

**YHDISTETYN BIOETANOLI- JA BIOKAASUTUOTANTOPROSESSIN
REJEKTIEEN HALLINTA JA HYÖTYKÄYTTÖ**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Bio- ja elintarviketekniikka

kevät 2017

Jussi Sippola

Jussi Sippola

Hämeenlinna
Bio- ja elintarviketekniikka
Ympäristöbiotekniikka

Tekijä	Jussi Sippola	Vuosi 2017
Työn nimi	Yhdistetyn bioetanolin ja kaasuntuotantoprosessin rejektien hallinta ja hyötykäyttö	
Työn ohjaaja	Maritta Kymäläinen	

TIIVISTELMÄ

Työn toimeksiantajana oli St1 Biofuels Oy, joka on suomalaisen St1 energyyhtiön omistama tytäryhtiö. St1 Biofuels tuottaa bioetanolia liikennekäyttöön RE85-polttoaineeksi ja bensiinin sekoitteeksi. Työ toteutettiin Bionolix-laitokselle, joka tuottaa bioetanolia ja biokaasua yhdistettynä tuotantona biojätteestä ja elintarviketeollisuuden sivuvirroista.

Työn tarkoituksena oli perehtyä tuotantoprosessissa syntyviin rejekteihin, niiden hallintaan ja vaikutuksiin. Työssä selvitettiin, mitä toimenpiteitä voidaan suorittaa ennen laitosta rejektimäärän vähentämiseksi ja miten rejektien vaikutuksia prosessiin voidaan minimoida tai poistaa. Haitallisin rejekti prosessin kannalta on hiekka, jota esiintyy hienona ja karkeana.

Työssä esitellään menetelmiä kiintopartikkeleiden erotukseen nestejakeesta ja annetaan siihen laite-ehtotuksia. Työn käytännön osiossa suoritettiin prosessissa syntyvän ns. biorankin metaanituottopotentialin määrittäminen mesofiiliolosuhteissa. Metaanituottokokeen tulosten avulla päätellään järkevin jatkokäsittelyratkaisu biorankille. Työssä hyödynnettiin prosessialan ammattikirjallisuutta, tiedejulkaisuja ja laitevalmistajien esitteitä sekä nettisivuja. Lisäksi käytettiin St1:ltä saatuja yrityskohtaisia tietoja.

Kiintopartikkeleiden erotukseen valitut laite-ehdotukset ovat Heco Auto-line-automaattisuodatin ja monikerrostäryseula. Automaattisuodatin on itsestään puhdistuva suodatin, joka sopisi hyvin prosessin ajomallille. Monikerrostäryseula olisi myös soveltuva ja helppo toteutettava, koska prosessissa jo sellainen on. Metaanituottopanoskokeen tuloksien perusteella biorankkia kannattaa mädättää sen biokaasupotentiaalin takia. St1 on suunnitellut biorankin biokaasupotentiaalin hyödyntämistä.

Avainsanat rejekti, rankki, mesofiilinen

Sivut 46 s. + liitteet 1 s.

Hämeenlinna
Degree Programme Biotechnology and Food Engineering
Environmental Engineering

Author	Jussi Sippola Year 2017
Subject of Bachelor's thesis	Utilization and control of the rejects in combined production of bioethanol and biogas
Supervisor	Maritta kymäläinen

ABSTRACT

This bachelor's thesis was commissioned by St1 Biofuels Oy, a subsidiary of the Finnish St1 energy company. St1 Biofuels produces bioethanol for transport use as RE85 fuel and gasoline blend. The commissioner was Bio-nolix plant, which produces bioethanol and gas as a combined production from collected biowaste and side streams from food industry.

The purpose of the thesis was to get acquainted with the production and control of rejects in the process and their effects. The aim was to find out what actions can be taken before the plant and how the effects of the rejects on the process can be minimized or eliminated. The most harmful reject from the process point of view is the sand, which appears fine and coarse. The effects of the sand and other solid organic particles in the process were investigated to find a technical solution or a change in the operating model to eliminate the effects.

Different separation methods for the separation of the solid particles from the liquid fraction were discussed and device suggestions were provided. A so-called biodraff's methane production potential test was conducted as a mesophilic dry digestion. The results of the methane production test help to decide the best way to process it in further processing. Scientific publications on the field and publications by different equipment manufacturers were used in the thesis including St1's own data and information.

Based on the results of the methane potential test, biodraff should be digested due to its biogas potential. St1 has been considering utilize biodraffs methane potential. The separation equipment for the solid particles are Heco Auto-line automatic filter and multilayer vibrating sieve.

Keywords Reject, draff, mesophilic

Pages 46 p. + appendices 1 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KIINTOAINEEN EROTUKSEN MEKAANISET YKSIKKÖPROSESSIT.....	2
2.1	Seulonta.....	2
2.1.1	Täryseula.....	3
2.1.2	Monikerrostäryseula	4
2.2	Laskeutus.....	4
2.3	Linkous.....	5
2.4	Hydrosykloni.....	7
2.5	Suodatus.....	8
2.5.1	Pintasuodatus	9
2.5.2	Syväsuodatus	10
2.5.3	Suodatintyyppejä.....	10
2.5.4	Suodatusominaisuuksien parantaminen	11
3	PROSESSIN REJEKTIT	11
3.1	Hiekka.....	11
3.1.1	Hiekan aiheuttamat ongelmat.....	12
3.1.2	Hiekan pääsy prosessiin.....	15
3.2	Muovi	16
3.2.1	Muovin aiheuttamat ongelmat	16
3.2.2	Muovin hävitys	17
3.3	Biorankki.....	17
3.3.1	Biorankin muodostuminen	17
3.3.2	Biorankin ongelmat	18
3.4	Muut rejektit	19
4	REJEKTIEEN ALKUPERÄ	19
4.1	Teollisuuden sivuvirrat	20
4.2	Yksityiset asiakkaat.....	20
4.3	Jätteen toimittajat.....	20
5	LAITE-EHDOTUKSET HIEKANEROTUKSEN TEHOSTAMISEKSI	22
5.1	Automaattisuodatin	22
5.2	Täryseula	25
6	BIORANKIN METAANITUOTTOPOSENTIAALIN MÄÄRITTÄMINEN.....	27
6.1	Panoskokeen periaate ja laitteisto.....	28
6.2	Näytteet.....	29
6.3	Työn suoritus.....	30
6.4	Kokeen haasteet.....	33
6.5	Kokeen tulokset.....	33

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	37
LÄHTEET	40

Liite 1 Heco Auto-line automaattisuodatin

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää yhdistetyssä bioetanolin- ja biokaasun tuotantoprosessissa syntyvien rejektien hallintaa, käsittelyä ja hyötykäyttöä. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli St1 Biofuelsin Bionolix -laitos Karanojalla Hämeenlinnassa.

Työn käytännön osiossa selvitetään prosessissa syntyvät rejektit, syntyyn vaikuttavat tekijät, pääsy prosessiin, vaikutukset prosessissa ja poistuminen prosessista.

Työn kirjallisuusosiossa tutustutaan keskeisimpiin prosessitekniikan erotusmenetelmiin ja niiden periaatteisiin hiekan ja kiintopartikkeleiden osalta. Lisäksi opinnäytetyöhön kuuluu kokeellinen osuus, jossa tutkittiin yhden prosessissa muodostuvan rejektin ns. biorankin biokaasuntuottopotentiaalia mesofiilisisä olosuhteissa.

Merkittävin haitallinen rejekti tarkastelun kohteena olevassa prosessissa on hiekka, jonka osuutta laiterikkoihin ja kunnossapitoon selvitettiin. Työssä esitellään toimenpiteitä poistaa ja vähentää hiekan määrää prosessissa.

Aihe on yritykselle tärkeä ja jatkuvasti ajankohtainen, johtuen sen aiheuttamista jatkuvista ongelmista ja kustannuksista. Prosessissa syntyvät rejektit tai sinne päätyneet rejektit aiheuttavat paljon laiterikkoja pumpuissa ja tukkivat linjoja ympäri laitosta ja aiheuttavat runsaasti kustannuksia ja ajon keskeytyksiä. Suurin ongelma on hieno hiekka, jota tulee kuormien mukana jätteen vastaanottoon. Hiekka kulkeutuu koko prosessin läpi aina tislauksen haihduttimelta bioreaktoriin ja sieltä lannoitetuotteisiin asti.

Itse prosessia ei esitellä tarkemmin liikesalaisuuksien vuoksi, mutta yksiköprosesseja ja rejektien vaikutuksia niihin käydään läpi, ilman tarkempia prosessikuvauksia, laitetunnuksia tai muita lukuarvoja.

2 KIINTOAINEN EROTUKSEN MEKAANISET YKSIKÖPROSESSIT

Kiintoaineen erotus nesteestä on yksi yleisimpiä yksikkö- ja erotusprosesseja prosessiteollisuudessa. Erilaisia ratkaisuja ja menetelmiä on lukuisia, riippuen materiaalin laadusta ja koostumuksesta. Erotusmenetelmiä voidaan hyödyntää useilla eri teollisuudenaloilla, kuten esimerkiksi kaivos-, prosessi-, paperi-, elintarvike- ja lääketeollisuudessa.

Aineiden erotus toisistaan perustuu aineominaisuuksiin, kuten esimerkiksi partikkelikokoon ja tiheyteen sekä niiden eroavaisuuksien hyödyntämiseen. Suurimmat erot ominaisuuksissa helpottavat löytämään sopivan erotusmenetelmän.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin karkean ja hienon hiekan erotukseen n. 6–20 % kuiva-ainepitoisesta nestejätejakeesta. Seuraavaksi esitellään tähän vaihtoehtoisia erotusmenetelmiä ja niiden toimintaperiaatteita.

2.1 Seulonta

Seulonta on tyypillinen erotusprosessi, jolla voidaan erottaa jakeita toisistaan tai säätää ko. jakeen raekokoa märkä- tai kuivaseulontana. Seulonta on erittäin yleistä kaivosteollisuudessa, jossa sitä käytetään murskauksen yhteydessä sekä jätevedenpuhdistuksessa, jossa sitä hyödynnetään välipäyksessä.

Seulat luokitellaan kahteen pääluokkaan, staattisiin ja dynaamisiin seuloihin. Staattiset seulat ovat perinteinen menetelmä, joissa hyödynnetään painovoimaa. Staattinen seulonta sopii erityisesti karkealle materiaalille ja epäsäännöllisen partikkelikoon omaavalle jakeelle. Joskus pelkkä painovoiman vaikutus ei riitä seulomaan riittävän tehokkaasti, silloin hyödynnetään dynaamisia seuloja. Dynaamiset seulat hyödyntävät sekä painovoimaa että dynaamista liikettä. Dynaamisen liikkeen avulla voidaan seuloa tehokkaammin jakeita, joilla on pieni partikkelikoko, tai joiden koostumus on nestemäinen. (Laitinen 2014, 4–5, 17, 19.)

Seulontamenetelmiä on olemassa lukuisia, johtuen eri jakeiden ominaisuuksista kuten esimerkiksi partikkelikoosta, hienojakoisuudesta, tiheydestä ja seulottavien kappaleiden muodosta. Oikean seulan valinta on erotusprosessin kannalta tärkeää ja siinä tulee huomioida muutamia tärkeitä asioita kuten esimerkiksi seulan kapasiteetti eli paljonko seula pystyy seulomaan jaetta tiettyä aikamäärää kohden. Muita vaikuttavia tekijöitä sopivan seulan valintaan ovat myös seulan erotustehokkuus ja mahdolliset jatkokäsittelyt. (Laitinen 2014, 17.)

Seulan läpäisevää hienompaa jaetta kutsutaan seulan alitteeksi, ja seulan yli menevää karkeampaa jaetta kutsutaan seulan ylitteeksi (Ämmälä n.d., 25). Seulan erotuskappaletta kutsutaan sihdiksi, jonka reikien halkaisija on ns. seulakoko. Sihdille menevä jae on seulan syötettä. Syötettä voidaan

ajaa seulalle pumpulla, pneumaattisesti, liukuhihnalla tai kauhalla riippuen seulottavan materiaalin ominaisuuksista.

Seuloja on erilaisia, joiden toimintaperiaatteet eroavat hieman toisistaan jakeiden ominaisuuksista riippuen. On olemassa täryseuloja, rullaseuloja ja rumpuseuloja.

Seulontaa suoritetaan monessa eri kokoluokassa ja seulontakoot vaihtelevatkin kymmenistä senteistä muutamiin mikrometreihin. Suurien jakeiden seulontaa kutsutaan karkeaseulonnaksi eli kaikki yli 100 mm halkaisijaltaan. Hienoseulontaa ovat kaikki halkaisijaltaan 10:n–100:n mm välillä. Ultraseulonta on harvinaisin seulontamenetelmä ja sitä käytetäänkin erittäin pienten komponenttien seulonnassa, jossa materiaalin partikkelikoko on halkaisijaltaan alle 1 mm. (Ämmälä n.d. 24.)

Prosessiteollisuudessa on hyvin paljon erilaisia ja kokoisia seuloja ja niissä saattaakin olla useampia eri kokoisia sihtejä sisällään, jolloin puhutaan monikerrosseuloista. Monikerrosseuloissa on useampia seulan alitteita, joita voidaan hyödyntää muissa yksikköprosesseissa. Monikerrosseuloissa seulonta on hitaampaa ja nesteillä voi vaatia korkeampaa syöttöpainetta seulan syötteelle. Myös seulan tukkeutuminen on riski, kun seulotaan useammalla sihdillä, joten säännöllinen tai ajoittainen peseminen ja puhdistaminen aika-ajoin onkin tarpeellista.

2.1.1 Täryseula

Täryseula on dynaaminen seula, jossa erotustehokkuutta voidaan tehostaa värinällä, jolloin partikkelit liikkuvat sihdin pinnalla ja löytävät tiensä sihdin reikien läpi helpommin. Dynaaminen täryseula toimii erillisellä moottorilla, joka tärisyttää seulaa ja keskipakovoiman avulla nopeuttaen ja parantaen seulontaa. Täryseulan pinta voi olla tasainen tai epäkesko, eli sihti voi olla tietyssä kaltevuuskulmassa. Myös sihdin pinta-alalla ja syötteen tulolla voidaan vaikuttaa seulonnan toimintaan. Seula voidaan optimoida, jollekin tietylle syötteelle eli säädetään syötteen paine sopivaksi ja valitaan seulalle sopiva pinta-ala ja sihti. Seulan värähtelynopeuteen voidaan vaikuttaa sopivalla moottorilla ja pinta-alalla. Seulan värähtelynopeus on tyypillisesti välillä 500–1 500 värähdystä minuuttia kohden. (Laitinen 2016, 19.)

Täryseulat ovat yleinen seulatyyppi teollisuuskäytössä johtuen niiden yksinkertaisesta rakenteesta ja toimintavarmuudesta. Täryseulan tyypillinen seulontaskaala on 45–300 mm. Tyypillisiä täryseulojen käyttökohteita teollisuudessa ja jätteenkäsittelyssä on materiaalin luokittelu, esiseulonta ja pienellä sihtikoolla veden poisto.

2.1.2 Monikerrostäryseula

Täryseula voi olla useampi tasoinen eli siinä voi olla useampi lohko ja sihti, jolloin puhutaan monikerrostäryseulasta. Monikerrostäryseulalla voidaan erottaa jakeesta jokin ei-toivottu fraktio omakseen. Useampi seulakerros täryseulassa vaikuttaa seulomisnopeuteen ja kasvattaa tukkeutumisvaaraa. Täryseulaa voidaan säätää tietyn jakeen mukaan värinäaallon amplitudilla ja taajuudella, jolloin saavutetaan parempi ja kustannustehokkaampi erotustehokkuus. Täryseulan värinä voidaan aiheuttaa mekaanisesti tai sähköisesti. (Laitinen 2016, 19.)

2.2 Laskeutus

Laskeutus eli sedimentaatio on prosessiteollisuudessa käytetty suuren pinta-alan vaativa erotusmenetelmä, jolla voidaan erottaa nestettä raskaampia partikkeleita nestepitoisesta jakeesta. Laskeutus voi olla panos tai jatkuvatoiminen erotusprosessi riippuen käsiteltävän nesteen määrästä. Laskeutus tapahtuu suurissa altaissa, joissa nestettä raskaammat partikkelit vajoavat pohjaan painovoiman vaikutuksesta ja kevyempi neste ja sakka jäävät pinnalle. Jos laskeutuksesta saatava ylite on kirkasta, niin silloin puhutaan selkeytyksestä (Heikura 2014, 2, 9).

Laskeutus painovoiman avulla on erittäin kustannustehokas vaihtoehto kiintoaineen erotuksessa, mutta huomattavasti hitaampi kuin muut vaihtoehdot. Laskeutuksen kustannukset koostuvat pääosin pumppauksesta ja flokkien keräämisestä. Laskeutuksen toimivuus on riippuvainen altaan pinta-alasta ja flokkien laskeutumisen tulee olla nopeampaa kuin nesteen nouseminen. Laskeutusaltaat eivät vaadi paljoa huolto tai korjaustöitä, mutta rakennuskustannukset ovat korkeat, joten altaan suunnittelu on erittäin tärkeä asia toimivuuden kannalta. (Heikura 2014, 7.)

Hyvänä esimerkkinä laskeutuksesta toimivat jätevedenpuhdistamoiden laskeutusaltaat, jossa lietettä erotetaan vedestä painovoimaa hyödyntäen. Laskeutusmenetelmä on hyvä menetelmä kevyesti kuiva-ainetta ja kiinteitä partikkeleita sisältäville nestejakeille, mutta vaatii runsaasti tilaa ja suuria virtauksia sisään ja ulos eli jatkuvatoimisesti (Heikura 2014, 7–8).

Heikuran (2014, 9.) mukaan nestefaasin virtausnopeus laskeuttimen poikkipinta-alan suhteen on yleensä välillä 1–3 m/h riippuen suuresti kiintoaineen laskeutumisenopeudesta laskeuttimessa. Laskeuttimen kapasiteetti on tällöin riippuvainen käytettävän laskeuttimen poikkipinta-alasta.

Pinnalle ja pohjalle jäänyttä kiintoainesta kutsutaan sedimentiksi ja sitä voidaan poistaa laskeutusaltaan pohjalta ja pinnalta mekaanisesti samanaikaisesti sekoittimella. Pinnalle muodostuvat partikkelit nostetaan ilmakuplien avulla ylös, jolloin puhutaan flotaatiosta. Laskeutusaltaat ovat yleensä leveitä ympyrälieriön muotoisia altaita, jossa neste otetaan talteen altaan ylijouksuna eli ylitteenä (Heikura 2014, 9).

Laskeutukseen syötettävää heterogeenistä hiekkapitoista seosta, kutsutaan suspensioksi. Suspensiota syötetään laskeutusaltaaseen n. metrin syvyydestä, jolloin syöte ei aiheuta turbulenssia altaan sisällä tai päällä. Prosessi on jatkuvatoiminen eli selkeytettyä nestettä valutetaan altaan reunasta eteenpäin prosessiin jatkuvalla syötöllä. Sedimentaatioprosessin nopeus on erittäin riippuvainen tulevan syötteen partikkelikoosta ja flokkulointi kemikaalien annostelumääristä. Flokeilla tarkoitetaan pinnalle tai pohjalle muodostuvia isompia partikkeleita, joita muodostuu flokkulointikemikaalien vaikutuksesta. (Heikura 2014, 16–17, 37.)

Nestejakeen kemiallisella sakeutuksella eli tiivistämisellä pystytään vähentämään käsiteltävän jakeen tilavuutta. Sakeutus on tärkeä esikäsittelykeino esimerkiksi kompostointi ja mädätysprosesseille, koska se vaikuttaa prosessin mitoitusparametreihin. Käsiteltävän jakeen määrä vaikuttaa altaiden ja laitteiden valintaan kapasiteetin perusteella. Myös prosessissa käytettävät kemikaalit ovat riippuvaisia jakeen määrästä. Mädätys ja kompostointiprosessien vaatima lämmön määrä pienenee, kun jakeen määrä pystytään vähentämään ja siten prosesseista saadaan energiatehokkaampia. Sakeutus toteutetaan juuri flotaation avulla, jossa kiintoaines tiivistetään polymeerien avulla. (Ojanen n.d., 16, 19.)

2.3 Linkous

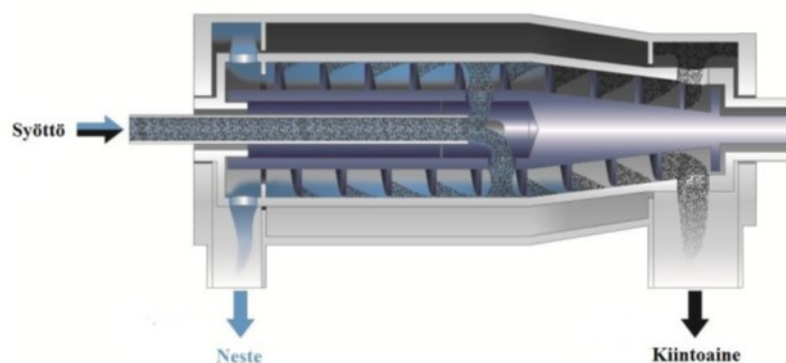
Linkoaminen eli sentrifugointi on keskipakovoimaan perustuva erotusmenetelmä, jolla voidaan saavuttaa jopa 5 000-kertainen voima painovoimaan verrattuna (Hakkarainen 2011, 35). Yleensä lingolla erotetaan kaksi eri jakeen fraktiota toisistaan, mutta myös kolmen eri fraktion erottaminen on myös täysin mahdollista. Niin kuin sedimentaatiossa, erotusprosessi perustuu komponenttien tiheyseroon, jolloin hyödynnetään komponenttien välistä painoeroa pyörivässä liikkeessä. (Ojanen n.d., 21.)

Linkousta käytetään yleensä hienojakoisimmille partikkeleille, kuten esimerkiksi jäteveden puhdistamoilla ja biokaasulaitoksen poisteessa olevan kiintoaineksen erotukseen. Linkoamista käytetään yleensä jakeille, joissa kuiva-ainepitoisuus on suurempi kuin 10 m%. Linkoukseen sopii monia erilaisia seoksia kuten esimerkiksi erilaiset suspensiot ja emulsiot sekä hienojakoiset heterogeeniset seokset. Linkoamalla saadun kiintoaineksen kuiva-ainepitoisuus vaihtelee yleensä välillä 10–35 % (Ojanen n.d., 21). Ojanen (n.d., 21) mukaan, lingottavan materiaalin tärkeimmät ominaisuudet ovat laskeutuvuus, rullattavuus ja flokin vahvuus. Näistä ominaisuuksista on vaikeaa saada luotettavaa tietoa laboratoriomittakaavassa, koska kokeissa ei voida saada aikaan täydessä mittakaavassa olevan lingon sisällä vallitsevia olosuhteita. (Ojanen n.d., 21.)

Linkous on suhteellisen hidas erotusmenetelmä johtuen pienistä kiintoainepitoisuuksista. Tyypillinen syöttövirtaus lingolle on yleensä muutamia kuutiometrejä tuntia kohden. Lingon erotustehokkuutta voidaan myös las-

keutuksen tapaan parantaa flokkulointiaineilla, tässä tapauksessa pitkäketjuisilla polymeereillä, joiden avulla kiintopartikkeleita kiinnitetään yhteen ja saadaan aikaan suurempia flokkeja, joiden erottaminen on helpompaa ja nopeampaa. Esimerkiksi biokaasulaitoksilla reaktorinpoisteen kiintoainepitoisuus on alhainen, jolloin sitä joudutaan syöttämään hitaasti lingolle. Polymeerien avulla voidaan parantaa nestepitoisten jakeiden kiintoainepitoisuutta ja nesteseoksen laatua. Ojansen (n.d., 21) mukaan linkouksen suosio on vähentynyt merkittävästi parin vuosikymmenen aikana, koska ruuvi ja suotonauhapuristimilla saavutetaan korkeammat kuiva-ainepitoisuudet. Linkousta voidaan kuitenkin käyttää heikot vedenpoisto ominaisuudet omaaville lietteille kuten esimerkiksi erilaisille biolieteteille. ”Biolietteitä on vaikea käsitellä erilaisilla puristimilla, johtuen veden kertymisestä solukkoihin, joten linkous on sopiva vaihtoehto biolietteiden erilliskäsittelyille”.

Linkoja on erimallisia ja eri partikkelikokoalueille. Yleisin malli on scrolltyyppinen linko (Kuva 1), jossa lingon ruuvia ympäröi ympyrälieriön muotoinen kappale (Heikura 2014, 13–14). Tästä ympyrälieriön muotoisesta kappaleesta käytetään nimitystä dekantteri ja laitetta kutsutaan näin dekantterilingoksi. Dekantterilingolla syöttö tapahtuu lingon päästä keskeltä roottorin läpi ruuvin sisään, josta ruuvi heittää keskipakovoiman vaikutuksesta raskaimmat partikkelit ulkokehälle. Lingon rummun ja ruuvin välille luodaan pieni kierrosnopeusero, jonka avulla kiintoainetta saadaan poistettua. Lingon päässä kiintoainetta otetaan talteen lieteholkeista ja neste erottuu heti alussa keveytensä takia omaan kanavaan, josta se pumpataan jatkokäsittelyyn. Dekantterilingolle toinen vaihtoehto on sentrifugilingo, jolla voidaan erottaa neste – neste ja neste jakeita. (Heikura 2014, 13–14). Dekantterilingolla voidaan kiintoainetta erotuksen lisäksi sakeuttaa nesteitä (Ojansen n.d., 21).



Kuva 1. Tyypillinen dekantterilingon rakenne (Heikura 2014, 14.)

Lingossa on sisällä teräksestä tai muusta lujasta materiaalista valmistettu ruuvi, jota moottori pyörittää suurilla kierrosnopeuksilla, jolloin aikaan saadaan painovoimaa suurempi voima, jolloin raskaimmat partikkelit sin-

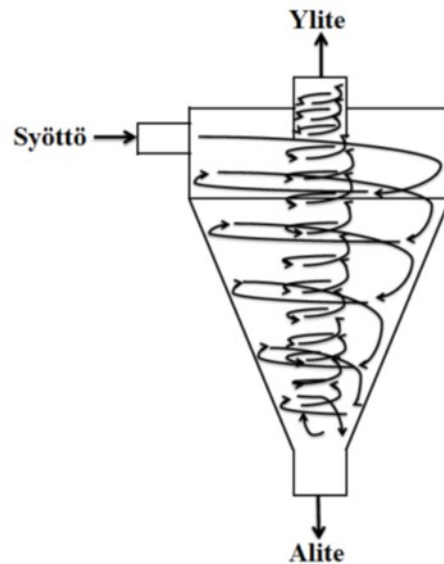
koavat lingon ulkokehälle, josta ne voidaan kerätä erilliseksi jakeeksi. Lingolla partikkelit jotka ovat pienempiä kuin 2 μm eivät enää laskeudu painovoiman avulla ja jäävät siksi nestefaasiin. (Heikura 2014, 13–14.)

Lingot voivat olla panostyyppisiä, mutta jatkuvatoimisissa prosesseissa tavaraa täytyy tulla ja lähteä eli prosessin tehokkuuden ja hyötysuhteen kannalta linkoa kannattaa ajaa jatkuvatoimisesti, koska sen kapasiteetti ei ole niin suuri kuin muilla menetelmillä, mutta erotusaste on yksi parhaista.

2.4 Hydrosykloni

Nimi hydrosykloni liittyy nesteeseen ja pyörimisliikkeeseen. Hydrosyklonin toiminta perustuu myös keskipakovoimaan, siten, että erotettavaan jakeeseen luodaan nopea pyörimisliike virtauksen muodossa ja sen avulla voidaan erottaa raskas ja tiheämpi kiintoaineseoste nestejakeesta (Radman 2014). Hydrosykloni on jatkuvatoiminen erotussuppilo, joka on muodoltaan alaspäin kapeneva ympyräkartio ja siinä on vain kolme yhdettä jakeille: syöttö, ylite ja alite eli rejekti (kuva 2 s.8). Hydrosyklonin partikkeleiden erotusraja on n. 10 mm (Heikura 2014, 22–23).

Syötettä pumpataan sykloniin nopealla virtauksella ja nopean pyörimisliikkeen ansiosta syklonin sisälle muodostuu kaksi spiraalin muotoista virtausta. Sekoitusastiaan eli vaippaan muodostuvista kahdesta kartiomaisesta pyörteestä puhutaan vortex-ilmiönä (Heikura 2014, 22). Vortex-ilmiössä suspensiossa olevat raskaat ja kiinteät partikkelit ajautuvat vaipan ulkopinnalle keskipakovoiman vaikutuksesta ja poistuvat rejektinä kartion kapeasta alaosasta (Kuva 2. s 8.) (Heikura 2014, 22). Kartion pohjan poistauksella eli apexilla voidaan halutessa säätää alitteen määrää ja partikkelikokoa (Radman 2014, 5). Kevyemmät partikkelit ja neste jäävät hydrosyklonin sisäpintaan pyörivään liikkeeseen ja poistuvat kartion päältä ylitteenä. Ylite otetaan talteen syklonin sisällä olevalla erillisellä poisteyhteellä, joka on tietyn mittainen putki syklonin sisällä, joka edesauttaa, ettei syöte ja ylite pääse sekoittumaan keskenään syklonin sisällä (Heikura 2014, 22).



Kuva 2. Hydrosyklonin toimintaperiaate (Heikura 2014, 22.)

Hydrosykloneilla voidaan hyvin erottaa hienoa ainesta ja se sopii monille erilaisille jakeille. Hydrosyklonin etuna muihin erotusmenetelmiin nähden on sen yksinkertaisuus rakenteessa ja toimintaperiaatteessa sekä sen suuri vastaanotto ja käsittelykapasiteetti laitteen kokoon nähden (Heikura 2014, 22). Hydrosyklonin ongelmana on sen vaatima tasainen syöttö, jolloin liian kovalla syötöllä apex-aukosta tulee nestettä suihkuna ja karkeaa materiaalia pääsee ylitteen joukkoon tai pienellä syötöllä kaikki virtaa läpi hiljalleen poisteaukosta, koska tarvittavaa viretausta vortex-ilmiöön ei saavuteta (Radman 2014, 6).

2.5 Suodatus

Suodatus on yleisimpiä erotusmenetelmiä teollisuudessa, sen yksinkertaisuuden ja kustannustehokkuuden vuoksi. Jakeen eri fraktioita voidaan erottaa toisistaan niiden suurimpien eroavaisuuksien perusteella esimerkiksi partikkelikoon ja tiheyden perusteella (Rauhala 2013, 11).

Yleisin suodatusprosessi on kiintoaineen erotus nesteestä, joka perustuu nestettä läpäisevään väliaineeseen, johon kiintoaines kiinnittyy koon perusteella. Nesteen ja kiintoaineen suodatuksessa suspensiota syötetään suodattimelle, jolloin neste läpäisee väliaineen eli suodattimen. Väliaineen pinnalle keräytyneet kiintopartikkelit muodostavat kerrostuman, jota myös kutustaan suodinkakuksi (Jantunen 2010, 3). Väliaineen läpäisevä neste eli suodosneste tai permeaatti jatkaa matkaansa jatkokäsittelyihin (Jantunen 2010, 3). Suodattimen läpäisevän suodosnesteeseen virtaukseen vaikuttaa paine-ero, johon voidaan vaikuttaa painovoimalla, syöttöpumpulla tai vakuumpumpulla eli imupumpulla (Jantunen 2010, 2–4).

2.5.1 Pintasuodatus

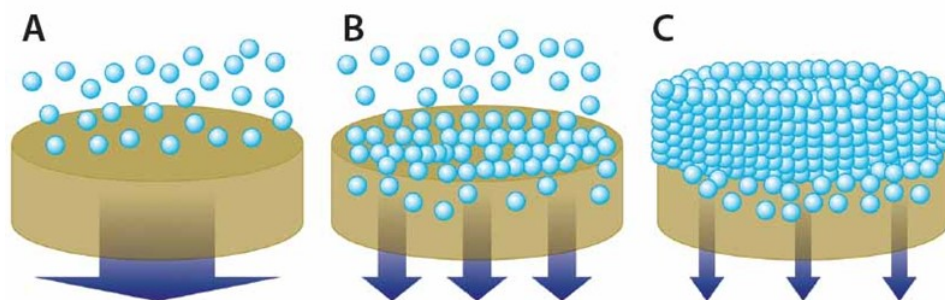
Nesteen ja kiintoaineen suodatus voidaan jakaa kahteen perusmenetelmään: pinta- ja syväsuodatukseen. Yleisimmin käytössä oleva pintasuodatus suositellaan käytettäväksi, kun suodatukseen menevän syötteen kiintoainepitoisuus ylittää 1 % (Rauhala 2013, 13–14). Pintasuodatuksessa itse suodatus tapahtuu suotimen pinnalla, jolloin suodattimen pinnalle jäävä materiaali ei läpäise suodinta (Kuva 3. s 10.) Suotimen pinnalle kuitenkin alkaa kerääntyä kiintoaineskerros, eli suodinkakku. Suodatuksen edetessä suodatuskakku jatkaa kasvuaan ja peittäessään alkuperäisen suotimen se toimii pääasiallisena suodattimena alkuperäisen suotimen pinnalla. Kakun joukkoon jää kiintoainesta, joka partikkelikokonsa puolesta läpäisisi alkuperäisen suodattimen, mutta ei pääse eteenpäin, johtuen kakun sisään epäsäännöllisesti pakkautuneista kiintoainespartikkeleista. Tätä ilmiötä kutsutaan suodinkakun kasvaneeksi suodatuskyvyksi eli suodinkakun suodatuskyky on noussut korkeammaksi kuin alkuperäisen suodattimen. (Rauhala 2013, 13–14.)

Kun suodatus on saatu vietyä loppuun, täytyy suodinkakku vielä pestä ja ottaa siitä talteen sen sisällä olevat halutut partikkelit. Yleensä kakku pestään pesunesteellä, jolloin kakun sisälle jääneet halutut partikkelit vapautuvat ja kakku voidaan suodattaa uudestaan. Kakku olisi helpoin pestä, kun se on vielä suodatuslaitteessa, ettei sitä tarvitsisi siirrellä ja pestä erikseen, mutta kakun paikallispesut eivät ole riittävän tehokkaita erottamaan kakusta haluttuja partikkeleita. Monissa suodattimissa ei ole paikallispesun mahdollisuutta ja useasti suodatuslaitteiston valintaan vaikuttaa enemmänkin pesuominaisuudet kuin itse suodatusominaisuudet. (Hakkarainen 2011, 27–28.)

Kun suodatinkakku kasvaa liian suureksi jolloin suodatusnopeus pienenee merkittävästi, voidaan kakkua hajottaa tarvittaessa sekoittimella, jolloin kakuun sitoutuneet pienimmät partikkelit läpäisevät suodattimen ja suuret partikkelit hakeutuvat paikoilleen uudelleen. Pintasuodatusprosessissa on monia eri parametreja, joita tulee tarkkailla ja jotka muuttuvat jatkuvasti vaikuttaen suodatuksen toimivuuteen. Suodatuskakun vastus syötteen suhteen vaihtelee merkittävästi kakun eri osissa, joten syöttelelle aiheutuvaa vastusta kuvataan kakun keskimääräisenä vastuksena. Liian tiheällä väliaineella voidaan saada aikaan tukkeutuminen, jolloin koko prosessi voi mennä pilalle tai tulla laiterikkoja. Suodatusta voi ja myös kannattaa tehdä asteittain eli suodatetaan monessa osassa erikokoisilla suodattimilla eikä aloiteta liian pienellä suodattimella heti ja pusketta kovalla paineella. (Hakkarainen 2011, 18–19, 21,24.)

Pintasuodatusta voidaan käyttää erilaisilla tekniikoilla, riippuen mikä parametri halutaan pitää vakiona. Erilaisia suodatusparametreja on mm. suodinkakun virtausvastus, kakun pinta-ala, suodatuksen paine-ero ja kakun ominaisvastus (Hakkarainen 2011, 19–20). Esimerkiksi vakiovirtaussuodatuksessa halutaan pitää suodosnesteen virtausvakiona, jolloin kasvavan

suodinkakun takia painetta joudutaan vähitellen nostamaan. Pintasuodatuksessa alussa ainoa suodatusvastus tulee pelkästään väliaineesta eli suodattimesta, mutta kakun muodostuessa ja kasvaessa suodatusvastus kasvaa, jolloin paine-eroa joudutaan nostamaan (Hakkarainen 2011, 20–21).



Kuva 3. Pintasuodatuksen periaate (BioProcess international 2014)

2.5.2 Syväsuodatus

Syväsuodatus on vähemmän käytössä oleva suodatusmenetelmä, joka eroaa pintasuodatuksista siten, että kiintopartikkelit virtaavat nesteiden mukana väliaineen sisään, josta ne voidaan erottaa painovoiman tai diffuusion avulla. Syväsuodatuksessa väliaineen pinnalle ei muodostu ollenkaan suodinkakkua. Syväsuodatuksessa itse väliaine on tiheämpää kuin suodatettavan aineen partikkelit, jolloin suodatettavat partikkelit jäävät väliaineen sisään ja neste läpäisee suodattimen. Suodattimen sisällä on kanavia, jotka ovat kiintopartikkeleita suurempia, joihin ne kulkeutuvat ja jäävät. Kiintoainemassa jää suodattimen sisään ja tukkii lopulta suodattimen, jolloin se tulee vaihtaa. Syväsuodatuksen riskinä on se, jos sitä käytetään liian pitkään, voi partikkelit läpäistä sen ja päästä ns. "puhtaalle puolelle". (Rauhala 2013, 14–15.)

2.5.3 Suodatintyyppejä

Eri suodatintyyppejä on olemassa lukuisia moniin eri tarkoituksiin ja niiden toimintaperiaatteissa ja edellytyksissä onkin suuria eroja. Mekaaniset suodattimet ovat kiinteitä liikkumattomia kappaleita, jotka toimivat itse väliaineena. Mekaaniset suodattimet sopivat kohteisiin, jossa jatkuvaa suodatusta ei tarvita ja ne eivät ole itsepuhdistuvia eli ne joko puhdistetaan manuaalisesti tai vaihdetaan uusiin aika-ajoin. Mekaanisten suodattimien etuna on niiden yksinkertaisuus, toimintavarmuus, hinta ja energiavapaus (Rauhala 2013, 15–16).

Automaattisuodattimia käytetään kohteissa, jossa tarvitaan jatkuvatoimista suodatusta. Automaattisuodattimet ovat itsepuhdistuvia ja niissä on sähkömoottori, joka pyörittää harjaa, kaavinta yms. puhdistukseen väliainetta (Rauhala 2013, 15).

2.5.4 Suodatusominaisuuksien parantaminen

Joskus suodatettavan jakeen suodatusominaisuudet voivat olla huonot ja tehokasta suodatusta on vaikea saada alkuun tai pysymään päällä. Huonon suodatusominaisuuden omaava jae voi muodostaa suodinkakun, joka ei ole helposti kokoonpuristuva. Tällöin syöte läpäisee kakun suoraa tai kakku ei muodostu kunnolla koko suodattimen pinnalle. Näissä tapauksissa voidaan myös lasketuksen tapaan käyttää flokkulointiaineita, jotka muodostavat flokkeja eli pienistä kiintoainepartikkeleista muodostuvia isompia partikkeleita, jotka on helpompi suodattaa pois nestejakeesta. (Hakkarainen 2011, 21–22.)

Tyypillisiä flokkulointikemikaaleja ovat mm. pitkäketjuiset polymeerit ja polyelektrolyytit, jotka adsorboituvat partikkelin ulkopinnalle. Kun toinen partikkeli tulee lähietäisyydelle, niin pitkä ketju adsorboituu taas sen pinnalle ja sitoutuu siihen jatkaen ketjua, kunnes muodostuu suuri flokki, joka pitää sisällään lukuisia pieniä kiintoainepartikkeleita. Suodatusapuaineiden ansiosta voidaan suodatuskokoa kasvattaa, jolloin suodatusvastus vähenee, joka nopeuttaa suodatusprosessia ja säästää energiaa ja kustannuksia. (Hakkarainen 2011, 25–27.)

3 PROSESSIN REJEKTIT

Yhdistetyssä bioetanolin ja biokaasuntuotannossa on monia eri vaiheita ja yksikkö prosesseja, joissa syntyy rejektejä tai missä ne aiheuttavat ongelmia. Rejektit ovat yleinen käsite poisteille tai muille prosesseissa syntyville hyödyntämättömille sivuvirroille, jotka aiheuttavat kustannuksia tai toimenpiteitä.

Prosessiin pääsee sinne kuulumattomia jakeita jätteen vastaanoton kautta tulevien kuormien mukana, kun niitä kipataan jätemonttuun. Suurimmat rejekteistä aiheutuvat ongelmat näkyvät eniten prosessin alkupäässä eli bioetanolin valmistuksessa, joka toimii tavallaan puskurina ja esikäsitteilynä biokaasun tuotantoa ajatellen. Kaikki rejektit eivät aiheuta suuria ongelmia vaan niistä eroon pääseminen on ongelma itsessään, kun taas toiset aiheuttavat isoja suoria kustannuksia esimerkiksi laiterikkojen kautta. Esimerkiksi esikäsitteilyssä eroteltu metallijae sisältää biojätettä, eikä kelpaa sellaisenaan suoraan kierrätykseen. Rejektien hyötykäyttö onkin suositeltavaa taloudellisesta näkökulmasta. Tässä työssä perehdyttiin St1:n kolmeen merkittävimpään rejektivirtaan eli hiekka, muovi ja biorankki.

3.1 Hiekka

Hiekka on kustannusten ja prosessin kannalta ongelmallisin rejektit, jonka kokonaisuvaikutuksia ja kustannuksia on vaikea arvioida niiden laajuudesta johtuen. Hiekka, jota prosessiin pääsee, on suurimmaksi osaksi hie-

noa hiekkaa, jonka raekoko on alle 2 mm halkaisijaltaan. Hiekan pääsy prosessiin tapahtuu vastaanoton kautta, vaikka tulevaisuudessa ei pitäisi teoriassa ja kuljetussopimuksien puitteissa olla yhtään hiekkaa. Kuormiin päätyneet hiekka onkin mysteeri yritykselle ja sen määrää täytyy pystyä vähentämään, jotta ongelmia pystyttäisiin vähentämään. Hienoa hiekkaa löytyy vielä bioreaktorin lannoitetuotteista asti eli se kulkeutuu koko prosessin läpi aina vastaanotosta reaktoriin ja sieltä reaktorin kiintoaineksen mukana pellolle orgaaniseen maanparannusaineeseen sekoittuneena.

3.1.1 Hiekan aiheuttamat ongelmat

Hiekka aiheuttaa vuositasolla lukuisia ongelmia, joiden laajuutta voi vain arvailla. Näistä ongelmista suurin osa kohdistuu prosessin alkupäähän eli esikäsitteilyyn, jossa laiterikot ja kulumat ovat yleisimpiä. Vastaanottoon tulee kuormien mukana karkeaa hiekkaa, hienoa hiekkaa sekä pieniä määriä asfaltin palasia, mutta itse prosessiin ei päädy halkaisijaltaan suurempia kuin 20 mm:n partikkeleita, koska biojätepuristimen läpäisy edellyttää alle 20 mm:n partikkelikokoa. Puristimelle päätyneet pehmeämmät partikkelit murskautuvat pienemmiksi ja läpäisevät puristimen sihdin sitä kautta.

Hieno hiekka pääsee prosessiin helposti, kun se sitoutuu paksumpaan jätemassaan ja läpäisee sen avulla helposti biojätepuristimen aukon. Hieno hiekkaa päätyy myös muovirejektin mukana muovilavalle, jolloin se on kie-toutunut tai tarttunut suuriin muovipalasiin, mikä aiheuttaa ongelmia muovin jatkokäsittelyissä.

Hieno hiekka kuluttaa eniten esikäsitteilyn pumppuja, jotka joudutaan vaihtamaan n. 3 kuukauden välein tai jopa useammin riippuen tilanteesta. Esikäsitteilyssä käytössä olevat kaksi pumppua, jotka pumppaavat biojätepuristimelta tulevaa jätettä hydrolyysiin ovat monopumppuja. Monopumput eli epäkeskoruskipumput kuluvat nopeasti sisältä hiekan ja muiden kovien partikkeleiden vaikutuksesta ja ennen lopullista laiterikkoa pumpun virtaustuotto alkaakin pienentyä merkittävästi. Hiekan tuoma mekaaninen kulutus on erittäin kovaa ja lyhentää pumppujen käyttöikää huomattavasti verrattuna vastaaviin pumppuihin, joita käytetään pelkän nesteiden pumppaamiseen.

Esikäsitteilyn pumppuja käytetään päivittäin ja paksua massaa menee läpi suuria määriä, joten tasainen rasitus ja mekaaninen kulutus vähentävät pumppujen suunniteltua käyttöikää merkittävästi. Avatuista pumpuista käy ilmi, että hiekka ja muu kova kiintoaine kuten ruokailuvälineet kuluttavat sisäosia huomattavasti lyhyessä ajassa ja roottoreiden pinnat ovat naarmuilla sekä hioutuneet käyttökelvottomiksi. Hydrolyysipumput, eivät joudu kontaktiin hiekan kanssa niin paljon, kuin esikäsitteilyn monopumput, koska hydrolyysissä hiekka on suspendoitunut massan sekaan paremmin.

Hydrolyysisäiliöt ovat pohjasakan keskipiste ja pahimmillaan säiliön tilavuudesta voi olla 10 % pelkää pohjasakkaa, joka vie tilavuutta ja estää pohjasta tulevan suoraohyrylämmityksen pääsyn massan läpi. Pohjasakan huomaa automaatiossa siitä, että säiliön tyhjennyksen lopussa pumpun virtaukset pienenevät ja tehon tarve nousee, kun pienempi virtaus vaatii enemmän tehoa eli kiintoaines jumittaa pumppua. Pohjalle jääneen kiintoaineksen määrän kasvua voi myös seurata säiliöiden sekoittajien vastuksista. Säiliöiden sekoittajien avulla voidaan pitää massa liikkeessä ja saada lämmityksessä lämmönsiirto paremmaksi. Sekoittajat ovat kaksilapaisia kaksikerroksisia sekoittajia, joita pyöritetään sähkömoottoreilla. Sekoittajat lähtevät päälle pienellä teholla, kun säiliön pinta on noussut tietyn rajan yli, eli saavuttanut L-arvon eli "low-arvon" arvon pinnakorkeudessa. Sekoittajia seurataan automaatiossa niiden pyörimisnopeuden ja tarvittavan tehon osalta. Aika-ajoin voi huomata, että säiliöt eivät enää tyhjene niin hyvin kuin ennen ja sekoittajien tehontarve on korkeampi alarajoilla, jolloin pohjalle on kerääntynyt kiintoainesta.

Prosessissa oleva kuituhydrolyysisäiliö tyhjenetään kerran viikossa, jolloin sen pohja ns. romautetaan eli pohjaventtiili avataan ja pohjasakka otetaan erilliseen kippikonttiin ja hävitetään. Romautuksella säästetään pumppuja ja linjoja sekä saadaan pesujen jälki paremmaksi. Säiliötä puhdistetaan vesijohtovedellä, jonka avulla saadaan suurimmat kiintoainekset pohjaventtiilin kautta ulos säiliöstä. Vesihuuhtelun jälkeen säiliö pestään CIP-pesuilla ja lipeällä, joiden tarkoituksena on puhdistaa säiliön pinnat mahdollisimman puhtaaksi, jotta entsyymaattinen toiminta ei häiriinny hydrolyysin aikana. CIP pesuilla ei ole steriilivaatimusta, koska sillä pesutekniikalla ei voida saada aikaan steriiliä pesutulosta. Entsyymitoiminnan häiriintyessä käymiskelpoisia sokereita ei saada pilkottua glukoosiksi.

Hiekka on myös osasyllinen tukoksiin lämmönvaihtimissa, eritoten levylämmönvaihtimissa, jotka tukkeutuvat helposti ja joiden putsaaminen on iso urakka. Levylämmönvaihdin koostuu levypakasta, jonka sisällä kaksi nestettä vaihtaa lämpöenergiaa epäsuorassa kontaktissa. Levypakan välilyö on todella pieni, jossa neste virtaa kovalla paineella turbulentsena virtauksena eteenpäin. Nesteen mukana liikkuva hiekka jää lämmönvaihtimen sisään jumiin ja tukkii sen hiljalleen orgaanisten partikkeleiden kanssa. Lämmönvaihtimen tukkeutuessa se alkaa vaatia koko ajan korkeampaa menopainetta, jotta ulosvirtaus pysyy tasaisena. Hiekkaa ei saa sisältä pois muuten kuin yrittämällä ajaa vettä sinne kovalla paineella, pesuliuksella tai pahimmassa tapauksessa joutuu avaamaan koko pakan ja putsaamaan sen manuaalisesti vedellä. Levylämmönvaihdin kuluu hiekan vaikutuksesta sisältä ja uusi levypakka voikin tulla kalliiksi. Pakan välilyö voi tietenkin säätää, mutta suurempi välilyö tarkoittaa suurempaa virtausta, jolloin lämmönvaihto ei toimi halutulla tehokkuudella tai riittävää virtausta ei pystytä pitämään yllä.

Yksi hiekan tuomia ongelmia on bioreaktorin poistetta kuivaavan lingon tärinä. Lingolla reaktorin poisteesta erotetaan kiintoainesta ja neste omiksi jakeiksi. Dekantterilinko pyörii suurilla kierroksilla, jolloin raskaampi aine sinkoutuu keskipakovoiman vaikutuksesta ulkokehälle, josta se kuljetetaan ruuvilla omalle lavalleen. Lingolle tuleva poiste sisältää pieniä määriä sinne kulkeutunutta hienoa hiekkaa ja ajan kuluessa lingon sisään jäänyt hiekka aiheuttaa pyörivälle ruuville tärinää, joka alkaa hälyttää automaatiossa. Lingon tärinää mitataan omilla parametreilla ja kun yläraja ylittyy, niin automaatio ajaa lingon alas mitatun tärinän johdosta, jolloin osaprosessi joudutaan ajamaan ylös uudelleen. Pahimmat tärinät tulevat, kun linko on ollut puhdistamatta yli viikon päivät. Suurin ongelma lingon tärinästä tulee viikonloppuisin, kun laitoksella on vain pelkkä päivystäjä, joka joutuu tulemaan selvittämään alasajon syyt ja puhdistamaan linkoa. Hienon hiekan tuoma tärinä on yleistä ja linko puhdistetaan vähintään kerran viikossa, jolloin hienoa hiekkaa tulee lingon tyhjennysventtiilin kautta melkein ämpäriäinen. Linkoa puhdistetaan hidaspesuilla veden avulla myös prosessin alasajojen yhteydessä, jolloin prosessin loppupää on alhaalla. Hieno hiekka myös aiheuttaa korroosiota lingon ruuvissa samalla tavalla kuin monopumpeissa ja se joudutaankin uusimaan tietyn ajan välein. Ruuvien kuluessa se ei ole enää tasainen vaan epäkesko, jolloin ruuvi saattaa aiheuttaa itsensä tärinää ilman hiekkaa. Lisäksi ruuvien erotuskyky vähenee.

3.1.2 Hiekan pääsy prosessiin

Hiekkaa voi päästä prosessiin vain jätteen vastaanoton kautta, johon se tulee biojätekuormien mukana. Hiekkaa ei pysty erottamaan jätemassasta paljaalla silmällä, koska se on sekoittunut tehokkaasti jätteen sekaan. Myös jätteen väri on yleensä tummaa, joka vaikeuttaa hiekkapitoisten kuormien tunnistamista. Jäte on laitokselle tullessaan yleensä hieman pilaantunutta ja nestepitoista, jolloin se on alkanut jo hieman esikäymään bakteeritoiminnan seurauksena. Kun jäte alkaa pilaantua, sen väri alkaa muuttua yleensä tummaksi ja siitä on vaikea erottaa hiekkaa tai muita ei-toivottuja fraktioita. Jätteen vastaanotto on suuri kolmiluukuinen maanalainen tila, johon kuormat kipataan. Vastaanotossa on valvontakamerat, joiden avulla jätemassan syöttöä murskaimelle valvotaan. Kameroiden avulla voidaan poimia vastaanotosta joitakin yksittäisiä sattumia, jotka eivät kuulu biojätteeseen.

Biokaasulaitoksella hiekka aiheuttaa kapeissa linjoissa ja lingolla tukoksia ja hetkellisiä painepiikkejä, kun linjat ovat lähellä tukkeutua. Hiekka ei kuitenkaan yksin aiheuta kaikkia tukkeutumia ja painepiikkejä biokaasulaitoksella, myös struviitilla on oma osuutensa. Struviitti eli magnesiumammoniumfosfaatti on mädätysprosessissa kiteytymällä muodostuva mineraali, jota syntyy, kun olosuhteet ovat ympäristössä sopivat ja missä on tarjolla ammoniumtyyppiä, fosforia ja magnesiumia. Struviitti on erittäin kovaa ja tukkii venttiilejä ja linjoja hiljalleen. Laitoksella on struviitille oma pesuliuoksensa, mutta se kuitenkin vaatii aikaa ja sitä pitää kierrättää linjoissa pidemmän aikaa struviitin kovuuden takia.

Syitä hiekan pääsyyn prosessiin on varmasti useita, mutta suurimmat syyt johtuvat todennäköisesti jäteyhtiöiden jätteen säilytyksestä ja siirroista. Jäteyrityksillä on erilaisia toimintatapoja biojätteen keräykselle, varastoinnille ja siirroille. Varastointi on varmasti suuri tekijä, koska biojätettä saatetaan säilyttää maassa, betoni- tai asfalttipinnalla, jossa siihen sitoutuu kiintopartikkeleita.

Jätettä saatetaan myös siirrellä pyöräkuormaajilla tai kaivinkoneilla, joita on käytetty maansiirrossa tai sekajätteen lajittelussa. Laitteiden kuten kauhojen ja lavojen pesut olisivat tärkeä toimenpide ennen biojätteen siirtoa. Myös elintarviketeollisuuden sivuvirrat tulevat jonkin kuljetusyhtiön toimesta ja kuljetuksissa käytettäviä lavoja ei oletettavasti ole pesty ennen kuormien toimitusta. Jäteyritysten toimenpiteet jätteelle ennen laitosta eivät ole tiedossa ja niihin toivottaisiin selvitystä.

3.2 Muovi

Muovirejkti on prosessin alkupäässä syntyvä sivuvirta, joka erotellaan jätevirrasta heti murskauksen jälkeen ja kerätään omalle lavalleen. Jätteen mukana tuleva muovi koostuu lukuisista eri muovilaaduista, koska laitos ottaa vastaan erilliskerätyn biojätteen lisäksi myös pakattua biojätettä ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Muovia tulee laitokselle jätesäkkien ja elintarvikepakkausten muodossa. Biohajoavat muovipussit ovat kiellettyjä, koska ne venyvät, kietoutuvat ja tukkivat paikkoja. Biohajoavat pussit eivät ole tarpeellisia, koska kerätty jäte viedään suoraan laitokselle käsittelyyn eli biohajoavuudesta ei ole mitään hyötyä, ennemminkin haittaa.

Muovin erottaminen tapahtuu biojätepuristimella, joka puristaa biojätteen pienemmäksi ja erottaa samalla muovin ja biojätteen toisistaan. Tästä muovi menee rejktihihnalla suoraan omalle lavalleen. Muovin erotustehokkuus ei kuitenkaan ole 100 %, joten muovia päätyy väkisin prosessiin puristimelta. Suurin osa muovista tulee erilliskerätyn biojätteen mukana, koska teollisuuden jätteet tulevat yleensä pakkaamattomina, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Joistakin leipomoista tulee pahvia muun jätteen mukana, mutta se ei ole mikään ongelma prosessin kannalta.

3.2.1 Muovin aiheuttamat ongelmat

Biojätepuristin puristaa tulevan jätteen 20 mm:n reikien läpi biojätepuristimen pohjakaukalo, jonne lisätään laimennosvesi. Muovirejkti poistuu puristimen yläosasta keveytensä takia erillisellä rejktiruuvilla. Rejktiruuvi menee aika-ajoin tukkoon paksuista muovipusseista ja pakkausmateriaaleista. Pahimpia ovat suuret mustat jätesäkit, jotka kietoutuvat ja peittävät ruuvin kokonaan, jolloin puristin pysähtyy automaattisesti täri-nästä. Rejktiruuvia on hyvä puhdistaa muutaman kerran viikossa manuaalisesti ja tarkastaa laitoskierrosten yhteydessä. Laitokselle on ollut suun-

nitteilla säännölliset tarkastuskierrokset, joissa työntekijä kuittaa tarkastamansa kohteet. Näin saadaan varmistus, että asiat ovat kunnossa ennalakoivana kunnossapitotoimenpiteenä.

Muovia pääsee esikäsitteystä hydrolyysiin asti, jossa sille ei tapahdu mitään entsyymaattisen hydrolyysin ja hygienisoinnin aikana. Hydrolyysin jälkeen muovi pystytään erottamaan hydrolysaatista separoinnin yhteydessä, jossa separaattoreiden sihdit eivät päästä kokoaan suurempia muovipalasia läpi. Muovia voidaan separoida kuituhydrolyysiin tai suoraan pihalle omalle lavallensa.

Muovi aiheuttaa tukoksia esikäsitteelyssä murskaimella, kun se kietoutuu jätejakeen ympärille ja kasaa siitä ison kimpaleen ennen metallinerotusmagneettia ja tukkii liukuhinnan. Murskaimen ympärille myös kietoutuu muovia ja sen kasaantuessa syntyy tukoksia murskan alle, jolloin jäte kasaantuu pinoksi ja putoaa liukuhinnan sijaan lattialle. Pahimpia tukkijoita ovat mustat paksut jätesäkit, jotka ovat pitkiä ja kestäviä. Murskaa voidaan pyörittää vastakkaiseen suuntaan ja sitä tehdäänkin aina kun muovia on runsaasti jätekuormassa. Jos murskaimen takaperin pyörittäminen ei auta, joudutaan manuaalisesti puhdistamaan muovit murskaimelta.

3.2.2 Muovin hävitys

Prosessin alkupäässä lavalle eroteltu muovirejekti menee tällä hetkellä polttoon. Poistelavojen alihankkija noutaa muovilavan ja toimittaa muovirejektin polttoon. Muovia poltetaan Suomessa muutenkin ja siitä saatava energiahyöty on parempi kuin loppusijoitus kaatopaikalle. Muovilava täyttyy viikossa useita kertoja ja katkaisee esikäsitteelyn ajon noin puoleksi tunniksi. Muovilavalle päätyy kuitenkin pieniä määriä biojätettä ja pahvia, joten sen koostumus vaihtelee vähän eli se on epäkuranttia.

3.3 Biorankki

Biorankki on bioetanolin tuotannossa syntyvä tällä hetkellä hyödyntämätön sivuvirta. Biorankki koostuu kahdesta eri komponentista, biojätteen hydrolyysistä separoitavasta kiintoaineesta sekä kuituhydrolyysin separoitavasta kiintoaineesta.

3.3.1 Biorankin muodostuminen

Kuituhydrolyysi on osaprosessi, joka on jatkoa hydrolyysille. Hydrolyysin kiintoaines johdetaan kuituhydrolyysiin, jossa se entsyymaattisesti hydrolysoidaan ja separoidaan ulos erilliselle jätelavalle. Kuituhydrolyysi kestää viikon kerrallaan ja se tyhjennetään ja pestään kerran viikossa. Aika-ajoin kuituhydrolyysisäiliö kuitenkin täyttyy, joten sitä täytyy tyhjentää siivutain, joiden koko vaihtelee muutamista kuutioista kymmeneen kuution.

Kerran viikossa koko kuituhydrolyysi tyhjennetään ja separoidaan ja silloin rankkia kertyykin n. kaksi täyttä siirtolavaa.

Kuituhydrolyysissä hyödynnetään sellulaasientsyymiä, jolla saadaan jätteestä irti käymiskelpoisia sokereita, millä pyritään parantamaan materiaalin hyödyntämistä ja vähentämään sivuvirtojen mukana poistuvien hyödynnettävien fraktioiden menetystä.

3.3.2 Biorankin ongelmat

Biorankkia syntyy tietty määrä viikossa kuituhydrolyysiin, josta se separoidaan ulos. Rankki sisältää orgaanisen aineksen lisäksi runsaasti epäorgaanista ainesta, joka ei läpäise separaattoreiden sihtejä. Separoinnissa suurimmat kiintopartikkelit päätyvät hiekan mukana rankin sekaan selluhydrolyysiin. Rankki aiheuttaa kuituhydrolyysissä ongelmia sen tyhjennyksen yhteydessä. Kun kuituhydrolyysisäiliön viimeisiä kuutioita pumpataan jatkokäsittelyyn, alkaa pumpun tehontarve nousta ja linjojen paineet kasvamaan, koska kiintoaines ja hiekka alkavat jumittaa pumppua (kuva 4). Rankki separoidaan tällä hetkellä omalle lavalleen, josta se toimitetaan jatkokäsittelyyn ilman muita toimenpiteitä.

St1:n prosessi on kokenut suuria muutoksia vuosien aikana ja rankin käsittelyt ovat muuttuneet. Bioreaktoriin on aikaisemmin päätynyt vuosien mittaan erilaisia syötteitä, joten reaktorissa on varmasti vieläkin suuri määrä epäorgaanisia partikkeleita pohjalla. Reaktoriin päätyneet partikkelit tulevat poisteen mukana hiljalleen ulos reaktorista ja saavat aikaan tukoksia kapeissa linjoissa ja aiheuttavat lingolla tärinää ja sen kapean syöttöyhteen tukkeutumista.



Kuva 4. Tyypillinen biorankki

3.4 Muut rejektit

Laitoksella syntyy myös useita muita rejektejä, joiden merkitys prosessiin on pieni, joten niihin ei tulla esittelyä tarkemmin tutustumaan. Metallin on yksi oma rejektinsä, joka erotellaan esikäsittelyn yhteydessä heti murskauksen jälkeen ennen biojätepuristinta. Metallin erotellaan vahvalla magneetilla, joka pyörii liukuhihnan päällä vetäen metallikappaleet omaan kippikonttiinsa. Metallijäte, jota jätteen seasta erotetaan, on pääasiassa säilykepurkkeja ja ruokailuvälineitä eli asioita, jotka eivät kuulu biojätteeseen. Viikossa metallia tulee n. yksi kippikontti eli ei suurta määrää. Metallin mukana kippikonttiin putoaa myös biojätettä, koska magneetti vetää sivuun metalliset kappaleet ja kaikki mihin se on kiinnittynyt. Jos metallia ei eroteltaisi, aiheuttaisi se suuria ongelmia biojätepuristimella ja esikäsittelyn pumpuilla. Metallin erotuksesta pääsee kuitenkin läpi ruokailuvälineitä, koska osa aterimista on valmistettu ruostumattomasta teräksestä tai rosterista, jotka eivät ole magneettisia metalleita, eli niitä on mahdoton erottaa jätemassasta.

4 REJEKTIEIN ALKUPERÄ

Laitokselle tulevat haitalliset rejektit ovat peräisin kuljetusyritysten, jätteenkeräilijöiden, jätteen säilöjien tai yksityishenkilöiden toiminnoista. Haitallisimpia näistä rejekteistä ovat hiekka, säilyketölkit, aterimet ja muut epäorgaaniset kiintopartikkelit. Myös jätemassaan sitoutuneita aterimia ja säilyketölkkejä ei saada erotettua 100 %:sti, vaikka ne olisivatkin magneettisia. Jätevirrasta erotettuja metallikappaleita kerätään erilliseen konttiin, jota tyhjennetään metallinkeräyslavalle aika-ajoin.

Kaikki rejektit, paitsi magneettiset metallit päätyvät jätemassaan sitoutuneena muovinerotukseen asti ja siellä osa niistä läpäisee biojätepuristimen 20 mm puristusaukon, josta ne pääsevät itse prosessiin sisään. Tämän jälkeen niitä ei voida enää helposti poistaa prosessista. Kaikki vastaanottoon tuleva hiekka ja muut epäorgaaniset partikkelit halkaisijaltaan alle 20 mm pääsevät prosessiin sisään. Tämä hiekkajäte sisältää hienoa hiekkaa, soraa, asfalttia ja mahdollisesti betonia.

Kaiken vastaanotettavan biojätteen pitäisi teoriassa olla pelkkää puhdasta biojätettä kerättynä yksityisiltä asiakkailta, kaupoilta tai elintarviketeollisuuden sivujakeita, jolloin mitään haitallisia partikkeleita ei jätteen seassa pitäisi olla. Yksityisten asiakkaiden jätteiden keruusta vastaa suurimmalta osalta Kiertokapula Oy, jolla on myös omina asiakkanaan muita jäteyhtiöitä, jotka tuovat keräämänsä biojätteet Hämeenlinnan laitokselle.

4.1 Teollisuuden sivuvirrat

Elintarviketeollisuudesta laitokselle tulevat sivuvirrat ovat pääsääntöisesti pakkaamatonta jätettä, jonka mukana ei tule prosessin kannalta haitallisia tekijöitä. Sivuvirrat ovat joko ylijäämää, pilaantunutta tai kakkosluokan tavaraa, joka on jo kertaalleen täyttänyt elintarvikealan lainsäädännön eikä sen pitäisi sisältää mitään haitallista. Joskus on kuitenkin poikkeustapauksia, jolloin esimerkiksi elintarviketeollisuudesta peräisin olevassa kuormassa on ollut suuria lihan palasia, luita tai suuria teurasjätteitä, jotka tukkivat biojätepuristimen pohjakaukalon tai aiheuttavat ongelmia esikäsittelyn pumpuilla. Suurien tai kuivien jakeiden kohdalla joudutaan nostamaan tai laimennusveden määrää joka aiheuttaa pumppujen paineen nousun. Suuret lihan palaset pääsevät kyllä murskaimelta läpi ja biojätepuristimelle, jossa ne puristetaan 20 mm kokoon. Lihasta ei ole kuitenkaan hyötyä etanolintuotantoprosessille, koska se ei sisällä käytännössä ollenkaan etanolin tekemiseen tarvittavia sokereita. Myös pienet luunpalaset pääsevät prosessiin puristimelta, mutta suuret teurasjätteen mukana tulevat kokonaiset ruhon osat tukkivat hihnoja ja voivat rikkoa laitteita. Laitokselle on joskus tullut kokonainen lehmän nahka, joka tukki ja jumitti esikäsittelyn biojätepuristimen ja koko esikäsittely jouduttiin sen takia ajamaan alas puhdistustöiden takia.

4.2 Yksityiset asiakkaat

Yksityisiltä asiakkailta erilliskerättynä tuleva jäte on suurimmaksi osaksi muovikasseihin tai biojätepusseihin pakattua biojätettä, joka myös sisältää vaihtelevia määriä elintarvikkeiden pakkauksia ja muita sattumia. Vaikka Hämeenlinnan laitos käsitteleeekin pakattua biojätettä, niin yksityisille asiakkaille on jätteen kerääjän, Kiertokapula Oy toimesta annettu ohjeet, mitä biojäteastiaan saa laittaa ja kertakäyttöaterimet tai säilykepurkit eivät sinne kuulu. Kaikki aterimet ja säilykepurkit ovat yksityisten ihmisten biojäteastiaan laittamia sattumia, joita tulee jatkuvasti jätteen mukana. Yksityisten asiakkaiden jätteen mukana tulee myös muita vähemmän haitallisia sattumia kuten lasia ja kolikoita yms. Yksityisten ihmisten kohdalla, sattumien päätyminen biojätekeräykseen on joko huolimattomuutta tai välinpitämättömyyttä.

4.3 Jätteen toimittajat

Kuljetussopimusten puitteissa laitokselle tulevien kuormien sisällön pitäisi olla tiedossa ja sattumia ei pitäisi tulla ollenkaan. Suurin osa virheellisistä kuormista on peräisin siirtokuormista, joita tulee useita siirtolavoja kerralla. Siirtokuormia tulee pääkaupunkiseudulta ja Hämeen lähikunnista, joissa jätteet on kerätty ja tehty yhdeksi suureksi kuormaksi kuljetuskustannuksien säästämiseksi.

Sattumat ovat joskus inhimillinen virhe, mutta jätekuorman kuljettajalla on kuitenkin velvollisuus tietää rahtinsa sisältö. Joissakin tilanteissa kuljetusyhtiö on vain jonkin yrityksen välikäsi. Näissä tapauksissa reklamointi voi tulla vaikeaksi, kun toimijoita ja sopimuksia on monia. Kuitenkin viimekädessä kuljettajalla on velvollisuus tietää rahtinsa sisältö ja tarkistaa se itse, jos siihen on mahdollisuus, esimerkiksi avolava tai peitetty avolava. Monissa tapauksissa, kun laitoksen vastaanottoon on tullut sinne kuulumatonta tavaraa, on kyseessä ollut virhe jätteen tuottajan tai kuljetusyhtiöiden papereissa tai ajojärjestelijä on tehnyt virheen. Kun kuorman toimittaja ja kuljetusyhtiö ovat eri yhtiö ja kuormasta täytyy reklamoida niin asioiden selvittely voi olla vaikeaa.

Hämeenlinnan laitos on myös erityinen siitä biojätteenhoitajille, että se ottaa vastaan myös pakattua biojätettä, jonka ansiosta se voi ottaa vastaan leipomoiden pakattuja tuotteita vastaan, joissa on runsaasti hiilihydraatteja ja niiden etanolipotentaali on tavallista biojätettä korkeampi. Pakattua biojätettä on vaikea hävittää, joten siitä voidaan saada parempi porttimaksu kuin pakkaamattomasta biojätteestä.

Hämeenlinnan laitos on jäteyhtiöiden näkökulmasta hyvä ja helppo paikka toimittaa biojäte käsittelyyn, kun vertaa muihin vaihtoehtoihin ja hintoihin kuten muut biokaasulaitokset. Hämeenlinnan Laitoksen edullisten porttimaksujen mukana tulee myös se ongelma, että yritykset saattavat tarkoituksellakin toimittaa laitokselle jätettä, joka ei sinne kuulu. Samoilta jätteenhoitajilta saattaa tulla useita kertoja epäkuranttia tavaraa kuten pakkausmateriaaleja ja puupakkauksia, joista on reklamoitu useita kertoja, mutta sitä ei ole huomioitu. Edullisten porttimaksujen takia yritykset toimittavat myös varmasti tahallaan laitokselle kuulumatonta jätettä ja maksavat reklamointimaksut kiltisti. Reklamointimaksut perustuvat perusmaksuun ja virheellisistä jätteistä aiheutuneisiin työtunteihin. Reklamointimaksut ovat yleensä pieniä ja toimivat muistutuksena, että virheet eivät toistuisi.

Yritysten on vaikeaa tai kallista päästä eroon joistakin tietyistä jättejakeista, joten Hämeenlinnan laitokselle toimittaminen ja reklamointimaksun maksaminen on silti halvempaa kuin muut vaihtoehdot. Ekokem on ainut vaihtoehto, jos jätteitä ei saa muille käsittelijöille, mutta sen porttimaksut ovat jopa kymmenkertaisia muihin käsittelijöihin nähden.

St1:llä on sopimus Kiertokapulan kanssa jätteenkäsittelystä ja vuosittaisista vastaanottomääristä. Kiertokapula oli mukana Bionolix hankkeessa alusta asti ja oli etsinyt sopivaa käsittelytekniikkaa biojätteelle ennen laitoksen rakentamista. Kiertokapula toimittaa itse keräämänsä lähialueen biojätteet laitokselle ja työllistää myös alihankinta muita biojätteen keräilyliikkeitä, jotka toimittavat kuormansa laitokselle. Kuljetussopimuksissa määritellään jätteen laatu, vuosittaiset määrät, toimittajat, yms. Kuljetussopimusta pitäisi päivittää jätteen laadun osalta ja tarkentaa sen koostumusta koskevia parametreja. St1:llä on sopimus Kiertokapulan kanssa, mutta se

ei koske Kiertokapulan tekemiä sopimuksia sen alihankkijoiden kanssa. Jokaisella jäteyrityksellä on omat ohjeensa asiakkailleen liittyen biojätteen lajitteluun. St1 voisi neuvotella uuden kuljetussopimuksen, jossa määriteltäisiin Kiertokapulan ja sen työllistämille yrityksille tarkat pelisäännöt ja ohjeistus, jotta jäte olisi tasalaatuista ja sinne kuulumattomat sattumat saataisiin poistettua biojätteestä. Toimintaa voitaisiin valvoa ja tehdä pistotarkastuksia sekä nostaa porttimaksua toimijoille joiden toimittama tavara ei vastaa asetettuja arvoja.

Sopimuksia ei kuitenkaan voi tiukentaa paljoa ja liiallinen puuttuminen toisten toimintaan ei ole perusta toimivalle yhteistyölle. Jäteala on kilpailtu ala ja toimijoita on useita Kanta-Hämeen alueella. Porttimaksut ovat jäteyritysten kannattavuuden perusta ja ne ovat laskettu alas, sisään tulevan jätteen määrän maksimoimiseksi. Pakattujen elintarvikkeiden vastaanottaminen on suuri kilpailuetu ja sitä tulee hyödyntää oikein. Liiallinen ohjeistus ja sääntely vaikuttavat asiakaskantaan eikä se olisi järkevää tässä tilanteessa. Porttimaksujen nostaminen ei ole oikea lähestymistapa koska jätteen toimittajilla on muitakin vaihtoehtoja, jotka ovat halvempia kuten esimerkiksi kompostointilaitokset

5 LAITE-EHDOTUKSET HIEKANEROTUKSEN TEHOSTAMISEKSI

Prosessille on vaikeaa löytää yhtä täysin toimivaa laiteratkaisua, joka poistaisi kaiken hiekan ja muut kiintopartikkelit nestejakeesta. Ongelmaan haettiin ratkaisua hydrosyklonilla, mutta kustannukset nousivat liian korkeiksi. Jos nestejakeesta saataisiin erotettua suurin osa epäorgaanisista kiintopartikkeleista, niin sillä olisi jo suuri merkitys laiterikkojen ja tukkeutumisien vähentämisessä. Hiekan erotusongelmalle ei ole asetettu mitään kustannuskattoa, mutta ratkaisun tulisi olla kohtuukustanteinen ja helposti suoritettavissa. Seuraavaksi esitellään kaksi tässä selvityksessä hyväksi todettua vaihtoehtoa hiekan erotukseen prosessista.

5.1 Automaattisuodatin

Automaattisuodatin olisi yksi varteenotettavista vaihtoehdoista hiekan ja muiden kiintoaineksien poistamiseen prosessista. Automaattisuodattimet ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, käyttöturvallisia ja toimintavarmoja, mitkä tekevät niistä haluttuja ja kustannustehokkaita ratkaisuja. Automaattisuodattimia käytetään useimmiten nesteiden suodatuksessa kuten esimerkiksi jäähdytysvesien, jätevesien, maalien ja emulsioiden suodatuksessa. Automaattisuodattimilla voidaan suodattaa hienoja ja karkeita partikkeleita riippuen suodattimen koosta ja sen sihtikoosta. Tyypilliset suodatettavat partikkelit nesteissä ovat kokoluokaltaan 30–1 000 µm, joka on sama kuin 0,03–1 mm.

Automaattisuodattimia voidaan käyttää prosessissa jatkuvatoimisesti tai panosmuotoisessa ajossa. Automaattisuodatin poistaa ei toivottuja hiukkasia jatkuvasti ilman mitään suodatinpussien tai patruunoiden vaihtoa sekä vähentää merkittävästi käyttö- ja huoltokustannuksia.

Tässä selvityksessä kontaktoitiin kotimaisia laitetoimittajia, joilta pyydettiin kustannustehokasta ratkaisua seuraavilla suotimen toimintaedellytyksillä:

- kestää 84 °C:n lämpötilaa ja pH :ta 4,5
- toimii niin jatkuvatoimisessa kuin panostoisessa ajossa
- suodatusaste olisi n. 0,5-2 mm
- soveltuu vaihtelevalle virtaukselle, 0 20 m³/h
- suodattimen vaatima linja-paine on 150 kPa
- soveltuu syötteen kuiva-ainepitoisuudelle n. 10 %.

Suodatintoimittaja Sarlin Oy ehdotti sopivaksi ratkaisuksi heidän tanskalaisen päämiehensä tekemää HiFluxin (entinen Heco) vertikaalista Auto-Line M/ME automaattisuodatinta. Heidän mukaansa Auto-Line suodatin täyttää kaikki asetetut vaatimukset ja olisi toimiva ratkaisu suodattamaan kiintoainepartikkelit kyseisestä nestejakeesta. Auto-Line suodattimen tyyppilliset käyttökohteet ovat hiukkasten suodattaminen eri nesteistä. Auto-Line suodattimessa on sisällä suodatuselementtinä epäsymmetrinen sihti, johon suodatettavat kiintopartikkelit jäävät kiinni suodattimen sisäpuolelle. Suodattimen automaattinen puhdistin, tässä tapauksessa mäntä puhdistaa suodattimen sihdin sisäpinnan painamalla suodatetun massan suodattimen alapäässä olevaan lietesäiliöön. Lietesäiliö puhdistetaan venttiilin avulla, joka sijaitsee suodattimen pohjassa. Lieteventtiili on automaattinen ja sen ohjausta voidaan säätää prosessille sopivaksi, jolloin prosessinesteiden hävikki minimoidaan.

Suodatinta puhdistavaa mäntää ohjataan automaattisesti ja sille voidaan asettaa eri säätöjä suodatettavasta nestejakeesta riippuen. Mäntää voidaan ajaa, vaikka painesäädöllä, jolloin tietyn painepisteen ylittyessä se puhdistaa suodatuselementin. Virtaussäätö on ajotapa, jossa tietty virtausvähennelmä aiheuttaa puhdistuksen. Myös aikasäädöllä voidaan ajaa, jolloin suodatettava neste ja prosessi ovat aina vakiot, eli tiedetään kuinka usein suodatinta tulee puhdistaa ajan suhteen, jolloin tietyn aikavälein suodatin puhdistaa itse itsensä vähentääkseen tukkeutumisriskiä. Panostyyppisessä ajossa voidaan myös käyttää manuaalista suodattimen puhdistusta, jolloin suodatuselementti puhdistetaan vasta ajon päätteeksi.

Suodattimen tulisi toimia hyvin, vaikka se olisikin pitkiä aikoja ajoista sivussa, esimerkiksi seisakkien ajan tuotantolaitoksella. Suodatettavan nesteen lämpötila ja happamuus vaikuttavat suodattimen rungon ja sihdin materiaalin valintaan. Tässä tapauksessa musta rauta ei kelpaa vaan pitää

valita haponkestävä teräs. Haponkestävä teräs on materiaalina huomattavasti kalliimpi, mutta kestää pitkään eikä aiheuta suodatuksessa ongelmia kestävyytensä takia.

Suodattimen kokoon vaikuttaa haluttu suodatusaste ja syötettävän nesteen virtaus. Virtauksen koko vaikuttaa suodattimen rungon kokoon ja suodatusaste vaikuttaa sihdin valintaan. Eri nestejakeista riippuen voidaan männän tilalle valita myös harjoja ja kaapimia. Tässä tapauksessa nesteen kuiva-aineesta ja sen tuomasta paksuudesta johtuen mäntä on paras vaihtoehto suodattimen puhdistimeksi, koska partikkeleiden ja lietteen muut epäpuhtaudet vaativat voimaa, kun niitä painetaan alas lietesäiliötä kohti.

Auto-Line automaattisuodatin voidaan sovittaa eri putki- ja linjakoolle laipaliitoksella, jonka ansiosta sen paikkaa prosessissa voidaan tarvittaessa vaihtaa eli se on monikäyttöinen suodatin. Kun suodattimen paikkaa prosessia halutaan vaihtaa, tulee taas huomioida sen virtaus ja painetarpeet sekä suodatusaste eli uusi sihti voi tulla tarpeen. Suodattimen vaatima 150 kPa linja paine on suurin kysymys tässä tapauksessa, koska suodatukseen tuleva neste on juuri separoitu, seulottu 1,2 mm sihdillä ja menossa tyhjiöjäähdytykseen, johon ei voida ajaa nestettä liian kovalla virtauksella. Jos tyhjiöjäähdytykseen ajetaan liian suurella virtauksella, ei nesteen viipymä jäähdytyksessä täyty, jolloin neste ei jäähdy tarpeeksi. Tyhjiöjäähdytys on kriittinen osaprosessi, koska siinä neste jäähdytetään sitä seuraavaa käymistä varten, joten lämpötilan tulee olla oikeissa rajoissa, ettei se pilaa käymisprosessia. Tyhjiöjäähdytykseen menevän linjan linjapaine ei täytä suodattimen asettamia rajoja, mutta se voidaan korjata pienentämällä jäähdytykseen menevää linjakokoa, jolloin virtaus pysyisi samana, mutta paine nousisi arvoon 150 kPa.

Auto-Line automaattisuodattimen hyviin puoliin kuuluu myös sen säädettävyys useille eri suodatusparametreille. Suodattimella voidaan suodattaa myös kovien hiukkasten lisäksi pehmeitä ja hauraita hiukkasia. Suodattimessa itsessään ei ole paljoa liikkuvia osia, joten sen huoltokulut eivät ole suuret ja huoltoja voidaan suorittaa itse myös tuotantolaitoksella. Suodatin vaatii paineilman sisääntulopaineeksi 5-7 bar, joka on tyypillinen kompressorien tuottama paine tuotantolaitoksella, joten suodattimelle ei tarvitse ostaa omaa kompressoria. Suodattimelle voitaisiin hankkia oma kippikontti, johon sen suodattama massa voidaan sen lietesäiliöstä valuttaa ja josta se voidaan aika-ajoin tyhjentää.

Kokonaisuudessaan Auto-Line automaattisuodatin olisi toimiva ratkaisu hiekan erotukseen prosessista. Automaattisuodattimen hintaa ei Sarlin Oy suostunut kertomaan, ilman yrityksen varsinaista tarjouspyyntöä. Prosessitekniikan laitteiden hinnat harvemmin ovat listahintoja, vaan riippuvat ennemminkin ostaja myyjä suhteesta, tavarán saatavuudesta räätälöinnistä ymv. Samalla tuotteella voi olla kaksi eri hintaa kahdelle eri ostajalle. Tiedustelun jälkeen Sarlinilta kerrottiin suodattimen hinnan asettuvan

10 000 – 25 000 € välille riippuen varusteista kuten esimerkiksi hapon kestävää teräksestä valmistettu runko. Automaattisuodattimelle kuului jokin takuu ja hintaan myös vaikuttaa asennuskulut, jos haluaa sen suoraan valmiiksi käyttöön otettavaksi. Suodattimen koosta riippuen sen asennus ja putkiston liitântäkulut ovat pienet eivätkä vaadi monimutkaisia asennustöitä tai työkaluja.

Suurimmaksi ongelmaksi automaattisuodattimelle tulee itse suodatettavan jakeen kuiva-ainepitoisuus, koska ei-halutut hiekka partikkelit ovat suodatettava kohde ja ne ovat jakeen pienin fraktio eli suodatin suodattaa myös tätä isompia haluttuja orgaanisia partikkeleita pois jakeesta. Tämän ongelman takia lietesäiliö täytyisi jatkuvasti ja mäntä joutuu sahaamaan edestakaisesti yrittäessään puhdistaa suodatuselementtiä. Myös lietesäiliön kautta tyhjennettävä rejekti tulisi ongelmaksi, koska sinne kertyvää hiekkaa ei voida hävittää helposti ja sen sijoittaminen kaatopaikalle vaatii ympäristölupaan kirjauksen, vaikka rejekti onkin jo prosessin alkupäässä hygienisoitu. Muodostuva rejektivirta olisi voitu sijoittaa rankkilavalle, mutta tämä taas heikentää rankin jatkohyödyntämismahdollisuuksia. Tällä hetkellä prosessin alkupää on myös muutostöiden alla, joten suodattimen sopivuutta ja toimintaa uudessa prosessissa on vaikea vielä arvioida.

5.2 Täryseula

Täryseula olisi yksi vartenotettavista vaihtoehtoista automaattisuodattimen lisäksi. Se on kustannuksiltaan automaattisuodatinta edullisempi ratkaisu, lisäksi se olisi helpommin toteutettavissa kuin automaattisuodatin, koska prosessista jo sellainen löytyy valmiiksi. Täryseula on toimintavarma, helppokäyttöinen ja yksinkertainen dynaaminen seularatkaisu, jolla saadaan eroteltua pieniä partikkeleita nesteestä, tässä tapauksessa hiekkaa nestejakeesta (Kuva 5 s.26) Täryseula on yksinkertaisuutensa takia haluttu ratkaisu ja sillä voidaan erottaa pieniäkin partikkeleita nesteestä riippuen sihdin koosta. Täryseuloja voidaan hyödyntää sekä panos että jatkuvatoimisissa ajoissa. Täryseuloja käytetään tyypillisesti mineraalien, jauheiden ja karkeiden partikkeleiden seulonnassa. Täryseulontaa hyödynnetään myös elintarviketeollisuudessa, kun halutaan lajitella esimerkiksi marjoja koon mukaan. Täryseulat ovat yleensä metallisia pyöreitä tai neliskanttisia laitteita, joiden huoltaminen ja korjaaminen on helppoa ja halpaa. Seulan muoto riippuu seulottavasta materiaalista ja seulan kaltevuuskulmasta. Tasaiset seulat ovat yleensä pyöreitä, jolloin seulottava materiaali ei pääse kasautumaan kulmiin muotoilun ansiosta. Neliskanttisia seuloja käytetään kaltevissa seuloissa ja suuremmissa seulakohteissa kuten esimerkiksi kairovos- ja mineraaliteollisuudessa.



Kuva 5. Yksikerros täryseula (MX – täryseulat Oy)

St1:n prosessissa käytössä oleva täryseula erottaa orgaanisia partikkeleita, kuituja ymv. käymisvierteestä. Tämä olisi ideaali ratkaisu erottaa hiekka nestejakeesta, koska nestejakeen kuiva-ainepitoisuus on tässä alhainen, noin 7 %. Täryseulan sihdin pienentäminen ei olisi järkevä ratkaisu, koska se hidastaisi seulontaa entisestään ja suurentaisi tukkeutumiseriskiä. Yksi ratkaisu olisi lisätä olemassa olevaan täryseulaan ylimääräinen kerros ja sihti, jolloin kyseessä olisi monikerrosseula. Monikerrosseulalla voidaan erottaa jonkin tietyn jakeen fraktiot. Vanhaan täryseulaan tehtävät muutokset olisivat helppoja ja valmistajalta voitaisiin tilata uusi kerros ja sihti, jotka pystyttäisiin asentamaan helposti paikalleen. Täryseulan korjaus ja muutostyöt olisivat helppo tehdä omalla työvoimalla ja oikeiden osien kanssa työ olisi nopeasti suoritettu. Monikerrosseulan ensimmäinen sihti olisi sama vanha, jolla erotellaan suuret orgaaniset partikkelit ja kuidut ja toisella sihdillä vasta hieno hiekka ja muut karkeat partikkelit.

Monikerrosseulan toisen sihdin sihtikoon tulisi olla riittävän pieni, jotta sillä saataisiin eroteltua hienoa hiekkaa nestejakeesta. Käymisvierteen paksuuden takia, hiekka on sitoutuneena massaun, joten hiekanerotus on haastavaa ja vaatii täryseulalta enemmän. Kaksi sihtiä vaikeuttaa seulomista entisestään ja varmasti vaikuttaa seulomisaikaan, vaikka seulontatehokkuus kasvaisi. Kaksi sihtiä vaatii pidemmän seulonta-ajan ja seulan syöttö tulisi varmasti putoamaan vähän. Jos seulalle syötetään liikaa syötettä alkaa se joko tukkeutua tai ohjaa syötettä seulan ylitteen mukana väärään paikkaan. Monikerrosseulan mukana tulevia muutoksia käsittelyajan ja syöttömäärän lisäksi olisi syöttöpaine, jolla voidaan auttaa seulontaa, jos se saadaan säädettyä oikeaksi. Tyypillisiä ongelmia seulan muutostöiden jälkeen olisi ajon hidastuminen, tukokset, ja seulan ylitteen määrän kasvaminen, joita pystytään kuitenkin optimoimaan.

Täryseulan toimintaa voidaan optimoida jollekin tietylle syötteelle, mutta se vaatii laskemista ja käytännön testaamista. Hiekalle tarkoitetun sihdin koon määrittäminen olisi yksi avainkysymyksistä seulan toiminnan kannalta, koska mitä pienempi sihti seulaan tulisi, sitä hitaampaa seulontaa olisi

ja vaikuttaisi syötön määrään ja paineeseen. Myös välikerroksen eli hiekalle tarkoitetun sihdin pinta-alaa voidaan kasvattaa, jolla olisi vaikutusta seulonnan nopeuteen. Yksi tärkeimmistä seulan optimoinnin toimenpiteistä on seulan värähtelynopeuden säätäminen, mikä tehdään säätämällä moottoria. Täryseulan moottori luo värähtelyä seulalle ja samalla liikuttaa seulottavaa jaetta sihdin pinnalla, jolloin partikkelit ajautuvat helpommin sihdin reikiin. Täryseulaa voidaan säätää tietyn jakeen mukaan värinäaallon amplitudilla ja taajuudella, jolloin saavutetaan parempi ja kustannustehokkaampi erotustehokkuus.

Tässä ratkaisussa monikerrosseulan käytön haasteiksi muodostuu sen useat pienet ongelmat, kuten seulonta-ajan piteneminen ja seulan tukkeutumisriski, joka on jo nyt ollut aika-ajoin ongelmana isommalla sihdillä. Monikerrosseulan mukana tulee useampaa seulan ylitettä ja alitetta sekä poistoyhteet, joiden kanssa toimiminen käytännössä olisi varmasti haastavaa. Pienempi sihti menee helposti tukkoon, jos isompi sihti päästää läpi isoja partikkeleita tai sihtien kokoero on liian suuri.

Monikerrosseulan kanssa tulee myös sama ongelma eteen kuin automaattisuodattimen kanssa, johon on vaikeaa löytää ratkaisu. Hiekka ja muut pienet partikkelit ovat pienin fraktio jakeesta, josta ne pitää seuloa eli se itsessään luo suurimman haasteen. Hiekan seulonnassa, seulotaan myös orgaanisia partikkeleita pois, joissa voisi olla käymiskelpoisia sokereita fermentaatiota ajatellen. Seulonta yksikköprosessi on ollut St1:llä prosessimuutosten takia muutostöiden alla ja sen paikkaa prosessissa tullaan muuttamaan, joten hiekan seulominen ei välttämättä ole muutostöiden jälkeen enää järkevää.

Seulan ylitteeksi muodostuva hiekka ja muut kiintopartikkelit ovat jatkokäsittelyjen kannalta ongelma, koska ne voidaan kyllä kerätä helposti talteen erilliseen kippikonttiin, mutta niiden hävittäminen on vaikeaa lainsäädännön näkökulmasta. Prosessista seulottu hiekka on poiste, jota ei voi vain heittää kaatopaikan penkalle tai rankkilavalle. Ympäristölainsäädäntö ja ympäristölupa edellyttävät asianmukaista selvitystä uudesta menettelystä ja hävitystavasta. Hiekka edellyttää uuden ympäristöluvan tekemistä ja sitä ei kannata tehdä, koska lainsäädäntö on tiukentunut, niin uuden luvan kanssa tulee uusia vaatimuksia, jotka vaativat selvityksiä ja toimenpiteitä, mitkä tulevat todennäköisesti kalliiksi.

6 BIORANKIN METAANITUOTTOPOTENTIAALIN MÄÄRITTÄMINEN

Tässä työssä tarkoituksena oli tutkia St1 Biofuelsin Bionolix laitoksen bioetanolin tuotossa syntyvän ns. biorankin metaanituottopotentiaalia ja ehdottaa sille sopivaa jatkokäsittelypaikkaa. Yritys on pohtinut kuivamädätysvaihtoehtoa, mutta rankin metaanipotentiaali on vielä selvittämättä ja siihen halutaan saada tulos. Metaanituottopotentiaalin avulla voidaan arvioida rankin energia-arvoa sekä pohtia muita käsittelyvaihtoehtoja. Jos

biorankin metaanituottopotentialiaali olisi olematon, järkevin jatkokäsittely sille olisi edullinen kompostointi.

6.1 Panoskokeen periaate ja laitteisto

Opinnäytetyön kokeellinen osio suoritettiin Hämeen ammattikorkeakoulun Visamäen ympäristöbiotekniikan laboratoriossa. Kokeen suoritus alkoi 12.10.2016 ja kesti 34 päivää. Ennen varsinaista koetta oli määritetty näytteen kuiva-aine ja orgaanisen aineen pitoisuudet eli TS-% ja VS-%. Kuivaainemäärittysten pohjalta tehtiin panoskoesuunnitelma. Kokeet suoritettiin Bioprocess Control AMPTS (Automatic methane potential test system)-panoskoelaitteella (Kuva 6 s.29). AMPTS laitteella voidaan tutkia eri biologisten materiaalien metaanituottopotentialiaalia ja biohajoavuutta.

Panoskokeessa tutkittava materiaali ja ympäristö eli aktiivinen bakteerimassa laitetaan panoskokeen testipulloon, joka sijoitetaan haluttuun lämpötilaan vesihauteeseen, jossa se viettää koko mädätyksen ajan. Suoritetun kokeen mädätysjakso kesti 34 vuorokautta, joka on noin viikon yli normaalin viipymän tyyppillisessä biojätepohjaisessa märkäprosesseissa

AMPTS-laitteistolla kaasunvirtauksen mittaaminen tapahtuu automaattisesti koko testin ajan, jolloin se on helppokäyttöinen eikä vaadi työn suorittajalta jatkuvaa tarkkailua ja analyysijä. Kaasun tuottoa voidaan mitata biokaasuna tai metaanina riippuen CO₂ poistovaiheen käytöstä. Suoritettuna kokeessa käytettiin natriumhydroksidia (3M NaOH-liuos) poistamaan hiilidioksidia, jolloin mitattu kaasuntuotto on pelkkää biometaanina.

Laitteisto kerää mittaamansa tiedot taulukkoon ajan funktiona, josta kokeen suorittaja voi analysoida tuloksia kuvaajien avulla. Koetta voi seurata jatkuvasti tietokoneelta ja saada reaaliaikaista dataa.

Laite mittaa metaanin tuottoa sähköisesti oman kennostonsa avulla. Mädätyspullojen tuottama kaasu johdetaan CO₂-poistovaiheen kautta kennostoon, joka on täytetty vedellä. Jokaista pulloa kohden on yksi kenno/siipi, jonka nousemisen avulla voidaan mitata kaasun muodostumista. Yksi kennon nouseminen vastaa n. 12–14 ml kaasua ja jokainen kennon nouseminen antaa sähköisen impulssin jonka avulla tietokone laskee kaasun kumulatiivista muodostumista ajan funktiona.

AMPTS-panoskokeella voidaan tutkia erilaisten orgaanisten materiaalien biokaasun tuottoa ja tuottoprofiilia, sekä saada tietoa materiaalien biohajoavaisuusasteesta ja hajoamisnopeudesta. Saatujen tulosten avulla pystytään laskemaan materiaalille sen biokaasun energia-arvo ja arvioida sille sopivaa viipymäaika bioreaktorissa. Panoskokeen tuloksia voidaan hyödyntää biokaasulaitosten suunnittelu- ja mitoitusvaiheessa.

Panoskokeella saadaan tietoa näytteenä toimivan materiaalin metaanin tuotosta sekä tuottoprofiilista, orgaanisen aineksen hajoamisasteesta ja -

nopeudesta. Näiden tulosten avulla voidaan määrittää näytteen energia-arvo ja arvioida materiaalin tarvitsemaa viipymäaikaa biokaasutuksessa. Panoskokeen pohjalta saatuja arvoja voidaan käyttää biokaasulaitosten suunnittelu- ja mitoitusyössä sekä arvioida jätteiden käsittelyvaihtoehtoja.



Kuva 6. Bioprocess Control AMPTS-laitteisto metaanituottoprofiilin määrittämiseksi.

Kokeen suoritukseen tarvittavat laitteet ja tarvikkeet ovat laboratorioden perusvälineistöä lukuun ottamatta itse panoskoelaitteistoa. Kaikki tarvikkeet ja liukset oli puhdistettu ja valmistettu ennen kokeen suoritusta.

Välineet:

- Bioprocess control AMPTS laitteisto
- Natriumhydroksidi (3 M) puhdistuspullot + indikaattori
- Vesihaude 2 kpl
- Näytepullot 0,5 l 21kpl
- Vaaka
- pH mittari
- Laboratorion perusvälineistö
 - sekoitinsauvoja ja lusikoita
 - dekantterilaseja
 - pipettejä ja kärkiä

6.2 Näytteet

Tutkittava näyte oli St1 Biofuelsin Bionolix-laitoksessa bioetanolin tuotannossa syntyvä biorankki. Rankki oli haettu tuotantolaitokselta kaksi päivää ennen varsinaista metaanituottotestiä ja sitä säilytettiin kylmiössä. St1:ltä saatiin myös heidän märkämädätysprosessista reaktorin poistetta ja syötettä. Reaktorin poistetta käytettiin ymppinä. Reaktorin syöte toimi vertailunäytteenä rankille, koska sen kaasuntuottopotentiaali on jo ennestään tiedossa, joten sen avulla voidaan arvioida kokeen onnistumista.

Märkäprosessin ympin lisäksi, työssä testattiin kuivamädätysprosessin ymppiä, joka oli peräisin HSY:n kuivamädätysprosessista. Kuivaymppi haettiin HSY:n Espoon Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen laitokselta viikkoa ennen varsinaista kokeen aloitusta. Kuiva ymppi oli koostumukseltaan paljon paksumpaa ja kiinteämpää kuin märkämädätyksen ymppi ja haisi voimakkaasti jätteelle, toisin kuin St1:n ymppi joka haisi petroliselle.

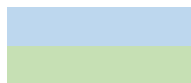
AMPTS-laitteessa on kaksi vesihaudetta, joihin kumpaankin sopii 15 näytettä. Tässä suoritetussa kokeessa oli yhteensä 7 eri näytettä (ympit mukaan lukien) kolmella rinnakkaisnäytteellä eli yhteensä 21 näytettä (taulukko 1.).

Taulukko 1. Näytteiden numerointi panostestissä ja ympin laatu

Näyte	Näyte numero		
St1 Ymppi	1	2	3
Syöte	4	5	6
Rankki	7	8	9
1/3 Rankki	10	11	12
1/4 Rankki	13	14	15
1/5 Rankki	16	17	18
HSY Ymppi	19	20	21

St1 ymppi

HSY ymppi



Näytteet 1–3 olivat pelkkää St1 ymppiä, jonka tuloksen avulla ympin keskimääräinen kaasuntuotto voidaan vähentää muiden näytteiden kaasuntuotosta. Näytteet 4–6 olivat St1:n omaa biokaasureaktorin syötettä ja ymppiä. Näytteet 7–9 ovat St1:n rankkia ja ymppiä. Näytteet 10–12 ovat HSY:n ymppiä ja rankkia 1:3 tuorepainosuhteella. Näytteet 13–15 ovat HSY:n ymppiä ja rankkia 1:4 suhteella. Näytteet 16–18 ovat HSY:n ymppiä ja rankkia 1:5 suhteella. Näytteet 19–21 ovat HSY:n ymppiä, jotta se pystytään vähentämään kyseisistä ymppiä sisältävien rankkinäytteiden kokonaiskaasuntuotosta.

6.3 Työn suoritus

Työn suoritus alkoi 12.10.2016. Kaikki työhön tarvittavat välineet ja laitteet oli kerätty ja tarkastettu edellisenä päivänä. Molemmat ympit, St1:n ja HSY:n oli otettu kahta päivää aikaisemmin näлкиintymään huoneenlämpöön laboratorion pöydälle. Ympin näлкиinnyttäminen on tärkeä asia onnistuvan panoskokeen kannalta, etenkin bakteerit, jotka kerkeävät kuluttamaan ravintonsa lähes loppuun ja aloittavat näytteiden hajottamisen heti kokeen aloituksesta eteenpäin. Myös St1:n reaktorin syöte sekä rankki otettiin heti aamusta lämpenemään ja jaettiin pienempiin osiin.

Ennen kokeen aloitusta tehtiin koesuunnitelma, jonka mukaan näytteet laitetaan pulloihin ympin ja näytteen VS suhteella. Kaikki näytteet oli analysoitu etukäteen (Taulukko 2).

Taulukko 2. Koesuunnitelmassa 1) ja tuloslaskennassa 2) käytetyt TS ja VS pitoisuudet

Näyte	1. TS %	2. TS %	1. VS %	2. VS %
St1 ymppi	2,15	2,27	0,60	0,64
St1 syöte	7,05	7,25	6,43	6,57
Rankki	37,37	38,19	34,73	36,47
HSY ymppi	11,67	12,29	3,97	4,25

Koesuunnitelman (Taulukko 3 s.32) tekoon käytettiin valmista excel-laskentapohjaa, jonka avulla pystyttiin laskemaan ympin VS pitoisuus pullossa, veden määrä sekä näytepulloon punnittavan näytteen määrä. Liian suuri näytemäärä voi aiheuttaa nopean biokaasun muodostumisen, joka aiheuttaa ongelmia kaasun puhdistuksessa. Jos kaasua muodostuu liian nopeasti, aiheuttaa se pesupulloissa olevan natriumhydroksidin neutraloitumista, jolloin kaasun puhdistaminen häiriintyy ja kennosto tulkitsee läpi pääsevän hiilidioksidin metaanina, joka vääristää tuloksia. Jos näytemäärä on liian suuri suhteessa ymppiin, niin ympin aktiivisuus ei välttämättä riitä hajottamaan tutkittavaa näytettä. Myös liian vähäinen näytemäärä pullossa aiheuttaa ongelmia. Pieni näytemäärä puolestaan tuottaa vähän hiilidioksidia ja metaania, jolloin ympin oma kaasuntuotto on näytteen kaasuntuottoa suurempi, jolloin se vaikuttaa sähköiseen tulosten laskentaan.

Näytteiden sisältämän orgaanisen aineen pitoisuutta käytetään myös tulosten laskemiseen, jossa muodostuneen metaanin määrä normalisoidaan grammaa orgaanista ainesta kohden eli $\text{ml}(\text{CH}_4)/\text{gVS}$. Tulosten laskemisessa käytettiin punnittuja näyte, vesi- ja ymppimääriä.

Taulukko 3. Näytepullojen sisältö panoskokeessa

<i>Pullo</i>	<i>Ymppi g</i>	<i>Näyte g</i>	<i>Vesi</i>	<i>pH</i>
1	300,03	-	99,99	7,47
2	300,04	-	99,97	7,49
3	300,04	-	99,97	7,49
4	300,04	45,61	54,41	6,86
5	299,96	45,62	54,39	6,73
6	300	45,59	54,41	6,83
7	300	8,21	91,87	7,29
8	299,96	8,17	91,87	7,39
9	299,96	8,17	91,78	7,38
10	30,61	60,08	-	-
11	29,96	59,93	-	-
12	30,02	59,94	-	-
13	30,13	90,16	-	-
14	31,03	89,95	-	-
15	30,89	89,92	-	-
16	31,31	120,01	-	-
17	30,86	120,05	-	-
18	30,2	119,96	-	-
19	30,55	-	-	-
20	30,51	-	-	-
21	30,44	-	-	-

Näytteet 1-9, joissa käytettiin St1:n ymppiä oli helppo tehdä reseptin ohjeen mukaan. Näytepulloihin 1–3 laitettiin pelkkää St1:n ymppiä 300 g ja ne täytettiin vedellä 0,4 l merkkiin. Näytteisiin 4–6, jotka sisälsivät St1:n ymppiä ja syötettä punnittiin 45,6 g syötettä, 54,4 g vettä ja ne täytettiin 300 ml:lla vettä merkkiin asti, jolloin ympin VS pitoisuus pullossa on myös näytteiden 1–3 tapaan 15 g/l. Näytteet 7–9 sisälsivät 8,2 g rankkia, 91,8 g vettä ja 300 g ymppiä. Myös näytteissä 7–9 ympin VS pitoisuus pullossa oli 15 g/l. Kaikissa näytteissä 1–9 oli ympin VS pitoisuus näytepullossa 15 g/l, koska niissä käytettiin märkämädätykseen tarkoitettua St1:n reaktorin poistetta eli ymppiä.

Ympin VS ja näytteen VS tavoite suhde on 0,5. Näytteet 10–21 eivät sisältäneet vettä ollenkaan, koska ne olivat varsinaiset kuivamädätysnäytteet. Näytteet 10–12 sisälsivät ymppiä ja rankkia tuorepainosuhteella 1:3 eli HSY:n kuivaymppiä 30 g ja 60 g rankkia. Näytteet 12–15 sisälsivät ymppiä ja rankkia suhteella 1:4 eli 30 g ymppiä ja 90 g rankkia. Näytteet 16–19 sisälsivät ymppiä ja rankkia suhteella 1:5 eli 30 g ymppiä ja 120 g rankkia. Näytteissä 10–21 ympin VS määrä oli merkittävästi vähäisempi kuin märkämädätysnäytteissä 4–9. Näytteet 10–21 olivat HSY:n ymppiä ja rankkia sisältäviä näytteitä, joihin ei laitettu ollenkaan vettä kuivamädätystestausen takia.

6.4 Kokeen haasteet

AMPTS-laitteisto soveltuu parhaiten märkäprosessitutkimukseen. Tässä työssä ko. laitteistolla testattiin ensimmäisen kerran hajoamista kuivaolosuhteissa. Panoskoepullo toimii tavallaan pienimuotoisena CSTR eli completely stirred tank reactor ratkaisuna, jossa nestemäinen mädätysmassaa sekoitetaan jatkuvasti, jotta siitä saadaan mahdollisimman homogeeninen.

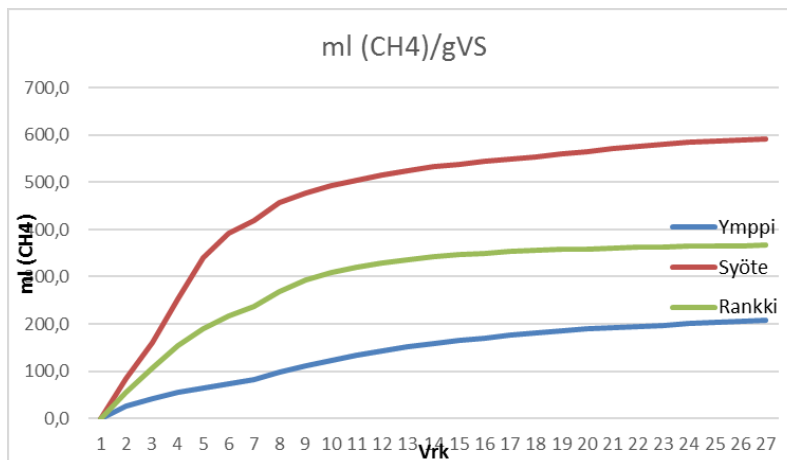
Ongelmakohta suoritettussa kokeessa oli sekoittaminen. Märkämädätyksessä mädätysmassan sekoittaminen on tärkeää, jotta mädätettävä aine sekoittuu tasaisesti koko reaktoriin, jotta saadaan aikaan mahdollisimman homogeeninen seos. Näytepulloissa 1–10 oli sekoittimet pullon kaulassa, jotka sekoittivat mädätysmassaa jatkuvasti. Näytepullojen 10–21 pinnat jäivät alhaisiksi, koska niihin ei lisätty ollenkaan vettä, joten pulloja sekoitettiin käsin satunnaisesti pitkin koko mädätysjakson ajan. Pullojen sekoitus oli hankalaa, koska massa niiden sisällä oli paksua ja erittäin viskooosista. HSY:n omassa prosessissa Ämmäsuolla kuivamädätysmassaa sekoitetaan vertikaalisilla sekoittimilla, jotka liikuttavat mädätysmassaa ja tekevät siitä entistä homogeenisempää. Tällaista prosessia kutsutaan tulppavirtausreaktoriksi. Kuivamädätysmassaa voidaan myös sekoittaa ruuveilla, mutta panoskoepulloissa sekoitus oli käytännössä mahdotonta.

6.5 Kokeen tulokset

Panoskoe onnistui kokonaisvaltaisesti hyvin. Jokaisesta näytteestä saatiin dataa koko kokeen ajan ja jokainen näytepullo saatiin tuottamaan metaania. Panoskokeesta saatu data oli 34 päivän edestä, mutta tulosten laskentataulukkoon mahtui vain tulokset 27 päivän osalta. Osan tuloksista karsiminen ei kuitenkaan osoittautunut ongelmaksi, sillä kaikkien näytepullojen metaanituotto oli laskenut viimeisten päivien aikana lähes mitättömäksi eli karsitut tulokset eivät vaikuttaneet lopputuloksiin. Lyhyt laskentataulukko johtuu siitä, että 21 päivää on tyypillinen viipymä märkämädätysprosessissa ja 27 päivää on ainakin riittävä viipymä hajoamisprosessille. Tulostaulukkoa olisi voinut muokata suuremmaksi, mutta viimeisten päivien tulokset eivät olleet relevantteja tulosten käsittelylle, johtuen niiden vähenemisestä ympin takia.

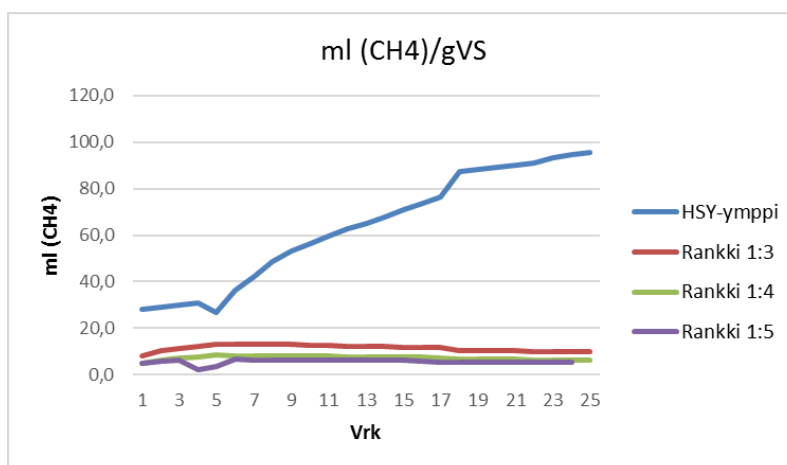
Näytteet joissa käytettiin St1:n ymppeä, tuottivat hyvin metaania ja onnistuivat hyvin testiolosuhteissa. Näytepullot 1–9, joissa oli St1:n ymppeä tuottivat kaikki metaania ja rinnakkaiset 3 näytettä olivat toisiinsa nähden tasaisia tuottojen suhteen. Näytepullot 1–3, pelkkä St1:n ymppeä tuotti 27 päivän aikana keskimäärin 206,8 ml metaania grammaa orgaanista ainesta kohden. St1:n reaktorin syöte, joka oli vertailunäyte rankille näytepulloissa 4–6 tuotti keskimäärin 592 ml(CH₄)/gVS. Pulloissa 7–9 olleet rankkinäytteet tuottivat keskimäärin 366,8 ml(CH₄)/gVS. Rankin tuottama arvo 366,8, joka saatiin märkämädätyksenä on suhteellisen korkea verrattuna vaikka

lehmän lietelantaan, joka tyypillisesti tuottaa 120–300 ml(CH₄)/gVS. Reaktorin syötteeseen verrattuna rankin kaasuntuotto on selkeästi pienempi, mutta metaanipotentialiaa sillä kuitenkin on selvästi (Kuva 7).



Kuva 7. St1:n ympillä mädätettyjen näytteiden metaanituotot

Pullot 10–21, jotka mädätettiin kuivaprosessina, tuottivat metaania odotettua heikommin ja niiden tulokset jäivät hyvin pieniksi. HSY:n ympi- itsessään tuotti 95,4 ml(CH₄)/gVS, joka jätti muut tulokset varjoonsa (Kuva 8). Rankkinäytteiden metaanituotot vaihtelivat rankin ja ympin suhteen mukaan ja suhteen kasvaessa tulokset pienenevät. Pullot 10–12 eli rankki 1:3 tuottivat keskimäärin 9,79 ml(CH₄)/gVS, joka on ihan mitätön tuotto. Pullot 13–15 eli rankki 1:4 tuotti keskimäärin 6,30 ml(CH₄)/gVS, joka on vielä vähemmän kuin edellinen näyte. Vähiten kaasua tuotti pullot 16–18 eli rankki 1:5 joiden keskimääräinen tuotto jäi 5,38 ml(CH₄)/gVS.



Kuva 8. Hsy:n ympillä mädätettyjen näytteiden metaanituotot

Alhaisiin metaanituottoihin on monta selittävää tekijää, kuten kokeen aikana puuttunut sekoitus, näytteiden ja ympin sekoitus ennen panoskoetta, joka suoritettiin sekoitussauvalla. Suurin tekijä huonoon kaasuntuottoon lienee liian korkea suhde näytteen ja ympin orgaanisen aineen välillä. Mädätysresepti suosittelee sopivaksi suhteeksi 0,5–1,0, joka pätee kuitenkin

märkämädätykselle, mutta antaa silti suuntaa miksi panoskoe ei onnistunut toivotusti. Joka tapauksessa kuivamädätyspulloissa oli liian suuri suhde näytteen ja ympin orgaanisen aineen välillä, joka tavallaan tukahdutti ympin toiminnan. Panoskokeen ideana on hajottaa ympin avulla tutkittava orgaanista ainesta ja mitata syntyneen metaanin määrää. HSY:n ymppi ei pystynyt hajottamaan läheskään kaikkea hajoamiskelpoista näytettä sen määrästä johtuen ja onkin syy miksi kaasua muodostui vähän. Näytepulloissa oli liian suuri orgaaninen kuormitus eli OLR, jolloin biologinen hajoitusprosessi ajautuu häiriötilaan eikä tuota lähes yhtään kaasua. Kuivamädätyspulloissa oli liikaa rankkia, jota ymppi ei vaan pystynyt hajottamaan metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Pullojen kaasuntuotto kasvoi rankin määrän vähenemisen mukana, jolloin pullo jossa oli pienin määrä rankkia, tuotti eniten kaasua eli tässä tapauksessa pullo 10–12 eli rankki 1:3. Kaasuntuotto oli kuivamädätysnäytteissä suoraan verrannollinen rankin määrään näytepulloissa, joka vahvistaa teorian siitä, että VS suhde ympin ja näytteen orgaanisen aineen välillä oli väärä.

Saadut tulokset rankille kuivamädätyspanoskokeella eivät ole luotettavia eikä niitä voida esitellä onnistuneina. Ympin ja rankin suhde kuivamädätykseen saatiin HSY:ltä, Ämmässuon laitokselta, josta kuivaymppi oli noudu. Heidän antamansa suhde oli väärää, ja kertoo selkeästi väärän suhteen vaikutukset mädätysprosessiin ja auttaa hakemaan parempaa suhdetta.

HSY:n ympin metaanituotto oli sen verran suuri, että se vaikutti muiden kuivamädätysnäytteiden tuloksiin ja hankaloittaa tulosten esittelyä. Tulosten laskentataulukossa huomioidaan pullokohtaiset metaanituotot, joista sitten vähennetään ns. nolla näytteen eli tässä tapauksessa ympin metaanituotto, jolloin saadaan selville pelkästään materiaalin oma metaanituottopotentiaali. Laskentataulukko vähentää ympin tuoton näytepulloista, vaikka pullojen omat tuotot olisivat pieniä tai niitä ei olisi ollenkaan eli tulokset pienenevät. Kuivamädätyspulloissa ei tapahtunut panoskokeen viimeisinä päivinä mitään, mutta ymppi kuitenkin jatkoi hajoamistaan ja samalla vähensi tuottoaan pulloista saaduista arvoista. Rankkinäytteiden metaanituottohuiput asettuivat kaikilla näytteillä noin viidennen vuorokauden kohdalle, jonka jälkeen tuotot alkoivat laskea ympin vaikutuksesta johtuen.

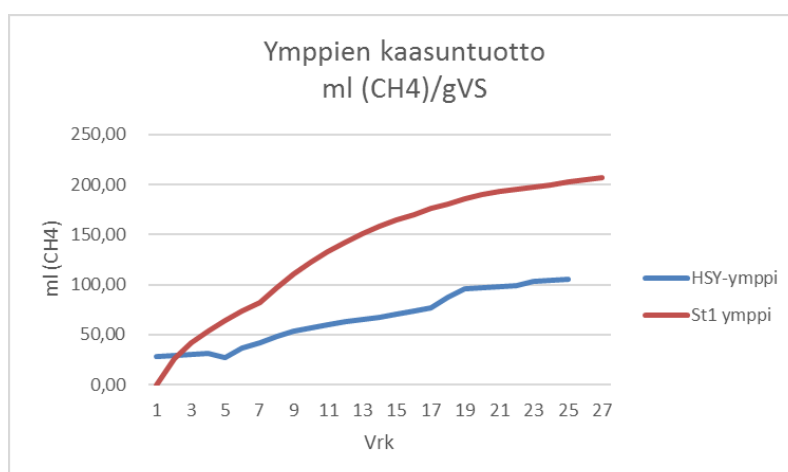
Rankin osalta saatu onnistunut tulos saatiin St1:n omalla ympillä märkämädätyksenä, vaikka sen piti olla pelkkä vertailunäyte. Märkämädätyksestä saatu tulos rankille voidaan esitellä onnistuneena, koska syötenäytteen metaanituotto oli linjassa sen aikaisemmin tutkittujen tuottojen perusteella. Rankista voidaan todeta, että sitä voitaisiin myös mädättää märkäprosessina. Vaikka kokeen tavoitteena oli tutkia rankin metaanituottopotentiaalia kuivamädätyksenä, saatiin silti varmistus, että rankki soveltuu kannattavaksi mädätettäväksi jakeeksi. Arvailun varaan jää kuitenkin se, että kuinka iso ero olisi ollut HSY:n kuivaympin ja St1:n ympin välillä, jos molemmat panoskokeet olisivat onnistuneet toivotusti.

Taulukko 4. Näytteiden kumulatiivinen kaasun tuotto ml (CH₄)/gVS

Näyte	Kaasuntuotto ml	Kaasuntuotto ml (CH ₄)/gVS
<i>St1 ymppi</i>	967,4	206,8
<i>St1 syöte</i>	1738,6	592
<i>St1 rankki</i>	1042,3	366,8
<i>Rankki 1:3</i>	203,8	9,8
<i>Rankki 1:4</i>	197,3	6,3
<i>Rankki 1:5</i>	214,4	5,3
<i>HSY ymppi</i>	223,2	95,4

Rankissa on siis runsaasti metaanituottopotentiaalia ja sitä voidaan mädättää sekä kuiva, että märkäprosessina. Rankkia voidaan hyödyntää märkäprosessissa, jos sitä sekoitetaan nestemäisempään jakeeseen kuten lantaa. Kuivamädätykseen rankki kelpaa suoraan sellaisena kuin se on, mutta sen syöttömäärien tulisi olla maltillisia, ettei reaktorin orgaaninen kuormitus pääse liian korkeaksi ja aja prosessia epätasapainoon.

Kahden ympin välisiä eroja on kokeen perusteella vaikea sanoa, mutta kun, verrataan niiden omia metaanituottoarvoja keskenään, niin voidaan todeta, että St1:n ymppi tuottaa itsessään karkeasti kaksi kertaa enemmän metaania kuin HSY:n ymppi (Taulukko 4) (Kuva 9). Vertaillen ymppien metaanituottomääriä tulee kuitenkin muistaa, että ymppi tuottaa metaania orgaanisesta aineksesta ja ymppien ravinteiden määrä kokeen aloitushetkellä ei ollut täysin sama. St1:n ymppi haettiin kolme päivää ennen koetta laitokselta ja säilytettiin kylmiössä, kun taas HSY:n ymppi haettiin Ämmäsuolta vajaa kaksi viikkoa ennen koetta ja säilytettiin myös kylmiössä. Molemmat ympit otettiin kuitenkin huoneenlämpöön koetta edeltävänä päivänä, jossa ne saivat nälkiintyä.



Kuva 9. Ymppien oma metaanituotto

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Biorankilla on metaanituottopotentiaalia ja sillä on korkea VS-% eli orgaanisen aineen pitoisuus. Rankki on erittäin kuivaa ja se toimii sellaisenaan hyvänä syötteenä kuivamädätysprosessille. Rankkia voidaan sekoittaa nestemäisempiin syötteisiin ja riittävästi sekoitettuna sitä voidaan myös mädättää märkätekniikalla.

St1 muutti rankin jatkokäsittelyä ja opinnäytetyön metaanipotentialiselvitys oli osa päätösprosessia. Ennen rankin mädätyskäsittelyä sitä toimitettiin kompostointiin, joka aiheutti kuluja kuljetusten ja porttimaksun muodossa. Uuden käsittelypaikan muutos vaikutti myös rankin kustannuksille laitoksen näkökulmasta ja kulut muuttuivat parempaan suuntaan.

Rankki sisältää runsaasti muovia ja hiekkaa sekä muita epäorgaanisia fraktioita, jotka tekevät siitä hankalan käsiteltävän. Kun sitä sekoitetaan pienissä määrissä nestemäisempään jakeeseen, saadaan siitä hyvä syöte reaktorille ja haitallisten partikkeleiden vaikutuksia pystytään vähentämään maltillisella syötöllä.

Rankille suoritettu panoskoe toimii suunnannäyttäjänä eikä sen avulla saada ihan täyttä kuvaa rankin mädätysprofiilista. Panoskokeessa olleet rankinäytteet joihin oli käytetty HSY:n ympäristä epäonnistuivat liiallisen näytemäärän takia, mutta St1:n ympäristä mädätetty näytesarja onnistui ja antoi tietoa rankin mädätysominaisuuksista. Rankin kuivamädätystä kannattaisi vielä tutkia uudella panoskokeella, jossa käytettäisiin kuivaympäristä ja lasketaan orgaanisen aineksen määrä pullossa huolellisemmin.

Laitokselle tulevien ja prosessissa syntyvien rejektien vaikutukset prosessiin ovat isoja ja niiden tuomat haitat ovat jatkuvasti esillä. Jätteen mukana tulevien hiekan ja muiden epäorgaanisten partikkeleiden määrää tulee vähentää prosessin toimivuuden vuoksi. Rejektien tuomat ongelmat ovat vuositasolla suuria ja jatkuvia. Niiden tuomia kustannuksia on vaikeaa arvioida kokonaisuutena, koska laiterikoissa ne ovat osasyllinen normaalien kulutusosien kuluman ohella.

Kiintopartikkeleiden erotukseen prosessin kannalta tulisi löytää ratkaisu, jolla saataisiin eroteltua suurin osa kiintopartikkeleista, ennen suurimpia ongelmakohtia, kuten lämmönvaihtimet ja linko. Bionolix laitoksella on ollut opinnäytetyön aikana muutostöitä käynnissä ja prosessi on muuttunut alkupäästä hieman. Opinnäytetyössä esiteltyt laite-ehdotukset ovat silti vieläkin toimiva ja kustannustehokas ratkaisu.

Monikerrostäryseula olisi toimiva ratkaisu erottaa kiintopartikkeleita, joiden koko on < 0,5 mm. Täryseula on uudelleen sijoitettu fermentaation jälkeen, jossa käymisestä tuleva nestejäte seulotaan orgaanisista partikkeleista ja kuidusta. Täryseulaan lisättävä kerros, tulisi alkuperäisen 1,2 mm

sihdin alle, jossa se erottaisi kiintoainesta omaksi jakeekseen erilliseen rejektastiaan. On mahdotonta sanoa seulan seuloman hienomman ylitteen syntyvää määrää, mutta oletettavasti sitä tulisi muutamia kippikontillisia viikossa. Kippikontin vetoisuus on muutama sata litraa. Seulan ylitteen mukana tulisi myös varmasti vähäisiä määriä nestettä ja ylemmän kerroksen sihdin läpäisseitä kuituja tai partikkeleita. Ongelmaksi monikerrosseulalle tulee uuden rejektivirran hallinta ja hävitys, joka vaatii kirjauksen ympäristölupaan ja sen hävittäminen itsessään on kallista, koska se luokiteltaisiin 3. luokan sivutuotteeksi.

Automaattisuodatin olisi monikerrosseulan ohella toimiva erotusmenetelmä, joka erottaisi samat kuidut ja kiintopartikkelit. Automaattisuodatin olisi itsepuhdistuva ja sopiva prosessin nesteiden suodatukseen sekä ajomalliin. Suodatin tulisi vähän kalliimmaksi kuin seula, mutta se voidaan helpommin uudelleen sijoittaa prosessissa ja sen pesut sekä huollot ovat yksinkertaisempia. Automaattisuodatin olisi toimiva ratkaisu täryseulan jälkeen, kun fermentoinnista tuleva nestejake on seulottu karkeammista partikkeleista ja kuiduista. Suodattimen suodatusastetta voidaan säätää vaihtamalla sen sihtiä ja säätämällä sen ajoparametrit uudelleen nestejakeelle sopiviksi.

Suodattimelle muodostuu kuitenkin sama ongelma kuin täryseulalle, nestejakeesta pitäisi erottaa pienin fraktio ja sen jatkokäsittelyt tai hävitys tulee ongelmaksi. Suodatin on myös taloudellisesti kalliimpi rataisuus, koska se maksaa itsessään n. 20 000-30 000 € ja sille joudutaan rakentamaan uudet linjat sekä sen syöttöpaine on nykyistä ajopainetta huomattavasti korkeampi. Suodatin vaatii toimiakseen 150 kPa:n linjapaineen.

Paras ja helpoin ratkaisu rejektien tuomien ongelmien eliminointiin olisi ehkäistä ne jo niiden syntypaikoilla eli jätteenhoitajien tai yksityisten asiakkaiden päässä. Jätteenhoitajien tulisi tehdä muutoksia toimintamalleihinsa, jonka avulla yksityisiä asiakkaita ohjeistettaisiin paremmin biojätteen koostumuksesta sekä jätteen säilytys ja kuljetukset olisivat sopimusten mukaisia. Jäteyhtiöiden tulisi käsitellä biojätteitä vain niille kuuluvilla laitteilla kuten kauhoilla ja lavoilla, jotka ovat käytössä pelkästään biojätteelle. Samoja kauhoja ja lavoja saatetaan käyttää sekajätteelle yms. jotka sisältävät hiekkaa tai muita epäorgaanisia jakeita, jotka päätyvät laitokselle.

Myös jätealan yritysten varastot ja niiden jätteiden säilytystilat ovat suuri kysymysmerkki, koska biojätettä saatetaan säilyttää maassa, hiekalla tai betonilla, jossa on valmiiksi hiekkaa tai säilytetty sekajätettä.

Jäteyhtiöiden kanssa tulisi päästä sopimukseen jätteen käsittelystä, säilönästä ja kuljetuksesta. Kokonaisvaltainen toimintamalli, jolla katetaan koko jäteketju olisi toimiva ratkaisu ja samalla edullisin. Sopimus toiminta-

mallista edellyttäisi kuitenkin neuvotteluja ja aiheuttaisi jäteyrityksille ylimääräisiä kustannuksia ja seurantaa, jota ne tuskin olisivat halukkaita suorittamaan.

Toimintamallin mukana voitaisiin päästä eroon osasta haitallisista partikkeleista ja se varmasti vähentäisi reklamaatioiden määrää laitoksen päässä. Jos jäteyritykset olisivat halukkaita lähtemään mukaan toimintamalisopimukseen, heidän tulisi ohjeistaa ja tiedottaa asiakkaitaan ja seurata tarkemmin keräämänsä biojätteen laatua. Jos laitokselle toimitetaan epäkuranttia tavaraa niin sille pitäisi asettaa sovittu reklamaatiomaksu ja tietyn reklamaatiomäärän täytyttyä tiettyä aikamäärää kohti, voitaisiin sopimusta rikkovalle jätteen toimittajalle asettaa korkeammat reklamaatiomaksut ja sen jälkeen, jos muutosta ei tapahdu, niin asettaa toimittaja karenssiin hetkeksi.

Toimintamallin muutos olisi taloudellisesti helpoin, mutta yhteisymmärrykseen pääseminen olisi varmasti haastavaa, koska se vaatii neuvotteluja ja on myös kustannuskysymys. Myös muiden biojätettä vastaanottavien laitosten porttimaksut ovat St1:n kanssa samaa luokkaa, ilman tiukempia ohjeita, joten toimittajat voivat vaihtaa toimituspaikkaa kokeessaan vaaditut ohjeet vaikeiksi.

Opinnäytetyön tulosten perusteella rankkia voidaan mädättää märkäteknikalla sekoitettuna nestejakeeseen. Kuivamädätysprosessissa kuiva-aineen ja orgaanisen aineen suhteen tulisi olla sopiva ja märkämädätyspansokoe osoittaa sen, että märkämädätysprosessin pitoisuuksissa ei mitään mädätystä häiritseviä tekijöitä syntynyt.

Toimivia laiteratkaisuja kiintopartikkeleiden erotukseen olisivat täryseulan päivittäminen monikerroseulaksi sekä automaattisuodatin, jotka sijoitettaisiin fermentoinnin jälkeisen seulonnan yhteyteen tai jälkeen. Lisätutkimuksina kannattaa suorittaa rankin metaanituottotesti kuivaympillä ja löytää sille sopiva ympäristö rankkisuhde. Myös jätteen toimittajien säilytys/ varastointitilat sekä niihin liittyvät kauhat, lavat yms. olisi hyvä selvittää paikan päällä, ja tutkia niiden ongelmakohtia hiekan ja muiden kiintopartikkeleiden näkökulmasta. Erotetun kiintopartikkelimassan jatkokäsittelyt tulisi selvittää ja miettiä miten niistä pääsee helpoiten eroon sekä miten sen saa sisältymään ympäristölupaan, mikä olisi kustannustehokkain kokonaisratkaisu.

LÄHTEET

BioProcess International™. Kuva 3. Tiedelehti. Haettu 18.10.2016 osoitteesta <http://www.bioprocessintl.com/downstream-processing/filtration/evolving-clarification-strategies-meet-new-challenges/>

Hakkarainen, A. (2011) Kandidaattityö (*Kiintoaineen ja nesteenerotusprosessit lignoselluloosaetanolin tuotannossa*) Haettu 18.10.2016 osoitteesta <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/69702/nbnfi-fe201104291494.pdf?sequence=3>

Heikura, A. (2014) Kandidaattityö Lappeenrannan teknillinen yliopisto. (*Suspension esikäsitteilyn vaikutus kiintoaineen laskeutumisnopeuteen*) Haettu 26.9.2016 soitteesta <https://core.ac.uk/download/pdf/39967550.pdf>

Jantunen, I. Opinnäytetyö (2010) (*Suodatusmenetelmien vaikutus viinin laatuun*) Haettu 18.10.2016 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12651/Suodatusmenetelmien%20vaikutus%20viinin%20laatuun_1.pdf?sequence=2

Laitinen, M. (2014) Kandidaattityö (*Seulonnan erotustehokkuuden määrittäminen – tarkastelussa Reichertin katioseula*) Lappeenranta teknillinen yliopisto. Haettu 3.1.2017 osoitteesta <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/95864/Seulonnan%20erotustehokkuuden%20m%C3%A4ritt%C3%A4minen%20-%20tarkastelussa%20Reichertin%20katioseula.pdf?sequence=2>

Ojanen. P. (n.d.) Kaakkois Suomen ympäristöjulkaisut. (*Sellu- ja paperitehtaiden lietteiden käsittely ja hyötykäyttö sekä niitä rajoittavat tekijät*). Haettu 4.1.2017 osoitteesta <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/113719/AY223%20Sellu-%20ja%20paperitehtaiden%20lietteiden%20k%C3%A4sittely%20ja%20hy%C3%B6tyk%C3%A4ytt%C3%B6%20sek%C3%A4%20niit%C3%A4%20rajoittavat%20tekij%C3%A4t.pdf?sequence=2>

Radman. J. (2014) Opinnäytetyö (*Particle flow visualization in hydrocyclones using the positron emission particle tracking technique*) Haettu 25.9.2016 osoitteesta http://digitool.library.mcgill.ca/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1474987404545~440

Rauhala. L. (2013) Opinnäytetyö (*Nesteen ja kiintoaineen erotusjärjestelmän kehittäminen*) Haettu 15.10.2016 oaoitteesta <https://www.theseus.fi/handle/10024/69375>

Water Plan Finland Oy. (2016) Hydrosykloni laitevalmistaja. Haettu 26.9.2016 osoitteesta <http://waterplan.fi/fi/hydrosykloni/>

Ämmälä, A. Mekaaniset (n.d.) (*yksikköprosessit*) Oulun Yliopisto. (*Kuitu- ja partikkelitekniikan laboratorio*) Haettu 25.9.2016 osoitteesta <http://www.oulu.fi/sites/default/files/content/PYP%20I%202014%20Teema%202.pdf>

Heco Auto-line automaattisuodatin

