



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

DEKANTTERLINGON SOVELTUVUUS SELLUTEHTAAN SEKALIIETTEEN KUIVAUKSEEN

TEKIJÄ: Tuomas Purhonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Tuomas Purhonen	
Työn nimi Dekantterilingon soveltuvuus sellutehtaan sekalietteen kuivaukseen	
Päiväys 6.6.2017	Sivumäärä/Liitteet 27/0
Ohjaaja(t) Yliopettaja Heikki Salkinoja ja lehtori Markku Kosunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Aquaflow Oy/ Matti Kumpulainen	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin osana Aquaflow Oy:n projektia, jossa uusittiin erään hienokartonkitehtaan lietteenkäsittelylaitteistoa. Työssä selvitettiin pääperiaatteet, joiden avulla laitoskohtaisesti sopivat laitteet pyritään valitsemaan, sekä arvioitiin siirrettävän laitteiston toimivuutta lietteenkäsittelyn tilapäisratkaisuna.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää dekantterilingon soveltuvuutta metsäteollisuudessa syntyvän sekalietteen kuivaukseen, sekä arvioida siirrettävän laitteiston toimivuutta lietteenkäsittelyn tilapäisratkaisuna. Dekantterilingon testiajojen suunnitelmalla pyrittiin löytämään sopivat ajoparametrit vaaditun kapasiteetin saavuttamiseksi. Suoritus- ja kulutusarvoista kerätyn datan perusteella analysoitiin ongelmia ja verrattiin laitteistoa tehtaalla käyttöönotettavaan suotonauhapuristimeen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin arvokasta tietoa tilapäisratkaisun toteutuksesta sekä syntyvistä kustannuksista. Laitteistojen vertailulla osoitettiin eri menetelmien suurimmat eroavaisuudet.</p>	
Avainsanat Dekantterilinko, suotonauhapuristin, lietteenkäsittely, metsäteollisuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Tuomas Purhonen			
Title of Thesis Suitability of Decanter Centrifuge for Thickening and Dewatering of Pulp Mill Sludge			
Date	6.6.2017	Pages/Appendices	27/0
Supervisor(s) Principal Lecturer Heikki Salkinoja and Lecturer Markku Kosunen			
Client Organisation /Partners Aquaflow Oy/ Matti Kumpulainen			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made as part of Aquaflow Oy's project in which the sludge treatment equipment of a fine-mill plant was renewed. This thesis explains the principles which are used to select devices that are suitable for each plant. It also evaluates the functionality of mobile equipment as a temporary solution for sludge processing.</p> <p>The purpose of this thesis was to discuss suitability of decanter centrifugation for sludge dewatering in forest industry. Thesis also evaluates functionality of mobile machinery, as a temporary solution. Test runs for the decanter centrifugation were designed in order to find suitable parameters to get the required capacity. Problems in using mobile machinery were analyzed, based on the collected data from performance and consumption values. Data was also used to compare decanter centrifugation and belt filter press which will be commissioned in the mill.</p> <p>As a result of this thesis valuable information about designing the temporary solution for sludge processing and incurring costs was received. Comparison of the machines showed the greatest differences between methods</p>			
Keywords Decanter centrifugation, belt filter press, sludge processing, forest industry			

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Taustaa.....	7
1.2 Työn tavoitteet	7
1.3 Aineisto ja menetelmät	7
1.4 Aquaflow Oy jätevedenkäsittelylaitoksen toimittajana	7
2 JÄTEVESIEN PUHDISTUSPROSESSI.....	9
2.1 Puhdistusmenetelmät	9
2.2 Aktiivilietelaitoksen toimintaperiaate	9
3 LIETTEEN KUNNOSTUKSELLE ASETETTAVIA VAATIMUKSIA.....	13
3.1 Mekaaniset kuivausmenetelmät.....	13
3.1.1 Viirasaostin	13
3.1.2 Suotonauhapuristin	14
3.1.3 Dekantterilinko	15
4 CASE PROJEKTI.....	17
4.1 Tehtaan jätevedenpuhdistamon esittely	17
4.2 Uusittavien laitteistojen mitoitusarvot	17
5 TILAPÄISRATKAISUN TOTEUTUS.....	17
5.1 Koeajo 1.	18
5.2 Koeajo 2.	19
5.3 Ajot ennen varsinaista operointia	20
5.4 Operointi tilapäisratkaisuna	21
5.5 Havaintoja laitteiston toimivuudesta	22
6 KUIVA-AINEPITOISUUKSIEN VERTAILU.....	23
6.1 Mittaukset ja analyysit	23
6.1.1 Kuiva-ainepitoisuus	23
6.1.2 Tuhkapitoisuus	23
6.1.3 Kuitupitoisuus.....	24
6.1.4 Kapasiteetti.....	24
6.2 Dekantterilingon suoritusarvot	25
6.3 Uusittu lietelinjasto.....	25

6.4 Tulosten vertailu	26
7 YHTEENVETO.....	27
LÄHTEET	28

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Aktiiviliete	Bakteereja ja muita mikro-organismeja sisältävä, flokeista koostuva liete, jotka toteuttavat biologisen puhdistuksen.
BAT	Best Available Technology, paras käyttökelpoinen tekniikka.
Bioliete	Jäteveden biologisessa puhdistuksessa syntyvää lietettä. Siinä on mikrobimassan lisäksi myös puun uuteaineita, ligniiniyhdisteitä ja absorboituneita klooriorgaanisia yhdisteitä.
BOD	Biologinen hapenkulutus, helposti hajoavan orgaanisen aineen mitta.
COD	Kemiallinen hapenkulutus, orgaanisen aineen mitta.
Flokkulaattori	Sekoitus säiliö, jossa polymeerin avulla optimoidaan lietteen flokkautuminen
Liete	Nesteen ja hiukkasten muodostama seos.
Primääriliete	Mekaanisen puhdistusvaiheen liete. Käytetään nimitystä kuituliete. Tyypillisesti masojen ja paperinvalmistuksen rejektinä ja O-veden mukana jätevesiin joutuvaa kuitua ja täyteainetta.

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Tämä opinnäytetyö tehtiin osana Aquaflow Oy: n projektia, jossa uusittiin erään hienokartonkitehtaan lietteenkäsittelylaitteistoa. Projekti toteutettiin tehtaan tuotannon kärsimättä käsittelemällä syntyvät lietteet tilapäisratkaisun avulla. Käsiteltävien ainevirtojen suuruudesta johtuen, luotettavan toteutuksen arveltiin olevan haasteellista.

Tässä työssä selvitetään tilapäisratkaisun toteutuksen vaiheita sekä verrataan saatuja tuloksia tehtaalla käyttöönotettavan lietelinjaston suoritusarvoihin. Ongelmia oli paljon ja tilanne ajautui lopulta siihen, että tilapäisratkaisulle vaadittiin varajärjestelmä. Työn rajaamiseksi, sen toteutuksen vaiheisiin ei paneuduta.

Työtä ohjasi yrityksen puolelta tekninen johtaja Matti Kumpulainen. Savonia-ammattikorkeakoulun valvovana opettajana toimi Heikki Salkinoja.

1.2 Työn tavoitteet

Lietteenkäsittelylaitteiston uusintaprojektin tavoitteena oli uusia puhdistamon laitteistot vastaamaan BAT-vaatimuksia sekä turvata tehtaan tuotanto projektin ajan käsittelemällä syntyvät lietejakeet tilapäisratkaisun avulla. Tietoa kerättiin myös tilapäisratkaisun luotettavasta toteutuksesta ja kirjoittaja vastasi osaltaan laitteiston käytöstä. Lisäksi tehtävänä oli arvioida dekantterilingon toimivuutta sekalietteen kuivausmenetelmänä ja verrata mittaustietoja tehtaalla käyttöönotettavan laitteiston arvoihin. Työn kokeellinen osa rajattiin suoritusarvojen osalta kiintoainepitoisuuksien mittaukseen ja kapasiteetin määrittämiseen.

1.3 Aineisto ja menetelmät

Tehtävän aineisto käsitti erilaisia jätevedenkäsittelyyn liittyviä teoksia. Arvokasta tietoa saatiin myös puhdistamon hoitajilta sekä käytännön kokeiden avulla. Puhdistamon toimintoja kuvatessa neuvoja ja ohjeita hankittiin yrityksen työntekijöiltä, kirjallisuudesta sekä aikaisempiin laitostoimituksiin liittyvistä materiaaleista.

Hankittua tietoa yhdistettiin käytännössä saatuihin kokemuksiin ja mittaustuloksiin. Niiden perusteella arvioitiin dekantterilingon soveltuvuutta sellutehtaan sekalietteen kuivaukseen.

1.4 Aquaflow Oy jätevedenkäsittelylaitoksen toimittajana

Aquaflow Oy on Veolia Water Technologies yhtiön omistama tytäryhtiö. Se on johtava ympäristöalan yritys, joka toimittaa veden, jäteveden ja lietteenkäsittelyn laitteita, laitoksia ja palveluja niin kunnallisille kuin teollisuuden asiakkaille. Toiminta jäteveden puhdistuksen alalla aloitettiin 60-luvun alkupuolella, jolloin valmistettiin ensimmäiset selkeyttimet, sakeuttimet ja suodattimet.

Yli 50-vuoden kokemus vedenkäsittelystä takaa onnistuneet ratkaisut kaikkiin sellu- ja paperiteollisuudessa tarvittaviin jäteveden käsittelyratkaisuihin.

(Aquaflow Oy, 2017)

2 JÄTEVESIEN PUHDISTUSPROSESSI

Metsäteollisuudessa muodostuu erilaisia lietejakeita, joiden laadut ja määrät vaihtelevat tehtaittain. Kaikki lietejakeet sisältävät runsaasti vettä. Niiden käsittely on haastavaa ja kuluttaa runsaasti energiaa. Lietteenkäsittelymenelmien toimivuuteen vaikuttavat muodostuvan lietteen ominaisuudet, erityisesti kuiva-ainepitoisuus. Myös lietteen soveltuvuus hyötykäyttöön on riippuvainen lietteen perusominaisuuksista sekä vedenerotuksen ja stabiloinnin onnistumisesta. Lietteen tavanomaisin hyötykäyttötapa on poltto. Lupaehtojen ja lietteen raja-arvojen antaessa myöten, lietettä voidaan käyttää myös maanrakennuksessa ja lannoituskäytössä. Lietteiden sijoittaminen läjitysalueelle tulee tulevaisuudessa olemaan yhä kalliimpi vaihtoehto. (Knowpulp, 2017)

Päästöjen hallinta on tuotantoprosessin hallintaa. Vakaa ja hyvin hallittu prosessi vähentää satunnaispäästöjä. Sellu- ja paperiteollisuudessa erityistä huomiota prosesseja kehitettäessä on kiinnitettävä prosessissa käytettävien vesi- ja kemikaalimäärien pienentämiseen ja kierrättämiseen.

Esimerkiksi pesuvesien ja suljettujen kiertojen toteutusta kannattaa suosia mahdollisuuksien mukaan. (metsäteollisuus.fi)

2.1 Puhdistusmenetelmät

Paperi- ja selluteollisuuden jätevesiä puhdistetaan mekaanisten, biologisten ja kemiallisten puhdistusprosessien avulla. Tyypillisesti jätevedenpuhdistamot ovat aktiivilietelaitoksia, joissa veden puhdistaminen perustuu mikro-organismien toimintaan ja niiden muodostaman lietteen kierrättämiseen. Lisäksi käytetään mekaanista puhdistusta, ilmastettuja lammikoita, anaerobilaitoksia sekä kemiallisia puhdistusmenetelmiä. (Metsäteollisuus ry)

2.2 Aktiivilietelaitoksen toimintaperiaate

Sellu- ja paperitehtailta tuleva jätevesi menee kuvan (1.) mukaiseen esiselkeyttimeen välppäyksen kautta. Välppäyksen tarkoituksena on poistaa isot epäpuhtaudet, kuten puun kuoret ja mahdolliset sellupaakut. Esiselkeyttimessä jätevedestä erotetaan pienet kiinteät epäpuhtaudet. Erotettavien epäpuhtauksien määrään vaikuttavat altaan virtausnopeus ja käytettävä laitteisto. Kiinteät epäpuhtaudet eli primääriliete painuu painovoimaisesti altaan pohjaan. Painunut liete kerätään erilaisilla pohjakaavareilla altaan keskellä olevaan pumppaustaskuun, josta se ohjataan jatkokäsittelyyn. Esiselkeyttimestä lähtevä jätevesi joudutaan usein jäädyttämään jäähdystorneissa, koska sopiva lämpötila biologiselle prosessille on noin 25-35 °C.

(Vesihallituksen monistesarja)



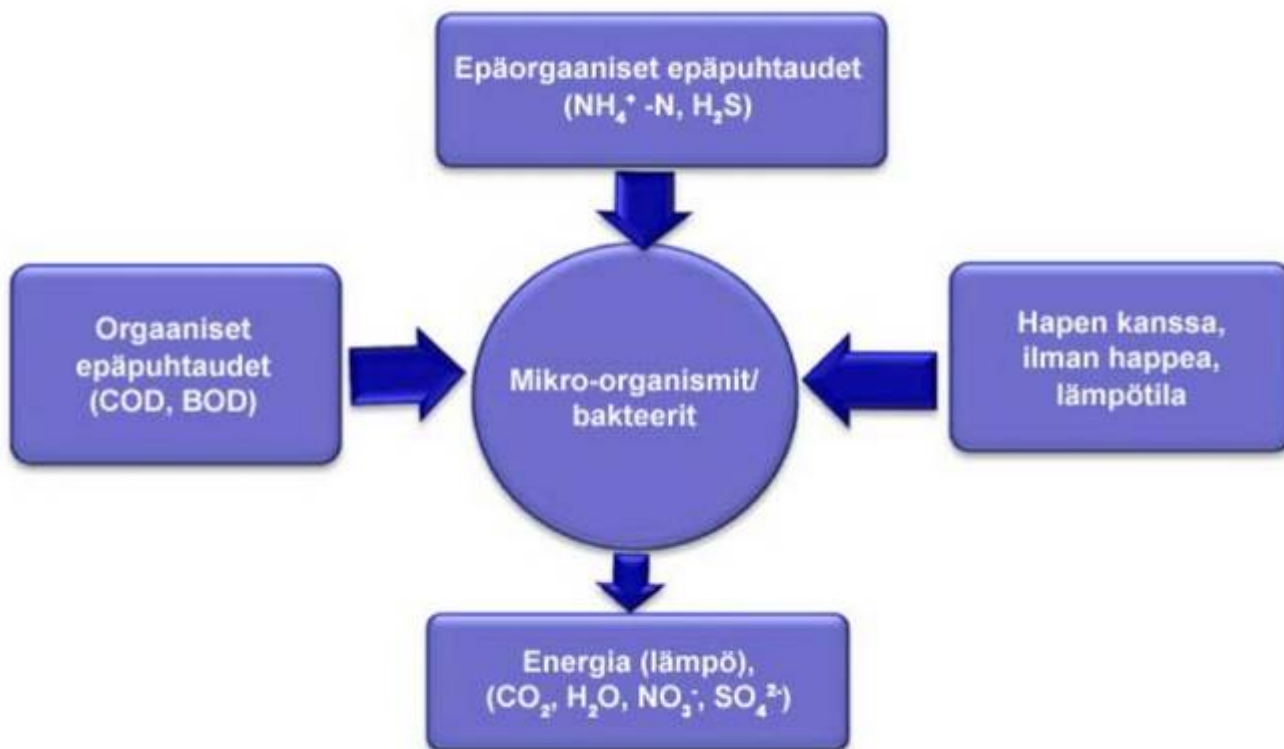
Kuva 1. Esiselkeytitimen 3D-malli (Aquaflow)

Jäähdytyksen jälkeen jätevesi pumpataan tasausaltaaseen. Tasausaltaan avulla jäteveden määrää pyritään pitämään mahdollisimman tasaisena. Tasausaltaan rinnalla on usein erillinen varoallas äkillisiä kuorman muutoksia sekä ongelmatilanteita varten.

Ennen ilmastusaltaalle johtamista jätevesi neutraloidaan ja siihen lisätään ravinteita. Neutraloinnilla säädetään veden pH-taso neutraaliksi tai lievästi emäksiseksi. Parhaana pH-alueena pidetään pH 7,0-7,5. Säätokekaaleina käytetään kalkkia tai rikkihappoa tulevan veden pH:n mukaan. Ravinteiksi lisättävät typpi ja fosfori ovat välttämättömiä aktiivilietemassan syntymiselle.

(Määttä R. 76-122, Knowpulp)

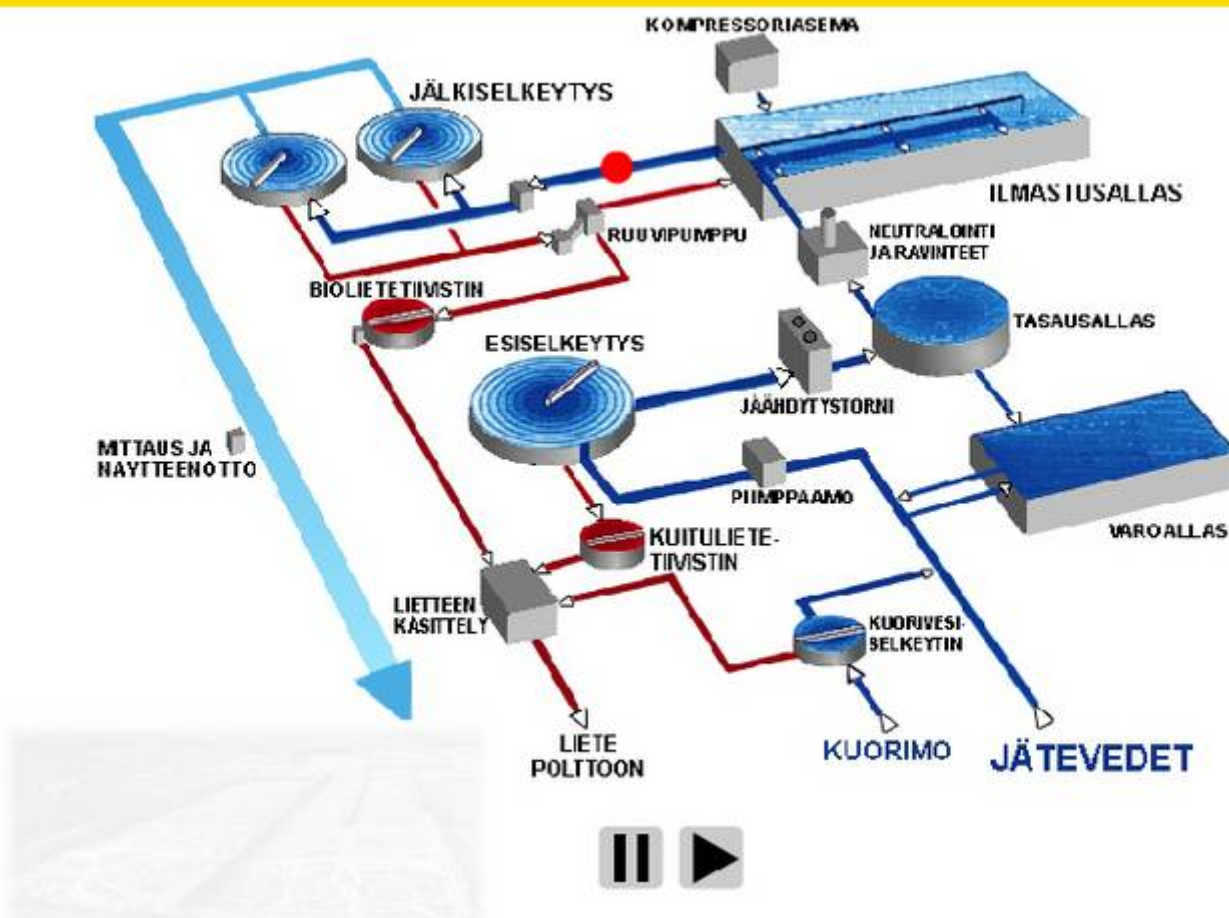
Ilmastusaltaassa tapahtuu varsinainen jäteveden biologinen puhdistus. Biologinen puhdistus perustuu mikro-organismien kykyyn hajottaa epäpuhtauksia, jotka siten muuttuvat biomassaksi. Hajoitustapahtuma on monimutkainen prosessi, joka koostuu useista sivureaktioista. Kuvasta (2.) nähdään, kuinka mikro-organismit ovat riippuvaisia happipitoisuudesta, pH:sta, epäpuhtauksien koostumuksesta, lämpötilasta, myrkyllisistä aineista sekä puhdistusmenetelmästä.



Kuva 2. Mikro-organismien toiminta. (Knowpulp, 2017)

Kuvassa (3) on esitettyä aktiivilaitoksen yleiskuva. Ilmastusaltaasta jätevesi pumpataan jälkiselkeyttimeen, jossa vedestä poistetaan ilmastusvaiheessa syntynyt bioliete. Jälkiselkeyttimessä bioliete laskeutetaan ja palautetaan suurelta osin takaisin ilmastukseen. Solumassan ylimääräinen kasvu eli ylijäämäliete poistetaan pumppaamalla. Primääriliete ja jälkiselkeyttimestä tullut ylijäämäliete menevät lietteen tiivistyksen kautta lietteenkäsittelylaitteistolle. Kuivattu liete ohjataan tehtaasta riippuvaan jatkokäsittelyyn. Jälkiselkeyttimessä puhdistunut vesi johdetaan ylivirtausreunan kautta vesistöön tai tetriäärikäsitteilyyn.

Tetriäärikäsitteily lisää puhdistus kustannuksia ja siksi sitä käytetään vain pakottavaan tarpeeseen, eli tyypillisesti luparajojen saavuttamiseen. Tetriäärikäsitteilyssä pyritään poistamaan kiintoainejäämiä sekä ravinteita ja orgaanista ainesta sekä tarvittaessa viruksia ja mikro-organismeja. Jäteveden desinfiointi on useissa maissa pakollista. Jälkikäsitteily voi olla flotaatio tai esimerkiksi suodatus. Lietteen käsittelyssä syntyvät rejektivedet palautetaan prosessiin kiertoön



Kuva 3. Yleiskuva aktiivilietelaitoksen toiminnasta. (Knowpulp, 2017)

3 LIETTEEN KUNNOSTUKSELLE ASETETTAVIA VAATIMUKSIA

Lietteeseen sitoutunut vesi voi olla vapaata välivettä, kapillaarivettä tai solun sisäistä ja absorptiovettä. Vedenpoistollisesti helpointa on flokin huokoisissa rakenteissa oleva vapaa vesi eli ns. välivesi. Vapaa vesi saadaan usein poistettua jo lietteentiivistysvaiheessa, mutta viimeistään puristuksessa. Veden poiston tehostamiseksi voidaan käyttää erilaisia kemikaaleja kuten polymeerejä. Adheesio- (aineiden väliset vetovoimat) ja koheesiovoimat (sisäiset vetovoimat) pyrkivät pitämään veden lietteen huokosissa. Solunsisäistä vettä ei juurikaan saada poistettua rikkomatta soluseinämien rakennetta joko kemikaalien tai lämmön avulla. (Knowpulp, 2017)

Käsittelymenetelmän valintaan vaikuttaa aiottu loppukäyttö sekä käyttäjien mieltymykset ja halu sijoittaa laitteistoon. Laitteistovalintoja tehdessä ajatellaan usein lietteenkäsittelyn olevan pelkkä kuulerä, vaikka oikeilla valinnoilla voitaisiin säästää ja tehostaa toimintoja huomattavasti. Myös huoltoon ja varaosien saatavuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Lietteen kunnostuksella tarkoitetaan lietteen käsittelyn parantamista ennen lietteen kuivaamista. Kunnostusmenetelmän toimivuutta voidaan arvioida erotusasteen avulla. Erotusasteella tarkoitetaan kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuuden suhdetta kuivattavan lietteen kuiva-ainepitoisuuteen. Arviota tehdessä täytyy huomioida myös rejektiveden laatu, sillä kiintoaineen kierrättäminen prosessissa on erittäin kallista ja kuormittavaa. Lietteen kuivauksen taustalla on pyrkimys helpottaa lietteen jatkokäsittelyä, pienentää tilan tarvetta tai muokata lietteen ominaisuuksia. Yleisimmin käytettyjä mekaanisia kuivausmenetelmiä ovat erilaiset lingot, puristimet ja suodattimet. Termisiä menetelmiä ovat konvektio- ja kontaktikuivurit. Lietteen kuivausta suunniteltaessa on paljon huomioitavia asioita. Esimerkiksi prosessin luonne ja kuivauksen tarpeet voivat muuttua. Tällöin on osattava reagoida muuttuviin tilanteisiin ja ohjata prosessia oikein. (Knowpulp, 2017)

3.1 Mekaaniset kuivausmenetelmät

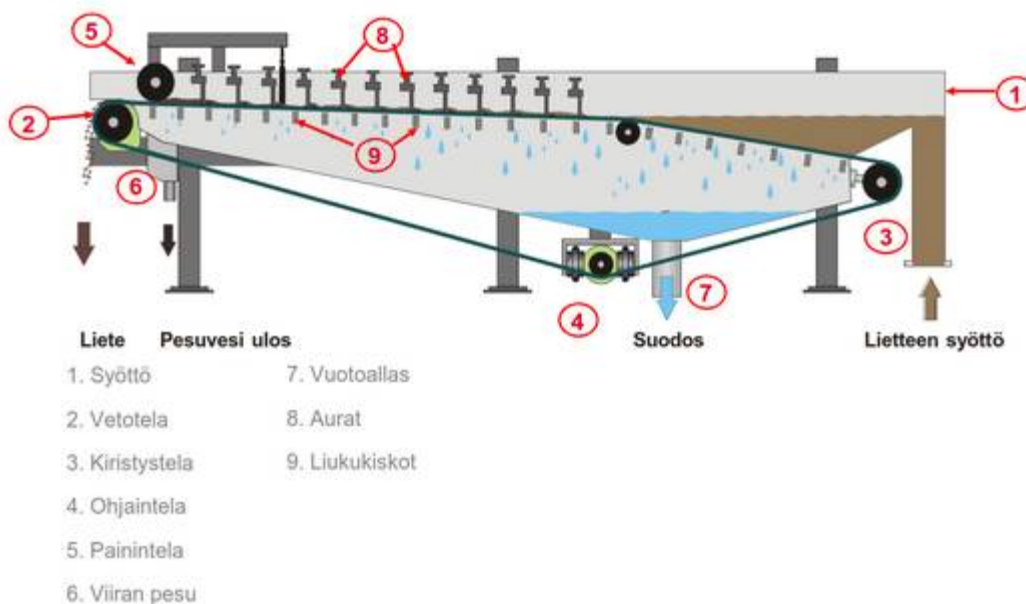
Mekaanisessa vedenerotuksessa käytetään puristukseen, suodatukseen, sentrifugointiin tai näiden yhdistelmiin perustuvia laitteita. Näillä menetelmillä päästään tyypillisesti 18-38 % kuiva-ainepitoisuuksiin. Seuraavaksi tarkastellaan hieman tarkemmin viirasaostimen, suotonauhapuristimen ja dekantterilingon toimintaa.

3.1.1 Viirasaostin

Flokkulaattorin sekoittama flokkautunut sekaliete ohjataan viirasaostimelle. Viirasaostimessa eli esivedeneroitimessa flokkien välinen vapaa vesi suotautuu painovoimaisesti viiran läpi suodoskaukaloon. Lietteaurat kääntävät lietettä, tehostaen veden erottumista. Lietteen sakeus kasvaa erottimen purkupäätä kohden edettäessä. Jälkipuristuksen hoitaa painintela, jonka jälkeen liete ohjataan jat-

kokäsittelyyn. Laitoksesta riippuen jatkokäsittely laitteistona voi toimia ruuvi- tai suotonauhapuristin. Kuvassa (4) on esitetty Aquaflow Oy:n valmistaman AF-Table esivedenerotin. (Aquaflow, Intranet)

Esivedenerotin, osat



Kuva 4. AF-Table esivedeneroitin

3.1.2 Suotonauhapuristin

Kuvan (5) mukainen suotonauhapuristin on yleisesti käytetty laite lietteenkuivaukseen. Laittekonstruktioita on monenlaisia, mutta nykyisin käytetään usein erillistä esivedeneroitinta tehostamaan prosessia. Laitte luokitellaan jatkuvatoimisten nauhasuodattimien ryhmään. Kuivuminen tapahtuu suodatusperiaatteella painovoiman sekä puristus- ja leikkausvoimien avulla. Suotonauhapuristimen toimintaa ohjataan säätämällä puristuspainetta, viiran nopeutta sekä säätämällä lietteen määrää ja sakeutta.

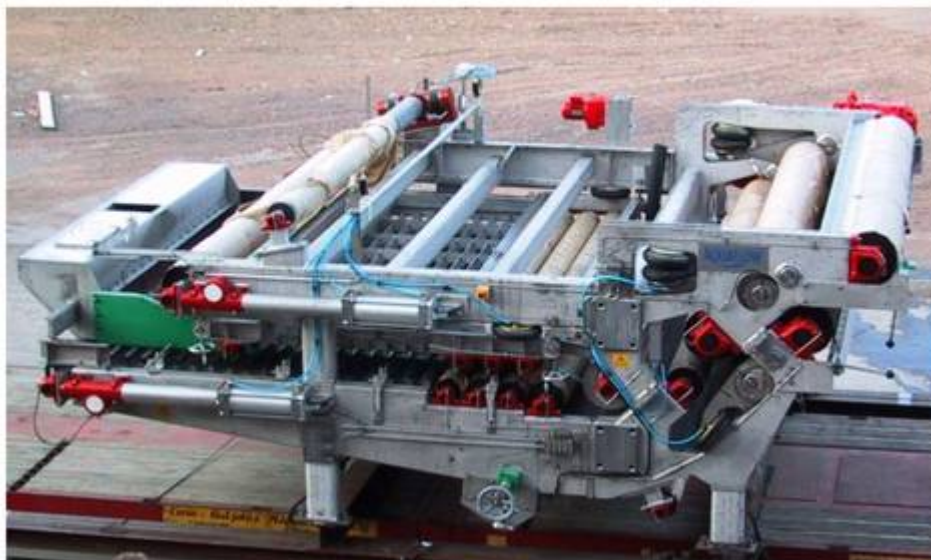
Kunnostettu liete syötetään päättömälle suotonauhalle eli viiralle. Viira liikkuu viiraradalla, jonka alkupäässä tapahtuu esikuivaus. Alkupään jälkeen alaviiran yläpuolella pyörii samalla nopeudella toinen viira. Viirat lähenevät kiilamaisesti toisiaan ja liete puristuu niiden väliin. Jatkuvasti kasvava puristus kuivaa lietettä. Seuraavaksi liete joutuu S-mutkien kautta jälkipuristukseen telojen väliin. Viimeisen puristintelaparin jälkeen liete johdetaan repijälle tai kuljettimelle.

Kuivaustapahtuma on siis jaettu kolmeen osaan:

1. Esikuivaus - eli valutusvaihe
2. Puristus – eli painevaihe
3. Jälkipuristusvaihe

(Pentti Vikiö, 1977, 13 / Aquaflow, Intranet)

Suotonauhapuristin, rakenne



Kuva 5. AF-Belt suotonauhapuristin

3.1.3 Dekanterilinko

Lietteen sisältämän kiintoaineen erottamista nesteestä keskipakovoiman avulla kutsutaan lingonnaksi. Linko eli sentrifugi muodostuu pysty- tai vaaka-akselin ympäri suurella nopeudella pyörivästä rummusta, jonka seinämä voi olla yhtenäinen tai rei'itetty. Edellisessä tapauksessa puhutaan sakeutusperiaatteella ja jälkimmäisessä suodatusperiaatteella toimivasta lingosta.

Lingon erotuskerrointa kutsutaan G-arvoksi. G-arvo ilmoittaa kuinka moninkertainen voima kiintoainehiukkaseen kohdistuu lingonnassa verrattuna maan vetovoimakenttään. Lingon G-arvo voi olla esimerkiksi 2000. Leikkaavat G-voimat aiheuttavat lietteen kunnostukselle erityisvaateita. Flokkien tulee olla erityisen vahvoja, jotta kiintoaine ei karkaisi rejektiveden mukana takaisin prosessin kiertoon. Erotuskerroin voidaan laskea seuraavien laskentaperiaatteiden mukaisesti. (Juhani Pihkala, Prosessitekniikka)

Erotuskertoimen laskenta:

$$G = \frac{4G^G * G^G r}{g} \quad [1]$$

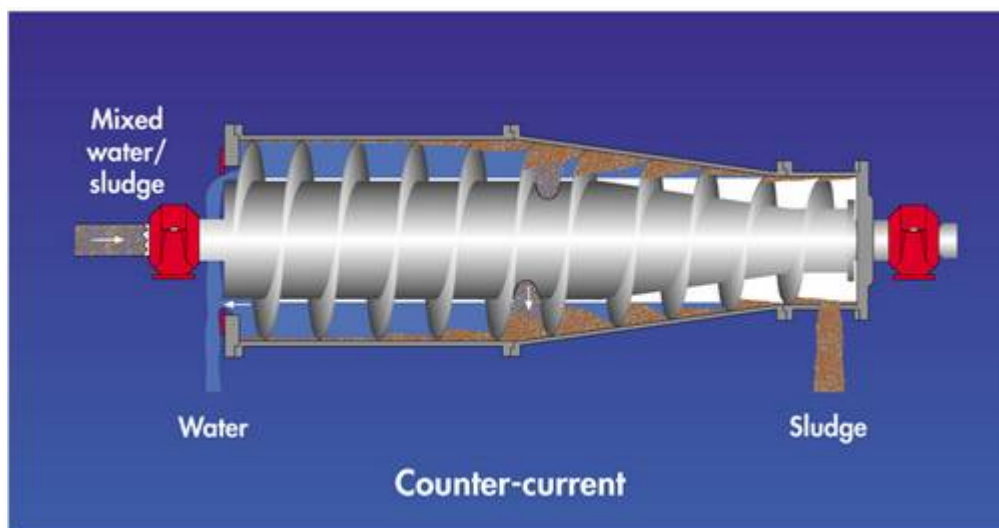
G=erotuskerroin

g=maan vetovoiman kiihtyvyys

n=lingon kierrosluku

r=lingon rummun säde

Liete ja polymeeri syötetään sentrifuugiin kuljetinruuvin onnttoa akselia pitkin ja se tulee rummun sisään ruuvissa olevista reijistä kuvan (6) osoittamalla tavalla. Liete kiihtyy rummun kanssa samaan kierroslukuun, jota voi säätää 500-3000 rpm välillä. Ruuvien ja rummun välillä on säädettävä nopeusero eli erokierrosluku. Keskipakovoiman vaikutuksesta lietteen raskaimmat osat eli kiintoaine siirtyvät rummun pintaa kohti, josta purkuruuvi kuljettaa ne kartiomaiseen purkupäähän. Rejektivesi kulkee kohti sylinterimäistä päätä poistuen rummusta säädettävien patolevyjen kautta. Patolevyjä säätämällä rejektiveden pinnankorkeus muuttuu rummussa. Aukkojen pienentäminen nostaa nestepintaa lisäten nesteen viipymää lingossa. Tästä seuraa puhtaapi rejekti, mutta vastaavasti läpimenokapasiteetti pienenee ja koneesta poistuva kuivattu liete muuttuu märemmäksi. Patolevyjen säädöllä auki päin saadaan aikaiseksi vastakkainen vaikutus. (Noxon 2009, koulutusmateriaali)



Kuva 6. Dekanterilingon toimintaperiaate

4 CASE PROJEKTI

4.1 Tehtaan jätevedenpuhdistamon esittely

Projekti suoritettiin eräässä tehdasintegraatissa, johon kuuluvat puunkäsittely, kartonkitehdas, puoli-kemiallinen sellutehdas ja voimalaitos. Sellutehtaan keittoprosessi perustuu ammoniakkipohjaiseen keittoliemeen, mikä osaltaan vaikuttaa syntyvien lietteiden koostumukseen. Jätevesien puhdistus tapahtuu kaksivaiheisessa aktiivilietelaitoksessa, jota seuraa flotaatio tetriäärivaiheena. Puhdistamon kuorma muodostuu massa- ja kartonkitehtaan kiertovesien ylimäärästä, voimalaitoksen savukaasupesurin pohjan pesuvedestä, lisämassalinjan lattia- ja suodosvesistä sekä kuorimon kiertovesien ylijuoksuvesistä, puhdistamolietteen käsittelykentän pintavesistä, kaatopaikkojen likavesistä sekä saniteettivesistä. Voimalaitoksen tuhkavesiä johdetaan erilliseen käsittelyyn puhdistamon toiminnan parantamiseksi.

Puhdistamoliete koostuu primäärilietteestä ja biolietteestä. Lietejakeiden suhteet ovat keskimäärin 60% primäärilietettä ja 40% biolietettä. Biolietteeseen lasketaan kuuluvaksi myös pieni määrä floataatiolietettä. Hygieniasyistä lietteen käsittelyssä ja loppusijoituskohdetta mietittäessä on muistettava, että tehtaan saniteettivedet ovat johdettuna jätevesien joukkoon.

Liete on kuivattu suotonauhapuristimella kuiva-ainepitoisuuteen 18-35%. Lietteenkäsittelylaitteiston uusintaprojektin puitteissa uusitaan suotonauhapuristin, osa sähköistyksestä ja automaatiosta, lietteen syöttöpumppuja, polymeerilaitteisto sekä lisätään esivedeneroitin.

4.2 Uusittavien laitteistojen mitoitusarvot

Laitteistot on mitoitettu käsittelemään lietettä 26,7 kuiva-aine tonnia päivässä. Syöttösakeuden vaihdellessa 1,5-3,5% välillä. Lietteen pH on noin 7 ja kuitupitoisuus (100 mesh) alle 50%. Tuhkaa lietteessä on 5-10%. Kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuus pyritään saamaan 20-27% välille.

Suuretkin lietesuhteiden muutokset ovat puhdistamon hoitajien mukaan yleisiä. Tilanne riippuu pitkälti tuotantomääristä ja vuodenajasta. Havaitimme lietteen nopeat muutokset myös projektin aikana. Syynä vaihteluihin oli tehtaalla ollut huoltoseisokki sekä ajoittaiset ongelmat tilapäisratkaisuna toimineen dekantterilingon kanssa. Lähes kaksi kuukautta kestäneen projektin aikana syntyneet muutokset puhdistamon toiminnassa näkyvät varmasti myös uuden lietelinjaston käyttöönotto vaiheessa. Vie aikansa ennenkuin puhdistamon toiminta stabiloituu ja uutta linjastoa opitaan ajamaan.

5 TILAPÄISRATKAISUN TOTEUTUS

Projektin toteutuksen edellytyksenä oli turvata tehtaan tuotanto järjestämällä puhdistamolle laitteisto, joka pystyisi käsittelemään 20 kuiva-aine tonnia päivässä (kat/d) sekalietettä koko projektin ajan. Kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuuden rajaksi asetettiin häilyvästi ongelmaton kuormattavuus. Rejektivesi oli tärkeämmässä roolissa, sillä puhdistamo ei haluttu kuormittaa turhalla kiintoaineen kierrätyksellä. Käytettävän laitteiston saimme valita itse, mutta sen luotettavuus ja soveltuvuus tehtaan lietteelle tuli osoittaa koeajoin. Suurin osa koeajolaitteistoista on mitoitettu huomattavasti pienemmille lietemäärille. Tarjousten ja aikaisempien kokemusten perusteella päädyimme aloittamaan ensimmäiset koeajot Noxon AB:n valmistamalla siirrettävällä vedeneroituslaitteistolla.



Kuva 7. Siirrettävä vedeneroituslaitteisto

Kuvan (7) mukainen koeajotraileri sisältää Noxon AB:n toiseksi suurimman konseptilingon, polymeerilaitteet, liete- ja polymeeripumput, sähkökeskuksen ohjausjärjestelmällä sekä kuivatun lietteen purkuruuvien.

5.1 Koeajo 1

Alkuperäisen suunnitelman mukaan koeajojen aikana oli tarkoitus varmistua lietteen soveltuvuudesta dekanterilingolle sekä selvittää kapasiteetti ja etsiä toimivaa polymeeriä. Huomasimme laitteiston saapuessa tehtaalle, etteivät ilmoitetut putkiyhteiden koot ja paikat pitäneet paikkaansa. Tästä seurasi huomattavia lisätöitä, sillä esivalmistellut liitännät täytyi rakentaa uudelleen. Purkuruuvi sijaitsi hämmäntävästi suoraan letkuliitännöjen yläpuolella, joten täytyi keksiä ratkaisu kuivatun lietteen pois kuormaamiseksi letkuja rikkomatta. Kuvassa (8) on esitetty ensimmäinen totetutustapa.



Kuva 8. Kuivatun lietteen poistaminen dekantterilingosta purkuruuvilla

Aloitimme koeajot pienillä virtaamilla, hakien oikeita ajotapoja. Dekantterilinko saatiin pyörimään, mutta kuormaa nostettaessa poistoruuvien teho ja kapasiteetti loppuivat. Lukuisista kokeiluista huolimatta ilmiö toistui. Aikamme kului tukoksien avaamiseen ja lingon uudelleen käynnistelyyn. Viikon aikana ei saatu kuvaa lietteenkuivaustuloksista, mutta huomattiin lingon itsessään toimivan melko hyvin. Asiakas ei vakuuttunut laitteiston kyvystä käsitellä vaadittua lietemäärää, joten traileri lähetettiin pois.

Käytyjen keskustelujen ja neuvottelujen perusteella laitteistoa kehitettiin lisäämällä purkuruuvien kapasiteettia ja tehoa. Uudet koeajot päätettiin toteuttaa heti muutosten valmistuttua. Epäonnistuneen koeajoviikon seurauksena polymeerien kokeilu jäi tekemättä. Epävarmuuden tunteen hiipiessä asiakkaaseen, huomio alkoi kiinnittyä uusien laitteistojen sijasta väliaikaisratkaisun toimivuuden arviointiin. Hyvänä asiana tässä vaiheessa voitiin pitää puutteiden toteamista ajoissa.

5.2 Koeajo 2

Laitteisto laitettiin edellisellä viikolla toimintakuntoiseksi, joten koeajot päästiin käynnistämään heti maanantaina. Ajot aloitettiin pienillä virtaamilla nostaen syöttöä varovasti aina 40 m³/h asti. Säätöjä haettiin muuttamalla eronopeutta, pyörimisnopeuksia ja polymeerimäärää. Liete saatiin silmämääräisesti arvioituna kuivattua melko korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen, mutta rejektivesi oli surkeaa. Laite saatiin toimimaan ja positiivista oli, että läpimenovirtaus oli hyvällä tasolla. Lisäksi aiemmat ongelmat purkuruuvien kanssa olivat korjautuneet tehtyjen parannusten myötä. Purkupäähän laitettiin myös erillinen hihnakuljetin helpottamaan kuivatun lietteen kuormausta. Koeajojen sijoittuminen kevättälveen aiheutti omat haasteensa, sillä kovat yöpakkaset jäädyttivät putkistoja. Kone oli hidas

käynnistellä aamuisin. Suurempiin toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi ei ryhdytty, sillä varsinaisen operointiajankohta ajoittui kevääseen.

Rejektivesi oli likaista säätöjen hausta huolimatta. Asiakkaan mukaan lietteellä oli tehty erinäisiä kuppikokeita erilaisilla polymeereillä. Tehtaalla käytössä olleen polymeerin (Nalco 68525) oli todettu toimineen suotonauhapuristimen kanssa hyvin. On kuitenkin syytä muistaa, että dekanterilingon aiheuttamat leikkaavat g-voimat aiheuttavat flokin kestämiselle omat vaateensa. Tämä huomioiden, eri polymeerien kokeiluun ja annostelumäärien sopivuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Jokainen liete on omanlaisensa, eikä yhtä ainoaa totuutta ole. Koneen säätöjä ja kemikaaleja sekä annostelumääriä on uskallettava kokeilla tietyn reunaehdoin.

Testitrailerin piti lähteä koeajon jälkeen pois, mutta vuokra-aikaa päädyttiin jatkamaan kyseisestä viikosta eteenpäin. Ratkaisulla vältyttiin siirrosta aiheutuvasta vaivasta sekä mahdollistimme puhdistamon hoitajille pidempiaikaisen koejakson. Taulukkoon (1) on kerättyä koeajo 2. suoritusarvot.

Taulukko 1. Dekanterilingon suoritusarvoja koeajo 2 ajalta.

Lieteajae	Näyte	Hydraulinen kuorma Q_{in} (m ³ /h)	Teoreettinen kapasiteetti Q_{theor} (DS tn/d)	Todellinen kapasiteetti Q_{real} (DS tn/d)	Kuiva-ainepitoisuus (DS %)		
					Tuleva liete	Kuivattu liete	Rejektivesi
Primääri-Bio-Tetriäri	29.3.2017	40	28,13	18,31	2,93	24,39	1,11
	30.3.2017	38,4	23,32	18,11	2,53	21,94	0,62
	31.3.2017	35	26,88	21,25	3,20	23,96	0,75
	Average:	37,80	26,11	19,22	2,89	23,43	0,83

5.3 Ajot ennen varsinaista operointia

Koeajoja ajettiin paljon ennen varsinaisen laitteiston purkuluvan saamista. Ongelmia oli runsaasti ja tilanne ajautui lopulta siihen, että puhdistamolle oli järjestettävä varalaitteiston varalaitte. Viat saatiin korjattua ja syyt ongelmiin selvitettyä. Osa ongelmista oli rakenteellisia ja osa ohjelmointivirheistä aiheutuvia koneen sekoamisia. Dekanterilingon läpiajokapasiteetti oli hyvällä tasolla (kuva 10.), mutta rejektin kirkastamiseksi ei löytynyt lopulta muuta vaihtoehtoa kuin vaihtaa käytettävä polymeeri. Koeajotrailerin kaapeista löytyneellä Kemiran Superfloc polymeerilla tehdyillä kokeilla tulokset paranivat välittömästi. Kokeita suoritettaessa huomattiin polymeerilaitteelle asetetun polymeeriliuoksen väkevyyden poikkeavan jonkin verran todellisesta väkevyydestä. Lisäksi polymeeriliuosta täytyi annostella todella reilusti lietteen sekaan. Linko toimi vähemmälläkin määrällä, mutta rejektiveden kokeellisessa tarkastelussa sekä silmämääräisessä arvioinnissa erot olivat huomattavia.



Kuva 9. Liettenkäsittelyä siirrettävällä lietteenkäsittelylaitteistolla

5.4 Operointi tilapäisratkaisuna

Vanhan lietelinjaston purku käynnistyi 1.5.2017. Tilapäisratkaisulla oli siis pystyttävä käsittelemään syntyvät lietteet kesäkuun alkuun asti. Operointijakso käynnistyi hyvin, vaikkakin päivittäin oli pieniä ongelmia. Saimme rejektiveden kiintoainepitoisuudet hallintaan ja lietteen kuivattua. Ensimmäisen viikonlopun aikana purkupään laakeri hajosi. Maanantaina aloitettiin purkutyöt kehittelemällä kuvassa (11) näkyvä nostosysteemi trailerin sisään. Laakeri oli purettaessa kauttaaltaan ruosteinen, sillä liete oli mennyt laakerikuoren sisään. Purkuvaiheessa ilmeni, että aksiaalisen suuntauksen mahdollistavat ohjuritapit olivat vain mallin vuoksi paikallaan. Laakerin vaihdon jälkeisessä koekäynnistyksessä kuului voimakasta ulinaa, eli suuntaus oli virheellinen. Huoltomies korjasi laakeripukin paikkaa ja antoi laitteelle ajoluvan. Linko toimi hyvin, mutta uusitun laakerin lämpötila oli korkeampi kuin aiemmin. Ilmiön väitettiin olevan normaali uuden laakerin vaihdon jälkeen. Tehtaalla olleen huolto-
seisakin takia primärlietteen määrä oli tavanomaista alhaisempi, joten pääsimme kokeilemaan dekantterilingon toimivuutta biovoittoisen lietteen käsittelyyn. Kuiva-ainepitoisuudet jäivät alhaisiksi, mutta muutoin laite suoriutui lietteestä hyvin.



Kuva 10. Hajonneen laakerin vaihtoa

Tehtaan huoltoseisokin jälkeen primäärilietteen määrä lisääntyi nostaen lietteen sakeutta.

Pudotimme syöttövirtaamaa vastaamaan käsittelykapasiteettia, jotta välttyimme ylikuormittamasta linkoa. Huoltomies kävi tarkastamassa lietelingon. Huoli laakerin tärinästä ja laakerin lämpötilannoususta kerrottiin useaan otteeseen. Asiaa ei otettu vakavasti. Lietteiden käsittelyä dekanterilingolla jatkettiin, mutta seuraavan viikonlopun aikana laakeri lopulta hajosi särkien myös kartiopään akselin. Akselin vaurioitumisen seurauksena tiedossa oli suurempi remontti. Lingon toimintakuntoiseksi saaminen edellytti kartiopään vaihtoa kenttäolosuhteissa. Remontin jälkeen pääasiallisena tavoitteena oli ajaa dekanterilingolla kevyillä kuorimilla ja selvittää projektin loppuun ilman lisäongelmia.

5.5 Havaintoja laitteiston toimivuudesta

Kone on asiallisen oloinen kokonaisuus ja rakenteet vaikuttavat järeiltä. Käytännössä havaitut ongelmat antavat kuitenkin syyn epäillä koneen toimivuutta lietteiden kuivaajana hienokartonkitehtaan sekalietteelle. On muistettava, että kyseessä oli koeajotraileri, mutta samat perusratkaisut lienevät käytössä myös tuotantomalleissa.

Konetta operoidaan kosketusnäyttöpaneelin kautta. Säättäminen on mielekästä ja helppoa. Hieno ulkokuori kätkee kuitenkin sisälleen lukuisia ohjelmointivirheitä. Esimerkiksi sekvenssiohjatut käynnistys- ja pysäytystoiminnot eivät onnistuneet ajamaan laitetta ilman operaattorin apua. Poistoruuvipysähtyi satunnaisesti aiheuttaen todella hankalasti poistettavia tukoksia purkupäähän.

Tilanne korjautui asettamalla ruuvien ohjaus "manual-modeen". Käynnistysvaiheessa ongelmana oli usein se, että lingon moottoreiden taajuusmuuttajat olivat menneet kiittauksen vaatimaan vikatilaan. Ongelmat vaikuttavat mitättömiltä, mutta äkkinäisiltä käyttäjiltä vei aikansa selvittää ne.

Mekaaniset ongelmat rajoittuivat laakeririkkoihin ja alkuvaiheessa korjattuun purkuruuviin. Laakerivaurion ilmentymistiheys kieli perustavaa laatua olevasta ongelmasta. Osa syynä laakereiden rikkoontumiselle lienee olleen lietteiden suuri syöttömäärä, mutta aksiaalisen suuntauksen epätarkkuus sekä laakereiden alimitoitukset ovat kuitenkin pääsyyinä rikkoontumiselle. On myös hyvin poikkeavaa, ettei lämpötilan- ja tärinänturvarajoilla varustettu kone pysäyttänyt itseään ennen laakereiden totaalista tuhoutumista. Syöttövirtaaman painevaihti olisi välttämätön lisä koneen ylikuormituksen tunnistamiseksi.

Laitteiston huoltotoimet rajoittuivat rasvauksiin sekä pesutoimenpiteisiin. Huollettavuus on hyvällä tasolla, luukuunottamatta moottoreiden suojakannen irroittamista ja siirtoa. Raskas kansi on todella epämiellyttävä irroittaa ja siirtää sivuun rasvausten ajaksi.

Rejektivesien johtamisesta alimitoitettuun viemäriinjoon aiheutui veden ja vaahdon hallitsematon tursuaminen trailerin sisään. Tästä aiheutui pesutöitä sekä huonoimmassa tapauksessa liukastumisvaara. Huoltotoimien, alueen siisteyden ylläpidon sekä polymeerien lastauksen kannalta trailerin ympärille tulisi varata vapaata tilaa reilusti. Letkurikkoja ei ole mielekästä korjata lietteiden seassa.

6 KUIVA-AINEPITOISUUKSIEN VERTAILU

6.1 Mittaukset ja analyysit

Kokeellisen osan tavoitteena oli tutkia laitteistojen suorituskykyä sekalietteen kuivaajina. Aluksi haettiin parhaat mahdolliset säädöt sen hetkiseen tietotaitoon perustuen. Syöttövirtaamat säädettiin siten, että saavutettiin noin 20 kat/d käsittelyteho. Vakaan ajon saavuttamisen jälkeen kuiva-ainepitoisuuksia mitattiin viiden päivän mittaisilla koejaksoilla. Näytteet kerättiin puhtaisiin näytepuloihin ja ne analysoitiin mahdollisimman nopeasti heti näytteenoton jälkeen pika-analysaattorilla. Kuiva-aineen määrittäminen tehtiin käsiteltävästä sekalietteestä, rejektivedestä ja kuivatusta lietteestä. Pika-analysaattorilla saatuja tuloksia verrattiin satunnaisesti laboratorio tuloksiin, jotta varmistettiin tulosten olevan edes samalla hehtaarilla. Näytteenotto pyrittiin toistamaan mahdollisimman identtisenä ja näytteenoton yhteydessä kirjattiin ylös säätöarvot sekä omat havainnot. Tutkimustulokset on esitetty taulukoituina.

Kustannusten kannalta merkittävää osaa näyttelevän polymeerin määrän luotettavaa optimointia ei keritty kokeiden myötä tekemään. Käsiteltävästä sekalietteestä analysoitiin myös kuitu- ja tuhkapitoisuudet. Työn haasteena oli mittausten toteuttaminen vertailukelpoisesti, sillä lietteen syöttösakeus vaihteli jatkuvasti.

6.1.1 Kuiva-ainepitoisuus

Mekaanisesti kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuus määritellään kuivatun kakun painon suhteena kostean kakun painoon. Kuivaus tulisi suorittaa Suomen standardisoimisliiton vahvistaman standardin SFS 3008 mukaisesti.

$$GG - GGGGGGGG (\%) = \frac{\text{Haihdutettu näyte (g)}G100\%}{\text{Alkuperäinen näyte (ml)}} \quad [2]$$

Kuivaus voi tapahtua myös työhön tarkoitetulla infrapunakuivaimella, joka ilmoittaa kuiva-ainepitoisuuden digitaalisesti suoraan prosentteina. Tässä työssä käytettiin Mettler Toledo HR83 kuiva-aine analysaattoria. Kuivaus suoritettiin laitteen ohjeita noudattaen. (Mettler Toledo Application brochure Moisture content determination)

6.1.2 Tuhkapitoisuus

Tuhkapitoisuus tarkoittaa lietteen sisältämän epäorgaanisen palamattoman aineen prosentuaalista osuutta kuivatusta lietteestä. Tuhkapitoisuus määritetään ottamalla uunissa kuivatusta näytteestä sopiva määrä ja polttamalla haihdutettu aines kulhossa (550 °C, 6h). (Aquaflow, Intranet)

$$GGhGGG\AA GGGG (\%) = \frac{\text{Poltettu näyte (g)}G100\%}{\text{Haihdutettu näyte (ml)}}$$

6.1.3 Kuitupitoisuus

Lietteen kuitupitoisuuden määrittämiseksi mitataan 200-500 ml:n lietenäyte. Liete Kaadetaan MESH 100 siivilään. Näyte pestään juoksevan veden alla (huuhdo kuituja käsin). Mahdolliset kivet ja hiekka poistetaan näytteestä. Kun siivilästä tuleva suodos on kirkasta, kootaan kuitumateriaali siivilästä kuivausta varten. Kuivaus suoritetaan samalla tavalla kuin kuiva-ainepitoisuuden määrittämisessä. (Aquaflow, Intranet)

$$GG\AA GGG\AA GGGG (\%) = \frac{\text{Kuivattu näyte (g)}G100\%}{\text{KA} - \text{pitoisuus \%}/100 \times \text{näytemäärä (ml)}} \quad [4]$$

Jos kuivattu kuitunäyte sisältää havaittavia määriä esim. hiekka tai muuta epäorgaanista materiaalia, määritetään pestystä kuitupitoisuusnäytteestä tuhkapitoisuus. (Aquaflow, Intranet)

Korjattu kuitupitoisuus on tässä tapauksessa:

$$GG\AA GGG\AA GGGG (\%) = \frac{\text{Kuitupitoisuus (g)} - GGhGG G100\%}{\text{KA} - \text{pitoisuus \%}/100 \times \text{näytemäärä (ml)}} \quad [5]$$

6.1.4 Kapasiteetti

Teoreettisen kapasiteetin laskenta:

$$G_{GGGG} = G \frac{G_{GG}}{100} * G_{GG}G * 24 \quad [6]$$

, missä Q_{in} =hydraulinen kuorma
 DS_{in} =Syöttösakeus %

Analyysiarvojen perusteella voidaan laskea todellinen kapasiteetti seuraavasti:

$$G_{GGGG} = \frac{G_{GGGG}}{100} * \left(\frac{G_{GGGG}GG_{GG} - G_{GGGGGG}G}{G_{GG}GG_{GG} - G_{GGGGGG}G} * 100 \right) \quad [7]$$

, missä DS_{out} =Kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuus %
 DS_{in} =Syöttösakeus %
 DS_{reject} =Rejektiveden kuiva-aine pitoisuus %

(Juhani Pihkala, Prosessitekniikka, s.90-91)

6.2 Dekanterilingon suoritusarvot

Tehtaalla olleen huoltoseisokin vuoksi dekanterilingon koeajojaksolla liete oli hyvin sakeaa. Primääri-
rilietteellä tulisi päästä korkeisiin kuiva-aine pitoisuuksiin. Taulukosta (2) voidaan todeta suoritusar-
vojen tukevan tätä väitettä. Kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuudet eivät ole huipputasoa, mutta
saavutettu kapasiteetti täyttää laitteelle asetetut vaatimukset.

Taulukko 2. Dekanterilingon suorituskyky analyysi

Lietejae	Näyte	Hydraulinen kuorma Q_{in} (m ³ /h)	Teoreettinen kapasiteetti Q_{theor} (DS tn/d)	Todellinen kapasiteetti Q_{real} (DS tn/d)	Kuiva-ainepitoisuus (DS %)		
					Tuleva liete	Kuivattu liete	Rejektivesi
Primääri- Bio -Tetriäri	15.5.2017	38,00	18,30	17,32	3,52	23,00	0,22
	16.5.2017	25,00	25,80	24,82	4,30	22,83	0,20
	17.5.2017	22,00	22,28	21,49	4,22	23,80	0,18
	18.5.2017	22,00	22,65	21,82	4,29	23,66	0,19
	19.5.2017	22,00	20,59	19,70	3,90	24,12	0,20
	Average:	25,80	21,92	21,03	4,05	23,48	0,20

6.3 Uusittu lietelinjasto

Uusittu lietelinjasto käyttöönoton aikaan puhdistamolla oli rikkivetyongelma, minkä seurauksena
lietteen kierrätystä lisättiin ja sakeutusallasta ajettiin tyhjemmäksi. Lietteiden syöttösakeus aleni ja kä-
siteltävänä oli aivan toisenlainen liete kuin vertailun kohteena olevalla dekanterilingolla. Taulukosta
(3) näkyy nopeasti muuttuva tilanne. Näin nopeat muutokset vaativat laitteistolta sopeutuvuutta ja
operaattoreilta ammattitaitoa. Taulukoitu rejektivesi käsittää virojen pesuvedet, joten arvo ei ole
vertailukelpoinen.

Taulukko 3. Lietelinjaston suorituskyky analyysi

Lietejae	Näyte	Hydraulinen kuorma Q_{in} (m ³ /h)	Teoreettinen kapasiteetti Q_{theor} (DS tn/d)	Todellinen kapasiteetti Q_{real} (DS tn/d)	Kuiva-ainepitoisuus (DS %)			
					Tuleva liete	Eskuivattu liete	Kuivattu liete	Rejektivesi
Primääri- Bio - Tetriäri	2.6.2017	58,7	15,92	14,58	1,13	12,02	19,63	0,10
	3.6.2017	58,9	21,06	19,75	1,49	9,63	19,63	0,10
	4.6.2017	70,01	22,52	20,91	1,34	10,00	27,48	0,10
	5.6.2017	47,9	28,51	27,46	2,48	8,64	27,77	0,10
	6.6.2017	40	17,09	16,19	1,78	11,81	27,22	0,10
	Average:	55,10	21,02	19,78	1,64	10,42	24,35	0,10

6.4 Tulosten vertailu

Tehtyjen koeajojen perusteella molemmat laitteistot sopivat hyvin sekalietteen käsittelyyn. Laitteistot pystyivät käsittelemään vaaditun määrän lietettä. Koska kokeet suoritettiin todellisessa toimintaympäristössä ei kaikkia mahdollisia säätöparametreja pystytty kokeilemaan. Aikajänne oli lisäksi liian lyhyt vertailukelpoisten tulosten saamiseksi eri lietetyypeillä.

Uusittu lietelinja on täysiverinen kuivaslinjasto, kun taas Noxonin dekantterilinko perustui koeajolaitteistoksi tarkoitettuun konseptiin. Nyt on kuitenkin näytetty toteen, että suuretkin lietemäärät ovat käsiteltävissä tilapäisratkaisun avulla projektin niin vaatiessa.

Seuraavaan taulukkoon (4) on koottu numerotietoja eri vedenpoistolaitteiden suoritusarvoista primäärilietettä käsiteltäessä. Taulukosta voidaan havaita suotonauhapuristimella olevan laaja-alaisin käyttöalue tulosakeuden ja saavutettavan kuiva-ainepitoisuuden suhteen. (Arto Silvennoinen, 1985, s. 24-24). Sekalietettä kuivattaessa kuivatun lietteen kuiva-ainepitoisuus jää alemmaksi.

Taulukko 4. Vedenpoistolaitteiden suoritusarvoja primäärilietteellä

Laite	Sopiva tulosakeus %	Lietekakun kuiva-aine %	Kirkasteen kiintoainepitoisuus mg/l	Kiintoaineen talotto %	Energian kulutus kWh/m ³	Lietteen tuhkapitoisuuden vaikutus
Tyhjäsuodatin	tavall. < 5 (ei alarajaa, ylärajan määrää suodatin-kakun muodostuskyky)	15-30	< 300	90-99 ¹⁾	1-2	sopii myös tuhkapitoisille lietteille, ei ylärajaa
Suotopuristin	5-8 (ei alarajaa, ylärajan määrää lietteen pumpattavuus)	40-55	<<100	98-100 ¹⁾	1-2	yläraja n. 70 %
Kaksivirtapuristin	1-10 (ei alarajaa, ylärajan määrää lietteen pumpattavuus)	30-55	< 100	98-99 ¹⁾	0,1-0,5	maksimaalinen tuhkapitoisuus vähintään 70 %
Ruuvipuristin	> 10 ²⁾ (min. 4)	30-55	10000-50000	50-90 kuivaa lietettä ³⁾	35 kWh/t	maksim. tuhkapit. normaalisti n. 30 %
Rumpu- puristin	> 13	44-58			1	maksim. tuhkapit. normaalisti n. 30 %
V-klekkopuristin	12-20 ²⁾	max. 35-45			25 kWh/t kuivaa lietettä	maksim. tuhkapit. normaalisti n. 30 %
Dekantterisentrifugi	2-6 (ei alarajaa, ylärajan määrää lietteen pumpattavuus)	15-35	< 1000	95-98 ¹⁾	1-2	ei ylärajaa

1) Nämä arvot edellyttävät lietteen kemiallista kunnostusta (poikkeus mekaanisen lietteen käsittely tyhjäsuodattimella).

2) Vaatii esisäkeutuksen.

3) Koko lietteenkäsittelylaitoksen energia. Koenitzejn mukaan ruuvipuristimen energiankulutus on 20 % vastaavan kuiva-ainekapasiteetin omaavan sentrifugin energiankulutuksesta.

7 YHTEENVETO

Aquaflow Oy:ltä saadun opinnäytetyön aiheena oli dekantterilingon soveltuvuuden selvittäminen selutehtaan sekalietteen kuivaukseen. Tavoitteena oli selvittää, kuinka suurten sekalietemäärien käsittely onnistuu tilapäisratkaisulla. Tulevaisuuden näkymissä on useita saman tyyppisiä projekteja, joiden onnistuminen vaatii olemassa olevan laitteiston korvaamisen tilapäisratkaisulla.

Projekti eteni suunnitellusti. Puhdistamon sekalietteet pystyttiin käsittelemään, eikä aktiivilietelaitos mennyt sekaisin. Laitteistojen vertailu osoitti laitteiden eroavaisuudet, joskin syy- seuraussuhteet olisivat tulleet paremmin ilmi pidempiaikaisessa vertailujaksossa. Lisäksi suoritusarvojen kannalta tärkeiden kemikaalimäärien ja laitteiden ajoparametrien optimoinnissa keskityttiin turvaamaan vaaditun kapasiteetin saavuttaminen.

Kustannuslaskelmia ei ennätetty tämän työn puitteissa tekemään, koska käytännön työ vei huomattavan osan ajasta. Tilapäisratkaisun toteuttamisen vaiheet antavat pohjaa tuleviin projekteihin. Ongelmiin osataan varautua paremmin ja oikeat ajomallit löydetään nopeammin.

LÄHTEET

1. Aquaflow Oy, Intranet [Viitattu 2017-06-01]
2. Arto Silvennoinen, Diplomityö, Lietepuristimen suunnittelu. 1985. s.24-25
3. Juhani Pihkala, Prosessitekniikka, Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Suomen yliopistopaino Oy. Tampere 2013. s. 66-69
4. KnowPulp, [Viitattu 2017-06-01] Saatavissa: <http://knowpulp.com>
5. <https://www.metsateollisuus.fi/tiedotteet/suomen-massa-ja-paperiteollisuuden-paastot-hyvin-hallinnassa-vuoden-2006-ennatustuotannosta-huolimatta/>
6. Metsäteollisuus ry. Metsäteollisuus, Ympäristö ja Luonto. Rauma 1993. s. 25-67
7. Määttä, r. Vesiensuojelun kemia ja biologia. Espoo 1976. s. 89-122
8. Mettler Toledo Application brochure Moisture content determination. 2006.
9. Noxon Ab, koulutusmateriaali 2009. [Viitattu 2017-06-03]
10. Pentti Vikiö, Diplomityö, Suotonauhapuristimen kehittäminen. 1977. s.13
11. Suomen standardisoimisliitto. SKF-EN 3008 [Viitattu 2017-06-03]
12. Vesihallituksen monistesarja Nro 381. Helsinki 1986. s.24