

Igor Filippenkov

Yhdyskuntalietteen linkouksen ja polymeroinnin optimointi Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
10.1.12

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Igor Filippenkov Yhdyskuntalietteen linkouksen ja polymeroinnin optimointi Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla 61 sivua + 8 liitettä 15.9.2010
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Ympäristökemia
Ohjaaja(t)	Tuotantoyksikön päällikkö, DI Mari Heinonen Lehtori, Timo Meros
<p>Tämän työn tarkoituksena oli tutkia optimaalisia mädätetyn yhdyskuntalietteen linkokuivausparametreja Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla. Samalla tutustuttiin Senfit Oy:n valmistamaan Senfit Bio Solids Analyzer -laitteen toimintaan ja arvioitiin sen soveltuvuutta Viikinmäen jätevedenpuhdistamon toimintaympäristöön. Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusprosentti vaikuttaa kuljetettavan lietemäärään ja lietemäärää optimoimalla voidaan saavuttaa mittavia säästöjä.</p> <p>Tutkimuksessa optimaalisia linkousparametreja etsittiin suorittamalla koeajoja, joissa muuttujina olivat polyelektrolyytin annostelusuuruus, polyelektrolyytin kationisuus, kuivattavan lietteen annostelusuuruus ja lingon ohjausparametrina käytettävä momentti. Koeajojen tuloksena pyrittiin löytämään linkokuivauksen optimialue, jossa kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus olisi maksimaalinen ja rejektiveden kiintoainepitoisuus mahdollisimman alhainen.</p> <p>Kuivauksen tuloksia seurattiin Viikinmäen jäteveden puhdistamolla online-mittauksena toimivalla rejektiveden kiintoainepitoisuutta mittaavalla pilot-laitteistolla ja Senfit Oy:n valmistamalla Senfit BSA -laitteen avulla. Koeajot suoritettiin Metso DNA -automaatiojärjestelmän ympäristössä.</p>	
Avainsanat	Linkokuivaus, optimointi, polyelektrolyytti, yhdyskuntaliete, kiintoainemittaus, kuivakakku, rejektivesi

Author(s) Title Number of Pages Date	Igor Filippenkov Optimizing of polymer dosage and centrifuging in the process of sludge dewatering in Viikinmäki waste water treatment plant 61 pages + 8 appendices 10.1.12
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Environmental Chemistry
Instructor(s)	Mari Heinonen, Process Manager Timo Meros, Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study the optimal parameters for centrifugation of digested sludge in Viikinmäki waste water plant. At the same time a piece of equipment named Biosolids Analyzer was being tested. The Biosolids Analyzer is produced by Senfit LTD. The purpose of the test was to find out whether device was suitable for the Viikinmäki waste water plant's environment.</p> <p>The concentration of the total solid substance in digested sludge has an impact on the total quantity of the sludge driven onto the compost field. If the dewatering process is optimized, massive cost savings can be achieved. During the project optimal centrifugation parameters were searched for by performing test runs with the following variables: the quantity of polyelectrolytes added into sludge, the charge of polyelectrolytes, the feed of the sludge and the torque of the centrifuge. The aim of the test runs was to find the optimum centrifugation zone where the concentration of total solids is maximal and the quantity of solid substance in liquid discharge is minimal.</p> <p>Results of sludge dewatering were followed by measuring the centrate's solid substance concentration online with pilot instrumentation and dryness of the cake was followed with Biosolids Analyzer. Test runs and measurements were performed in a Metso DNA automation platform.</p>	
Keywords	Sludge dewatering, Centrifuge, Conditioning polymer, Centrate, Optimization

Sisällys

I.	Kirjallisuusosa.....	7
1	Johdanto	7
2	Yhdyskuntajäteveden puhdistusprosessi ja siinä syntyvät lietteet.....	8
2.1	Yleistä	8
2.2	Liete	9
3	Lietteenkäsittely.....	11
3.1	Lietteen tiivistys.....	11
3.1.1	Laskeutustiivistys.....	11
3.1.2	Flotaatio	12
3.1.3	Mekaaninen tiivistys	12
3.2	Lietteen stabilointi.....	12
3.2.1	Lietteen lahotus eli aerobistabilointi	13
3.2.2	Mädätys eli anaerobistabilointi	13
3.2.3	Kompostointi.....	15
3.3	Lietteen kunnostaminen	15
3.3.1	Kemiallinen kunnostus.....	15
3.3.2	Fysikaalinen kunnostus	16
3.4	Linkokuivaus.....	16
3.4.1	Dekanterilinko.....	17
3.4.2	Dekanterilingon ohjauksen parametrit.....	19
3.5	Lietteen kuivauksen muut menetelmät	21
3.5.1	Imusuodatus	22
3.5.2	Suotonauhapuristin.....	22
3.6	Linkokuivauksessa käytettävät polymeerit eli polyelektrolyytit	23

3.6.1	Polyelektrolyyttien luokittelu varauksen mukaan	23
3.6.2	Polyelektrolyyttien luokittelu molekyylipainon mukaan	23
3.6.3	Luokittelu haarautuneisuuden mukaan	24
3.6.4	Polyelektrolyyttien annostelu.....	24
3.6.5	Polyelektrolyyttien toimintaperiaate	25
3.7	Lietekuivauksen näytteenotto	26
4	Viikinmäen jätevedenpuhdistamo	29
4.1	Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteenkäsittely	30
4.2	Linkojen ohjaus.....	33
4.3	Prosessinhallintajärjestelmänä Metso DNA.....	33
4.3.1	Lingot Metso DNA -ympäristössä	34
4.3.2	Polyelektrolyytin liuotus Metso DNA -ympäristössä	35
4.4	Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusmittari Senfit BSA.....	36
II.	Kokeellinen osa.....	38
5	Senfit BSA:n soveltuvuus Viikinmäen jätevedenpuhdistamon toimintaympäristöön	38
5.1	Laitteen kalibrointi	38
5.2	Yleistä kokeista	40
5.3	Muuttujat.....	41
5.3.1	Polyelektrolyytti 1, 1. koe, polymeerivastekoe	42
5.3.2	Polyelektrolyytti 1, 2. koe, lietteensyöttö	45
5.3.3	Polyelektrolyytti 1, 3. koe, lingon momentti	47
5.3.4	Polyelektrolyytti 1, 4. koepäivä, lietteensyöttö.....	50
5.3.5	Polyelektrolyytti 2, 1. koe, polymeerivastekoe	53
5.3.6	Polyelektrolyytti 2, 2. koe, lietteen syöttö	55
6	Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet	57
7	Lähteet:.....	60

Liitteet

Liite 1. Kemira Oy:n Superfloc C-492 VP:n tuoteselostus

Liite 2. Kemira Oy:n Superfloc C-491 VP:n tuotevertailusivu

Liite 3. 1. polyelektrolyyttivastekoe, koepäivän PHJ -trendi

Liite 4. Lietteensyöttökoe, 1. polyelektrolyytti, koepäivän PHJ -trendi

Liite 5. Lingon momenttikoe, koepäivän PHJ -trendi

Liite 6. 2. Lietteensyöttökoe, 1. polyelektrolyytti, koepäivän PHJ –trendi

Liite 7. 2. polyelektrolyyttivastekoe, koepäivän PHJ –trendi

Liite 8. Lietteensyöttökoe, 2. polyelektrolyytti, koepäivän PHJ -trendi

I. Kirjallisuusosa

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena oli mädätetyn yhdyskuntalietteen linkouksen ajoparametrien optimointi. Työn puitteissa suoritettiin koeajoja, joissa muuttujina olivat sekä polyelektrolyytin että lietteen syötön suuruus, polyelektrolyytin eri kationisuus ja lingon perusajoparametreihin lukeutuva momentti. Samalla tutkittiin uuden Senfit Oy:n BSA - Bio Solids Analyzer -laitteen soveltuvuutta Viikinmäen jätevedenpuhdistamon toimintaympäristöön ja yritettiin rakentaa kokonaista mädätetyn lietteen linkokuivauksen kuvaa rejektiveden ja kuivatun kakun kiintoainepitoisuuden kannalta.

Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus on tärkeä suure kuivatun lietteen kuljetettavuuden kannalta. Mitä suurempi kiintoainepitoisuus on, sitä pienempi on lietteen tilavuus ja sitä vähemmän lietettä pitää kuljettaa lahotus- ja kompostointikentille jatkokäsittelyyn. Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden on oltava 25 – 30 % jotta lahotus tai kompostointi lähtisivät käyntiin. Toinen tärkeä linkokuivauksen onnistuneisuuden mitta on rejektiveden kiintoainepitoisuus. Rejektivesi palaa linkouksen jälkeen jätevedenpuhdistusprosessiin vieden mukanaan mittaavaa kiintoaine- ja typpikuormaa, mikä puolestaan rasittaa prosessia vaatien laitteita, sähköä ja kemikaaleja. Linkokuivauksen lopputuloksena pitää tulla kuivaa lietettä ja mahdollisimman vähän kiintoainetta sisältävä rejektivesi.

Kuivatun lietteen kiintoainemittarin on oltava kestävä ja tarkka. Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusmittaus on likainen prosessi, joten anturin on pystyttävä tekemään mittauksia, vaikka se olisi kuivan lietteen peitossa. Senfit Oy:n valmistama Senfit BSA (Biosolids analyzer) -mittalaite on läpäisevään mikroaaltomittaukseen perustuva kiintoainemittari, eikä sen toimintaan vaikuta mikään muu paitsi mitattavan lietteen dielektrisyysvakio. Ennen tämän laitteen ilmestymistä ei markkinoilla ole vastaavanlaista laitetta ollut, vaan kehitys on aikaisemmin pysähtynyt juuri tämänlaiseen problematiikan eli likaantumiseen, sen hallintaan ja näytteen saatavuuteen mittalaitteen anturille.

Koeajoista saadusta informaatiosta yritettiin löytää linkouksen optimialuetta kunkin muuttujan suhteen. Muuttujien yhteisvaikutuksia ei tutkittu, vaikka niillä saattaa olla suurikin vaikutus linkouksen lopputulokseen.

2 Yhdyskuntajäteveden puhdistusprosessi ja siinä syntyvät lietteet

2.1 Yleistä

Jäteveden puhdistusprosessin tarkoitus on poistaa tulevasta jätevedestä sinne kuulumattomat esineet, kemialliset ja orgaaniset yhdisteet sekä hiekka ja rasva. Jäteveden puhdistusprosessin päätuotteena syntyy typestä, fosforista ja happea kuluttavasta orgaanisesta aineksesta vapautettua vettä ja sivutuotteena erilaisia lietteitä.

Yhdyskuntajäteveden käsittelyprosessi koostuu kolmesta päävaiheesta: esikäsittelystä, biologis-kemiallisesta jäteveden käsittelystä ja täydentävistä käsittelymenetelmistä. Nämä vaiheet koostuvat erilaisista osaprosesseista, joiden taustalla on erilaisia kemian ja fysiikan ilmiöitä. Vaiheet sekoittuvat keskenään ja kulkevat ajoittain rinnakkain. Kemiallisesti saostamalla pyritään poistamaan jäteveden fosforyhdisteet. Biologisen vaiheen tarkoitus on prosessoida bakteerien avulla jäteveden orgaaniset yhdisteet lietteeksi.

Jäteveden käsittelyprosessi alkaa esikäsittelyllä. Esikäsittelyn tarkoitus on poistaa karkeat lika-aineet tulevasta jätevedestä. Näin jätevedestä erotetaan hiekka, rasvaa, biohajoamaton aines ja karkeat jätevedeen kuulumattomat esineet. Esi-ilmastuksessa jätevedet kunnostetaan ajoittaisella ilmastuksella, lisäten jätevesiin liunneen hapen määrää. Esikäsittelyvaihe loppuu esiselkeytykseen, missä jätevedestä erotetaan raakaliete.

Esikäsittelyn jälkeen vesi johdetaan ilmastukseen, jossa alkaa biologinen jäteveden puhdistus. Ilmastuksessa jätevedet kulkeutuvat ilmastettujen ja hapettomien lohkojen läpi, joissa bakteerien eri ryhmät poistavat jätevedestä orgaanista ainesta. Ilmastusaltaissa jäteveden liukoinen ja kolloidikokoinen orgaaninen jäteainne sitoutuu altaassa olevaan biolietteeseen. (1, s. 12) Ilmastuksen jälkeen jätevesi virtaa jälkiselkeytykseen, missä siitä poistetaan aktiiviliete laskeuttamalla.

Biologisen käsittelyvaiheen jälkeen alkavat mahdolliset täydentävät ns. tertiäariset käsittelymenetelmät: flotaatio, kemiallinen jälkisaostus tai biologinen suodatus. Nämä täydentävät käsittelyvaiheet tulevat kysymykseen puhdistusvaatimuksien tiukentuessa, ja niillä haetaan lisätehokkuutta puhdistusprosessiin.

Suomessa yleisin jäteveden puhdistusmenetelmä on biologis-kemiallinen simultaanisaostus, jossa eloperäiset epäpuhtaudet poistetaan biologisesti ja fosfori kemiallisesti. (1, s. 12) Valtaosalla Suomen puhdistamoista ei ole ns. tertiääristä käsittelyä.

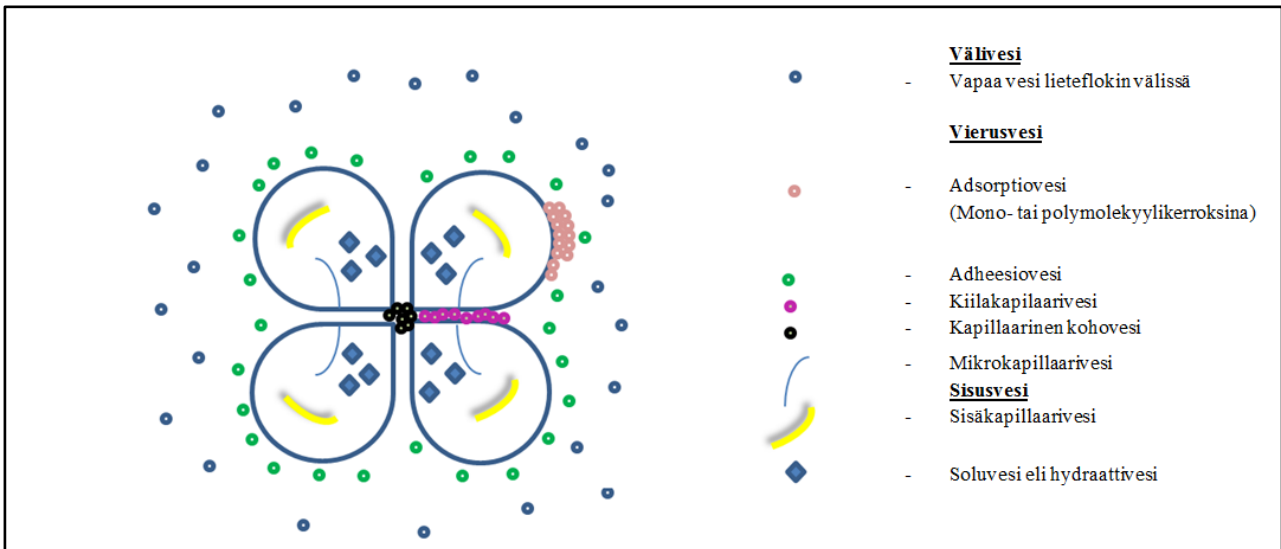
2.2 Liete

Yhdyskuntalietteen käsittelyprosessin sivutuotteena erottuu monenlaisia lietteitä, jotka luokitellaan sen mukaan, mistä puhdistusprosessin vaiheesta ne on saatu. Jätevedenpuhdistusprosessi koostuu useimmiten kolmesta päävaiheesta: esikäsittelystä, biologis-kemiallisesta käsittelystä ja jälkikäsittelystä. Esikäsittelyn viimeisestä vaiheesta – esiselkeytyksestä – syntyy primääri- eli raakalietettä. Raakaliete on ruskehtava, epästabiili ja koostuu pääosin hajoavasta orgaanisesta aineksesta. Ylijäämä- tai sekundaariliete syntyy ilmastusaltaissa lisääntyvästä ja poistettavasta biomassasta ja tertiääri- eli kemiallinen liete syntyy fosforin kemiallisessa saostuksessa. Lietteet voidaan poistaa prosessista yhdistettyinä tai erillisinä jakeina.

Lietteen käsittely on osaprosessi, jonka tavoitteena on muuttaa lietteen määrää ja laatua. Määrällisesti liete muodostaa suurimman osan jäteveden puhdistusprosessista erotettavista aineista. (2, s. 555) Lietteen käsittelystä on tullut puhdistamoiden oma osaprosessi, infrastruktuuri ja suurin jätevedenpuhdistamoiden käyttökustannuserä edustaen joskus jopa yli 50 %:a käyttökustannuksista. (3, s. 10) Lietteen käsittely koostuu erilaisista vaiheista, joista tärkeimmät ovat tiivistys, stabilointi, kunnostaminen ja kuivaus. Nämä vaiheet ja niiden järjestys voivat eri jätevedenpuhdistuslaitoksissa vaihdella laitoksen käytössä olevien ratkaisujen mukaan.

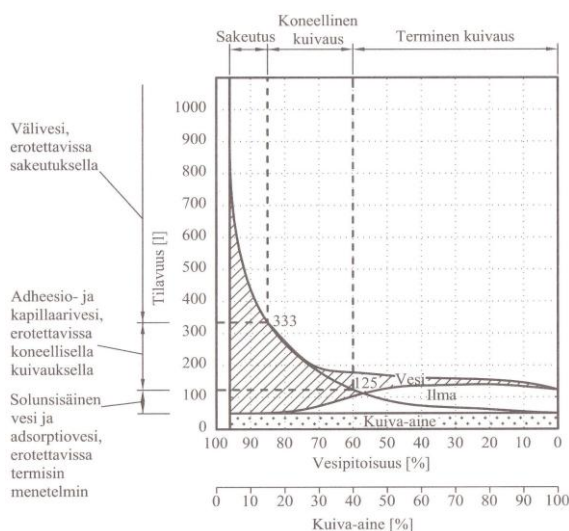
Liete on nesteen ja kiinteän orgaanisen aineen sekoitus. Lietteellä on yleensä geelimäinen rakenne, jonka takia orgaanisen aineen erottaminen nesteestä on haasteellista. Lietteen kiinteä aine on luonteeltaan orgaanista, mikro-organismeista ja niiden hajoamistuotteista koostuvaa massaa. Lietteen neste koostuu vedestä ja siihen liuenneista fosfaateista, ammoniumtypestä ja orgaanisista yhdisteistä. (1, s. 13)

Lietteessä oleva neste jakautuu väli-, vierus- ja sisusveteen, riippuen siitä, millä voimilla ja missä kohtaa lieteflokkia jokin tietty nestetyyppi esiintyy. Lieteflokin rakenne on esitetty kuvassa 1. (4, s. 9)



Kuva 1. Lieteflokkin rakenne ja lietevedet (4, s. 9)

Välivesi on sitoutumatonta vettä, jota on runsaasti lietteflokkin välissä. Välivesi erottuu sakeutuksella, ja sitä on lietteessä noin 61 %. Vierusvesi koostuu adheesiovedestä, adsorptiovedestä (joka voi olla joko mono- tai polymolekyylikerroksina), kiilakapillaarivedestä, kapillaarisesta kohovedestä ja mikrokapillaarivedestä. Vierusvesi on kiinnitetty lieteartikkeliin van der Waalsin voimilla, ja se on joko partikkelin pinnalla, sen välittömässä läheisyydessä tai lieteartikkelin halkeamissa, kuten esimerkiksi mikrokapillaarivesi. Vierusvesi on erotettavissa lietteestä koneellisella kuivauksella, esim. linkouksella tai suotonauhapuristimella. Vierusveden osuus lietteestä on noin 21 %. Loput vedestä on sisus- eli soluvettä. Linkous ei riko biolietteen bakteerien solurakennetta, joten jos halutaan päästää suurempaan kuin 27-30 %:n kiintoainepitoisuuteen, on käytettävä muita kuivauskeinoja, esim. termistä kuivausta. (2, s. 563) (4, s. 9) Erilaisten vesien pitoisuudet ja lietteen tilavuuden riippuvuus kiintoainepitoisuudesta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Lietteen tilavuuden riippuvuus kiintoainepitoisuudesta (2, s. 563)

3 Lietteenkäsittely

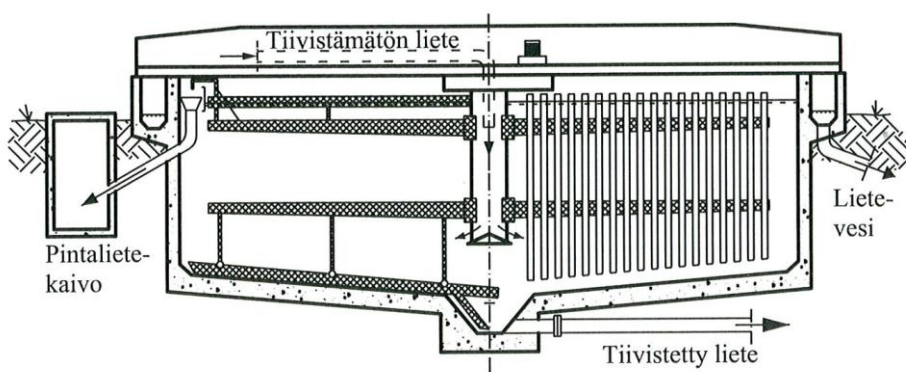
3.1 Lietteen tiivistys

Lietteen käsittely alkaa tiivistyksellä, koska lietteeseen sisältyvä prosessin kannalta hyödytön neste nostaa pumppauksen tarvetta, vie paljon tilaa, pidentää mahdollisen stabiloinnin viipymäaikoja ja nostaa kuljetusmääriä moninkertaisiksi. Vaiheella on olennainen vaikutus lietteen käsittelykustannuksiin, kuljetettavuuteen ja muiden käsittelyvaiheiden onnistumiseen. Tiivistystä suoritetaan painovoimaisesti laskeuttamalla, flotaation, linkojen, suotonauhapuristimien tai lieterumpujen avulla.

3.1.1 Laskeutustiivistys

Selkeytysprosessista tullut liete on niin vesipitoista, että sitä voi tiivistää gravitaation avulla. Tämä suoritetaan joko selkeytysaltaan lietepesässä tai erillisessä tiivistämössä (kuva 3). Tiivistämöt voivat olla joko panostoimisia tai jatkuvatoimisesti toimivia. (2, s. 561)

Panostoimisten tiivistämöiden viipymäaika on 6 – 12 h ja kuiva-ainekuorma 150 – 200 kgTS/m². Jatkuvatoimiset tiivistämöt ovat yleensä pyöreitä altaita tai altaiden syvänteitä, joihin asennetaan hitaasti pyöriviä hämmentimiä. Hämmentimien tehtävänä tiivistämöissä on estää lietteen iskostumasta pohjaan ja parantaa veden erottuvuutta lietteestä. (2, s. 562)



Kuva 3. Lietteen tiivistämö (2, s. 562)

Tiivistyksen jälkeen lietteen kiintoainepitoisuus on noin 5 – 9 %. Alumiinilietteet sakeutuvat huonommin, jolloin niiden kiintoainepitoisuudeksi jää 3 – 4 %. (2, s. 561-562) Laskeutumistiivistyksellä päästään taulukon 1 mukaisiin tuloksiin.

Taulukko 1. Erilaisten lietteiden laskeutustiivistystyksen tulokset (2, s. 564)

Lietetyyppi	Kuiva-ainepitoisuus, %
Mekaaninen liete	6 – 10
Biologinen aktiiviliete	2,5 – 3
Biologinen suodatinliete	4 – 8
Sekaliete	5 – 9

3.1.2 Flotaatio

Käytetyin flotaatiomenetelmä on ilmaflotaatio (DAF), jossa dispersiovesi johdetaan 350 – 500 kPa paineisena flotaatioaltaaseen tulevan lietteen sekaan. Paineen laskiessa äkillisesti ilmakuplat nousevat kohti altaan pintaa tarttuen pieniin lietehiukkasiin, mikä tuo niitä pintaan. Pinnassa lietehiukkaset kaavitaan ketjukaapimella lietekouruun. Lietevesi poistetaan altaan alaosasta. Flotaatioprosessia voi mitoittaa oikein vain käyttämällä pilot-laitosten antamia tietoja hyväksi. Ilmaflotaation käyttökustannukset ovat korkeat. (2, s. 566)

3.1.3 Mekaaninen tiivistys

Jätevedenpuhdistamoilla muodostuva liete sakeutetaan ja kuivataan mekaanisesti lingoilla ja vanhemmilla laitoksilla suotonauhapuristimilla. Näistä tiivistys- ja kuivausmenetelmistä on kerrottu tarkemmin luvuissa 3.4.2 ja 3.4.3.

3.2 Lietteen stabilointi

Seuraavaksi tiivistettyä lietettä stabiloidaan. Stabiloimisen syynä ovat lietteeseen sisältyvät suuret määrät epästabiilia orgaanista ainesta, joka hoitamattomana voi aiheuttaa hajuhaittoja, turvallisuusriskejä ja hygieniaongelmia. Lietteiden stabilointimenetelmiin kuuluu lahotus eli aerobistabilointi, kalkkistabilointi, lämpökäsittely, mädätys eli anaerobinen stabilointi ja kompostointi. Mädätyksessä, lahotuksessa ja kompostoinnissa tapahtuu myös lietemäärään pienentämistä, eli osa lietteen orgaanista ainesta hajoaa kaasuiksi. (4, s. 5) Yleensä lietteen mädätys tapahtuu puhdistuslaitoksella tai sen välittömässä läheisyydessä, joten lietettä ei tarvitse kuivattaa ennen tätä lietteen käsittelyvaihetta. Mutta lahotus ja kompostointi vaativat sekä lietteen kuljetuksen että tietyn lietteen kiintoainepitoisuuden onnistuakseen, joten lietteen kuivaus lingoilla tai muilla menetelmillä on tässä tärkeässä roolissa.

Vuonna 2005 tehdyn kyselyn mukaan, missä oli 80 laitosta mukana, vain kolme jätevedenpuhdistamo käytti jonkinasteista kalkkistabilointia (3, s. 3). Tavallisimmat lietteen stabilointitavat ovat lahotus, mädätys ja kompostointi, joten tässä työssä keskitytään lähinnä näihin menetelmiin.

3.2.1 Lietteen lahotus eli aerobistabilointi

Lahotuksen tarkoituksena on varmistaa, että lietteen biokemiallinen hajotusprosessi käy loppuun saakka. Lahotuksen aikana on tärkeää huolehtia siitä, että aerobisen hajoamisen aikaan saavilla mikro-organismeilla on tarpeeksi happea saatavilla. Lahotusprosessin aikana lietteen sekoittaminen on välttämätön. Kokemusperäisesti tiedetään, että sekoittaminen onnistuu parhaiten kun lietteen kiintoainepitoisuus on vähemmän kuin 2 %. Menetelmän lietekuormitus on likimain sama kuin lietteen mädätyksessä eli 3 – 5 kg orgaanista ainetta altaan kuutiometrille vuorokaudessa. Tarvittava happimäärä on 1,2 – 1,8 kg O₂ yhtä orgaanisen aineen kuiva-aine kiloa kohti. (2, s. 574) Lahotuksen kesto riippuu voimakkaasti lämpötilasta, riippuvuus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Lahotuksen keston riippuvuus lämpötilasta

Lietetyyppi	Lahotusaika, d			
	7 °C	12 °C	18 °C	25 °C
Mekaaninen liete	35 - 45	25 - 30	12 - 18	8 - 12
Sekaliete	35 - 45	25 - 30	15 - 25	7 - 15

Lahotuksen vahvoina puolina ovat prosessin yksinkertaisuus ja hajuttomuus, mutta se vaatii pitkän ilmastusajan, mikä johtaa korkeisiin käyttökustannuksiin. Prosessista ei myöskään tule hyödynnettäviä kaasuja.

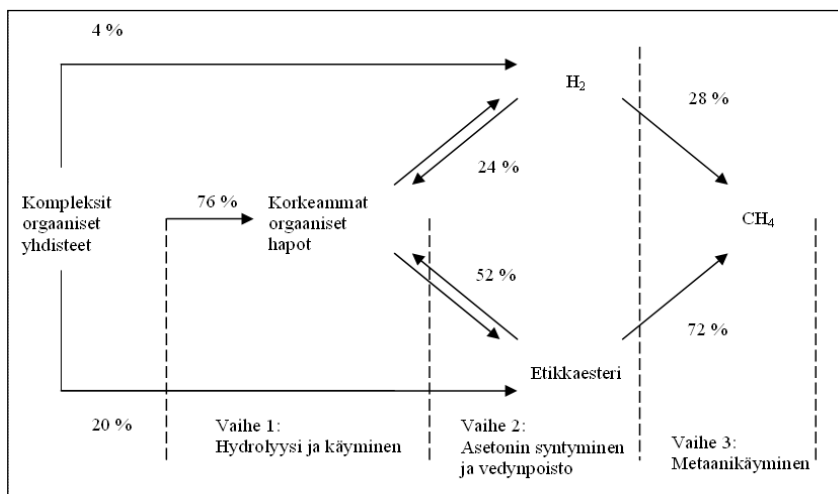
3.2.2 Mädätys eli anaerobistabilointi

Anaerobisessa prosessissa lietteen orgaaniset yhdisteet muuttuvat hapettomissa olosuhteissa metaanibakteereiden avulla metaaniksi, hiilidioksidiksi, mineraalisuoloiksi ja vedeksi. Mädätyksen jälkeen liete on stabiili ja sisältää paljon vähemmän orgaanisia aineita ja patogeeneja kuin ennen mädätystä. Mädättämöt voivat olla joko jatkuvatoimisia tai panostoimisia, täyteaineettomia tai täyteaineellisia, normaalikuormitteisia ja korkeakuormitteisia. Normaalikuormitteisissa mädättämöissä lietteen viipymä on 30 – 60 vuorokautta ja korkeakuormitteisissa mädättämöissä on

15 – 20 vuorokautta. Viipymän erot selittyvät sillä, että korkeakuormitteisissa mädättämöissä on lämmitys ja täydellinen sekoitus. Mädätysprosessi voi olla joko mesofiilinen tai termofiilinen. Näiden mädätysprosessien pääero on lämpötila, jossa mädätys tapahtuu. Mesofiilisen prosessin optimilämpötila on 30 – 38 °C ja termofiilisen mädätyksen lämpötila on 49 – 57 °C.

Orgaaninen aine käy mädätyksessä kolmeen vaiheen läpi (kuva 4.) Vaiheet ovat seuraavat (2, s. 205):

1. Suurimolekyyliset yhdisteet (polymeerit ja rasvat) muuttuvat entsyymien avustuksella monosakkarideiksi ja aminohapoiksi, jotka voivat toimia solun energian ja hiilen lähteinä, ns. hydrolyysi
2. Ensimmäisessä vaiheessa syntyneet tuotteet hajoavat yksinkertaisiksi orgaanisiksi hapoiksi, joista yleisin on etikkahappo, ns. acidogenesis.
3. Kolmannessa vaiheessa, ns. metanogeesissa, mikro-organismit muuttavat vedyn ja etikkahapon metaanikaasuksi ja hiilidioksidiksi. (2, s. 205)



Kuva 4. Anaerobisen prosessin metaanin muodostumiskulku ja energiavirrat prosentteina (2, s. 204)

Mädätyksen tavoitteena on, että 40 % orgaanisesta aineesta hajoaa kaasuksi, 10 % poistuu rejektiveden kanssa ja loput 50 % orgaanista ainetta jää lietteeseen. Mädätyksestä tulevaa metaanikaasua voidaan käyttää jätevedenpuhdistuslaitoksen omiin sähkö- ja lämmitystarpeisiin tai myydä se. Jos metaania ei saada hyödynnettyä, se poltetaan kaasusoihduissa, koska metaani on hiilidioksidia 20 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu. Kaasun tuotanto riippuu vahvasti mätänevän lietteen lämpötilasta ja sen viipymästä. Erilaiset orgaaniset aineet tuottavat eri määriä metaania. Erilaisten orgaanisten yhdisteiden metaanituotto on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 3. Eri orgaanisten aineiden metaanituotto

Orgaaninen aine	Kaasua		
	Kaasun kokonaismäärä, g/cm ³	Metaanin CH ₄ osuus, %	Hiilidioksidin CO ₂ osuus, %
Hiilihydraatit	790	50	50
Orgaaniset rasvat	1250	68	32
Valkuaisaineet	704	71	29

3.2.3 Kompostointi

Kompostointi on terminen prosessi, jossa orgaaninen aine hajotetaan biologisesti stabiiliksi multamaiseksi massaksi. Kompostointi tapahtuu hapellisissa olosuhteissa. Kompostoinnin onnistumiseksi kompostoitavassa lietteessä pitää olla noin 40 % kuiva-ainetta. Tämän kuiva-ainepitoisuuden saavuttamiseksi kompostoitavaan lietteeseen sekoitetaan kuivaa biohajoavaa ainesta, esim. turvetta, sahanpurua tai muuta puun kuorimateriaalia.

Kompostointi on ekologisesti edullinen menetelmä. Kompostoinnissa hajoaa noin 20 – 30 % haihtuvasta orgaanisesta aineesta hiilidioksidiksi ja vedeksi. Varsinainen kompostointiaika on noin kuukasi, jota seuraa noin kuukausi jälkikompostointia. (2, s. 576 – 577)

3.3 Lietteen kunnostaminen

Stabiloinnin jälkeen liete kunnostetaan. Kunnostuksen tarkoituksena on parantaa veden poistamista lietteestä. Liete koostuu pääosin mikro-organismeista, jotka muodostavat nestekalvon ympärilleen. Näin syntyy lietteen geelimäinen rakenne. Geelimäinen rakenne estää lietteen veden erottumista kiintoaineesta. Kunnostamistyytit ovat kemiallinen ja fysikaalinen kunnostus.

3.3.1 Kemiallinen kunnostus

Kemiallisessa kunnostuksessa lietteeseen lisätään kemikaaleja. Vanhimmat kunnostuskemikaalit ovat ferrikloridi ja kalkki, nykyään kuitenkin käytetään useimmiten orgaanisia polymeerejä, niin sanottuja polyelektrolyyttejä .

Polymeerit voivat olla kationisia eli positiivisesti varautuneita, nonionisia eli varauksettomia ja anionisia eli negatiivisesti varautuneita polymeerejä. Kutakin polymeeriä on monta eri laatua. Jonkin tietyn polymeerityypin soveltuvuus on määritettävä kokeellisesti, mutta kuitenkin tiedetään, että raaka- ja biolietteen käsittelyssä kationiset polymeerit toimivat parhaiten ja kemiallisen lietteen käsittelyyn on käytettävä anionisia polymeerejä. Polymeerin annostus on 1 – 8 kg/t TS.

3.3.2 Fysikaalinen kunnostus

Toinen tapa kunnostaa lietettä on fysikaalinen eli mekaaninen käsittely. Mekaanisessa käsittelyssä lietettä joko jäädytetään tai lämmitetään. Lämpökäsittelyssä lietteen lämpötila nostetaan äkillisesti yli 200 °C:n lämpötilaan paineen ollessa noin 20 atmosfääriä. Näin osa lietteen orgaanisesta aineesta hapettuu ja kolloidit hajoavat. Menetelmän heikkous on lietteestä eroavan rejektiveden korkea BOD-arvo ja termisessä käsittelyssä syntyvien kaasujen hajuhaitat. Etuihin kuuluu mm. se, että käsittelyn jälkeen liete on hygieenistä ja steriiliä. (2, s. 579)

3.4 Linkokuivaus

Linkous on menetelmä, jossa keskipakovoiman avulla erotetaan kiintoaine nesteestä tai toisiinsa liukenemattomat nesteet, joilla on eri tiheys. Linkojen tehokkuutta määritellään ns. erotuskertoimella. Erotuskerroin on lingon keskipakovoiman ja maan vetovoiman kiihtyvyyden suhde. Tavallisissa lingoissa erotuskerroin on 500 – 4 000. (8, s. 43)

Lingoissa kiintoaineeseen vaikuttaa keskipakovoima F_s :

$$F_s = \frac{mV^2}{r} = \frac{m(2\pi rn)^2}{r} = m4\pi^2 rn^2, \quad (1)$$

jossa V = kehänopeus, m/s
 m = osasen massa, kg
 r = lingon säde, m
 n = lingon pyörimisnopeus, 1/s

Lingossa kiintoaineeseen vaikuttava voima F_s verrataan putoamiskiihtyvyyteen g ja näin saadaan erotuskerroin G , joka lasketaan kaavalla (8, s. 43):

$$G = \frac{F_s}{F} = \frac{m4\pi^2 rn^2}{mg} = \frac{4\pi^2 rn^2}{g} \quad (2)$$

Poistettavaan hiukkaseen kohdistuva voima saadaan kaavalla:

$$F_c = G \cdot (\rho_h - \rho_n), \quad (3)$$

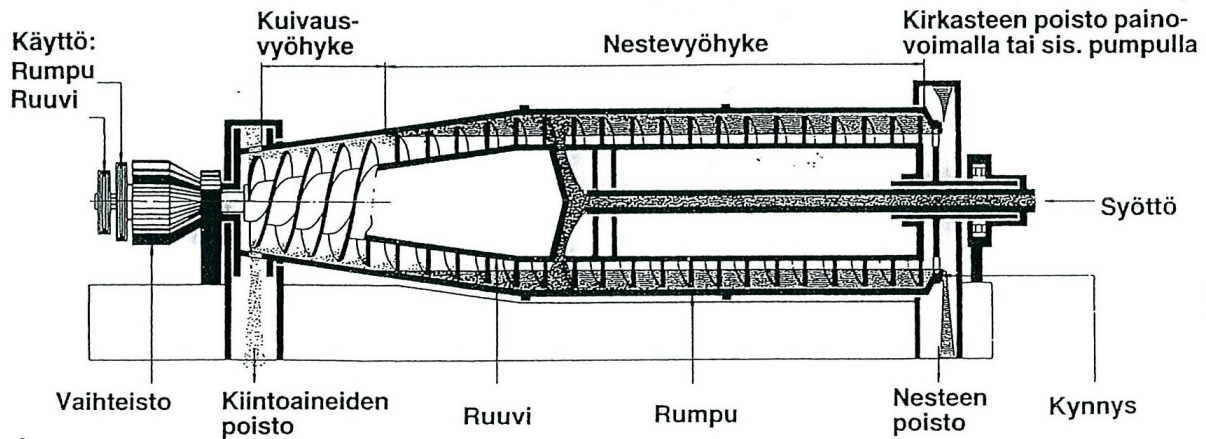
jossa ρ_h on hiukkasen tiheys
 ρ_n on nesteen tiheys (2, s. 104)

3.4.1 Dekantterilinko

Dekantterilingoissa kiintoaine poistuu jatkuvasti ruuvin avulla, joka pyörii yleensä hitaammin kuin lingon rumpu. Suure, joka kuvaa tätä rummun ja ruuvin pyörimiseroa, on ns. erokierrosluku. (7, s. 45–46)

Rummun ja ruuvin pyörimisnopeuserolla saadaan aikaan lietteen kiintoaineen ja nestefaasin erottuminen. Lietteen kuivuus on suoraan verrannollinen kuivattavan lietteen viipymäaikaan lingossa. (8)

Laitteena linko (kuva 2) koostuu rummusta ja sen sisällä samaan tai vastakkaiseen suuntaan pyörivästä kuljetinruuvista. Kuivattava liete syötetään laitteeseen sen keskiön kautta. Rumpu pyörii 1500–6000 rpm:n nopeudella. Ruuvin pyörimisnopeus eroaa jonkin verran rummun nopeudesta, jolloin keskipakovoiman vaikutuksesta rumpua vasten painautunut kiintoaines kulkeutuu ruuvin siirtämänä rummun kartiomaiseen osan päässä oleviin poistoaukkoihin. Kirkaste eli vesifaasi, josta on poistettu kiintoaines, muodostaa ruuvin ympärille vesivaipan. Kirkastefaasi kulkee ruuvia vastaan ja poistuu vaipan sylinterimäisessä päässä olevien säädettävien patolevyjen avulla poistoaukkojen kautta. Dekantterisentrifugin toimintaan vaikuttavat rummun kierrosnopeus, rummun ja ruuvin nopeusero eli ns. erokierrokset, kirkastevyöhykkeen korkeus (patolevyjen asento) ja polymeerin syöttö. Polymeerin syöttöä käytetään tehostaman lietteen linkoavuutta. (8, s. 26)

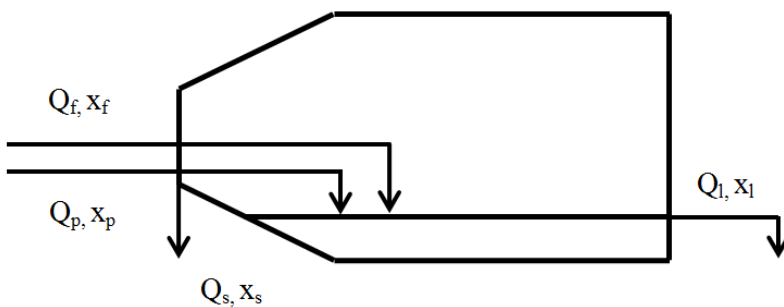


Kuva 5. Dekanterilingon rakenne ja toimintaperiaate (8, s. 49)

Kierrosnopeus vaikuttaa vetovoiman suuruuteen, erokierrokset vaikuttavat lietteen viipymään lingon rumpun sisällä ja kirkastefaasin korkeus vaikuttaa kiintoaineen pitoisuuteen. Dekanterilingoista poistuvan lietteen kiintoaineen kuiva-ainepitoisuus on 15–35 m-%. Dekanterilingojen tyypillinen syöttömäärä on 40 – 65 m³. (8, s. 49)

Kuivatun kakun kiintoainepitoisuuden mittaaminen on tärkeä toimenpide dekanterilingojen ja polymeerin toimivuuden seuraamisen kannalta. Jos kuivattu liete sisältää tavoiteltua enemmän kosteutta, joko käytetty polymeeri ei toimi tai lingon toiminnassa on puutteita.

Massatase lingon ympäri on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Lingon massatase

Kokonainen massatase lingon ympäri on:

$$Q_f \rho_f + Q_p \rho_p = Q_s \rho_s + Q_l \rho_l, \quad (4)$$

jossa Q_f on syötön tilavuusvirta [m³/h],
 ρ_f on syötön tiheys [kg/m³],
 Q_p on polyelektrolyyttisyötön tilavuusvirta [m³/h],
 ρ_p on polyelektrolyyttisyötön tiheys [kg/m³],
 Q_s on kuivatun kakun poiston tilavuusvirta [m³/h],
 ρ_s on kuivatun kakun tiheys [kg/m³],
 Q_l on poistuvan rejektiveden tilavuusvirta [m³/h],
 ρ_l on poistuvan rejektiveden tiheys [kg/m³].

Kiintoainemassatase taas on muotoa:

$$Q_f \rho_f x_f + Q_p \rho_p x_p = Q_s \rho_s x_s + Q_l \rho_l x_l, \quad (5)$$

jossa x_f on syöttölietteen kiintoainepitoisuus
 x_p on polyelektrolyyttiliuoksen kiintoainepitoisuus
 x_s on kuivatun kakun kiintoainepitoisuus
 x_l on rejektiveden kiintoainepitoisuus. (9, s. 151 – 152)

3.4.2 Dekanterilingon ohjauksen parametrit

Dekanterilinkouksessa on muutama muuttuja, joka vaikuttaa kuivaukseen lopputulokseen. Tällaisia parametreja ovat mm. erokierrosten lukumäärä, rummun pituus ja pyörimisnopeus, moottorin vääntömomenttiprosentti moottorin maksimivääntöarvosta sekä lietteen ja polymeerin syöttö. Lisäksi lingon syöttölietteen laatu vaikuttaa linkouksen lopputulokseen, joten linkoukseen liittyvissä kokeissa on pyrittävä mahdollisimman tasaiseen syöttölietelaatuun.

1. Erokierrokset määrittävät kuljetinruuvien pyörimisnopeuden eroavuutta rummun pyörimisnopeuteen. Erokierrosten lukumäärää vaikuttaa lietteen viipymään lingon rummussa. Erokierrosten arvo vaihtelee 0,999 – 6,00 rpm. Erokierrosluvun nostaminen aiheuttaa lingon momentin laskua ja korkea erokierrosluku huonontaa kuivaustulosta. (9, s. 40)

2. Rummun pyörimisnopeus vaikuttaa G-kertoimen suuruuteen ja täten lietepartikkeliin kohdistuvaan voimaan. Mitä suurempi rumpunpyörimisnopeus on, sitä suurempi on laskennallinen G-kertoimen arvo, katso kaava 2. Dekanterilinkojen rumpunopeuden maksimi arvo on noin 6 000 rpm.
3. Kuljetinruuvien vääntömomentti on tärkeä suure linkon hyötysuhteen kannalta. Se ilmoitetaan prosentteina linkon moottorin valmistajan ilmoittamasta maksimiarvosta. Sitä yleensä pyritään pitämään 50 %:na kuljetinruuvimoottorin maksimivääntömomentista. Tätä suuremmat vääntömomentin arvot nostavat sähkönkulutusta suuremmiksi, linkouksen lopputuloksen jäädessä heikommalle tasolle. Momentti vaikuttaa voimaan, jolla kuljetinruuvi työntää kuivattavaa massaa rummun läpi. Momentin suuruuteen vaikuttaa kunnostuskemikaalina käytettävän polyelektrolyytin ja kuivattavan lietteen syöttömäärä.
4. Kunnostuskemikaalin syöttö vaikuttaa myös linkouksen lopputulokseen. Liian alhainen kunnostuskemikaalisyöttö johtaa siihen, että kunnostuskemikaalin molekyylejä ei ole tarpeeksi sitomaan kuivattavan lietteen kiintoainetta ja kiintoaine poistuu rejektiveden mukana laitoksen alkuun rasittaen laitoksen kiintoainetasetta. Liian suuri polymeerin syöttö taas haittaa kuivausta, sillä kun sitä on ylimäärin, rejektivesi alkaa vaahtota. (10, s. 32) Rejktiveden vaahtoaminen voi aiheuttaa rejktiveden valumisen kuljetushihnoille sekä lietesiiloon, ja näin koko kuivauksen idea katoaa. Pahimmassa tapauksessa rejktiveden vaahtoaminen voi aiheuttaa linkon momentin putoamisen sallittujen rajojen alle, ja siinä tapauksessa automatiikka voi ajaa linkon alas. Liiallinen polyelektrolyytin syöttö ei anna vastetta rejktiveden kiintoaineen poiston suhteen ja lisää lietteen käsittelyn kustannuksia. Polyelektrolyyttiliuoksen syöttöpisteen asema suhteessa linkoon ja polyelektrolyytin syöttösakeus ovat kuivaustulokseen vaikuttavia tekijöitä.
5. Linkon syöttölietteen syöttömäärä ja sakeus vaikuttavat linkon toimintaan. Mitä enemmän lietettä tulee linkolle, sitä suurempi määrä lietettä kuljetusruuvien on kuljetettava linkon rummun läpi ja sitä lyhyempi lietteen viipymäaika linkossa on. Lyhyempi viipymäaika huonontaa kuivaustulosta. Toisin sanoen lietteen syötön on oltava optimaalalueella, ettei linko ylikuormittuisi liika. (9, s. 23-24)

Syöttölietteen sakeus vaikuttaa lingon toimintaan siten, että mitä sakeampaa syöttöliete on, sitä vähemmän nestettä siitä pitää poistaa. Lingon toimintaan liittyvien kokeiden suunnittelussa mahdolliset syöttölietteen laatuvaihtelut on otettava huomioon ja pyrittävä minimoimaan niitä koetulosten luotettavuuden kasvattamiseksi.

6. Patolevyjen asento vaikuttaa rummussa ruuvin ympäri muodostuvaan kirkastefaasin syvyyteen ja täten poistuvan lietteen kiintoainepitoisuuteen. Mitä ohuempi kirkastefaasi on, sitä kuivempaa kuivattu liete on. Ohut kirkastefaasi aiheuttaa lingon momentin nousemisen. Vesifaasin pinnan nousu lyhentää kuivausosan kuivamatkaa, mikä helpottaa kuivatun lietteen poistumista. (9, s. 40) Yleensä lingon patolevyjen asentoa voi vaihtaa vain lingon ollessa pysäytetty, mutta viime aikoina markkinoille on ilmestynyt myös sellaisia dekanterilinkoja, joiden patolevyjen asentoa voi muuttaa lingon ollessa käynnissä hydrauliservomootoreiden avulla. (11)(12)

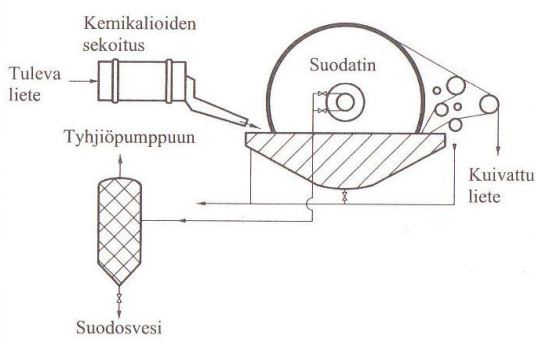
3.5 Lietteiden kuivauksen muut menetelmät

Kunnostuksen jälkeen yhdyskuntaliete kuivataan joko imusuodatuksella tai suotopuristimen tai linkouksen avulla. Kaikille näille kuivausmenetelmille on ominaista, että lietteiden kuivauksen parantamiseksi niissä käytetään lietteiden erilaisia kunnostustapoja, esim. joskus liete sekoitetaan käsiteltyyn jätevedeen sakeuttamon tyypisessä altaassa tai lietteiden joukkoon sekoitetaan erilaisia kemikaaleja. Lietteiden kuivauksen kunnostuskemikaalina voi toimia koagulantti eli ferrikloridi, ferrisulfaatti, alumiinisulfaatti, kalkki tai orgaaninen, yleensä kationinen polymeeri, ns. polyelektrolyytti. (2, s.566)

Linkoja on monenlaisia. On olemassa dekanterili-, kori-, levy-, työntömäntä-, monikammio-, putki-, ja ultralinkoja. Yhdyskuntalietteiden kuivaamisessa useimmiten käytetty linkotyyppi on dekanterilinko, joten alla olevat teoria- ja toimintaperiaateselostukset liittyvät tähän linkotyyppiin.

3.5.1 Imusuodatus

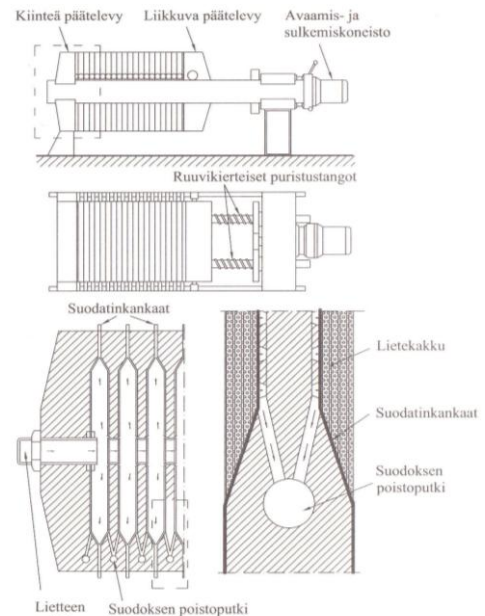
Imusuodatus on menetelmä, jossa viiralla peitetty rumpu on osittain upotettu kuivattavaa lietettä sisältävään altaaseen. Imusuodattimen rumpu on kytketty tyhjiöpumppuun, joka imee lietealtaasta lietettä viiran päälle. Rummun pyöriessä tyhjiöpumpun imu saa aikaan sen, että osaa lietteen nesteestä suodattuu viiran läpi pois. Viiran päälle muodostuva kuiva lietekekerros on 10 – 15 mm paksu. Lietekerros poistetaan viirasta rummun vastakkaisella puolella. Imusuodatuksen kuivausteho on 25 – 30 kg kiinteätä ainesta yhtä suodattimen neliometriä kohti. Tällä menetelmällä kuivattu liete sisältää 20 – 30 % kiintoainetta. (2, s. 566)



Kuva 7. Imusuodatuslaitoksen rakenne ja toimintaperiaate (2, s. 566)

3.5.2 Suotonauhapuristin

Suotopuristimet voivat olla joko panos- tai jatkuvatoimisia. Panostoimisessa suotopuristuksessa liete pumpataan viirapintojen rajoittamien kammioihin, joista liete puristautuu joko pumppauksen paineen tai ulkoisen puristuksen vaikutuksesta pois. Kammioiden täytyttyä puristin avataan ja kuivattu liete poistetaan. Jatkuvatoimisisissa viirapuristimissa liete pumpataan kahden viiran kapenevaan välitilaan, johon muodostuu lieteveittä puristava paine. Suotopuristimilla saadaan kuivaa kakkua, jonka kiintoainepitoisuus on 20 – 40 %. (2, s. 567)



Kuva 8. Kammipuristuslaitoksen rakenne ja toimintaperiaate (2, s. 567)

3.6 Linkokuivauksessa käytettävät polymeerit eli polyelektrolyytit

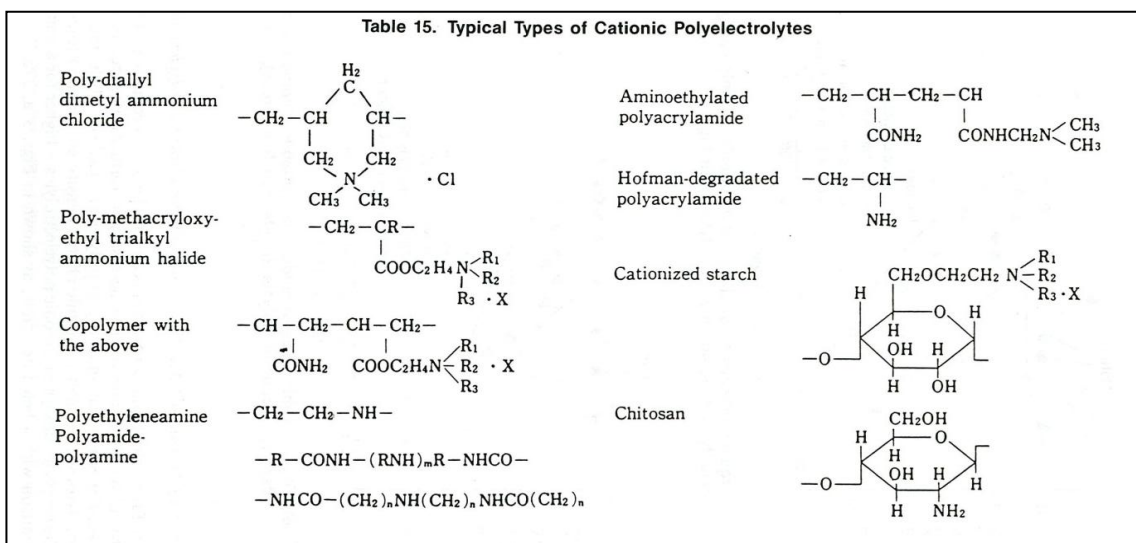
Lietteen vedenerottumiskykyä linkokuivauksessa voidaan parantaa käyttämällä polyelektrolyyttejä. Orgaanisten polyelektrolyyttien vaikutus lietteeseen on kompleksinen prosessi, jossa erikokoisten partikkeleiden rakennetta destabiloidaan neutraloimalla niiden varausta. (6, s. 25) Polyelektrolyyttien valmistajat pitävät yleensä valmistamiensa polyelektrolyyttien rakennekaavat omana knowhow-tietona, eikä käytettävien polyelektrolyyttien rakennetta yleensä tiedetä. Tavallisesti valmistajat ilmoittavat tuoteselostuksissa polyelektrolyytin nimen, varauksen, kationisuuden, anioinisuuden, värin, partikkelikoon ja viskositeetin.

3.6.1 Polyelektrolyyttien luokittelu varauksen mukaan

Varauksesta riippuen polyelektrolyyttejä on kolmenlaisia: kationisia (kuva 8), nonionisia ja anionisia. Polyelektrolyyttien valtavan määrän johdosta niiden toimivuus on määritettävä kokeellisesti. Tärkein ratkaiseva tekijä on lietteen laatu. Tiedetään, että biolietteen käsittelyssä kationiset polyelektrolyytit ovat parhaita ja kemiallisen lietteen käsittely vaatii anionisia polyelektrolyyttejä. (2, s. 578)

3.6.2 Polyelektrolyyttien luokittelu molekyylipainon mukaan

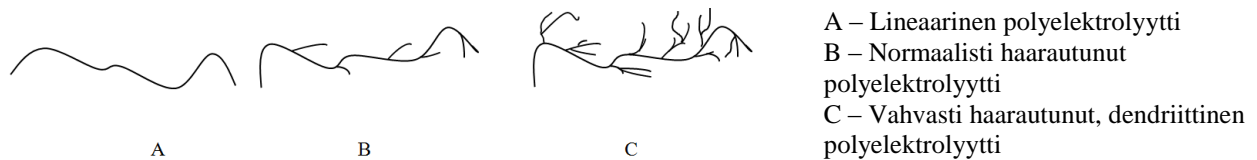
Molekyylipainosta riippuen polyelektrolyytit voivat olla kevyitä, molekyyli­massa 10^4 - 10^5 , keskipainoisia, molekyyli­massa 10^5 - 10^6 , painavia, molekyyli­massa 10^6 - $5 \cdot 10^6$ ja raskaita, molekyyli­massa suurempi kuin $5 \cdot 10^6$.



Kuva 9. Esimerkki joidenkin tyypillisten kationisten polyelektrolyyttien kemiallisesta rakenteesta (13, s. 447)

3.6.3 Luokittelu haarautuneisuuden mukaan

Haarautuneisuuden mukaan polyelektrolyytit luokitellaan lineaarisiksi, normaalisti haarautuneiksi ja vahvasti haarautuneiksi eli dendriittisiksi polyelektrolyyteiksi.



Kuva 10. Polymeerin luokittelu haarautuneisuuden mukaan (15, s. 329)

3.6.4 Polyelektrolyyttien annostelu

Polyelektrolyytin annosteluun vaikuttavat mm. sen ja linkokuivaukseen tulevan mädätetyn lietteen pH, kiintoainepitoisuus, alkaliteetti ja käytettävä lietteen kuivausmenetelmä. Yleensä polyelektrolyytin syöttömäärä vaihtelee 1-7 kg PE/t TS. (2, s. 578)

Sopivan polyelektrolyytin syöttötason määrittämiseksi on olemassa erilaisia laboratoriotestejä, esimerkiksi Buchnerin suppilotesti, jar-testi sekä kapillaari-imeytystesti (CST), jonka avulla saadaan testattaville aineille spesifinen imeytykselle vastustusarvo SRF (Specific Resistance to Filtration). (14) (15, s. 419) Parhaan tuloksen kuitenkin saa määritettyä vain täyden mittakaavan koeajoissa.

Polyelektrolyytin annostelun säätämisessä pyritään minimoimaan sen kulutusta ja maksimoimaan veden erottumista flokin kiintoaineesta. Sopiva polyelektrolyytin annostelu löytyy kokemukseräisesti, joko aistinvaraisella rejektiveden ja kuivatun kakun tarkkailulla tai tietotekniikan avusteisesti. (6, s. 26)

Aiempien tutkimusten mukaan (15, s. 417) kunnostuskemikaalin optimisyöttömäärä kasvaa lietteeseen sisältyvien kolloidikokoa olevien partikkeleiden määrän kasvun mukaan. Lietepartikkeleiden yhteinen varaus ei taas korreloi kunnostuskemikaalin annostelun suuruuden kanssa. Tutkimuksissa osoitettiin, että lietepartikkeleiden zeta-potentiaalin negatiivinen varaus

säilyi jopa huomattavalla polymeerin yliannostuksella. Tämä tulos johtaa siihen, ettei aina automaattinen polyelektrolyytin annostelun säätö varauspotentiaalimittauksen (ns. SCD, Streaming Current Detector) avulla onnistu. Samassa tutkimuksessa todettiin, että lietepartikkeleden varauksen neutraloiminen ei ole ehdoton edellytys lietteen flokin muodostumiseen. (15, s. 422) On myös havaittu, että rejektiveden turbiditeetin (sameuden) arvo ja kuivatun kakun kiintoainepitoisuuden arvo ovat taas tärkeitä polyelektrolyytin optimisyötön löytämisen kannalta. Tutkimuksissa turbiditeetin ja polyelektrolyytin optimisyötön välillä korrelatio R^2 oli 0,91 tai 91 %. (16, s. 420) Ihanteellinen kuivauksen seuraamisen kannalta vaihtoehto olisi siis kahden edellä mainitun mittauksen rinnakkaistoiminta.

Toisten tutkimuksien mukaan (17, s. 174 – 175) liiallinen polyelektrolyytin syöttö voi kasvattaa (= heikentää) lietteestä erotetun rejektiveden CST (capillary suction time), kapillaari-imutestin tulosta.

3.6.5 Polyelektrolyyttien toimintaperiaate

Polyelektrolyyttien reaktiota lietepartikkeleiden kanssa voidaan kuvata kuuden reaktion avulla.

1. Kun polyelektrolyytti pääsee kontaktiin vastakkaista varausta olevan lietepartikkeliin, niin syntyy epästabiili partikkeli

Polyelektrolyytti + Lietepartikkeli \longrightarrow Epästabiili partikkeli

2. Adsorptio- ja flokinmuodostusreaktio, jossa epästabiili partikkeli muodostaa flokin toisen epästabiilin partikkelin kanssa. Reaktio vaatii aktiivista sekoitusta, jotta destabiloidut partikkelit kohtaisivat toisensa:

Epästabiili partikkeli + Epästabiili partikkeli $\xrightarrow{\text{Flokkaus}}$ Flokki

3. Lietteiden alikunnostumisreaktio, jossa epästabiili partikkeli ei liity yhteen toisen epästabiilin partikkelin kanssa, vaan se adsorboituu uudestaan polyelektrolyytin kanssa. Reaktio johtuu polyelektrolyytin liian alhaisesta syötöstä, jolloin lietepartikkelin varauksen neutralisointi jää vajaaksi.

Ei kontaktia toisen epästabiilin
partikkelin kanssa

Epästabiili partikkeli + Polyelektrolyytti \longrightarrow Uudelleen stabioitu partikkeli

4. Tässä reaktiossa polyelektrolyyttiä on reaktiofaasissa ylimäärin ja se stabiloii partikkelin. Syynä polyelektrolyytin ylimäärään saattaa olla sen liian korkea konsentraatio tai liian aktiivinen liete-polyelektrolyytti -systemin sekoitus.

ei vapaita paikkoja

Polyelektrolyytti + Partikkeli \longrightarrow Stabiili partikkeli

5. Tässä reaktiossa flokki hajoaa osiksi liian pitkän tai intensiivisen sekoituksen johdosta.

Liian voimakas
tai pitkä sekoitus

Stabioitu flokki \longrightarrow Palasiksi hajonnut flokki

6. Tässä reaktiossa tapahtuu sekundäärinen uudelleen adsorptio. Uudelleen adsorptio voi tapahtua suotonauhan suodoksessa tai lingon rejektissä, mikä voi vaikeuttaa niiden puhdistamista.

Flokin palanen \longrightarrow Uudelleen stabioitu flokin palanen (6, s. 26)

3.7 Lietekuivauksen näytteenotto

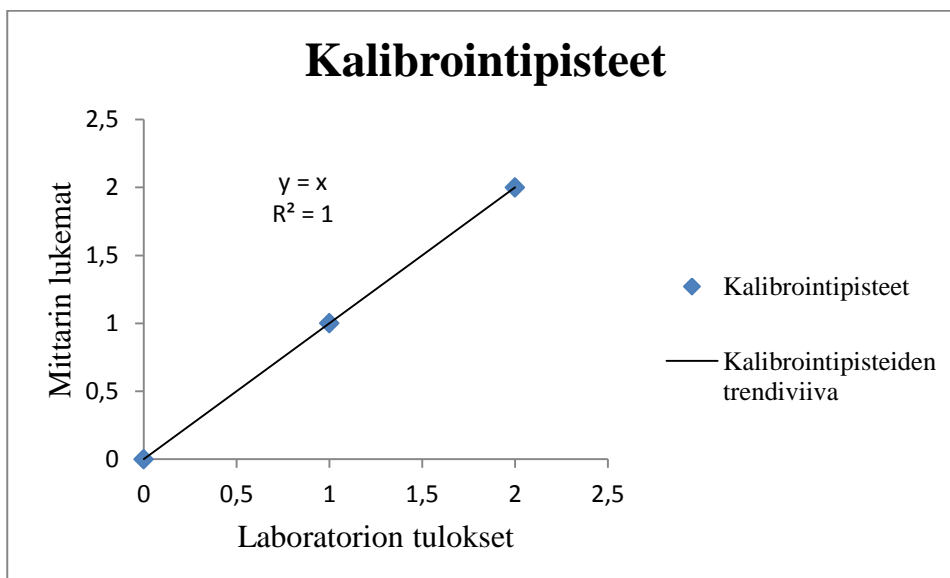
Näytteenotto on tärkeä toimenpide prosessin toiminnan tehokkuuden ja toimivuuden määrittämiseksi. Lietteiden kuivauksen näytteenoton tarkoitus on mitata kuivatun kakun ja/tai rejektiveden kiintoainepitoisuutta. Näytteenotto voi olla off-line - mittauksena laboratorioissa suoritettava tai on-line-mittauksena toteutettu. On myös olemassa kolmas näytteenottotyyppejä - in-line-mittaus, kun koko materiaalmäärän kiinnostavaa ominaisuutta mitataan. Mutta mädätetyn lietteiden tapauksessa tämä on täysin mahdotonta valtavan lietemäärän johdosta, joten tämä näytteenottomenetelmä on suljettava pois.

Off-line-valvonnassa osa kuivatusta lietteestä otetaan manuaalisesti näyte ja tutkitaan laboratorioissa. Tämä menetelmä vaatii siihen tehtävään koulutettua henkilökuntaa. Off-line-mittauksen hyvä puoli on laboratorioanalytiikan tarkkuus ja luotettavuus, heikkona puolena on näytteenoton, edustavuuden, näytteen säilymisen ja kuljetuksen aikana tehtävän virheen todennäköisyys ja viive, jolla laboratorion raportit tulevat. (18) Off-line-mittaus taas soveltuu

erinomaisesti niihin prosesseihin, joissa mitattava suure muuttuu hyvin hitaasti eikä sen suuruuden muutokset vaadi pikaisia toimenpiteitä. Off-line-mittauksena voi toteuttaa sellaisen suureen mittauksen, jolla on hyvinkin pitkät vaihteluvälit ja mahdolliset prosessiolosuhteiden muutokset näkyvät vain pitkähkön ajan kuluttua. Lietteen kuivauksen on uskottu olevan tyypillisesti hitaasti muuttuva prosessi, jolloin kertainäyte kuvastaisi riittävällä tasolla kuivauksen tason.

On-line-mittauksessa osa kuivatusta lietteestä/rejektivedestä ohjataan lingon lietteen purkupäästä mittausslaitteen anturille ja sitten palautetaan takaisin käsittelyprosessiin. On-line-mittaus antaa mittaustuloksia heti, mutta tulosten epävarmuus on laboratoriotuloksia korkeammalla, sillä on-line-mittarin anturit voivat vioittua tai likaantua ja alkaa antaa väärää tuloksia. On-line-mittauslaitteiden huolto vaatii koulutettua ja osaavaa henkilökuntaa. On-line-mittaus soveltuu dynaamisiin prosesseihin, joissa mitattava suure saattaa vaihdella hyvinkin nopeasti ja prosessin optimointi tai hyväksi todettuun väliin palauttaminen vaatii pikaisia muutoksia prosessin ohjauksen kannalta tärkeisiin ajoparametreihin. Joskus käy niin, ettei mittarin lukeman arvo ole pääroolissa, vaan se suunta – trendi – mihin lukeman suuruus on menossa, ylös- tai alaspäin.

Ennen on-line-mittarin käyttöönottoa se pitää kalibroida. Yleensä kalibrointi suoritetaan mittarin valmistajan suositusten mukaan niin, että otetaan kalibrointivälikäytännön mukaan näyte, kirjataan huolellisesti mittarin lukema ja tarkka kellonaika ja viedään otettu näyte laboratorioon tutkittavaksi. Sitten laboratorioraportin saavuttua vertaillaan muistiin otettua lukemaa laboratorioarvoon ja näin lasketaan korrelaatiokerroin. Lopputuloksena pitäisi tulla kuvan 10 mukainen kuvaaja.



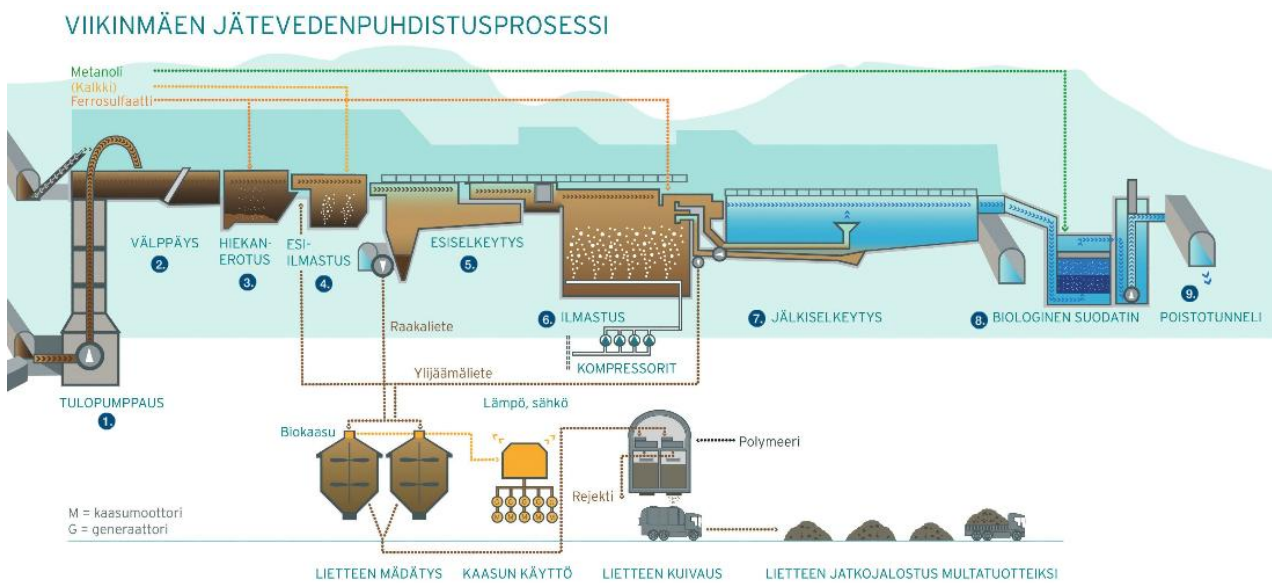
Kuva 11. On-line-mittauslaitteen kalibrointifunktion kuvaaja

Ihanteellisena kalibrointifunktion kuvaajana pidetään origosta nousevaa suoraa, jonka kulmakerroin on 1. Kalibrointipisteiden määrää voi vaihdella, yleensä niitä pitää olla 1 – 9 kpl.

Täydellisen kuvan linkokuivauksen onnistumisesta antaisivat rinnakkain toimivat rejektiveden kiintoainepitoisuutta mittaava on-line-laite ja kuivatun lietteen kiintoainepitoisuutta mittaava on-line-laite.

4 Viikinmäen jätevedenpuhdistamo

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo on vuonna 1994 toimintansa aloittanut nykypäiväinen jätevedenpuhdistuslaitos, jonka prosessiyksiköt on sijoitettu suurimmaksi osaksi maan alle, kallioon louhittuihin tiloihin. Viikinmäen jätevedenpuhdistuslaitosta kutsutaan Suomen merkittävimmäksi Itämeren suojeluprojektiksi, ja syystäkin: se ottaa vastaan ja puhdistaa kaikki Helsingin, Vantaan keski- ja itäosien, Keravan, Tuusulan, Järvenpään, Mäntsälän Ohkalan, Pornaisten ja Sipoon eli noin 800 000 asukkaan jätevedet. Sen lisäksi puhdistamolla on teollisuusjätevesisopimus 69 yritysten kanssa, joiden päästöjen osuus jätevesiin on n. 15 %.



Kuva 12. Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessi (17, s. 18)

Puhdistamo on aktiivilietelaitos, jossa typen poisto suoritetaan aktiivilietemenetelmällä eli ns. denitrifikaatio-nitrifikaatioperiaatteella. Typen poistoa tehostetaan denitrifioivalla jälkisuodatuksella. Fosforia poistetaan rinnakkaissaostuksella, ja saostuskemikaalina käytetään ferrosulfaattia. Puhdistusprosessin lopputuloksena syntyy tpeestä, fosforista ja orgaanisesta aineksesta vapautettua vettä, välpettä, hiekkaa ja yhdyskuntalietettä. Välpe kuljetetaan Ekokemin polttokäsiteltäväksi ja liete stabiloidaan mädättämällä. Mädätyksestä syntynyt kaasu hyödynnetään puhdistamon voimalaitoksessa, ja sen avulla tuotettu sähkö ja lämpö käytetään laitoksen tarpeisiin. Mädätetty liete linkokuivataan, mikä vähentää kuljetettavan kuorman massaa ja tilavuutta dramaattisesti.

Lietteen lisäksi linkouksen lopputuloksena syntyy rejektivettä, jonka kiintoainepitoisuutta mittaa on-line - mittauksena koekäytössä oleva pilot-laite. Polymeroinnin ja ylipäättään linkouksen tehokkuuden kannalta tieto rejektiveden kiintoainepitoisuudesta ei ole sellaisenaan riittävä, vaan massatasekokonaisuuden hahmottamiseen on tiedettävä myös kuivatun kakun kiintoainepitoisuus. Näin syntyy täydellinen kuva linkouksesta, ja on mahdollista päästää polyelektrolyytin säästeliääseen ja taloudellisesti edulliseen annosteluun.

4.1 Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteenkäsittely

Ensimmäisenä prosessin kulussa mädätykseen menevä lietejake erotetaan seitsemän esiselkeytysaltaan neljästätoista lietetaskusta. Esiselkeytysaltaista erotettavan lietteen nimi on raakaliete. Raakaliete on väriltään ruskea ja orgaanisesta epästabilisuudesta johtuen haiseva. Jokaista esiselkeytyslinjaa kohden syntyy 120 – 220 m³ raakalietettä päivässä.

Laitoksen biologisesta puhdistusprosessista eroteltavaa lietettä kutsutaan ylijäämälietteeksi. Ylijäämälietteen määrä riippuu prosessin asetuksiin laitetusta laskennallisesta lieteiästä. Lieteikä taas kuvaa biomassan keskimääräistä viipymää prosessissa. (20, s. 5) Jossain tapauksissa ylijäämäliete johdetaan gravitaatioputkessa vesiasemalta ylijäämälietteen käsittelyyn, jossa sitä voidaan sakeuttaa kahden ylijäämälietelingon avulla. Ylijäämäliete palautetaan sellaisenaan laitoksen alkuun, sillä se sisältää prosessin kannalta tärkeitä mikro-organismeja. Tällöin liete poistetaan ns. sekalietteenä esiselkeytysaltaiden gravitaatiotiivistimistä. (21, s. 8)

Ylijäämälietelinkouksen tarkoitus on sakeuttaa ylijäämälietettä tilanteissa, joissa ylijäämäliete johdetaan suoraan lietteen käsittelyyn. Linkosakeutettu liete ei sisällä niin paljon lietteen käsittelyn kannalta hyödyttöä vettä ja mädättämöihin mene enemmän mädätyksen kannalta hyödyllisempää kiintoainetta. Näillä toimenpiteillä parannetaan käsittelytulosta ja alennetaan käyttökustannuksia. (21, s. 8) Ylijäämälietelinkouksella ei ole niin merkitystä ylijäämälietteen sakeuttamisen kannalta, koska esiselkeytyksen lietetaskuissa päästään samaan kuiva-ainepitoisuuteen, mutta se on tärkeä prosessi halutun lieteiän ylläpitämiseksi. (21, s. 8-9)

Ulkopuolisena orgaanisena massana Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle kuljetetaan myös erilaisten marjojen uutosta syntyvää permeaattitiivistettä, jota käytetään heterotrofisten bakteerien ulkoisena hiilenlähteenä. Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle tullutta orgaanista rasvaa käytetään

mädätyksessä apuaineena. Rasvajätettä pumpataan raakalietealtaaseen ja sieltä eteenpäin mädätykseen. Rasva on edullinen apuaine metaanisaannon kannalta, katso taulukko 3.

Ennen pumppausta mädättämöihin kaikki lietteet päätyvät raakalietealtaaseen, joten mädätettävä liete on sekalietettä. Raakalietealtaan tilavuus on 500 m³, ja sen tarkoitus on tasata sinne tulevien lietteiden laatu- ja määrävaihtelut. Raakalietealtaaseen pumpataan myös laitoksen ulkopuolelta tullutta, mädätykseen sopivaa jätemateriaalia. Ennen mädätystä raakaliete käy lämmönvaihtimissa ottamassa mädätetyn lietteen lämpöenergiaa talteen. Näin säästetään raakalietteen mädätyslämpötilaan lämmityskustannuksissa. Lämpöä talteen ottanut raakaliete palautetaan raakalietealtaan lähtöpäähän, sinne mistä lähtevät mädättämön syöttöpumppujen imuputket. (21, s. 9)

Viikinmäessä mädätys tapahtuu neljässä suoraan kallioon louhitussa mädättämössä. Jokaisen tilavuus on 10 000 m³. Mädättämöt toimivat yhtenevien astioiden periaatteella, ja mädätystä tapahtuu kahdessa sarjassa olevassa vaiheessa. Mädättämöt on varustettu pystyasenteisella lapasekoittimella. (7, s. 21-22) Lietteiden viipymä mädättämöissä on noin 16 – 21 päivää.

Mädätyksen jälkeen mädätetty liete johdetaan ilmastettua kanavaa pitkiin kolmeen välivarastoon, joiden yhteinen tilavuus on 10 000 m³. Ilmastuksen tarkoitus on pysäyttää anaerobisten bakteerien mädätyksen aiheuttavaa toimintaa ja parantaa lietteen laskeutuvuutta. Ilmastuskanavaan on asennettu samanlaisia ilmastusputkistoja ja -kalvoja kuin ilmastusaltaisiin. Mädätetty liete ei enää haise, koska metaania tuottavien bakteerien toiminta on pysäytetty.

Välivarastosta liete syötetään koneelliseen kuivaukseen lingoille. Mädätetyn lietteen kuivaukseen Viikinmäessä käytetään neljää Humbolt-dekanterilinkoa. Dekanterilinkojen tyypillinen syöttömäärä on 45 – 60 m³. Linkokuivattavaan lietteeseen lisätään polyelektrolyyttiä parantamaan lietteen kuivattamista. Polyelektrolyytinä käytetään Kemira Oy:n Superfloc C-491 VP:tä. Dekanterilingoista poistuvan lietteen kiintoainepitoisuus on 25–30 m-%. (7, s. 49) Viikinmäessä lietelingoilla mekaanisesti kuivattu mädätetty liete jaetaan hihnakuivattimilla neljään varastosiiloon (4 x 250 m³), joista liete kuljetetaan rekka-autoilla jatkokäsittelyyn Sipoon Metsäpirtin kompostikentälle.

Vuonna 2010 Viikinmäessä linkokuivattiin 61 943 tonnia lietettä ja keskimääräinen kiintoainepitoisuusprosentti on ollut 28,4 %.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on pilotoinnissa jatkuva linkouksesta syntyvän rejektiveden on-line-mittaus. Mittauslaitteen on toimittanut Metso Oyj. Mittauksen tavoitteena on polymeeriannostuksen optimin löytäminen ja laitoksen sisäisen kiintoainekuorman vähentäminen. Mittaus ilmoittaa rejektiveden kiintoainepitoisuutta yksikköinä mg/l. Rejektiviesikiintoainepitoisuusmittaus on koeajoissa osoittautunut oivaksi menetelmäksi polyelektrolyyttien toimivuuden arvioinnissa ja oikean polyelektrolyyttityypin valinnassa. Kokeissa on havaittu myös rejektiveden laadun nopeat muutokset ja off-line-näytteenoton heikkous tässä mittapisteessä.

Ilman kuivatun kakun kuiva-aineen pitoisuutta ei saada linkouksen lopputuloksen kokonaiskuva. Tästä syystä Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle on päätetty hankkia testattavaksi kuivatun kakun kiintoainepitoisuutta mittaava laitteisto, jonka avulla voitaisiin säätää lingon toimintaa, polyelektrolyytin syöttöä, momenttia ja kuivattavan lietteen syöttöä jatkuvaan kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuuden mittaukseen perustuen. Näin olisi mahdollista kehittää tehokas ja nopea säätö ja sitä kautta tasainen ja tavoiteltu kuiva-ainepitoisuus. Tarkoin mitoitettulla polyelektrolyyttiannostuksella ja kuljetettavan lietteen vesipitoisuuden vähenemisellä on myös taloudellinen merkitys, koska oikein toimivalla linkousprosessilla säästetään kuljetuksissa, polyelektrolyytissä ja energiassa.

Polymeeriannostukselle on olemassa optimialue, joka on kompromissi kuivatun lietteen ”kuivuuden” ja rejektiveden ”puhtauden” välillä. Optimialue on löydettävissä seuraamalla sekä rejektiveden että kuivatun lietteen kiintoainepitoisuutta mittaavaa laitetta. Jos kuivatun lietteen kuiva-aineprosentti- ja rejektiveden kiintoainepitoisuusmittarit osoittautuisivat toimiviksi ja luotettaviksi laitteiksi, tulevaisuudessa linkojen ohjaus olisi mahdollista toteuttaa takaisinkytketyn säädön avulla, jolloin polymeerin annostelu suoritettaisiin mitatun kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuuden ja rejektiveden laadun mukaan. Kuivatun lietteen on-line-mittaus mahdollistaa myös lingon kunnon ja toimivuuden jatkuvan seurannan. Rejektiviesi- ja kuivakakkumittauksilla voi myös testata uusia markkinoille ilmestyviä polyelektrolyyttejä ja toteuttaa kilpailutustilanteet off-line-näytteenottoa luotettavammin.

4.2 Linkojen ohjaus

Jätevedenpuhdistamojen linkoja ohjataan tyypillisesti lingoille tulevan lietteen tilavuusvirran mukaan. Tässä ohjaustavassa on ongelmansa, sillä lingoille tulevassa lietteessä saattaa olla suuriakin laatuvaihteluita. Tämän epätasaisuuden takia polyelektrolyytin annostelu ja linkon muut ohjausparametrit eivät ole optimaalisia.

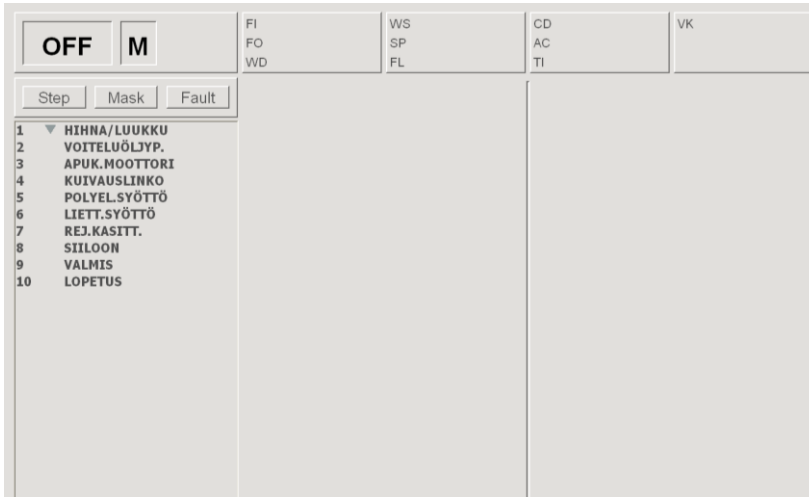
Viikinmäen jäteveden puhdistamon lingot ohjautuvat lingoille tulevan kuorman mukaan. Lingolle tulevan lietteen tilavuusvirta \dot{Q} (kuva 14, kohta G) ja lietteeseen sisältyvän kiintoaineosuus TS% (kuva 14, kohta F) tiedetään. Linkojen syöttölietteen kiintoaine mitataan Metso TS Kajaani -mittalaitteella, missä mittaus perustuu mikroaaltomittaustekniikkaan. Tunnissa lingolle tuleva kuorma lasketaan kaavalla:

$$\text{Kuorma lingolle} = \dot{Q} \cdot 3600 \cdot \frac{TS\%}{100} + \text{PE-liuoksen syöttö/h} \quad (6)$$

4.3 Prosessinhallintajärjestelmänä Metso DNA

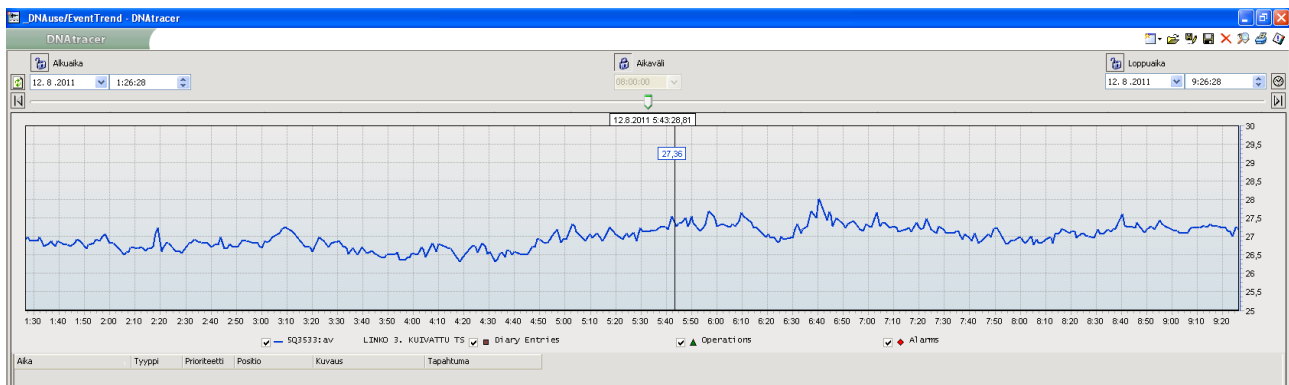
Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla prosessia ohjataan Metso DNA -nimisen prosessihallintajärjestelmän avulla. Metso DNA -käyttöliittymä mahdollistaa erilaisten laitteiden ja prosessien etähallinnan. Metso DNA:n graafinen käyttöliittymä auttaa hahmottamaan koko jäteveden puhdistusprosessia sekä laajana että pienistä osaprosesseista koostuvana kokonaisuutena.

Yleensä automaatiokokonaisuudet, esimerkiksi linkojen käynnistykset ja pysäytykset sekä kunnostuskemikaalin liuotus ja annostelu, etenevät kokonaisuuksina, ns. sekvensseinä. Sekvenssit koostuvat askelista ja etenevät niin, että jos askel ei mennyt jostakin syystä loppuun asti, niin seuraava askel ei ala. Näin taataan käskykokonaisuuksien suunnitellun mukainen etenemisjärjestys ja laitteiston turvallinen käyttö. Kuvassa 12 on esitetty esimerkki linkon käynnistyssekvenssistä.



Kuva 13. Lingon käynnistyssekvenssi

Prosessinhallintajärjestelmä antaa joustavat työkalut prosessien trendien kehityksen seurantaan. Antureiden lukemat pystyy esittämään kuvaajien muodossa, informaatio pystyy etsimään ajanjakson, hälytysten ja prosessiin tehtyjen muutoksen mukaan. Mittareiden lukemat trendissä ovat yleensä automaattisesti skaalattuja, mutta tarvittaessa niitä voi skaalata halutun mitta-asteikon mukaan. Esimerkki lingosta poistuvan kuivattavan lietteen kiintoainepitoisuustrendistä on esitetty kuvassa 13.

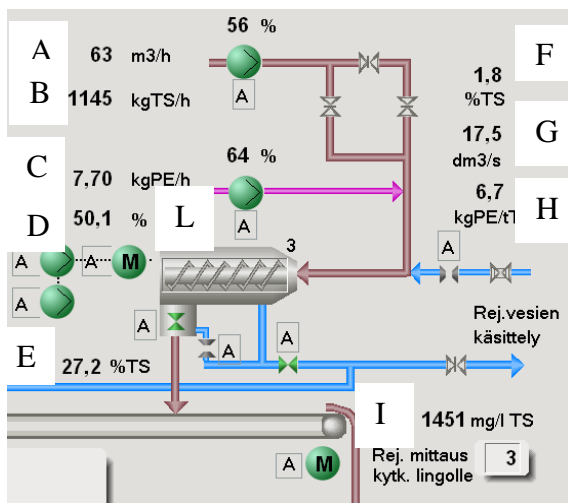


Kuva 14. Senfit BSA:n kuivattavan kakun kiintoainepitoisuustrendi

4.3.1 Lingot Metso DNA -ympäristössä

Kuivauslinkoja ohjataan Metso DNA -automaatiojärjestelmän avulla. Metso DNA:n avulla linkojen toimintaan voi tehdä muutoksia: laittaa päälle ja pois, ohjata kuivattavan lietteen virtaa, lisätä/vähentää kunnostuskemikaalin syöttöä ja muuttaa toimivan lingon momenttia. Lingot voivat toimia automaattisesti, ohjautuen lingolle tulevan kiintoainekuorman ja lingoista lähtevän rejektiveden laadun mukaan, tai manuaaliohjauksella, jolloin käyttäjä voi syöttää lingolle tulevan kuivattavan lietteen määrää tunnissa, polyelektrolyyttisyötön ja momentin arvoja. Kuvassa 15 on

esitetty lingon kuva Metso DNA -automaatiojärjestelmässä. Siinä samassa kuvassa näkyy kaikki lingon ohjauksen kannalta tärkeät parametrit.



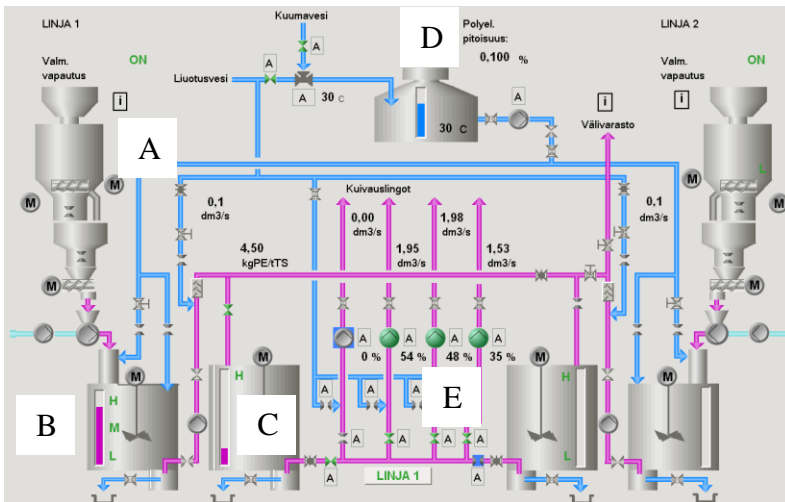
Kuva 15. Lingon ohjauksokuva Metso DNA:ssa

- A = Lietteiden tilavuusvirta lingolle
- B = Lingolle tunnissa tuleva kiintoainemassa
- C = Polyelektrolyytin tuntikulutus
- D = Lingon momentti
- E = Kuivakakun kiintoainepitoisuusprosentti
- F = Syöttölietteen kiintoainepitoisuusprosentti
- G = Syöttölietteen tilavuusvirta
- H = Polyelektrolyytin syöttö yhtä kiintoainetonnia kohti
- I = Rejektiveden kiintoainepitoisuus
- L = Linko

4.3.2 Polyelektrolyytin liuotus Metso DNA -ympäristössä

Polyelektrolyytti tulee Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle 500 kg:n säkeissä. Säkit kumotaan vuorotellen siiloon, ja siitä polyelektrolyytti jatkaa annosteluruuvien avulla vaa'an kautta liuotusastiaan, jonne pumpataan lämmintä vettä. Ensimmäisen liuotuksen jälkeen polyelektrolyyttiliuoksen konsentraatio on 0,5 %. Toisessa liuotuksessa liuoksen konsentraatio asettuu tavoitearvolle eli 0,1 %. Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on kaksi polyelektrolyytin annostelulinjastoa. Jokaisella lingolla on oma lietteen ja polyelektrolyytin syöttöpumppunsa. Polyelektrolyyttiliuos syötetään kuivattavan lietteen sekaan juuri ennen linkoa. (5, s.67) Polyelektrolyytin liuotus- ja annostelulinjat on esitetty kuvassa 16.

Yleensä lietteen linkous on päällä jatkuvasti 24 tuntia vuorokaudessa vuoden jokaisena päivänä. Normaalityöaikana lingot huolletaan ja niiden toimintaan tarvittaessa tehdään perustavia muutoksia. Muulloin lingot toimivat miehittämättöminä ja ovat laitoksen 24/7 käytönvalvonnan tarkkailussa. (6, s. 66)



- A = Polyelektrolyttisiilo
 B = Liuotusastia
 C = Annosteluastia
 D = Lämminvesisäiliö
 E = Polyelektrolyttiliuoksen syöttöpumppu

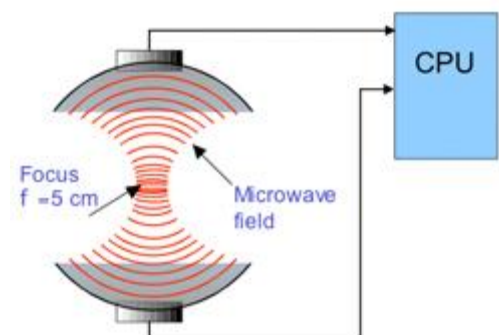
Kuva 16. Polyelektrolytin liuotus- ja annostelinjat 1 ja 2

4.4 Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusmittari Senfit BSA

Senfit Oy:n valmistama Senfit BSA (Biosolids analyzer) -mittalaite on läpäisevään mikroaaltomittaukseen perustuva kiintoainemittari. Laitteen mittaama kiintoaineprocentti lähetetään laitoksen prosessihallintajärjestelmään (PHJ) 4 – 20 mA:n analogisena signaalina. Skaalaus on tehty niin, että 4 mA = 0 % ja 20 mA = 100 %. (24, s. 1)

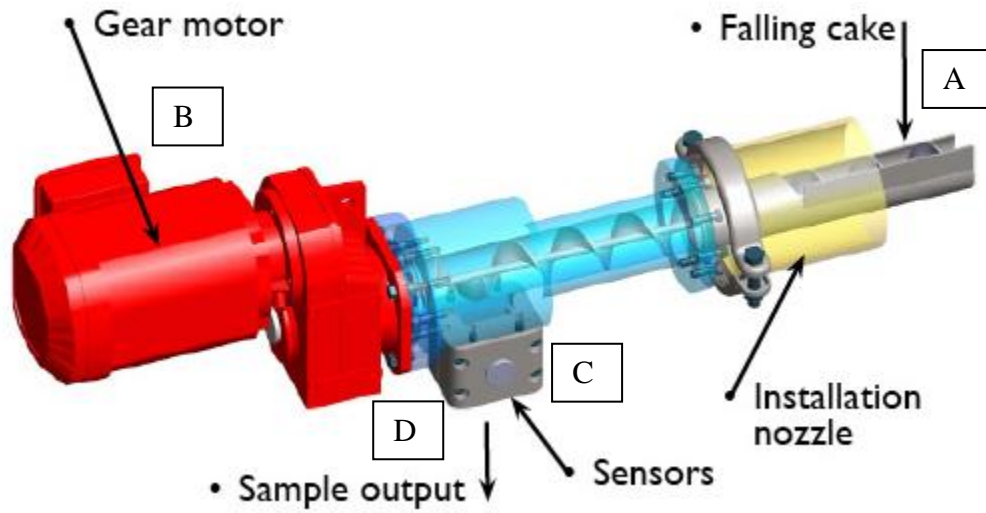
Senfit BSA –mittari (kuva 17) on asennettu linkojen lietteenpoistokuiluun niin, että näytteenottoruuvi on sen sisäpuolella ja lingosta lähtevä liete osuu ruuville. Moottori B pyörittää näytteenottoruuvia A ja ruuvin pyöriessä näyte liikkuu kohti anturia C ja sen läpäistyään putoaa näytteenpoistoaukosta D lietteen kuljetushihnalle ja palautuu muun kuivatun lietteen seassa lietesiihloon. Mittauksen onnistumisen kannalta kriittistä on näytteen saanti ruuville A (kuva 18) ja sen tasainen virtaus mittauskohdan C läpi (kuva 18).

Mittausmenetelmä perustuu mikroaaltojen etenemisnopeuteen mitattavassa väliaineessa, ja se tehdään ns. läpimittausperiaatteella, jolloin mahdollisesti anturin (kuva 16) pintaan tarttuva aines voidaan eliminoida mittaustuloksesta kalibroimalla. Mikroaaltojen etenemisnopeus riippuu väliaineen dielektrisyysvakioista, joka puolestaan on sitä matalampi mitä enemmän väliaine sisältää kiintoainetta. Mittausperiaatteen ansiosta virtausnopeus, turbulenssi tai paine eivät



Kuva 17. Senfit BSA:n toimintaperiaate

jätevesisovelluksissa vaikuta tuloksen luotettavuuteen. Mittaukseen ei vaikuta väliaineen väri, kiintoainepartikkelien muoto tai koko, eikä likaantuminen ole ongelma mittaukselle. (25, s. 17)



Kuva 18. Senfit BSA -mittarin rakenne

II. Kokeellinen osa

5 Senfit BSA:n soveltuvuus Viikinmäen jätevedenpuhdistamon toimintaympäristöön

Kokeellisen osan tarkoituksena oli selvittää Senfit BSA:n soveltuvuutta Viikinmäen jätevedenpuhdistamon toimintaympäristöön. Laite soveltuu johonkin toimintaympäristöön, kun sen antamat mittaustulokset ovat selkeät ja ajankohtaiset, mittausalue sopiva ja laitteen toiminnasta pystytään saamaan taloudellista hyötyä.

Linkokuivatun lietteen kiintoainemittari voi olla taloudellisesti hyödyllinen laite, jos sillä pystytään säästämään polyelektrolyytissä ja muissa kemikaaleissa, kun rejektin kanssa aiemmin kierrossa ollut kiintoainekuorma poistuu mädätyksessä käyneen kuivatun lietteen mukana. Polyelektrolyytissä säästöä tulee mitoittamalla polyelektrolyytin syöttö oikein, kun linkoon menevä polyelektrolyyttisyöttö on tarpeellinen, ei liian vähäinen eikä päinvastoin sitä mene lingolle ylimääräisesti.

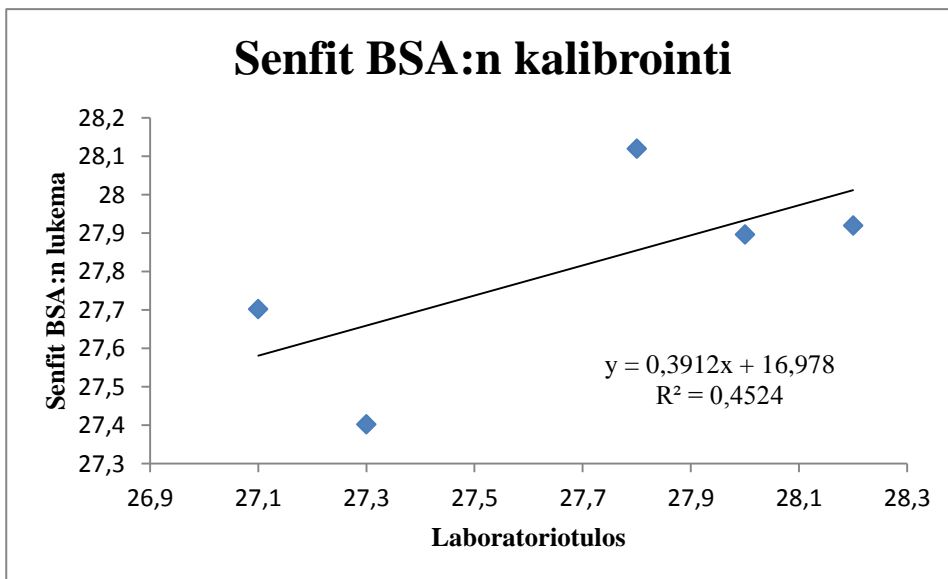
Linkouksen toimiessa optimialueella säästöä tulee myös kuivatun lietteen kuljetuksissa, koska vältetään turhalta ja tarpeettomalta lietenesteen siirtelyltä. Jos lingot eivät altistu ylimääräiselle rasiukselle, vaan niiden toiminta on tasaista ja pienetkin poikkeamat normaalitoiminnasta havaitaan hyvissä ajoin, niin säästöä tulee myös linkojen huoltokustannuksissa.

Hyvin toimivalta kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusmittarilta odotetaan lukemien tarkkuutta ja toiminnan luotettavuutta. Laitteen pitää olla helppohoitoinen ja muutenkin kestävä. Kun puhutaan näin likaisesta prosessista kuin lietteen linkokuivaus, anturin ehdottomiin ominaisuuksiin pitää kuulua lukemien paikkansapitävyys vaikka anturin mitta-alue olisikin kuivan lietteen peitossa.

5.1 Laitteen kalibrointi

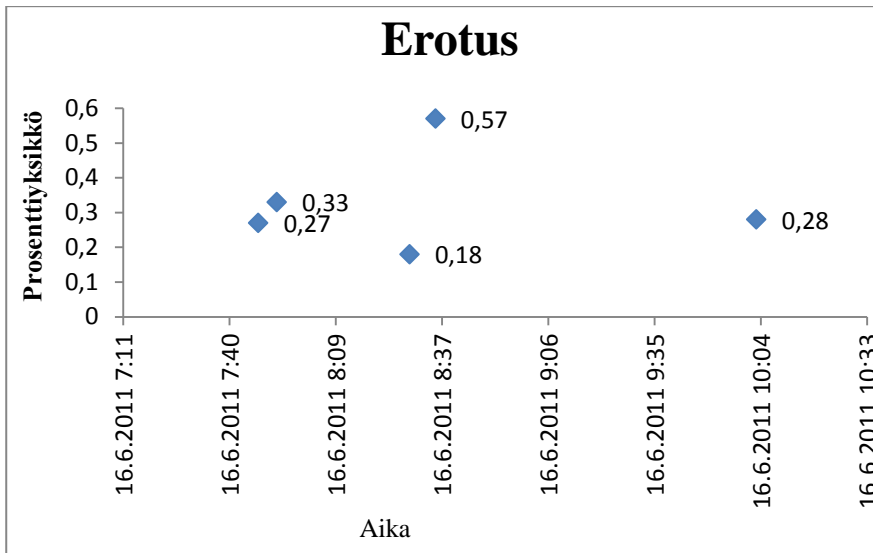
Ennen laitteen käyttöönottoa se pitää kalibroida eli varmistaa, että laitteen mittaustulokset pitävät paikkansa. Senfit BSA:n valmistaja suositteli yhden pisteen kalibrointia, mutta koeajossa päätettiin suorittaa viiden pisteen kalibrointi. Kalibroinnin yhteydessä laite asetettiin tallentamaan dataa yhden sekunnin välein. Kalibroinnin aluksi katkaistiin tavaravirta mittarin poistoputken suulta muovisella näytteenottolapiolla ja tallennettiin laitteen käyttöliittymän kellonaika sekunnilleen. Tämän jälkeen ajettiin ulos noin 9 cm näytepala, sitten katkaistiin se ja jälkimmäinen 4 cm:n pala

näytettä pussitettiin. Näin tehtiin viisi kertaa ja pussitettiin näytteet huolellisesti muovipusseihin siten, että kosteus ei pääsisi haihtumaan pois. Pussit merkittiin ja näytteet vietiin saman työpäivän aikana laboratorioon tutkittavaksi. Tarkoituksena oli määrittää näytteiden kiintoainepitoisuus ja verrata laitteen antamiin tuloksiin. Kalibroinnista saatiin kuvan 18 kuvaaja. Laboratoriotulosten ja laitteen lukemien välillä oli suunnilleen 0,5 prosenttiyksikön ero, mikä oli valmistajan ilmoitettujen rajojen sisällä. Näytteet analysoitiin Metropolilab -nimisessä laboratoriossa standardilla SFS 3008:1990. Metropolilab Oy on Finas-akkreditoitu laboratorio T058. Laitteen lukemat todettiin luotettaviksi.



Kuva 19. Kalibroinnista saatu kuvaaja

Laitteesta tulleen datan korrelaatio laboratoriotulosten kanssa oli 45 %. Havainnollistamisen vuoksi laskettiin laitteen lukemien ja laboratoriotulosten erotus ja pisteiden itseisarvot laitettiin samaan kuvaan, katso kuva 19.



Kuva 20. Laitteen ja laboratoriotulosten erotus

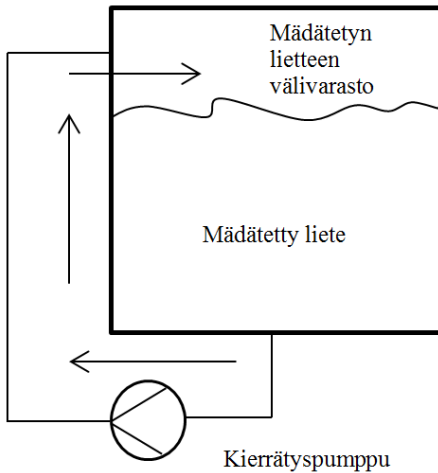
5.2 Yleistä kokeista

Koepäivinä koeajot pyrittiin aloittamaan heti työpäivän alettua. Syynä tähän ovat hitaat muutosten läpimenoajat. Kun lingon ohjaukseen tekee muutoksia, ne alkavat näkyä kuivatun lietteen tai rejektiveden laadussa vasta 30 – 40 minuutin päästä. Koepäivän aikana ehdittiin tehdä 5 – 6 koetta, riippuen siitä, miten nopeasti lingot saavuttivat asetusravot.

Ennen kokeiden alkua pyrittiin tasoittamaan lingolle tulevan lietteen laatua kierrättämällä lietteen välivarastoa pumpulla kuvan 21 mukaisilla järjestelyillä. Mädätyksen jälkeen liete ohjautuu välivarastoihin, joissa se saattaa olla useamman tunnin, ennen kuin välivarasto saa luvan alkaa tyhjäntyä. Liette viipymä välivarastoissa saattaa vaikuttaa lietteen dekantoitumiseen, eli välivaraston pohjaan laskeutuu ajan mittaan raskaampaa ainesta kevyemmän aineksen noustessa välivaraston pintaan. Lingon syöttöpumpun imuputket on sijoitettu välivaraston pohjaan, joten lingolle saattaa mennä laadultaan vaihtelevaa lietettä, jos välivaraston kierrätystä ei tehdä. Tämän vuoksi kierrätyspumppu kävi joko ennen kokeiden alkua tai niiden aikana. Kokeiden aikana pyrittiin välttämään lingolle menevän lietteen laadunvaihteluita myös käyttämällä samaa lietevälivarastoa koepäivän aikana. Näin ollen ennen kokeiden alkua saatettiin välivarasto vaihtaa ”lennosta”.

Kokeissa käytettiin kahta kationista polyelektrolyyttiä, joiden nimet oli Superfloc C-491 VP ja Superfloc C-492 VP. Tavallisesti puhdistamolla on käytössä Kemira Oy:n valmistama kationinen polyelektrolyytti Superfloc C-491 VP. Superfloc C-492 VP on hieman Superfloc C-491 VP:tä

kationisempaa. Jäljempänä näitä polyelektrolyyttejä kutsutaan polyelektrolyytti 1 ja 2 vastaavasti. Tutkimuksessa tarkoituksena oli vertailla polyelektrolyyttien toimintaa koeolosuhteissa.



Kuva 21. Välivaraston kierrättämisyjärjestelyt

5.3 Muuttujat

Kokeiden muuttujiksi valittiin linkouksen perusmuuttujia: polyelektrolyytin tyyppi ja syöttö, lingolle tuleva kuorma/lietteen syöttö ja momentti. Kokeiden askelten suuruutta arvioitiin kaavalla

$$x = \frac{x_{max} - x_{min}}{n}, \quad (6)$$

jossa

- x = muuttujan askel kokeissa
- x_{max} = muuttujan maksimiarvo
- x_{min} = muuttujan minimiarvo
- n = työpäivän aikana tehtävien kokeiden määrä

Päätettiin, että askeleen pitää olla tuntuva, jotta kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuudessa tapahtuisi huomattavia muutoksia. Muuttujien sopiviksi askeleiksi arvioitiin polyelektrolyytin syöttö – 0,5 kgPE/t TS, lietteen syöttö – 80 kgTS/h ja momentti – 5 %.

Taulukko 4. Koemuuttujien arvot

	PEsyöttö, kgPE/t TS		Lietteensyöttö, kgTS/h	Momentti, %
	Polyelektrolyytti 1	Polyelektrolyytti 2		
Min	3,8	3,8	1000	45
Max	6,0	6,0	1400	65
Askel	0,5	0,5	80	5
1	3,8	3,8	1000	50 => 45
2	4,3	4,3	1080	45 => 50
3	4,8	4,8	1160	50 => 55
4	5,3	5,3	1240	55 => 60
5	5,8	5,8	1320	60 => 65
6	6,0	6,0	1400	

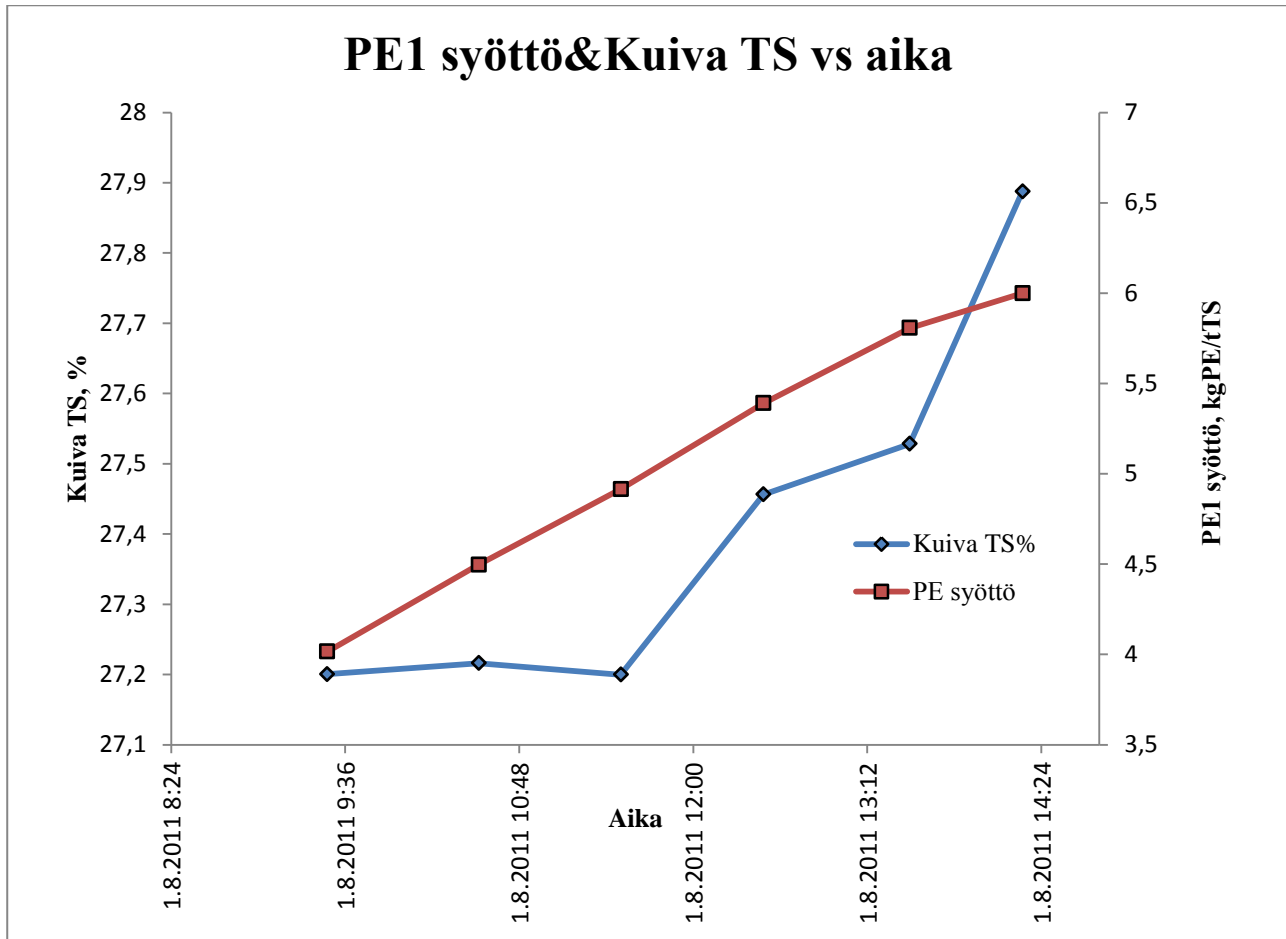
Kuten taulukosta 4 näkyy, polymeerivastekoepäivänä tehtiin yksi koe, jossa viimeisen kokeen askel oli aiempia pienempi, arvoltaan 0,2 kgPE/t TS, 5,8 => 6,0 kgPE/tTS. Tämä johtui siitä, että riittäväksi polyelektrolyyttisyötön askeleeksi päätettiin 0,5 kgPE/t TS. Tällaisella askeleella kuusi koetta ei olisi mahtunut tasaisin välein syöttömäärärajojen sisälle.

5.3.1 Polyelektrolyytti 1, 1. koe, polymeerivastekoe

Ensimmäisenä kokeena toteutettiin polymeerivastekoe. Polymeerin annostelu vaihteli välillä 3,8 kgPE/tTS - 6,0 kgPE/tTS. Askeleen suuruus oli 0,5 kgPE/tTS, paitsi viimeisessä kokeessa askel oli 0,2 kgPE/tTS. Syy tähän on selitetty luvussa 5.3. Muut muuttujat kuten lingon momentti ja lietteen syöttö pyrittiin pitämään vakiona. Mutta muuttujien pitäminen täysin samalla tasolla ei ollut mahdollista. Tämä johtuu monestakin tekijästä, esim. lingon syöttöpumpun pumppauksesta, kuivattavan lietteen laadunvaihteluista ja automatiikan yrityksistä pitää momenttia 50 %:n tasolla polyelektrolyyttisyötön vähentyessä. Polymeerivastekokeen tulokset on esitetty graafisesti kuvissa 21 – 24.

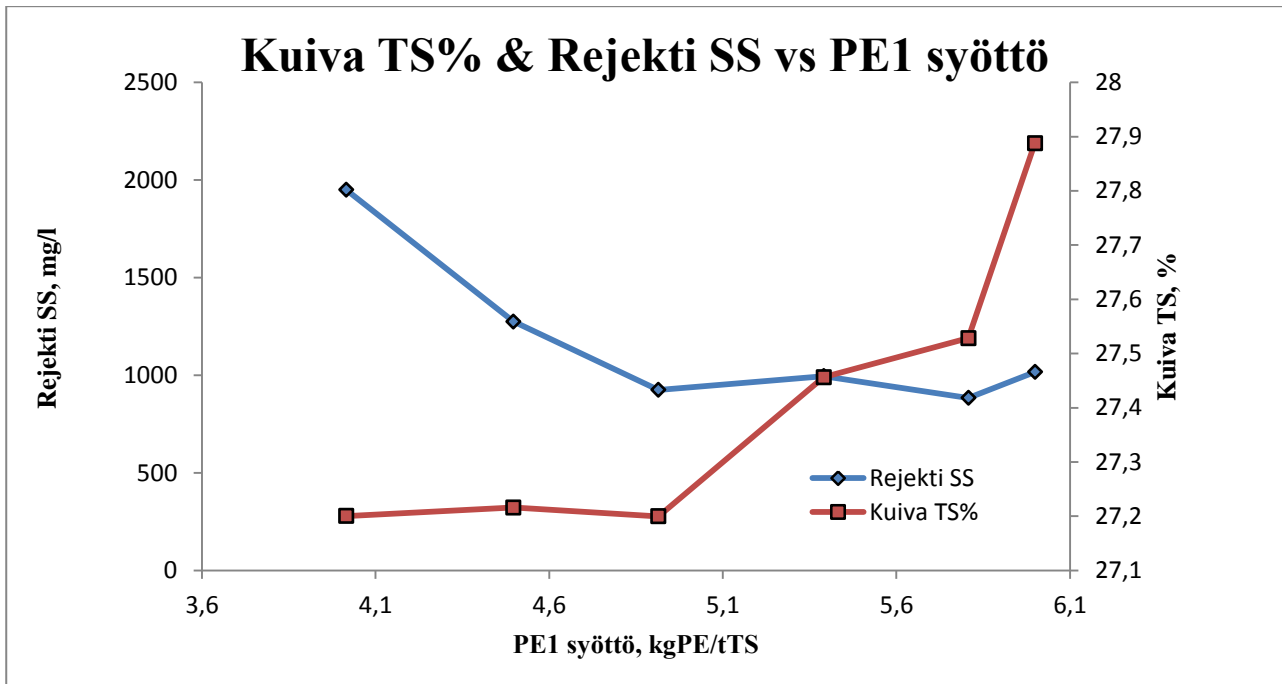
Luvussa 3.5.4 mainittujen tutkimusten mukaan kuivatunlietteen kiintoainepitoisuus nousee polyelektrolyyttisyötön kasvaessa vain tiettyyn pisteeseen saakka. Nyt tämän tutkimuksen pohjalta voidaan todeta tämän pitävän paikkansa. Kuten kuvissa 21, 22 ja 23 näkyy, kuivatun lietteen

kiintoainepitoisuus lähti jyrkkään laskuun, kun polyelektrolyytin syöttö kasvoi 5,8 kgPE/tTS. Tämä voi johtua siitä, että rejektivesi oli alkanut tuossa vaiheessa vaahdota lingon pyörivän rummun sisällä eikä se poistunut rejektivesiputkistoja pitkin, vaan imeytyi kuivattuun kakkuun nostaen nestefaasin osuutta kuivatussa lietteessä.



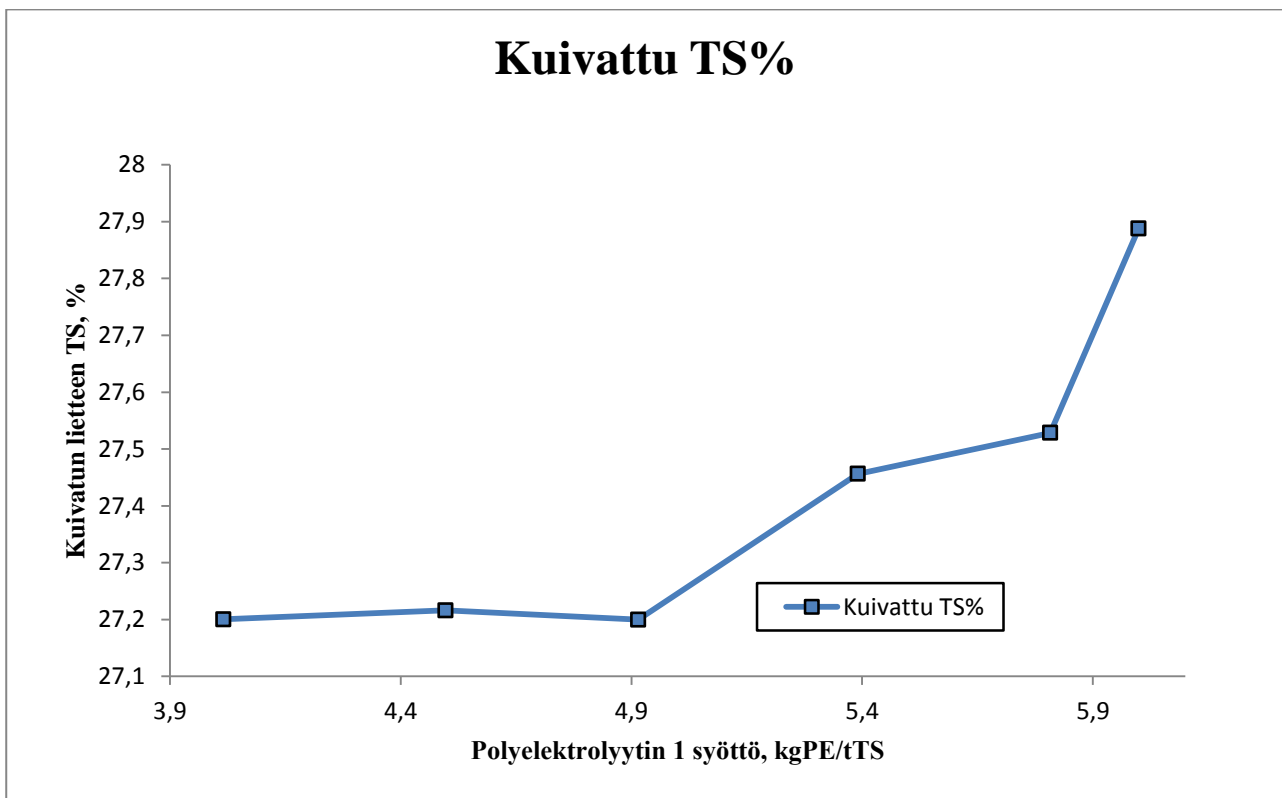
Kuva 22. Kuivatun lietteen TS% ja polyelektrolyytin syöttö ajan funktiona

Kuvasta 22 näkyy, että suhteeltaan rejektivesi SS- ja kuivatun kakun TS%:n edullisin alue on polyelektrolyyttisyötön ollessa 5,6 – 5,8 kgPE/tTS. Kun polyelektrolyytin syöttö on vähemmän kuin 5,8 kgPE/tTS, niin kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus ei ole ihan huipussa ja rejektiveden kiintoainepitoisuus on koholla optimaalueseen verrattuna. Kun polyelektrolyytin syöttö on suurempi kuin 5,8 kgPE/tTS, niin kuivatun kakun kiintoainepitoisuus lähtee jyrkkään nousuun, mutta samalla rejektiveden kiintoainepitoisuusarvot lähtevät nousuun.



Kuva 23. Rejektiveden kiintoainepitoisuus ja kuivatun lietteen TS% PE-syötön funktiona

Kuva 23 kuvaa samaa asiaa kuin kuva 21, mutta rejektiveden kiintoainepitoisuus on otettu pois näkyvistä. Kuvasta huomaa, että polyelektrolyytin syötön kasvattua 5,8 kg PE/tTS yli kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusarvot lähtevät nousuun.



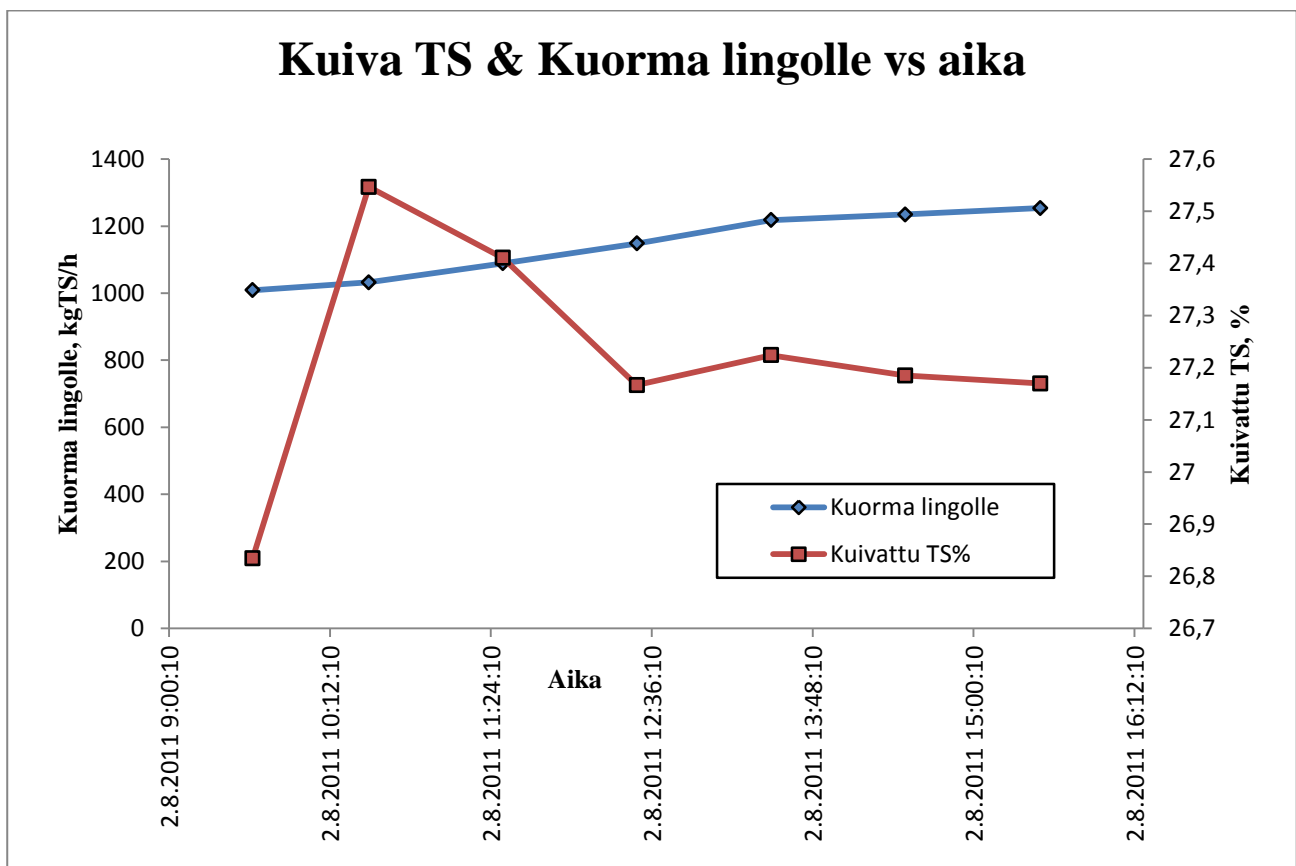
Kuva 24. Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden riippuvuus polyelektrolyytin syötöstä

5.3.2 Polyelektrolyytti 1, 2. koe, lietteensyöttö

2. koepäivänä yritettiin löytää lietteen syöttömäärän ja kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden välinen riippuvuus. Syöttölietteen määrän nousu vaikuttaa lietteen viipymään lingon rummussa sitä lyhentävästi, mikä heikentää kuivaustulosta. Kokeet aloitettiin minimisyötöllä, joka oli 1000 kgTS/h. Eteenpäin edettiin 80 kgTS/h askelilla.

Koepäivänä huomattiin, että Senfit BSA:n tehdasasetuksissa näytteenottotaajuudeksi oli määritetty 10 minuuttia tai 1 prosenttiyksikön muutos kuivatun lietteen kiintoainepitoisuudessa. Muut pisteet oli laskennallisesti määritetty näytteenottopisteiden välillä. Tämän seurauksena asetukset muutettiin niin, että mittari mittaisi kiintoainepitoisuutta joka minuutti ja reagoisi 0,1 prosenttiyksikön muutoksiin.

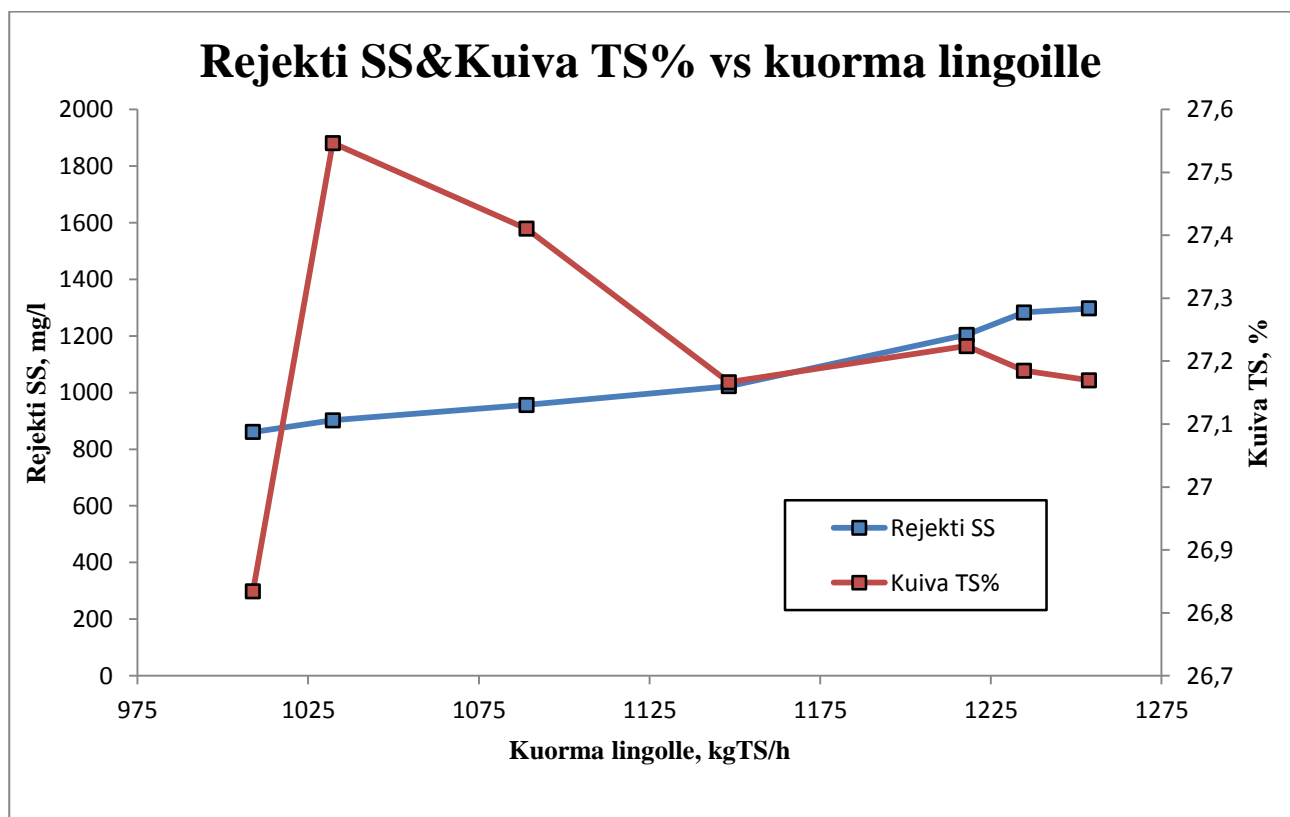
Kuvasta 25 voi huomata, että kuiva-ainepitoisuus kuivatussa lietteessä on maksimissaan, kun lietteen syöttö ei ole kovin suuri. Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus on maksimissaan, kun lietteen syöttö oli käynyt hetkellisesti 1032 kgTS/h tasolla.



Kuva 25. Kuorma lingolle ja kuivatun lietteen TS% ajan funktiona

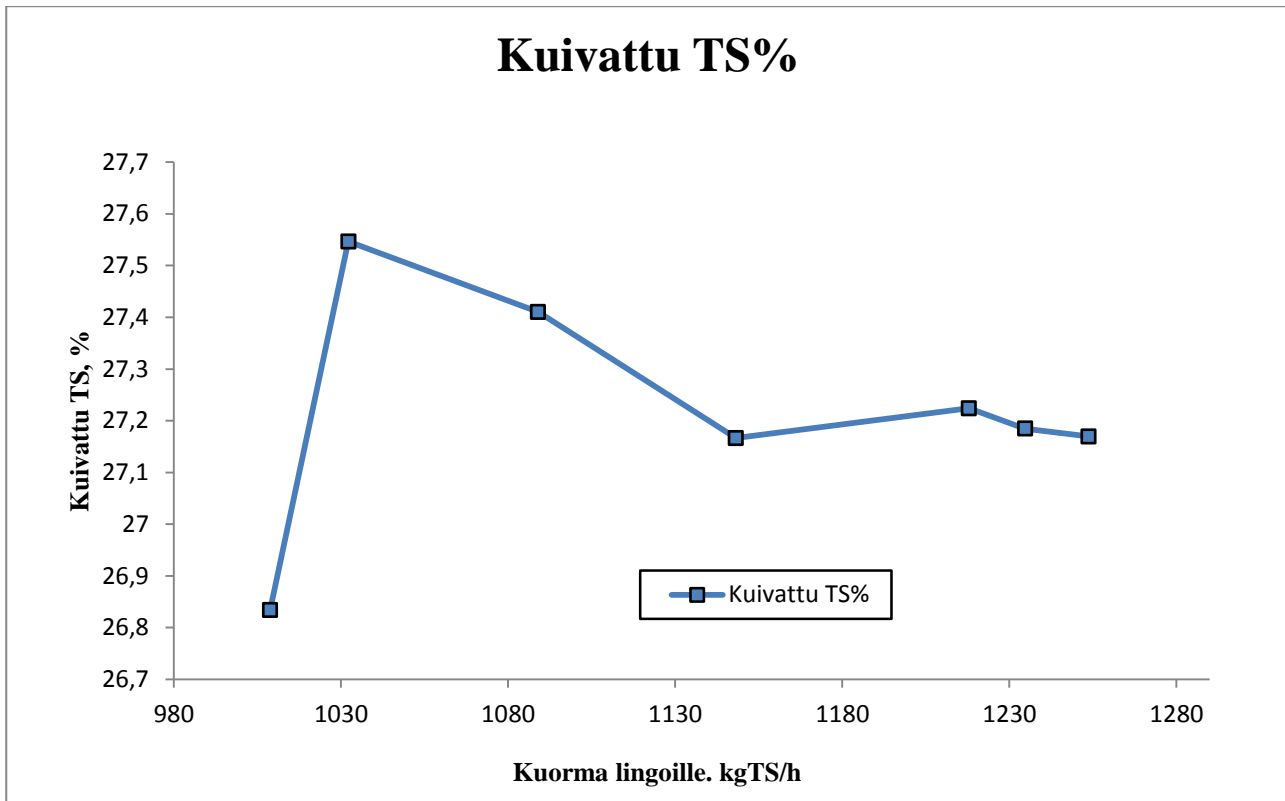
Rejektiveden kiintoainepitoisuus oli minimissaan, kun lietteen syöttö oli 900 – 1080 kgTS/h (kuva 25). Näiden rajojen ulkopuolella rejektiveden kiintoainepitoisuus oli suurempi ja kasvoi sitä mukaa kuin lietteen syöttöä kasvatettiin. Sen jälkeen kun lietteen syöttöä kasvatettiin yli 1032 kgTS/h, kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuus romahti ja rejektiveden kiintoainepitoisuus lähti pysyvään nousuun. Tämä tulos tukee sitä teoriaa, jonka mukaan lietteen syötön kasvattaminen heikentää linkokuivauksen lopputulosta.

Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus nousi vielä hetkeksi, kun lietteen syöttö oli 1090 – 1140 kgTS/h, mutta suhde kuivatun kakun kiintoainepitoisuus/rejektiveden kiintoainepitoisuus ei ollut enää optimialueella, koska rejektiveden kiintoainepitoisuus ei ollut enää minimissa.



Kuva 26. Rejektiveden ja kuivatun lietteen laadunvaihtelut lingoille tulevan kuorman mukaan

Kuva 26 kuvaa samaa asiaa kuin kuva 25, mutta rejektiveden kiintoainepitoisuus on otettu pois näkyvistä.

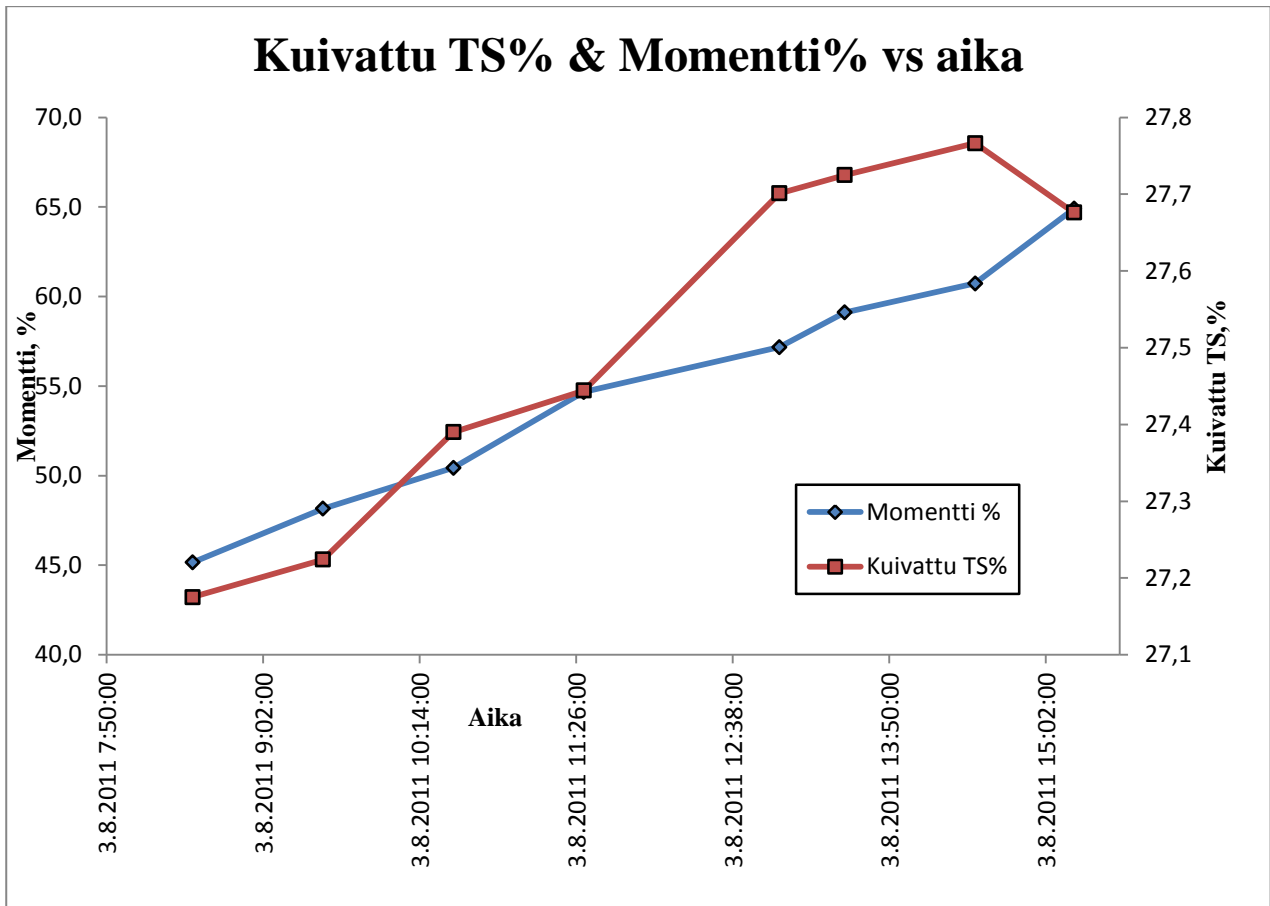


Kuva 27. Kuivatun lietteen TS% riippuvuus lingolle tulevasta kuormasta

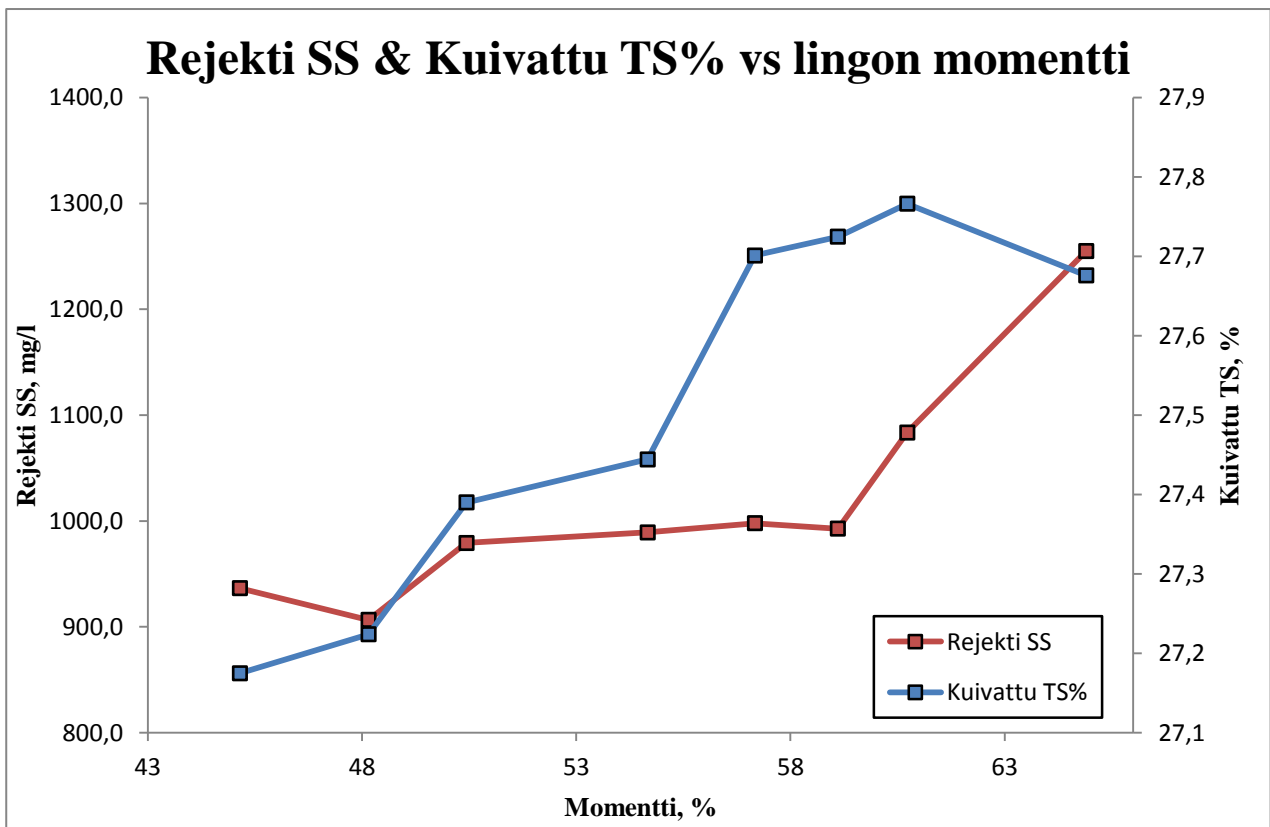
5.3.3 Polyelektrolyytti 1, 3. koe, lingon momentti

Kolmantena koepäivänä tutkittiin lingon vääntömomenttiprosentin vaikutusta lietteen kuivaukseen. Lingon momentti on suure, joka kuvaa kuljetusruovin vääntömomenttiprosenttia suurimmasta mahdollisesta lingon vääntömomentista. Yleensä lingon momenttia pidetään 50 % tasolla. Ensimmäisessä kokeessa lingon momenttia alennettiin 50 %:sta 45 %:iin. Sitten lisättiin aina 5 % lingon momenttiin 65 %:iin saakka. Muut parametrit kuten lietteen ja polyelektrolyytin syöttö pidettiin vakiona.

Aiemmin mainittujen teorioiden mukaan (luku 3.4.5, kohta 3) lingon momentin nostaminen vaikuttaa kuivaukseen positiivisesti tiettyyn pisteeseen saakka, ja sitten kuivaustulos alkaa huonontua. Kuvasta 28 näkyy, että koeajossa kuivaustulos paranee momenttiarvoon 60 %, ja kun lingon momentti nostettiin yli 60 %, kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus kääntyi jyrkähkään laskuun. Kuvasta 29 näkyy, että momentin 65 %:n kohdalla oleva kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus on laskussa ja rejektiveden kiintoainepitoisuusarvo on nousussa.



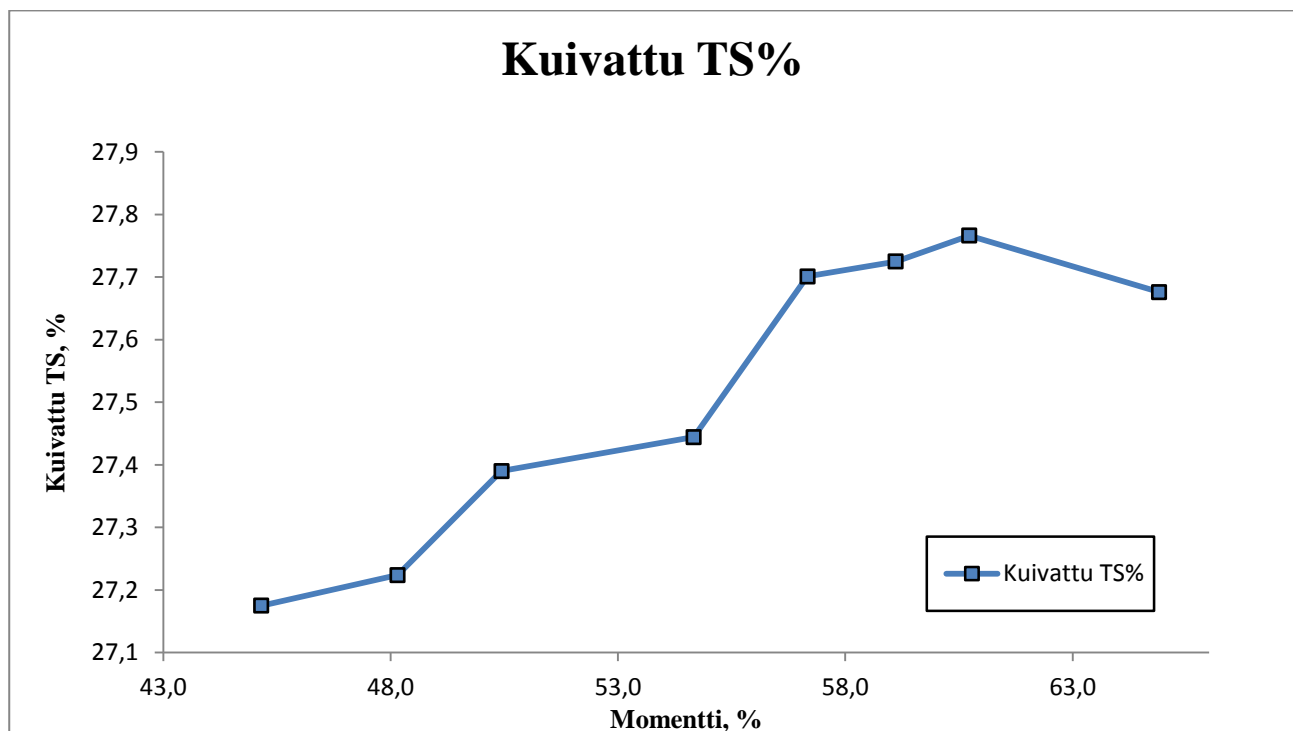
Kuva 28. Lingon vääntömomentti-% ja kuivatun lietteen TS% 3. koepäivänä



Kuva 29. Kuivatun lietteen TS%:n ja rejektiveden SS- pitoisuuden riippuvuus lingon momentti-%:sta

Kuvasta 29 voi huomata, että kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus on korkeimmillaan ja rejektiveden SS pienimmillään, kun lingon momentti on 60 %. Tämä on kompromissi hyvän rejektin ja kuivatun kakun välillä. Kokeen aikana on päästy korkeampiinkin kuivatun lietteen kuivaainepitoisuuksiin, mutta rejektin laatu tuolloin ei ollut paras mahdollinen. Kuten todettiin, kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus lähti jyrkkään laskuun, kun lingon momentti kasvoi 65 %:ksi. Kuivatun kakun kuiva-ainepitoisuus laski melkein 0,5 prosenttiyksikön verran, kun lingon momentti kasvoi arvosta 60 % arvoon 65 %. Samoin rejektin laatu heikkeni huomattavasti arvosta 990 – 1000 mg/l arvoon 1200-1300 mg/l.

Tämän perusteella voidaan todeta, että linkouksen tulos heikkenee, kun lingon momentti kasvaa momentin arvosta 50 %. Lingon momentin kasvaessa noin 10 % lingon arvosta 50 % tapahtuu kuivatun kakun kiintoainepitoisuuden kasvua, mutta rejektiveden laatu heikkenee aina kun siirrytään lingon momentissa arvosta 50 % ylöspäin. Linkokuivauksen optimialue momentin suhteen on siis momentin ollessa noin 50 %. Kuva 29 on toistoa kuvalle 28 sillä erotuksella, että rejektiveden kiintoainepitoisuus on otettu näkyvistä pois.



Kuva 30. Kuivatun lietteen TS%:n riippuvuus lingon momentti-%:sta

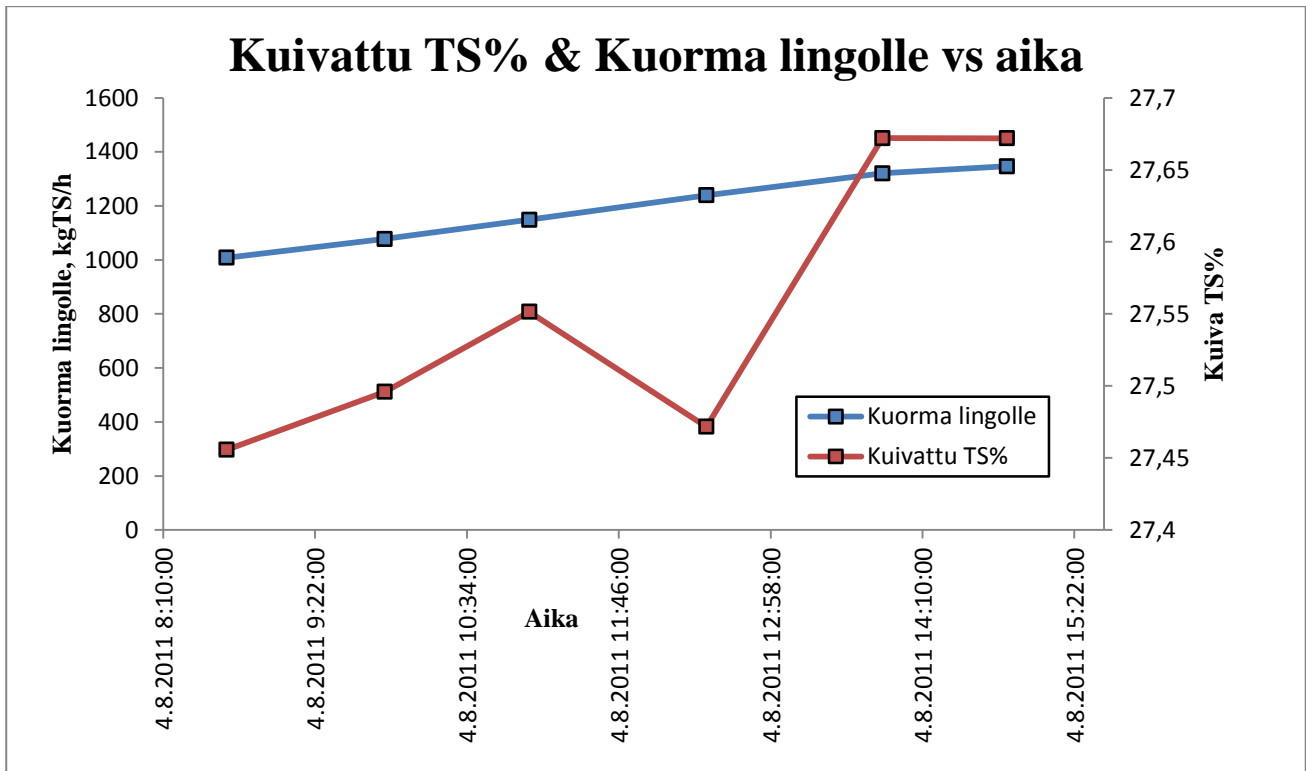
5.3.4 Polyelektrolyytti 1, 4. koepäivä, lietteensyöttö

4. koepäivä on toistoa 2. koepäivälle. 2. Koepäivänä jouduttiin muuttamaan Senfit BSA:n tehdasasetuksia kesken koepäivän, koska 10 minuutin mittausväli oli liian pitkä. Tämän vuoksi näytteenottovälin taajuus muutettiin minuutiksi ja reagointikynnykseksi kuivatun lietteen 0,1 prosenttiyksikön muutos.

Koepäivinä 1 – 4 kokeet ajettiin polyelektrolyytillä 1. Polyelektrolyytti osoittautui niin tehokkaaksi, että 4. koepäivän puolivälissä huomattiin lingon vaahtoavan. Näin käy, jos polyelektrolyyttiä johdetaan lingolle liikaa tai polyelektrolyytti on liian tehokas. Vaahtoaminen on saattanut johtaa siihen, että lingon rummun sisällä ollut vaahto kulkeutui kuivatun lietteen mukana Senfit BSA-mittariin ja vääristi täten sen lukemia. Lingon kuljetushihnalla näytti olevan kiinteää lietettä rejektiveden seassa.

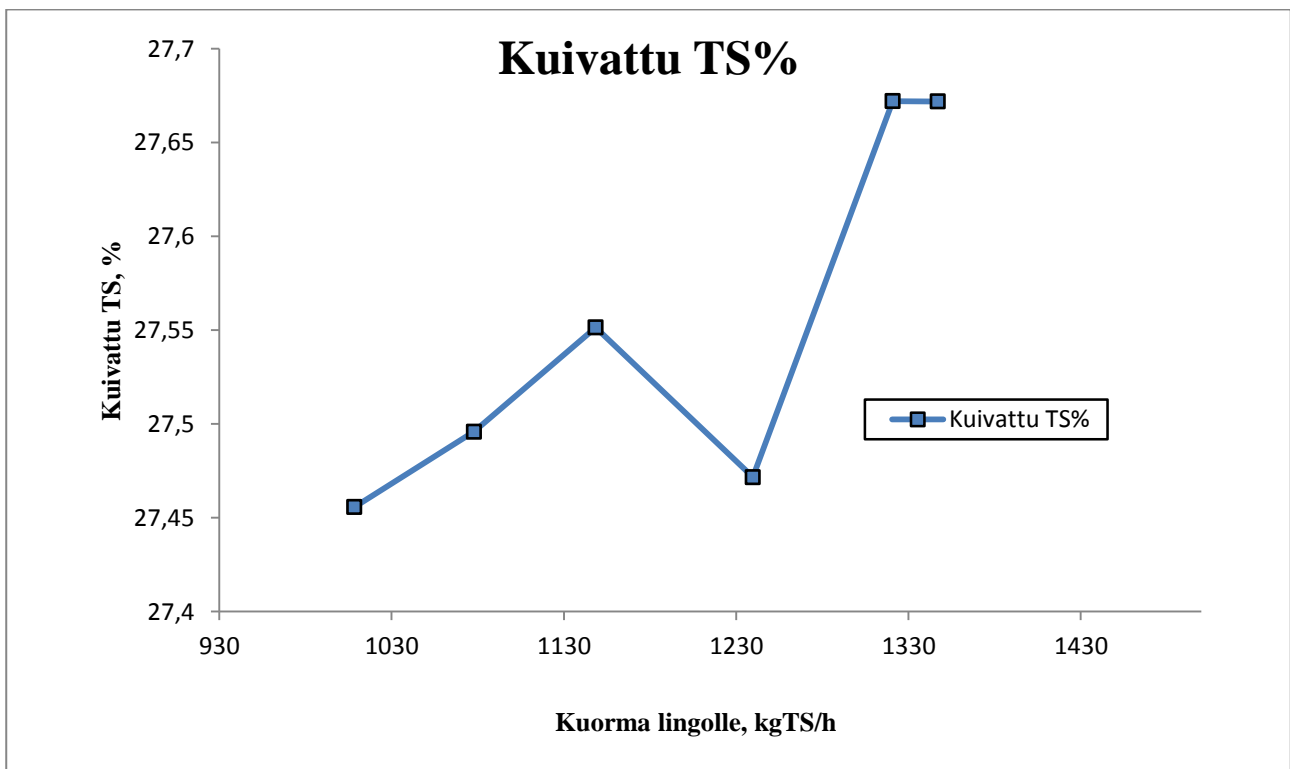
Kuvasta 30 kuitenkin huomaa, että suurin lietteen syöttö ei ole aina kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden kannalta paras vaihtoehto. Parhaan tuloksen antava lietteen syöttö on tämän kuvan mukaan 1300 – 1350 kgTS/h.

Tämän koepäivän tulosten eroavuus 2. koepäivän tuloksiin voi johtua myös lingolle tulevan lietteen erilaisesta rakenteesta. Ihanteellisinta olisi käyttää saman välivaraston lietettä saman päivän aikana.



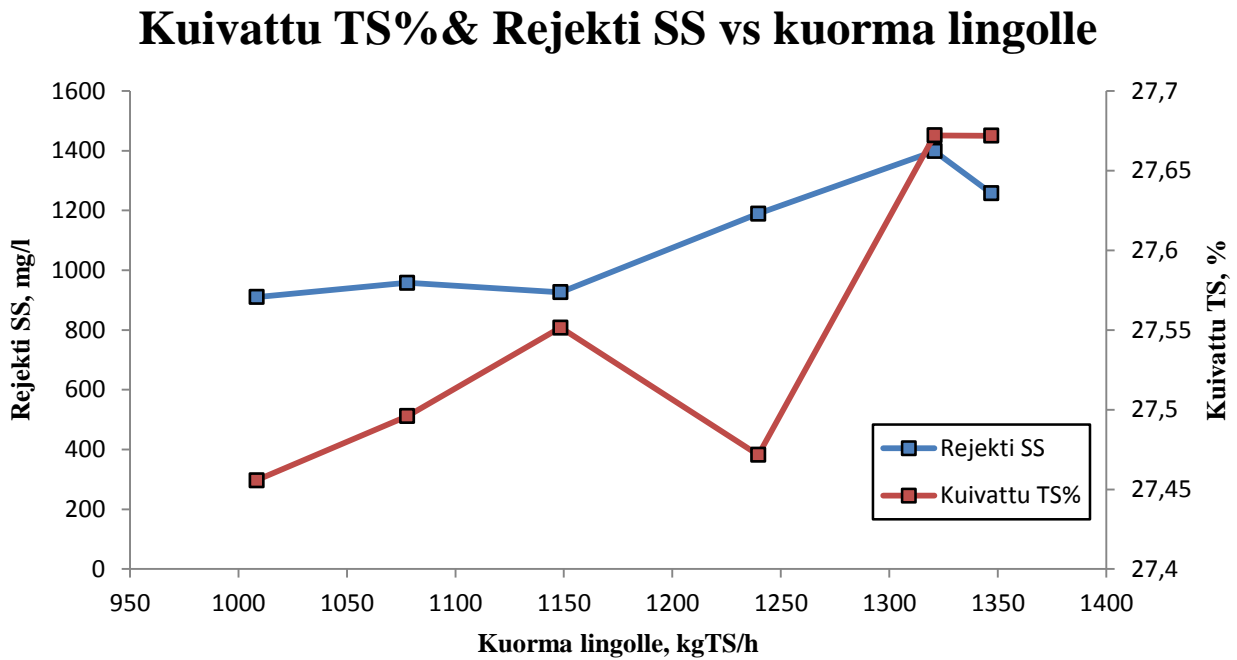
Kuva 31. Kuorma lingolle ja kuivatun lietteen TS% ajan funktiona

Kuvassa 31 on kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden riippuvuus lietteensyötöstä. Tästä kuvasta huomaa vielä paremmin, että kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden kannalta edullisin alue on syötön ollessa 1300 – 1350 kgTS/h.



Kuva 32. Kuivatun lietteen TS% lingolle tulevan kuorman funktiona

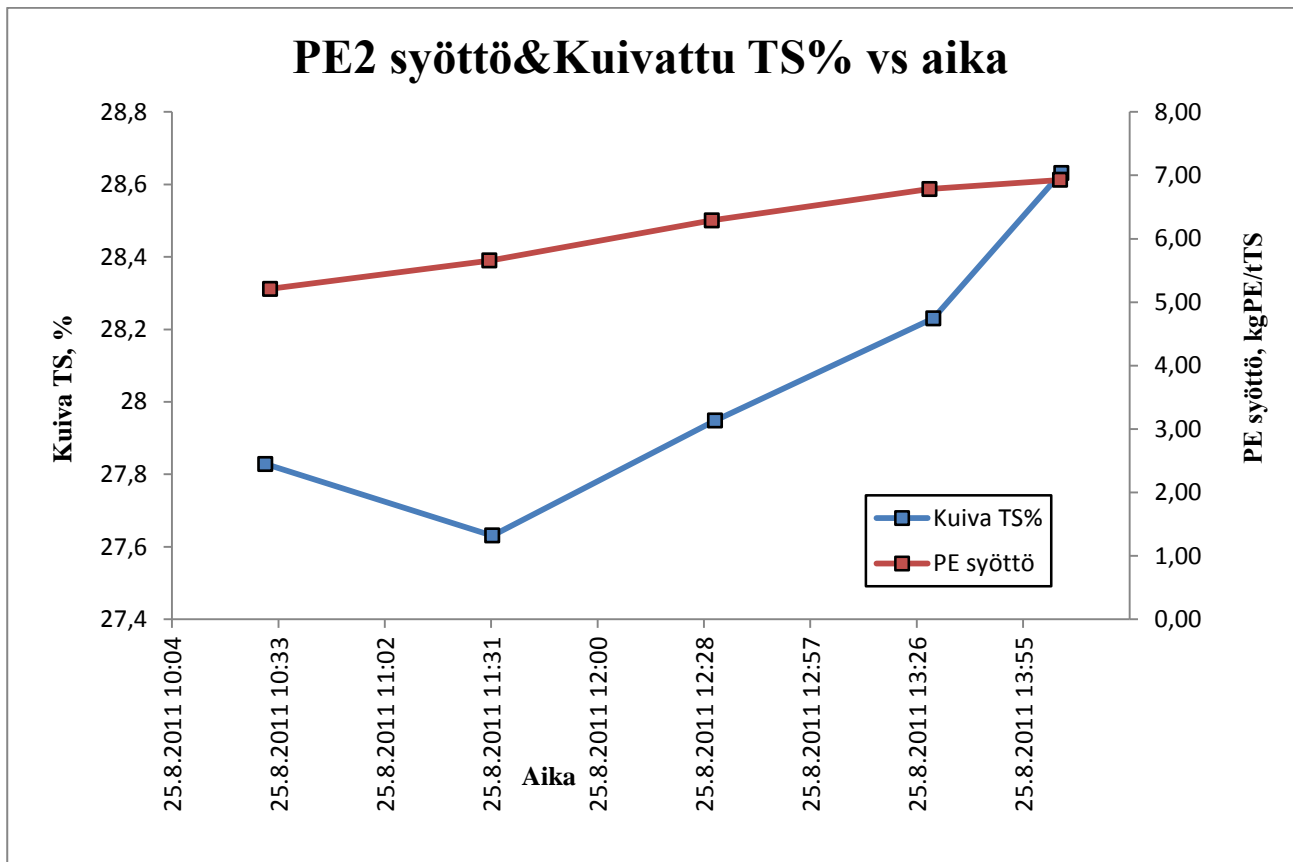
Kuvassa 32 on esitetty kuivatun kakun kiintoainepitoisuusprosentin ja rejektiveden kiintoainepitoisuuden ja lingolle tulevan kuorman välinen riippuvuus



Kuva 33. Rejektiveden SS:n ja kuivatun lietteen TS%:in riippuvuus lingolle tulevasta kuormasta

Rejektiveden kannalta edullisin alue on 2. koepäivän tavoin lietteen maksimisyötön ulkopuolella. Alue, jossa kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus on maksimissaan ja rejektiveden kiintoainepitoisuus on minimissään on se, kun lietesyöttö on noin 1000 ja 1125 – 1175 kgTS/h. Jos lietesyöttöä kasvatetaan tästä ylöspäin, niin sekä rejektiveden että kuivatun lietteen laatu heikkenee.

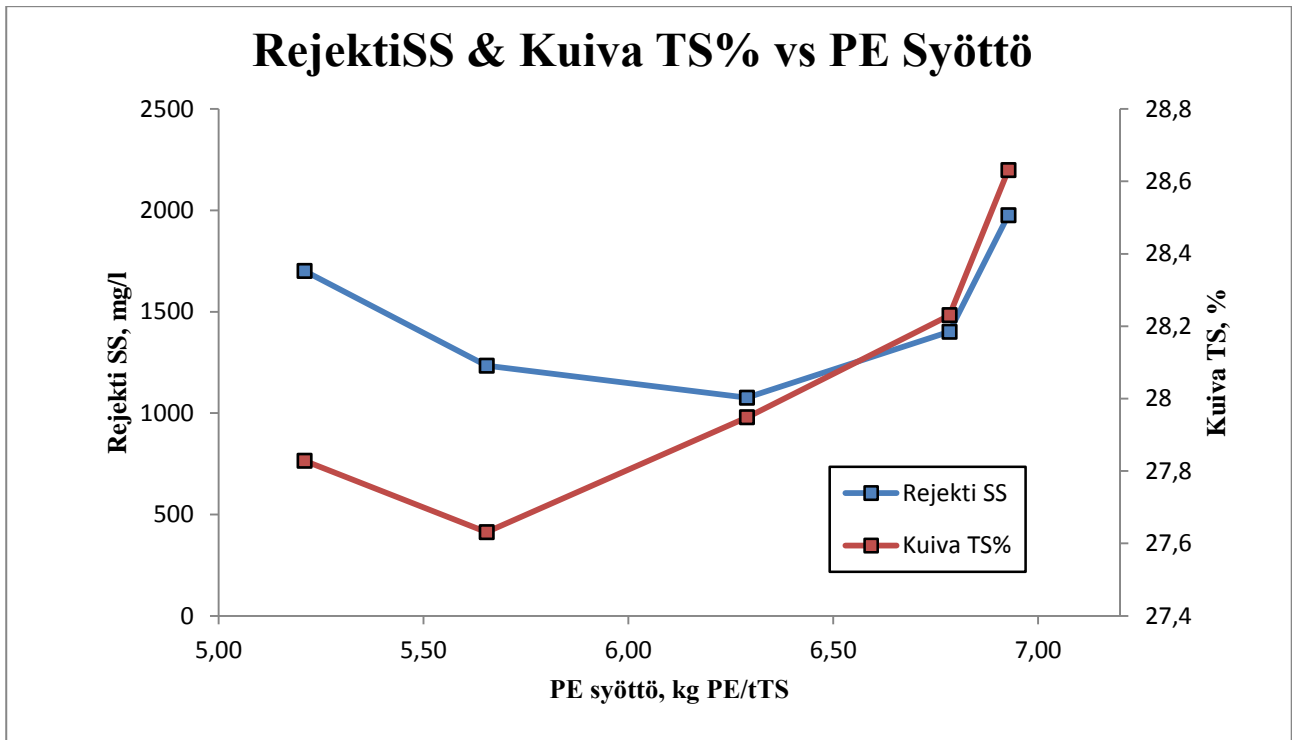
5.3.5 Polyelektrolyytti 2, 1. koe, polymeerivastekoe



Kuva 34. Kuva, jossa kuivatun lietteen TS% ja polyelektrolyytin 2 syöttö ajan funktiona

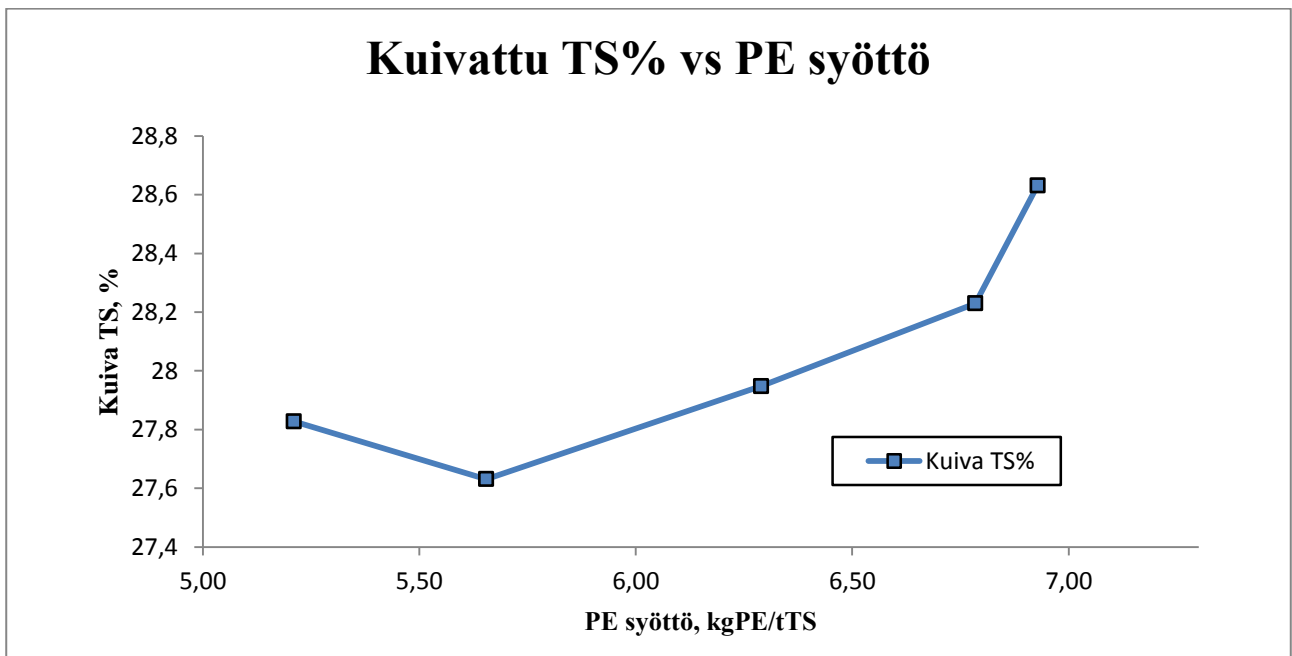
Polyelektrolyytti 2 on polyelektrolyyttiä 1 vähemmän kationinen. Kuvasta 33 huomaa, että kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuusprosentti kasvaa, kun polyelektrolyytin annostelua lisätään. Korkeimmillaan kuivatun kakun kiintoainepitoisuus on tämän kuvan mukaan, kun polyelektrolyytin annostelu on n. 7 kgPE/tTS.

Kuivaustuloksen arviointi vain kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden kannalta ei ole riittävä, vaan pitää myös ottaa huomioon rejektiveden laatu. Kuvasta 34 käy ilmi, että linkouksen optimialue ei ole suinkaan siinä pisteessä, jossa kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusprosentti on maksimissaan. Kuvasta 34 voi huomata, että rejektiveden laatu alkaa huonontua, kun polyelektrolyytin annostelu kasvaa suuremmaksi kuin 6,29 kgPE/tTS. Näin ollen kuivatun lietteen ja rejektiveden kiintoainepitoisuuden kannalta polyelektrolyyttiannostelun optimialue on noin 6,2 – 6,5 kgPE/tTS.



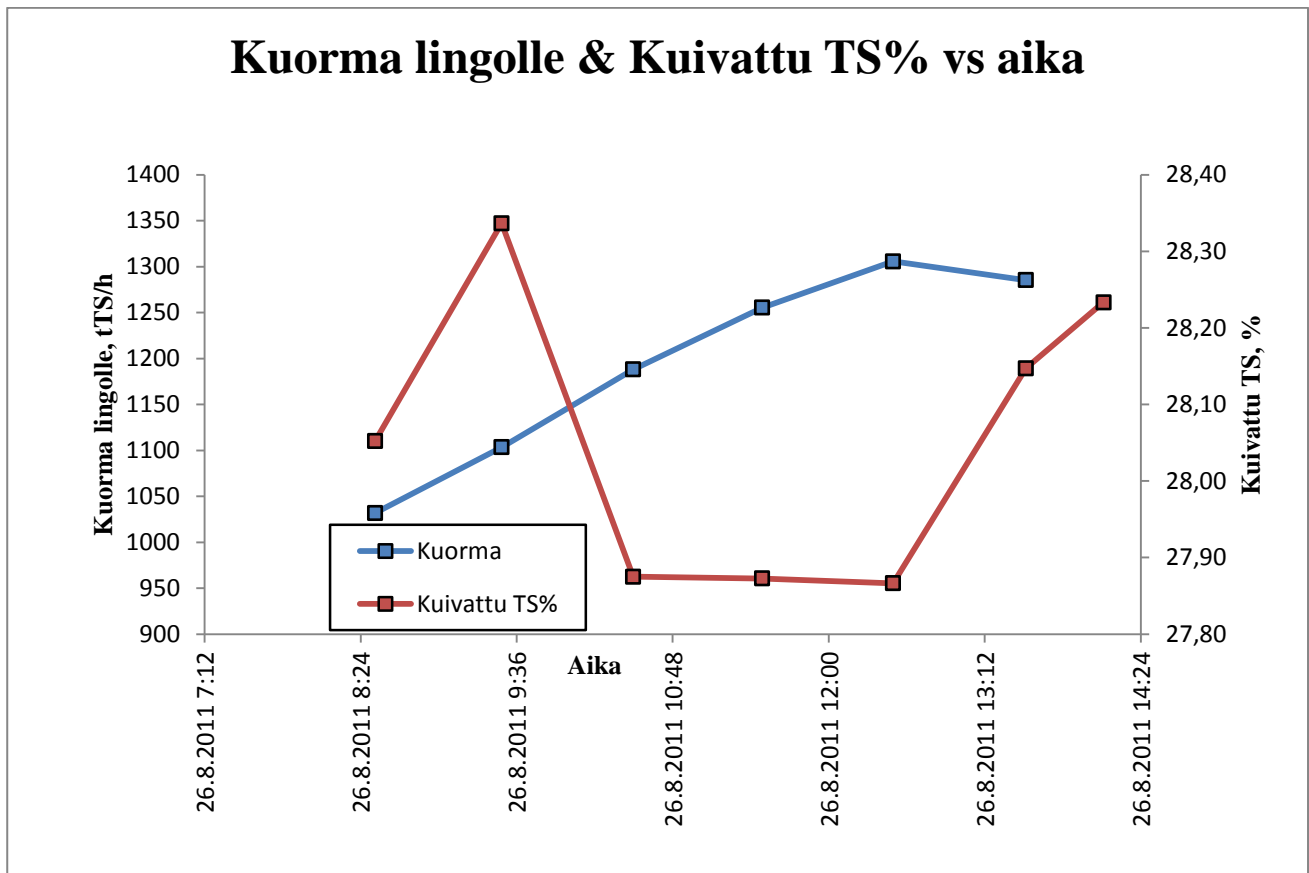
Kuva 35. Rejktiveden ja kuivatun lietteen kiintoainepitoisuuden riippuvuus polyelektrolyytin syötöstä

Kuva 35 on muuten samanlainen kuin kuva 34, siitä vain on poistettu rejktiveden kiintoainepitoisuus ja kuivatun kakun kiintoainepitoisuus on siirretty primääriselle pystyakselille.



Kuva 36. Kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus polyelektrolyytin syötön funktiona

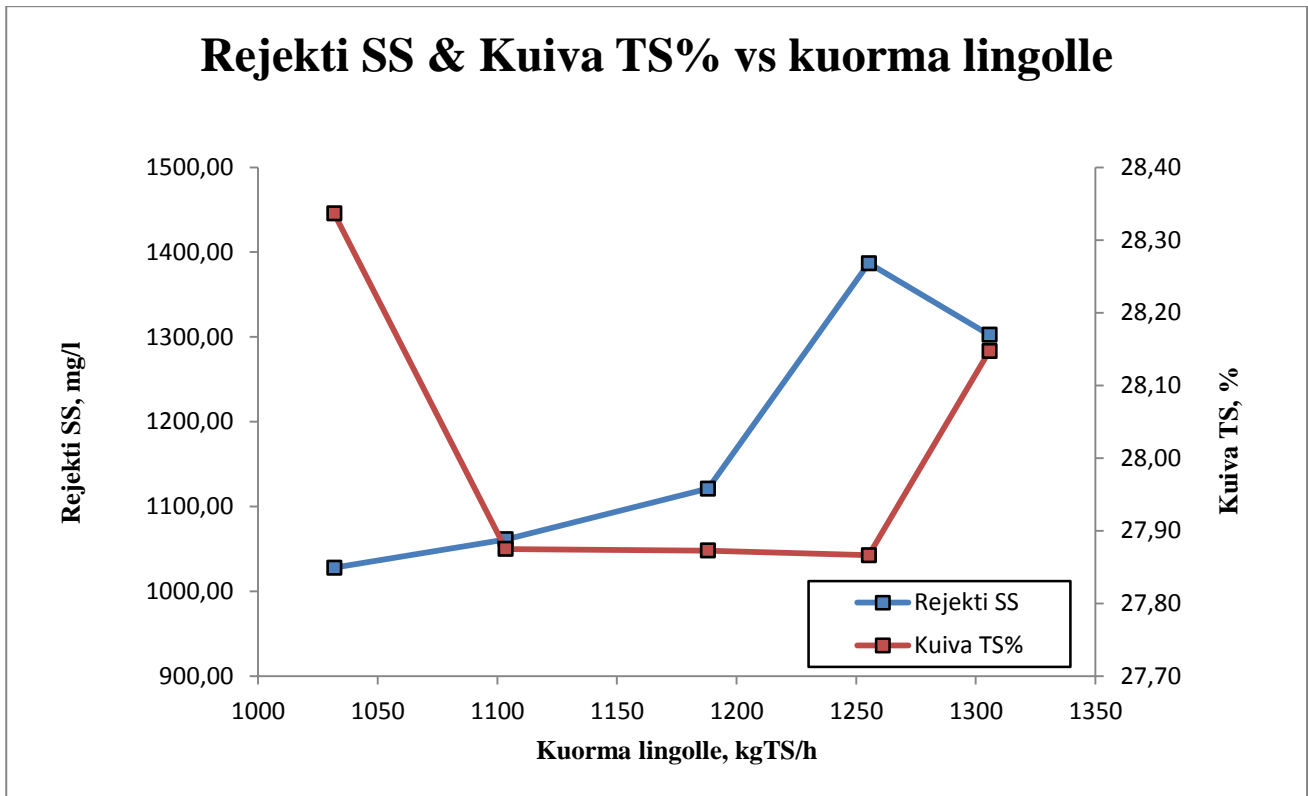
5.3.6 Polyelektrolyytti 2, 2. koe, lietteen syöttö



Kuva 37. Kuorma lingolle ja kuivatun lietteen TS% ajan funktiona

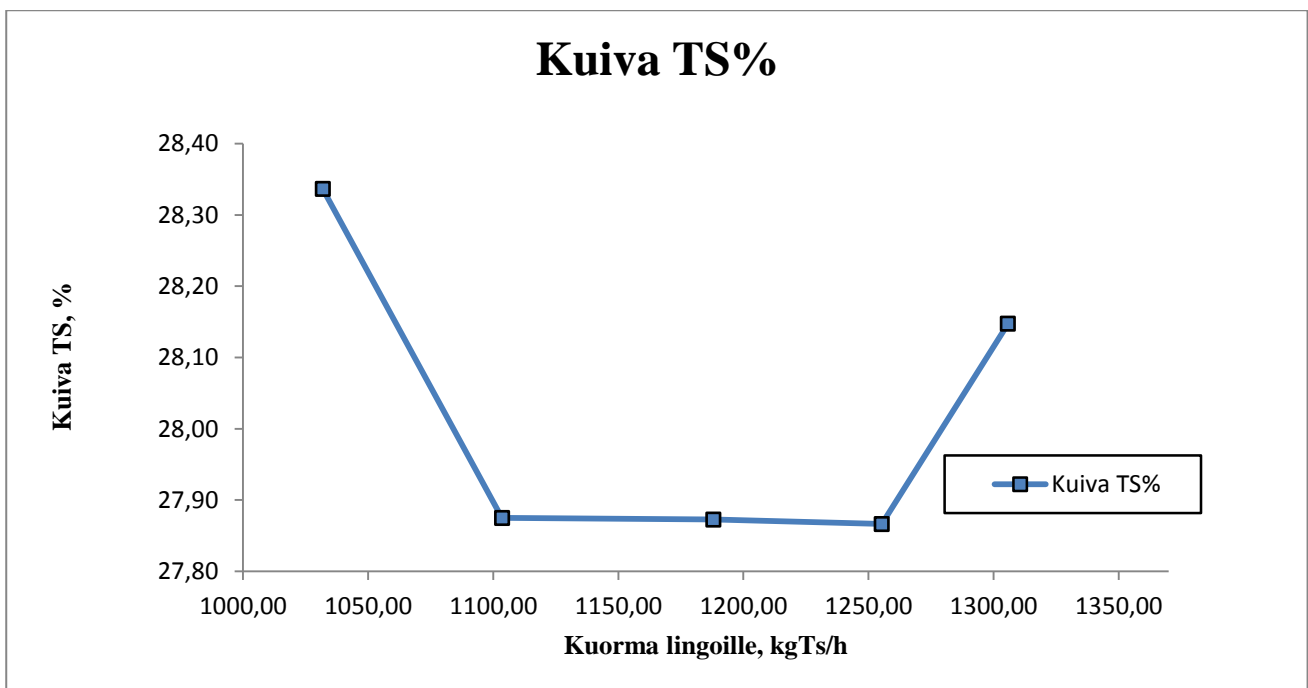
Kuvassa 36 esitetty kokeen kulku koepäivänä. Siitä voi huomata, että kuivatun kakun kannalta parhaaseen tulokseen tullaan, kun lingolle tuleva kuorma ei ole kovin suuri. Samaan johtopäätökseen tultiin, kun tehtiin vastaavanlaista koetta polyelektrolyytti 1 käyttäen. Tämän kuvan mukaan paras kuivaustulos on, kun lingolle tulee 1000 -1050 tTS/h.

Kuva 37 esittää rejektiveden ja kuivatun kakun kiintoainepitoisuuden riippuvuuden lingolle tulevan kuorman arvosta. Kuten aiemmin on jo todettu, kuivatun lietteen kiintoainepitoisuus ei ole maksimissaan, kun lietteen tulo lingolle on suurta. Sama voidaan todeta rejektiveden laadusta. Kun kuorma kasvaa 1032 kg:sta TS/h ylöspäin, rejektiveden laatu huononee. Kuorman ollessa n. 1000 – 1050 kgTS/h ollaan siis optimaalalueella.



Kuva 38. Rejktiveden SS:n ja kuivatun lietteen TS%:in riippuvuus lingolle tulevasta kuormasta

Kuva 38 esittää samaa asiaa kuin kuva 37 sillä erotuksella, että kuivatun kakun kiintoainepitoisuus on primäärisellä pystyakselilla ja rejktiveden laadun riippuvuus lingolle tulevasta kuormasta on otettu näkyvistä pois.



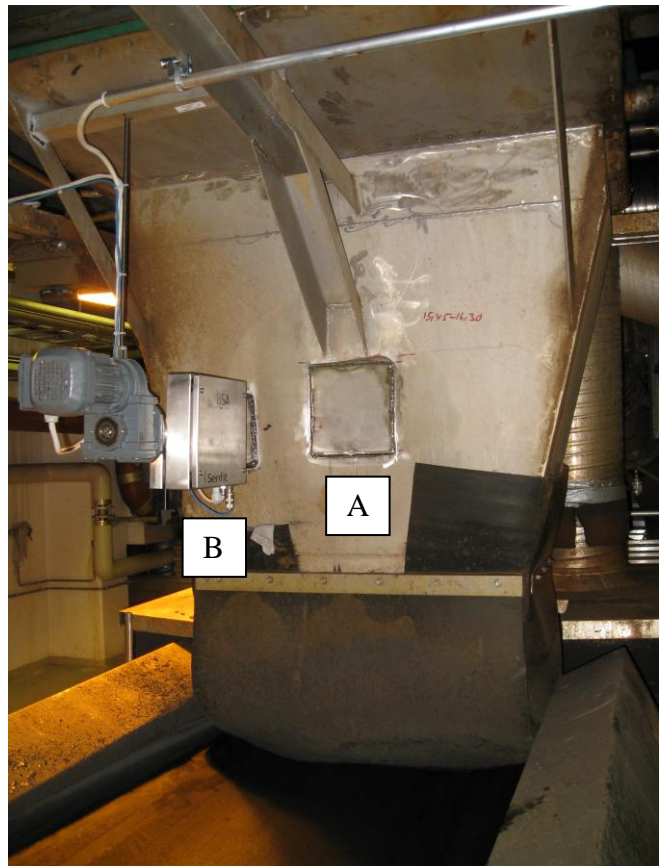
Kuva 39. Kuivatun lietteen TS% lingolle tulevan kuorman funktiona

6 Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

Mädätetyn lietteen linkokuivaus on monivaiheinen ja tästä syystä monimutkainen prosessi. Näin olleen linkokuivauksen lopputulosta voi arvioida ainakin kahdelta näkökulmalta. Lietteen jatkokäsittelyn näkökulmasta mahdollisimman kuiva kompostointikentille vietävä liete on ihanteellinen, jätevedenpuhdistusprosessin kannalta on taas tärkeä mahdollisimman vähän kiintoainetta sisältävä rejektivesi, koska näin laitoksen sisäinen kiintoainekuorma olisi mahdollisimman pieni.

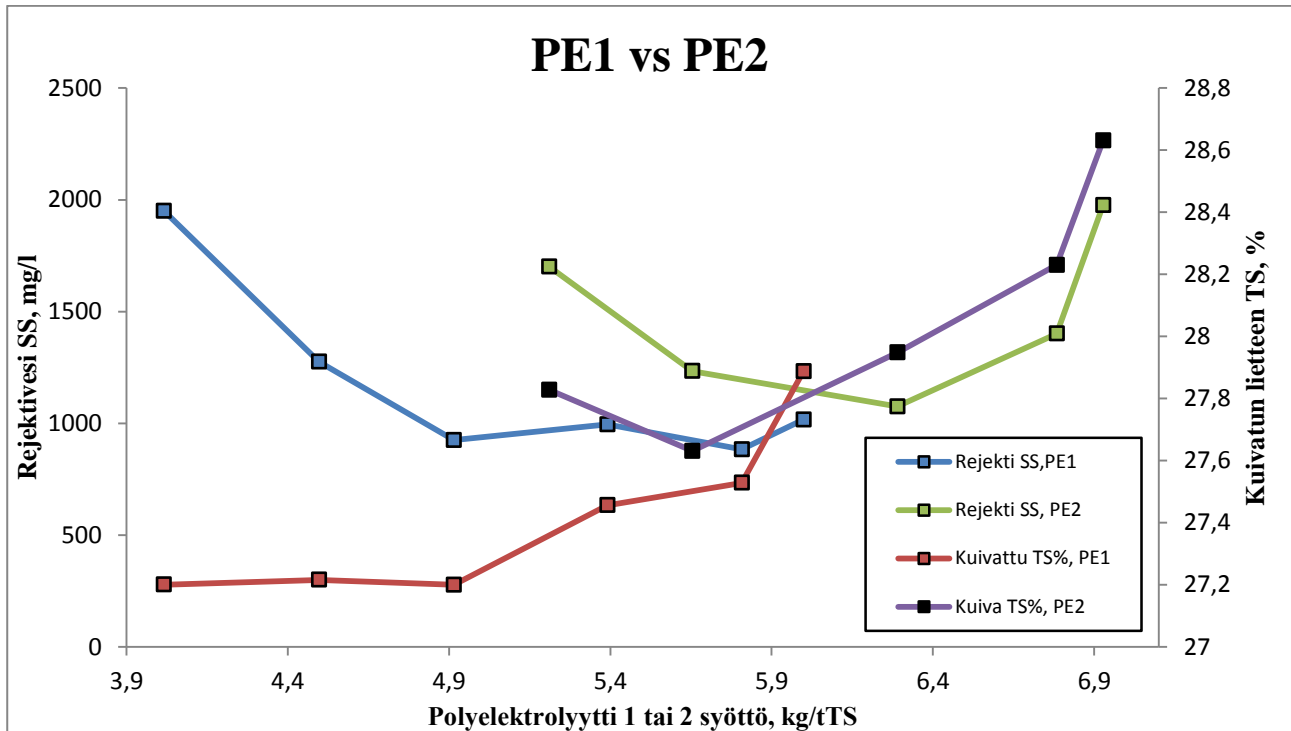
Jotta molemmat tekijät olisivat optimaalisia, kuivatun lietteen ja rejektiveden laatua pitäisi tarkkailla ja hyväksyä tietty kompromissioptimi. Tähän tarkoitukseen Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla pilot-mittauksena toteutettu rejektiveden kiintoainepitoisuusmittari ja Senfit BSA ovat toimiva laitepari.

Mittaustulosten luotettavuuden parantamiseksi taattu lingolta tulevan lietteen saanti mittausanturille on ehdoton edellytys. Koeajojen aikana todettiin, ettei Senfit BSA:n mitatun lietteen poistoaukosta (kuva 17, kohta D) tullut tavaraa ulos, joten sen ajan tuloksia, kun lietettä ei tullut laitteesta ulos, ei voi pitää luotettavina ja paikkansapitävinä. Jos liete ei käy jatkuvasti mittauslaitteen läpi, ei voida puhua on-line-mittauksesta. Tämän tekijän suhteen suositellaankin, että mittalaitteen syöttöruuvien positiota suhteessa lingon poistokuiluun testataan lisää ja pyritään löytämään laitteen paras mahdollinen asennuspiste. Koeajojen jälkeen mittarin positiota muutettiin näiden suositusten mukaisesti.



Kuvassa 40 voi nähdä BSA-mittarin uusi positio, jossa näyttemateriaalin kuljetusruuvin uskotaan saavaan linkokuivattua lietettä mitattavaksi paremmin. Aistinvarainen näytevirran

seuranta osoitti mittarin läpi kulkevan näytemateriaalia tasaisesti ja taukoamatta. Itse laitteen mittauksen toimivuuden osalta ei koeajoissa havaittu puutteita tai epätarkkuutta.



Kuva 41. Polyelektrolyyttien 1 ja 2 vertailukuva

Koeajot osoittivat, että polyelektrolyytin syötön kannalta edullisin kuivatun kakun ja rejektiveden laadun kannalta paras käyttöalue on, kun polymeerin Superfloc C-492 VP syöttö on tasolla 4,65 – 4,8 kgPE/tTS ja Superfloc C-491 VP – 6,2 – 6,5 kgPE/tTS, kuva 41. Koetulokset osoittivat, että Superfloc C-492 VP on edullisempi polyelektrolyytti, sillä noin kaksinkertainen erotus Superfloc C-491 VP:n syöttömäärään tietää rahallista etua yritykselle. Täten suositellaan Superfloc C-492 VP:tä käytettäväksi Viikinmäen linkokuivattavan lietteen kunnostuskemikaaliksi.

Koeajot, joissa muuttujana oli lietteensyöttö, osoittivat, että paras linkokuivauksen lopputulos saavutetaan lietevirran ollessa minimirajan tuntumassa. Pienellä lietesytöllä lietteen viipymä lingon kuivausrummussa on suurempi kuin isommilla lietevirtaamilla, joten liete ehtii kuivua paremmin ja rejektiveteen jää minimimäärä kiintoainetta.

Lingon vääntömomenttivastekoe osoitti, että parhaaseen kuivaustulokseen päästään, kun lingon momentti on 48 - 50 %. Tuolloin sekä kuivatun kakun että rejektiveden kiintoainepitoisuudet ovat

hyväksyttävällä kompromissialueella. Koeajoissa on päästy kuivatun kakun korkeampiinkin kuiva-ainepitoisuuksiin, mutta silloin rejektin laatu ei ollut enää paras mahdollinen.

Laitteen kalibrointitilaisuudessa tulleen datan korrelaatio laboratoriodatan kanssa oli 45%. Yleensä koedatan hyvänä korrelaatioprosenttina pidetään vähintään 90 %:n korrelaatiota. Näin ollen koeajoissa saadun kuivatun lietteen kiintoainepitoisuusdatan pitävyyttä ei voida taata, joten on syytä kehottaa laitteen valmistajia kehittämään laitteen kalibrointia.

7 Lähteet:

1. Hienonen, Laura. Rejektiveden biologisen erilliskäsittelyn koeajot Viikinmäessä. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, 2009.
2. RIL 124-2 Vesihuolto II, 2004
3. Vuohiniemen jätevedenpuhdistamo. Lietteen kalkkistabilointiprosessin kehittäminen. Loppuraportti. Iisalmen vesilaitos, 28.11.2011
4. Liuksia, Saku. Jätevesilietteen mesofiilisen mädätysprosessin muuttaminen termofiiliseksi. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, 2009.
5. Kangas, Ari. Prosessikoulutus – lietteen käsittely. AEL/Helsingin Vesi ja Espoon Vesi, 19.11.2009
6. Sundell, Laura. Jätevedenpuhdistamon kemikaaliannostelun kehittäminen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, 2008.
7. Kolehmainen, Heikki. Helsingin veden Viikinmäen puhdistamon jätevesilietteen mädätyksen toiminta. Insinööriyö, EVTEK, 2005
8. Huttu, Marja-Terttu. Mekaaniset prosessit -kurssi. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu, 2010
9. Balk, Sanna & Honkamaa, Marjo. Lietteenkuivauksen optimointiin vaikuttavat parametrit. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, 2007
10. Records, Alan & Sutherland, Ken. Decanter Centrifuge Handbook, 2001
11. Suulliset keskustelut käytönvalvoja Terho Kattilakosken kanssa, Viikinmäen jätevedenpuhdistamo, toukokuu - elokuu 2011,
12. Suulliset keskustelut käyttömestari Kim Nymanin kanssa, Viikinmäen jätevedenpuhdistamo, kesä 2009, 2010, 2011
13. Muralidhara, H.S. (ed.). Advances in solid-liquid separation, 1986

14. "Buchner Funnel Test" <http://www.alken-murray.com/Buchlfunnel.html>. www-dokumentti, luettu 10.08.2011
15. Hendricks, David W. Water Treatment Unit Processes, 2006
16. Mikkelsen, L.H. & Keiding, K. Effects of solids concentration on activated sludge deflocculation, conditioning and dewatering. Water Science & Technology, Volume 44, Number 2 - 3 2001
17. Dentel, S. K. & Abu-Orf M.M. Application of the streaming current detector in sludge conditioner selection and control. Water Science & Technology, Volume 28, Number 1, 1993
18. "Dielektrisyys" www.fluidfinland.fi/content/download/224/1372/file/anturit.pdf
www-dokumentti, luettu 11.08.2011
19. Mikola, Marjo. Ammattina puhdas vesi. Uudenmaan insinööri ins., s. 18, 2/2011
20. Hakala, Iina, Myllymäki, Johanna, Saarinen, Risto, Rihmaopas. Käsikirja rihmamaisten bakteerien tunnistamiseksi ja niiden aiheuttamien ongelmien torjumiseksi, 1997
21. Kangas, Ari & al. Helsingin Veden jätevesilietteen käsittelyn ja loppusijoituksen mahdollisuudet. Helsinki, 2002
22. Mustalahti, Heidi. Esi-ilmastusaltaan käytön optimointi. Insinööriyö. EVTEK, 2003
23. "Viikinmäen jätevedenpuhdistamo lupapäätös"
<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=24993&lan=fi>
www – dokumentti. Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lupapäätös, myönnetty 18.10.2004,
luettu 11.08.2011
24. BSA Biosolids analyzer – kiintoainepitoisuusmittari. Senfit Oy:n tuoteopas
25. Harinen, Antti. Mikroaaltotekniikkaan perustuva kiintoaineen mittaaminen lietteenkäsittelyssä. Vesitalous-lehti, numero 3, 2006

Liitteet.

Liite 1. Kemira Oy:n Superfloc C-492 VP:n tuoteselostus

Kemira

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

SUPERFLOC® C-492VP

Ref. N02758/2 0/FI/FI

Muutettu viimeksi: 12.07.2010

Edellinen päiväys: 00.00.0000

Päiväys: 12.07.2010

1. AINEEN TAI SEOKSEN JA YHTIÖN TAI YRITYKSEN TUNNISTUSTIEDOT

Kemikaalin tunnistustiedot

Kauppanimi
SUPERFLOC® C-492VP

Aineen ja/tai seoksen käyttötapa

Höytelöittämisaine

Yhtiön/yrityksen tunnistetiedot

Kemira Oyj
PL 330
00101 HELSINKI
SUOMI
Puhelin +358108611, Telefax +358108621124
ProductSafety.FI.Helsinki@kemira.com

Hätäpuhelinnumero

Carechem 24 International: +44 (0) 1235 239 670
Myrkytystietokeskus: Puh. 09 471 977 tai 09 4711

2. VAARAN YKSILÖINTI

EU-direktiivien 67/548/ETY tai 1999/45/EY mukainen luokitus

Direktiivin 1999/45/EY mukaan tuotetta ei tarvitse luokitella eikä etiketöidä.

Muut vaarat

Ohjeita; Liukastumisvaara.

3. KOOSTUMUS JA/TAI AINESOSIA KOSKEVAT TIEDOT

Kuvaus

Kationinen polyakryyliamidi

Vaaraa aiheuttavat aineosat

CAS-/EU-numero REACH-rekisteröintinumero	Aineosan nimi	Pitoisuus	Asetuksen (EU) 1272/2008 mukainen luokitus	EU-direktiivien 67/548/ETY tai 1999/45/EY mukainen luokitus
124-04-9 204-673-3	Adipiinihappo	<5 %	Eye Irrit. 2,H319	Xi ,R36

Lisätietoja

Tässä kohdassa mainittujen R-lausekkeiden täydelliset tekstit ovat kohdassa 16.

Kemira**KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE****SUPERFLOC® C-492VP**

Ref. N02758/2 0/FI/FI

Muutettu viimeksi: 12.07.2010

Edellinen päiväys: 00.00.0000

Päiväys: 12.07.2010

4. ENSIAPUTOIMENPITEET**Hengitys**

Siirretään raittiiseen ilmaan. Jos ilmenee hengitysvaikeuksia, on otettava yhteyttä lääkäriin. Jos hengitys on epäsäännöllistä tai pysähtynyt, annetaan elvytystä.

Ihokosketus

Roiskeet huuhdeltava välittömästi saippualla ja runsaalla vedellä.

Roiskeet silmiin

Huuhdellaan välittömästi runsaalla määrällä vettä, myös silmäluomien alta, vähintään 15 minuuttia.

Nieleminen

Suu huuhdellaan vedellä. Kutsu lääkäri välittömästi. Ei saa oksennuttaa. Tajuttomalle henkilölle ei saa koskaan antaa mitään suun kautta.

5. PALONTORJUNTATOIMENPITEET**Sopivat sammutusaineet**

Vesisuihku, Hiiliidioksidi (CO₂), Jauhe

Erityiset altistumisvaarat tulipalossa

Pöly voi muodostaa räjähtäviä seoksia ilman kanssa.

Erityiset palomiesten suojavarusteet

Käytettävä paineilmalaitetta ja suojapukua.

Muita ohjeita

Tulipalon sattuessa on säiliöt jäähdytettävä vesisuihkulla.

6. TOIMENPITEET ONNETTOMUUSPÄÄSTÖISSÄ**Henkilökohtaiset suojatimet**

Henkilökohtainen suojaus, katso kohta 8.

Puhdistusohjeet

Kostuessaan tuote tulee liukkaaksi. Kerättävä mekaanisesti talteen sopiviin säiliöihin hävittämistä varten. Jäämät huuhdotaan vedellä. Estettävä tuotteen pääsy viemäreihin. Hävitettävä paikallisten ja kansallisten säädösten mukaisesti.

7. KÄSITTELY JA VARASTOINTI**Käsittely**

Henkilökohtainen suojaus, katso kohta 8. Vältettävä pölyn muodostusta. Tuote on hygroskooppista. Suojattava kosteudelta.

Varastointi

Säilytettävä huoneenlämpötilassa alkuperäispakkauksessa.

Pakkausmateriaalit

Sopimaton aine: Tuotteen hajoamisen ja laitteiston syöpymisen välttämiseksi, älä käytä rauta-, kupari- tai alumiinisäiliöitä tai laitteita.

Vältettävät materiaalit:

Voimakkaat hapettimet

Varastointikestävyyys:

Muut tiedot

Stabiili suositeltavissa varasto-olosuhteissa.

8. ALTISTUMISEN EHKÄISEMINEN JA HENKILÖN SUOJAIMET

Kemira

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

SUPERFLOC® C-492VP

Ref. N02758/2.0/FI/FI

Muutettu viimeksi: 12.07.2010

Edellinen päiväys: 00.00.0000

Päiväys: 12.07.2010

Altistumisen raja-arvot

Adipiinihappo
HTP (8h) = 5 mg/m³

Altistumisen torjunta

Työperäisen altistumisen torjunta

Käsiteltävä hyvän työhygienian ja turvallisuuskäytännön mukaisesti. Kädet ja kasvot pestävä ennen taukoja ja välittömästi tuotteen käsittelyn jälkeen. Varottava kemikaalin joutumista iholle ja silmiin. Varmistettava, että silmähuuhteluasemat ja hätäsuihkut sijaitsevat työpisteen lähellä. Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta.

Hengityselinten suojaus

Käytä hengityksensuojainta, jos ilmanvaihto on riittämätön. (suodatin ABEK-P2)

Käsien suojaus

Käsinemateriaali: Nitrilikumi, Tälle tuotteelle ei ole läpäisytestituloksia.

Noudatettava käsineiden toimittajan antamia läpäisevyyttä ja läpäisyaikaa koskevia ohjeita. On otettava huomioon myös paikalliset erityisolosuhteet, joissa tuotetta käytetään, kuten naarmuuntumisen riski, kuluminen ja kosketusaika.

Silmiensuojaus

Naamiomalliset suojasilmälasit

Ihonsuojaus / Kehon suojaus

Suojavaatetus.

9. FYSIKAALISET JA KEMIAALLISET OMINAISUUDET

Yleiset tiedot (olomuoto, väri, haju)

Olomuoto	kiinteä, kiteinen, jauhe
Väri	harmahtava
Haju	hajuton

Terveyden, turvallisuuden ja ympäristön kannalta tärkeät tiedot

pH	3 - 5
Kiehumispiste/kiehumisalue	Vesiliuos.
Leimahduspiste	ei määritettävissä
Räjähävyys:	ei määritettävissä
Räjähdysraja, alempi	
Räjähdysraja, ylempi	tietoja ei ole käytettävissä
Bulkkitiheys	tietoja ei ole käytettävissä
Liukoisuus:	750 g/l
Vesiliukoisuus	
Jakaantumiskerroin: n-oktanoli/vesi	Viskositeetin takia rajallinen.
	ei määritettävissä

Muut tiedot

Lämpöhajoaminen	> 150 °C
-----------------	----------

Kemira

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

SUPERFLOC® C-492VP

Ref. N02758/2 0/FI/FI

Muutettu viimeksi: 12.07.2010

Edellinen päiväys: 00.00.0000

Päiväys: 12.07.2010

Itsesyttymislämpötila	> 150 °C
Sulamispiste/sulamisa-alue	tietoja ei ole käytettävissä

10. STABIILISUUS JA REAKTIIVISUUS

Vältettävät olosuhteet

Stabiili normaaliolosuhteissa. Emäksisten materiaalien vaikutuksesta polymeeri hajoaa.
Lämpöhajoaminen > 150 °C

Vältettävät materiaalit

Voimakkaat hapettimet
Vaaralliset reaktiot
Vaarallista polymeroitumista ei tapahdu.

Vaaralliset hajoamistuotteet

Ammoniakki, hiilioksidit (CO_x), typpioksidit (NO_x), rikkioksidit (SO_x)

11. MYRKYLLISYYTEEN LIITTYVÄT TIEDOT

Välitön myrkyllisyys

Tässä kappaleessa esitetyt tulokset toksikologisista tuloksista ovat joko tällä tai vastaavalla materiaalilla suoritettujen testien tulokset.

LD50/Suun kautta/rotta: > 5.000 mg/kg
Tiedot perustuvat tuotteen yksittäisten komponenttien toksikologisiin ominaisuuksiin.

LC50/Hengitys/4 h/rotta: > 20 mg/l
LD50/Ihon kautta/kani: > 2.000 mg/kg

Adipiinihappo:

LD50/Suun kautta/rotta: > 11.000 mg/kg

Ärsyttävyys ja syövyttävyys

Iho: Ei ärsytä ihoa

Silmät: Ei aiheuta silmien ärsytystä

Adipiinihappo:

Iho: kani: Ei ärsytä ihoa

Silmät: kani: Ärsyttää silmiä.

Herkistyminen

Ei ole herkistävä.

Subakuutti, subkrooninen ja pitkäaikainen myrkyllisyys

Mutageenisuus
Ames-testi:
tietoja ei ole käytettävissä

12. TIEDOT KEMIKAALIN VAARALLISUUDESTA YMPÄRISTÖLLE

Myrkyllisyys eliöille

Myrkyllisyys vesieliöille

Tuotetta ei ole luokiteltu ympäristölle vaaralliseksi. Annetut tiedot perustuvat rakenteellisesti tai koostumuksellisesti samantyyppisiä tuotteita koskeviin tietoihin. Vesielövaikutukset johtuvat ulkoisesta (ei-systemaattisesta) toimintamekanismista ja vaikutukset vähenevät merkittävästi (7-20 -kertaisesti) 30 minuutin kuluessa tuotteen sitoutuessa liuenneeseen orgaaniseen hiileen ja epäorgaanisiin materiaaleihin, kuten saveen ja hiesuun. Akuutin myrkyllisyyden testit tehty ympäristöä edustavaa vettä käyttäen.

LC50/96 h/Branchydanio rerio (seeprakala)/Välitön myrkyllisyys/OECD TG 203: > 1 - 10 mg/l

Huomautuksia: makea vesi

EC50/48 h/Daphnia magna (vesikirppu)/Immobilisointi/OECD TG 202: > 10 - 100 mg/l

/Viherlevä (Selenastrum capricornutum)/Kasvun estäminen/OECD TG 201:

Polymeerin kationisuuden vuoksi testiä ei voi tehdä.

Myrkyllisyys muille eliöille

tietoja ei ole käytettävissä

Kulkeutuvuus

Vesiliukoisuus: Viskositeetin takia rajallinen.

Pysyvyys ja hajoavuus

Biologinen hajoavuus:

CO₂:n kehittymistesti/OECD TG 301B/28 d:

Tuotteen sisältämä polymeeri ei ole nopeasti biohajoavaa, mutta se hajoaa hydrolyysin kautta. Polymeerin suuren molekyylipainon takia biologisten kalvojen läpäiseminen on olematonta.

Kertyvyys eläviin kudoksiin

Jakaantumiskerroin: n-oktanoli/vesi: ei määritettävissä

Muut haitalliset vaikutukset

tietoja ei ole käytettävissä

13. JÄTTEIDEN KÄSITTELYYN LIITTYVÄT NÄKÖKOHDAT

Tuote

Valmistaja suosittelee materiaalien kierrätystä, talteenottoa ja uudelleenkäyttöä, mikäli paikalliset säädökset sallivat. Mikäli kierrätys ei ole mahdollista, on jäte hävitettävä paikallisten säädösten mukaisesti. Polttamista suositellaan.


KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE
SUPERFLOC® C-492VP

Ref. N02758/2 0/FI/FI

Muutettu viimeksi: 12.07.2010

Edellinen päiväys: 00.00.0000

Päiväys:12.07.2010

14. KULJETUSTIEDOT

YK numero

Pakkausryhmä

Maakuljetukset

Ei vaarallisuusluokitusta kuljetusmääräysten mukaan.

Merikuljetukset

Ei vaarallisuusluokitusta kuljetusmääräysten mukaan.

Ilmakuljetukset

Ei vaarallisuusluokitusta kuljetusmääräysten mukaan.

15. LAINSÄÄDÄNTÖÄ KOSKEVAT TIEDOT

Varoitusetiketin tietoja

Varoitusmerkki(merkit)

R-lausekkeet

Eräitä seoksia koskevat erityisvaatimukset

Käyttöturvallisuustiedote toimitetaan ammattikäyttäjälle pyynnöstä.

Muut tiedot

Tuote on luokiteltu ja merkitty EU-direktiivin 1999/45/EY mukaisesti.

S82: Vuodot ovat märkänä hyvin liukkaita.

Ilmoitustilanne

Kaikki tuotteen aineosat on mainittu EINECS-luettelossa (European Inventory of Existing Chemical Substances) tai niiden mainintaa EINECS-luettelossa ei ole vaadittu.

Ilmoitustilanne

Kaikki tuotteen aineosat on mainittu TSCA-kemikaaliluettelossa tai niiden luettelointia TSCA-kemikaaliluettelossa ei ole vaadittu.

Ilmoitustilanne

Kaikki tuotteen aineosat on mainittu Domestic Substances-luettelossa (DSL) tai niiden luettelointia DSL-listassa ei ole vaadittu.

Ilmoitustilanne

Kaikki tuotteen komponentit on mainittu Australian Inventory of

Chemical Substances-luettelossa (AICS) tai niiden luettelointia ei ole vaadittu.

Ilmoitustilanne	Kaikki tuotteen aineosat on mainittu Kiinan listassa, tai niiden luettelointia Kiinan listassa ei vaadita.
Ilmoitustilanne	Kaikki tuotteen komponentit on mainittu Japanin (ENCS)-luettelossa, tai niiden luettelointia ei ole vaadittu.
Ilmoitustilanne	Kaikki tuotteen komponentit on mainittu Korean (ECL)-luettelossa, tai niiden luettelointia ei ole vaadittu.
Ilmoitustilanne	Kaikki tuotteen komponentit on mainittu Filippiinien (PICCS)-luettelossa, tai niiden luettelointia ei ole vaadittu.

16. MUUT TIEDOT

Kohdissa 2 ja 3 mainittujen H-lausekkeiden täydelliset tekstit.

H319 Ärsyttää voimakkaasti silmiä.

Kohdassa 3 mainittujen R-lausekkeiden teksti

R36 Ärsyttää silmiä.

Koulutukseen liittyviä ohjeita

Lue käyttöturvallisuustiedote ennen tuotteen käyttämistä.

Käyttöä koskevat rajoitukset

tietoja ei ole käytettävissä

Lisätietoja

Tämän käyttöturvallisuustiedotteen tiedot ovat parhaan tietämyksemme mukaan oikeita laatimispäivänä. Annetut tiedot ovat ainoastaan ohjeellisia turvallista käsittelyä, käyttöä, työstöä, varastointia, kuljetusta, jätteidenkäsittelyä ja päästöjä varten, eikä niitä saa käsittää takuiksi tai laatuspesifikaatioksi. Tiedot koskevat vain mainittua tuotetta, eivätkä välttämättä pidä paikkaansa, jos tuotetta käytetään yhdessä toisen tuotteen kanssa tai prosessissa, ellei erikseen mainittu tekstissä.

Tiedotteen laatimisessa käytetyt tärkeimmät lähteet

Säädökset, tietokannat, kirjallisuus, omat tutkimukset.

Lisäykset, poistot ja muutokset

Muuttuneet merkitykselliset kohdat on ilmaistu pystyviivoin.

Liite 2. Kemira Oy:n Superfloc C-491 VP:n tuotevertailusivu

Tuotteet*	C-492HMW	C-494HMW	C-496HMW	C-498HMW
Tyypilliset ominaisuudet				
Ulkomuoto	← Luonnonvalkoinen, rakeinen jauhe →			
Varausaste, %	10	20	35	55
Subteellinen moolimassa	Erittäin suuri	Erittäin suuri	Erittäin suuri	Erittäin suuri
Bulkkitiheys, kg/m ³	700 – 800	700 – 800	700 – 800	700 – 800
0,5-prosenttisen liuoksen pH 25 °C:ssa	3,0 – 5,0	3,0 – 5,0	3,0 – 5,0	3,0 – 5,0
Viskositeetti 25 °C:ssa, cps:				
0.10%	120	170	180	200
0.25%	300	350	400	400
0.50%	600	750	800	900
1.00%	1 500	1 800	2 000	2 200
Tuotespesifikaatio				
Liukenemattomia aineita, % paino/paino (menetelmä BD 37)	enint. 0,5	enint. 0,5	enint. 0,5	enint. 0,5
Jäljellä oleva akryyliamidi, % (menetelmä BD 52)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Normaali viskositeetti, cps (menetelmä 20)	3,4 – 4,4	3,8 – 4,5	3,8 – 4,5	3,8 – 4,5

* Huom: Nämä tuotteet ovat saatavilla. Kysy Kemiran edustajalta muita tuotteita, joita ei ehkä ole esitetty tässä.

Tässä asiakirjassa esitettyjen tietojen ja lausumien uskotaan olevan oikeita ja luotettavia, mutta niitä ei tule tulkita lupaksi, takuiksi, suositukseksi tai käyttäjän neuvoksi, josta olemme oikeudellisessa vastuussa. Niitä ei myöskään pidä käyttää patentoidun keksinnön toteuttamiseen ilman lisenssiä. Käyttäjien pitää tehdä asianmukaisia tarkistuksia sen varmistamiseksi, että tuotteitamme käsitellään ja käytetään oikein tiettyyn tarkoitukseen. Kemira pidättää oikeuden muuttaa teknisiä tietoja ilman ennakkoilmoitusta.

© tarkoittaa yhdysvaltalaisista rekisteröityä tavaramerkkiä ja TM tai [®] tarkoittavat yhdysvaltalaisista tavaramerkkiä. Merkki voi myös olla rekisteröity, sitä koskeva rekisteröintihakemus voi olla jätetty tai sille voi olla myönnetty tavaramerkki muissa maissa.

Tilaukset ja Tuotekyselyt:

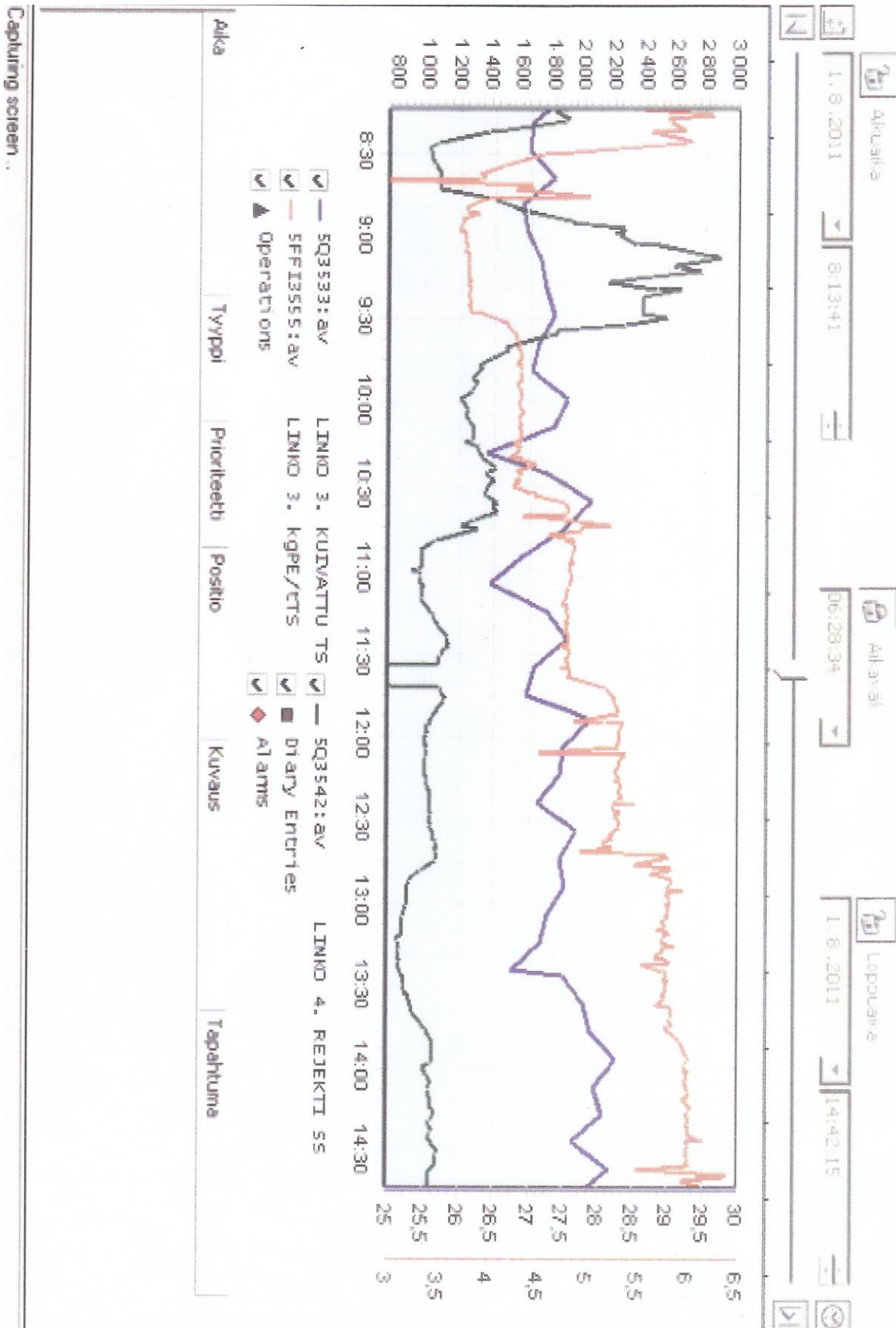
Kemira Oyj
Kemira Water
Puh. 010 8611
kwtilaukset@kemira.com

www.kemira.com

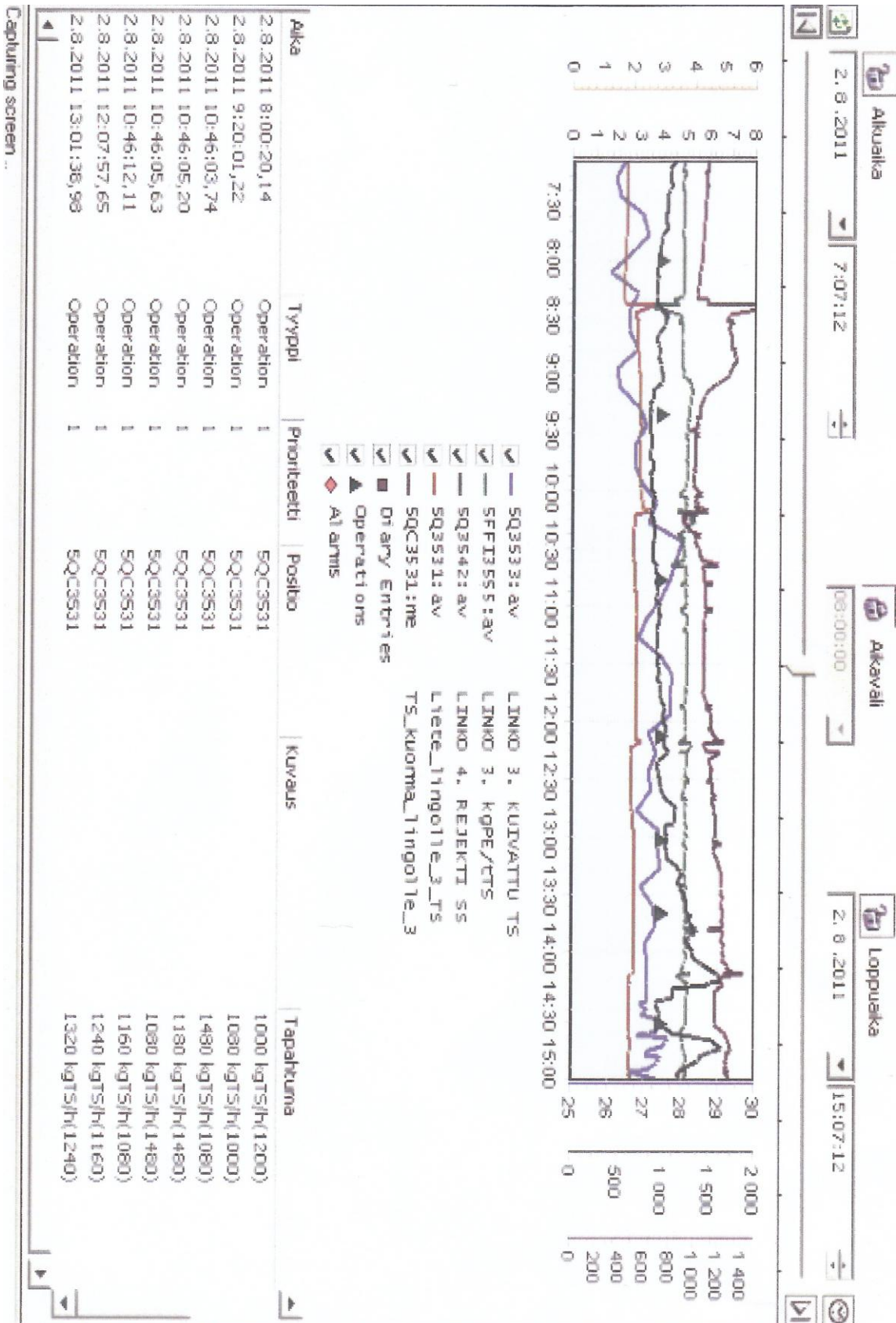
© Kemira 2008

PS-1003-FI-WW_080513

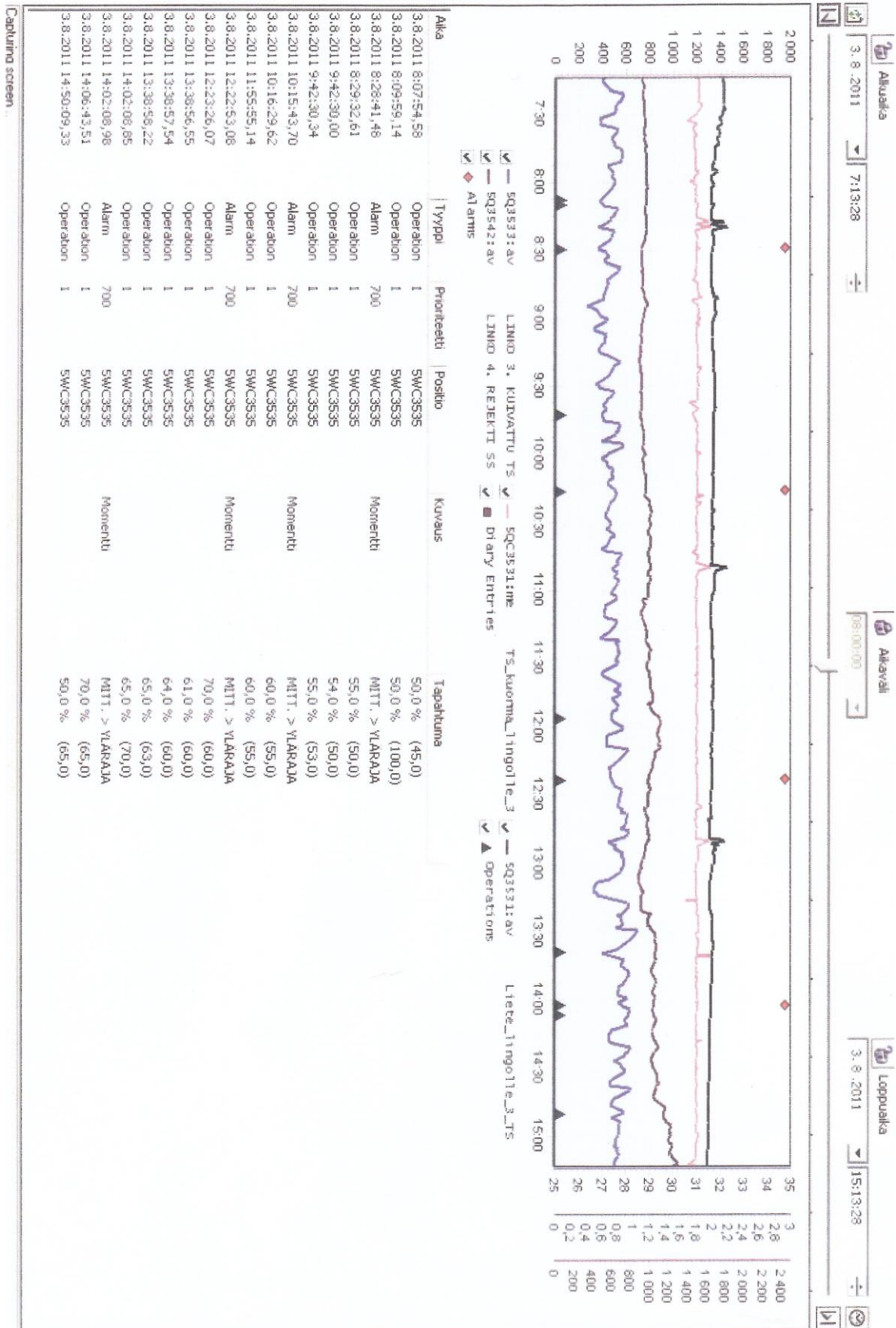
Liite 3. 1. polyelektrolyyttivastekoe, koepäivän PHJ –trendi



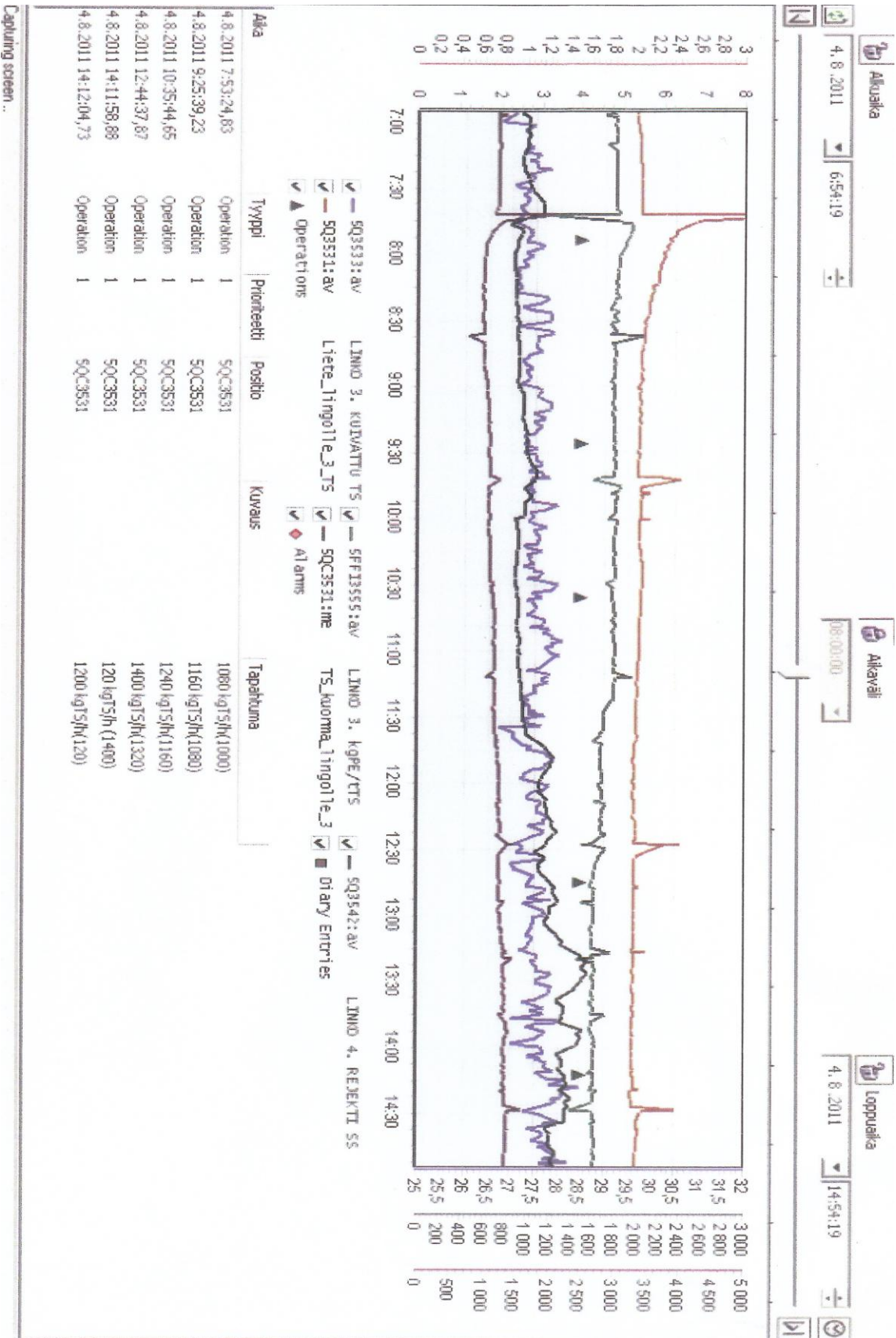
Liite 4. Lietteensyöttökoe, 1. polyelektrolyytti, koepäivän PHJ –trendi



Liite 5. Lingon momenttikoe, koepäivän PHJ –trendi

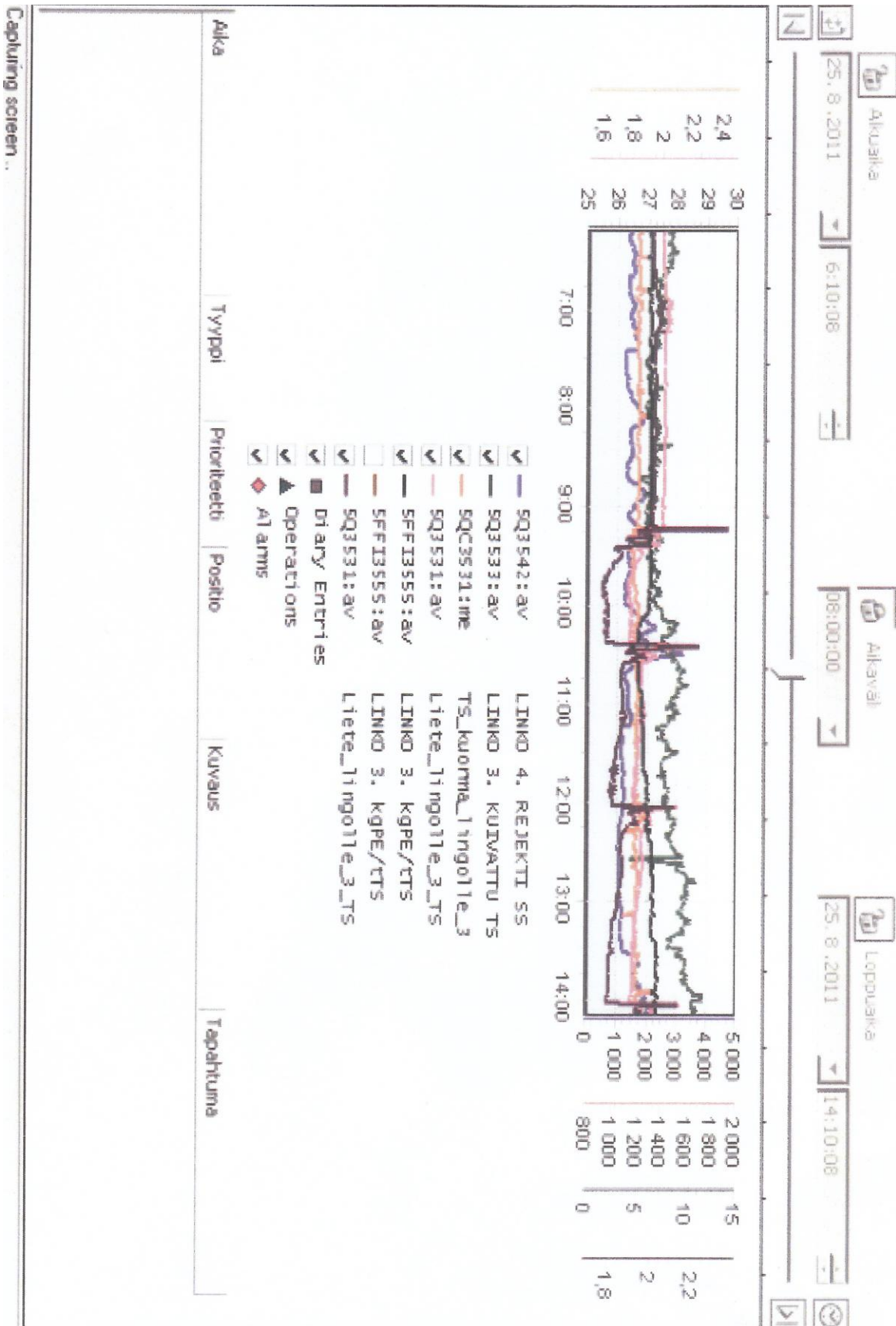


Liite 6. 2. Lietteensyöttökoe, 1. polyelektrolyytti, koepäivän PHJ –trendi



Capturing screen...

Liite 7. 2. polyelektrolyyttivastekoe, koepäivän PHJ –trendi



Liite 8. Lietteensyöttökoe, 2. polyelektrolyytti, koepäivän PHJ -trendi

