatioviiveen perusteella. Koeajo suoritettiin 25.5.–15.6.07 välisenä aikana.

Koeajon tuloksista saatiin selville COD-reduktiota alentavia tekijöitä koeajon aikana sekä aktiivilietelaitokselle tulevan jäteveden ravinnesuhteet. COD-reduktio koeajon aikana aleni tasaisesti huolimatta puhdistamon ajoihin tehdyistä muutoksista, joiden olisi pitänyt tukea reduktion paranemista. Pääsyy reduktion vähenemiselle oli luultavasti puhdistustehokkuuden aleneminen, joka johtui mekaanisesta lietesakeuden nostosta rajoittamalla ylijäämälietteen poistoa. Lietteenpoiston vähentäminen vaikutti puhdistamon lietekiertoon, jolloin ylijäämälietettä kertyi jälkiselkeytysaltaisiin, aiheutti lietepinnan nousun altailla ja siten kiintoaineen karkaamisen puhdistamolta poistuvaan veteen. Korkea kiintoainepitoisuus lisäsi suoraan COD:n sekä kokonaisfosforin määrää poistuvassa vedessä ja alensi COD-reduktiota.

Puhdistamolle tulevan veden ravinnesuhteet osoittivat jäteveden olevan ravinneköyhää myös lisäravinneannostelun jälkeen. Yleisesti on tiedossa, että aktiivilietelaitoksen ravinnetarpeet noudattaisivat yhtälöä

$$\text{BOD} : \text{N} : \text{P} = 100 : 3,5 \dots 5 : 0,7 \dots 1.$$

Ravinnesuhteet koeajon suorittaneella puhdistamolla verrattuna kirjallisuudessa esitettyyn pienimpään arvoon olivat tyypellä yli sata kertaa pienemmät ja fosforilla lähes 20 kertaa pienemmät. Ravinteiden puute aktiivilietelaitoksella rajoitti mikrobien kasvua, mikä näkyi lietesakeuden laskussa sekä liiallisena flokkautumisena. Flokkautuminen saattoi olla yksi syy kiintoaineen nousuun puhdistamolta poistu-

vassa vedessä, kun jälkiselkeytysaltaan lietepinnan nousu tehostui flokkautumisilmästä johtuen. Koeajon aikana puhdistamolle ei syötetty ainakaan liikaa ravinteita, sillä liukoisessa muodossaan ravinteet eivät aiheuttaneet häiriöpäästöjä puhdistamolta poistuvaan veteen. Annostusta olisi voitu jopa lisätä, elleivät poistuvan veden korkeat kiintoainepitoisuudet olisi aiheuttaneet häiriötä puhdistamalla. Jätevedestä määritetty BOD/COD -suhde kertoo suuntaa puhdistamolle tulevan veden biohajoavuudesta. Mitä lähempänä suhdeluku on arvoa 1, sitä biohajoavampana jätevettä voidaan pitää. Suhdeluku oli 0,3 ravinnemäärityksissä. Virallista asteikkoa ei biohajoavuudelle BOD/COD -suhteen ole kehitetty, mutta yleisesti ajatellaan helposti biohajoavan jäteveden suhteeksi 0,5. Ravinnesuhteen tasapainottaminen oikealla lisäravinteiden annostelulla ilmastukseen menevässä jätevedessä voisi lisätä käsiteltävän veden biohajoavuutta, mikä vaikuttaisi positiivisesti mikrobien ravinteiden saantiin ja siten puhdistustehokkuuteen.

Ilmastusaltaan lämpötilan muutokset ovat myös voineet vaikuttaa mikrobien puhdistustehokkuuteen aiheuttaen viivettä niiden toiminnassa lämpötilavaihteluihin sopeutumisen takia. Koeajo suoritettiin lämpenevänä vuodenaikana, jolloin aurin gon paisteella saattoi olla merkitystä jäteveden lämpötilan suhteen. Luultavasti tehtaan ajot vaikuttivat eniten jäteveden lämpötilan vaihteluihin. Kokonaisuudessaan lämpötilavaihtelu koejakson ajalla oli enimmillään 2,5 °C, mitä ei kuitenkaan voida pitää merkittävänä. Enemmän saattoivat vaikuttaa nopeat lämpötilavaihtelut.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSHAASTEET

Käytettäviä ajomalleja puhdistamon COD-reduktion parantamiseksi ei tässä koeajossa löydetty. Puhdistustulosta huonontaneet tekijät koeajon aikana olivat kiintoainepäästöt puhdistamolta poistuvassa vedessä ja heikkolaatuinen ilmastusliete. Koeajon yhteydessä tehdyt jäteveden ravinnemääritykset osoittivat, että ilmastukseen tuleva jätevesi on laadultaan ravinneköyhää myös lisäravinneannostelun jälkeen. BOD:n ja COD:n suhde kertoi puhdistukseen tulevan veden olevan vain kohtalaisen biohajoavaa. Syy jatkuvaan alhaiseen COD-redukioon voisi olla lisäravinneannostelun vähyys, mikä vaikuttaisi suoraan jäteveden biohajoavuuteen. Jatkotutkimusaiheina voisi olla ravinneannostelun vaikutus jäteveden biohajoavuuteen ja biohajoavuuden merkitys COD-reduktion parantamisessa. Koeajon suorittaneella puhdistamolla voitaisiin tehdä myös uusi koeajo lietesakeuden ja ravinteiden annostelun harkitulla kasvatuksella COD-reduktion parantamiseksi hyödyntäen tämän tutkimuksen tietoja.

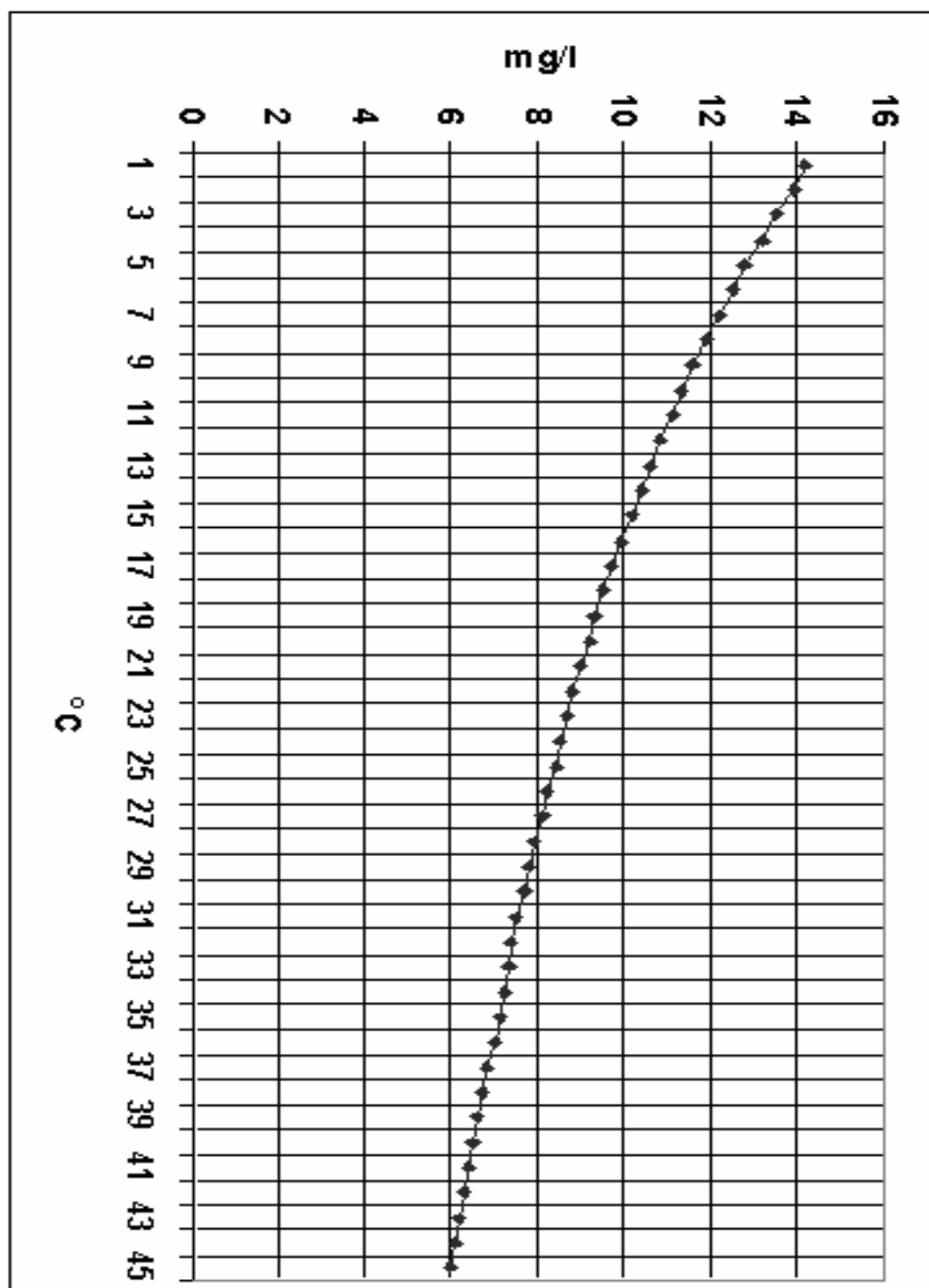
Koeajon epävarmuustekijänä oli koejakson lyhyys. Lietesakeutta olisi pitänyt kasvattaa vähitellen ravinneannostelua lisäämällä ja lietteenpoistoa rajoittamatta. Lisäksi puhdistamolla suoritettavat koeajot olisi hyvä suunnitella niin, että tarkasteltavaksi valittaisiin vain yksi parametri, johon tehtävien muutosten vaikutuksia tutkittaisiin puhdistamolla yhdellä, riittävän pitkällä aikavälillä. Tietenkin tutkimusjaksoja voisi olla useampi peräkkäin vaihtuvalla muuttujalla. Se saattaisi helpottaa tietojen käsittelyä sekä oikeiden johtopäätösten löytämistä.

COD-reduktion parantaminen aktiivilietepuhdistamolla on mielenkiintoinen, mutta haastava tutkimusaihe, sillä kyseessä on mikrobien biologiseen toimintaan perustuva prosessi. Ravinteiden annostelun määrä riippuu puhdistamon jätevesien laadusta ja vaihtelevuudesta sekä puhdistamolla vallitsevasta mikrobien sekapopulaatiosta. Yleisellä tasolla tehdyt tutkimukset ja kirjallisuusarvot ovat vain suuntaa antavia eikä niitä voida käyttää suoraan puhdistamoiden ajomalleina. Parhaimmat ajomallit löytyvät puhdistamokohtaisella kokemuksella sekä kokeilulla.

LÄHTEET

- Good, J., Performance Task: Dissolved Oxygen Monitoring. Hapen liukoisuus veteen (mg/l) eri lämpötiloissa. [verkkojulkaisu] The Colby Partnership for Science Education, the Howard Hughes Medical Institute & the Bell Atlantic Foundation. Maine. U.S.A. [viitattu 12.10.2007] Saatavissa: <http://www.colby.edu/cpse/equipment2/simple/per.html>
- Laukkanen, T., Hartikainen, T., Kostia, S., & Rautio, M. 2003. Ympäristösuojelun biotekniikka. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- Puhakka, J. ym. & Salkinoja-Salonen, M. (toim.) 2002. Mikrobiologian perusteita. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

HAPEN LIUKOISUUS VETEEN (MG/L) ERI LÄMPÖTILOISSA



(Performance Task: Dissolved Oxygen Monitoring 2007.)