

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka/ Automaatio- ja prosessitekniikka

Antti Kõngäs

PAPERITEOLLISUUDEN JÄTELIETTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma

KÖNGÄS, ANTTI

Insinööri

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Helmikuu 2015

Avainsanat

Paperiteollisuuden jäteliitteiden hyödyntäminen

43 sivua + 2 liitesivua

Yliopettaja Merja Mäkelä

Kotkamills Oy

metsäteollisuuden lietteet, kuituliete, bioliete

Kotkamills Oy on metsäteollisuuteen perustuva yritys, jonka tuotteita ovat mm. lami-naattipaperi, sahatavara sekä aikakauslehtipaperi. Yhtiön prosesseissa käytetään runsaasti vettä, jolloin syntyy myös runsaasti jätevettä. Jätevesi puhdistetaan yhtiön omalla jäteveden puhdistamolla, jonka jälkeen puhdistettu vesi ohjataan mereen. Jäteveden puhdistusprosessin sivutuotteena syntyy runsas määrä jäteliettä, joka tällä hetkellä joudutaan kuljettamaan tehdasalueen ulkopuolelle jatkokäsiteltäväksi. Lietettä kuljete-taan jatkokäsiteltäväksi vuosittain noin 30 000 tonnia ja siitä syntyvät kustannukset ovat merkittäviä. Tulevaisuuden tavoitteena olisikin löytää keino, jolla jätelietteet voi-taisiin jatkokäsitellä yhtiön porttien sisäpuolella mahdollisimman ympäristöystävälli-sesti sekä energia- ja kustannustehokkaasti.

Tätä opinnäytetyötä varten tehtiin laajaa selvitys- ja analysointityötä lietteiden hyö-dyntämisestä käymällä keskustelua Kotkamills Oy:n ja laitetoimittajien henkilöstön kanssa. Lisäksi opinnäytetyössä on käytetty metsä- ja energiatekniikka-alan kirjalli-suutta sekä hyödynnetty alan muita julkaisuja lehdissä ja internetissä.

Todennäköisimpänä vaihtoehtona hävittää ja samalla saada hyödynnettyä lietteen si-sältämä energia olisi polttaa se biokattilassa, jolloin lietteestä vapautuvaa energiaa voitaisiin hyödyntää paperitehtaan energian tuotannossa. Osa biolietteestä voitaisiin myös mädättää anaerobireaktorissa. Silloin siitä saataisiin kerättyä biokaasua, jota voi-taisiin myös käyttää tehtaan polttoaineena.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

KÖNGÄS, ANTTI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

February 2015

Keywords

Utilization of Waste Sludge in Paper Industries

43 pages + 2 pages of appendices

Principal Lectore Merja Mäkelä

Kotkamills Oy

The forest industry sludge, fiber sludge, bio sludge

Kotkamills Oy is a forest industry based company which manufactures products included laminated paper, saw timber and magazine paper. The company's processes are using a lot of water which creates plenty of wastewater. The wastewater is purified in company's own wastewater treatment plant which after purification is taken into the sea. In the purification process a generous amount of sewage sludge is generated as a side product which currently has to be transported out of the factory area for further processing. The annually transported sludge amount is around 30 000 tons and the transport costs are significant. The future goal in company's sludge treatment process is to find the way for further processing inside of the factory area. The further sludge processing should work in a way which is most environmental friendly and also cost and energy efficient.

By making of this thesis, were made an extensive research work through the processes, by having conversations whit employees of Kotkamills Ltd. and their equipment suppliers. Through the processing this thesis there, were also utilized some of a forest industry and energy technology based literature, magazine and internet publications.

The most likely way to utilize sludge and win its energy content, would be burning it in a bio boiler plant. While burning sludge in the bio plant, it releases heat energy which can be utilized in a paper mill's own energy production. Some sludge can also be processed in an anaerobic purification process which creates a side product, bio gas, which could be used as a fuel in other processes of the mill.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	KOTKAMILLS OY:N TUOTANTOPROSESSIT	7
	2.1 Sellun valmistus	11
	2.2 Mekaanisen massan valmistus	11
	2.3 Kierrätyskuidun valmistus	11
	2.4 Laminaattipaperin valmistus ja impregnointi	12
	2.5 Aikakauslehtipaperin valmistus	12
	2.6 Sahaustuotanto	13
3	TUOTANNON JÄTELIETTEIDEN MUODOSTUMINEN	14
	3.1 Aktiivilietelaitos	15
	3.2 Anaerobinen jäteveden käsittely	19
	3.3 Primääriliete	22
	3.4 Bioliete	23
	3.5 Muut lietteet	25
4	LIETTEIDEN KÄSITTELY	25
	4.1 Stabilointi	27
	4.2 Kuivaus	27
	4.3 Loppukäsittely	28
5	JÄTELIETTEEN KÄSITTELYN PARANTAMINEN	29
	5.1 Polttaminen	32
	5.2 Arinapoltto	32
	5.3 Kiertoleiju- ja kerrosleijupoltto	34
	5.4 Mädätys	36
	5.5 Tuhka	38
6	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	42

KÄYTETYT LYHENTEET

BOD ₇	Biologinen hapenkulutus (Biological oxygen demand)
COD	Kemiallinen hapenkulutus (Chemical oxygen demand)
p-%	Painoprosentti (kuiva-aineesta)
PK 1	Paperikone 1
PK2	Paperikone 2
IK 3	Impregnointikone 3
IK 4	Impregnointikone 4
t	Tonnia
t/a	Tonnia vuodessa
t/d	Tonnia päivässä
MW	Megawattia (Teho)

LIITTEET

Liite 1. Kotkamills Oy:n tehdasalueen opaskartta

Liite 2. Kotkamills Oy:n tehdasintegraatin sijainti Kotkansaarella

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kotkamills Oy:n Kotkansaaren paperitehtaan (Kuva 1.1) jätevesien puhdistuksen yhteydessä sivutuotteena syntyvien jätelietteiden mahdollisia jatkokäsittelytapoja tehdasalueella. Eri vaihtoehtoja oli aluksi useampia, mutta ne rajattiin sittemmin kahteen todennäköisimpään vaihtoehtoon, polttoon teollisuuskattilassa ja mädättämiseen anaerobireaktorissa.

Kotkansaaren paperitehtaalla jätelietteitä syntyy noin 30 000 tonnia vuodessa. Lietteen kuiva-ainepitoisuus kuivauksen jälkeen on noin 40 % eli suurin osa siitä on vettä. Lietteen kuljettaminen tehtaalta kaatopaikoille, pelloille tai muualle jatkokäyttöön on erittäin kallista, joten on päätetty ryhtyä etsimään keinoa, jolla jätevesistä erotettua lietettä voitaisiin hyödyntää tehtaan omassa energian tuotannossa.

Kotkamills Oy:n henkilöstön kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella päädyttiin jätelietteen jatkokäsittelyn osalta tekemään selvitystyö lietteiden energiahyödyntämisestä tehdasalueella. Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena tarkastella eri lietejakeita ja niiden syntyperää, sekä niiden mahdollista hyödyntämistä polttoaineena energian tuotannossa. Lisäksi opinnäytetyössä paneudutaan lietteille ja muille kosteille polttoaineille soveltuviin polttotekniikkoihin, sekä otetaan kantaa anaerobipuhdistamon mahdolliseen hyödyntämiseen tulevaisuudessa biolietteen käsittelyssä.



Kuva 1.1. Kotkamills Oy:n sijainti kaupungin kupeessa.

Kotkamills Oy:n tavoitteena lietteiden käsittelyn tehostamisessa tehdasalueella on saada laskettua lietteiden kuljetuksesta syntyviä kustannuksia, nostaa energiaomavaraisuutta ja vähentää fossiilisten polttoaineiden kulutusta sekä raskaan liikenteen määrää tehdasalueella. (Kotkamills Oy 2015a.)

Kotkansaaren paperitehdas sijaitsee aivan ydinkeskustassa, jossa lähimpänä tehdasta sijaitsevat asuinrakennukset ovat alle 50 metrin päässä (Liite 2). Tämä luo haasteita ja rajoitteita lietteen käsittelylle siltä osin, että sitä ei voida käsitellä niin, että siitä aiheutuisi hajuhaittoja tai muuta haittaa ympäristölle. Täten lietteen käsittelyssä tehokkuus ja nopeus ovatkin avainasemassa etsittäessä sopivaa lietteen jatkokäsittelymenetelmää.

Otettaessa huomioon yhtiön tavoitteet energian omavaraisuusasteen nostamisesta ja fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisestä varteenotettavimmaksi lietteen hyödyntämismuodoksi nousee lietteen hyödyntäminen energian tuotannossa biopolttoaineena. Kotkamills Oy:n tavoitteena onkin rakennuttaa lähitulevaisuudessa lietteen polttoon soveltuva tehdasbiokattila, jolla voitaisiin edellä mainitut tavoitteet saavuttaa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytäänkin pääosin eri jätelietteiden mahdolliseen soveltuvuuteen biopolttoaineena ja niiden syntyperään. Lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan polttotekniikaltaan erilaisia kosteiden biopolttoaineiden polttoon soveltuvia kattilatyyppejä sekä perehdytään tehdasalueella sijaitsevan anaerobipuhdistamon mahdolliseen hyödyntämiseen biolietteen käsittelyssä ja biokaasun tuotannossa. Näiden lisäksi opinnäytetyössä käsitellään biopolttoaineiden polttamisen sivutuotteena syntyvää tuhkaa, sen loppusijoittamista sekä jatkokäsittelymahdollisuuksia.

2 KOTKAMILLS OY:N TUOTANTOPROSESSIT

Kotkamills Oy on suomalainen kansainvälinen metsäteollisuuteen perustuva yritys, jonka tehtailla työskentelee yhteensä yli 500 ihmistä. Tehtaat sijaitsevat Suomessa ja Malesiassa. Kotkamills Oy:n tuotteita ovat mm. laminaattipaperi, sahatavara sekä aikakauslehtipaperi. Kotkansaaren tehdasintegraatin keskeisimmät prosessialueet ovat paperitehdas, sellutehdas, voimalaitos, impregnointitehdas, saha ja seulomo (Kuva 2.1).

Kotkamills Oy:n tarina alkoi vuonna 1872 kun norjalainen Hans Gutzeit perusti suomen moderneimman höyryvoimalla toimivan sahan Kotkansaarelle. Avajaispäivänä

16.11.1872 ”Norjan sahalla,” kuten sitä kutsuttiin, työskenteli 60 ihmistä, joista suurin osa oli norjalaisia. Yhteensä tehtaan mukana Norjasta Kotkaan saapui noin 250 henkilöä, mikä tarkoitti suurta asukasluvun kasvua silloiselle 800 asukkaana kaupungille. Vuonna 1906 tehtaan omistajat päättivät rakennuttaa sahan yhteyteen sulfaattiselutehtaan hyödyntämään sahalla syntyvää ylijäämäpurua. (The History of Kotkamills Oy.)

1950-luvulla Kotkassa aloitettiin tuottamaan voimapaperia (kraft paper), jotta tehtaan tuottamaa sellua saataisiin hyödynnettyä tehtaan omassa tuotannossa. Sitä ennen kaikki sellutehtaan tuottama sellu oli jouduttu myymään tehtaalta ulos. Markkinatutkimusten osoittaessa voimapaperille suurta kysyntää päätettiin tehtaalla investoida kahteen paperikoneeseen, joista ensimmäinen käynnistettiin v.1953 ja toinen v. 1954. (The History of Kotkamills Oy.)

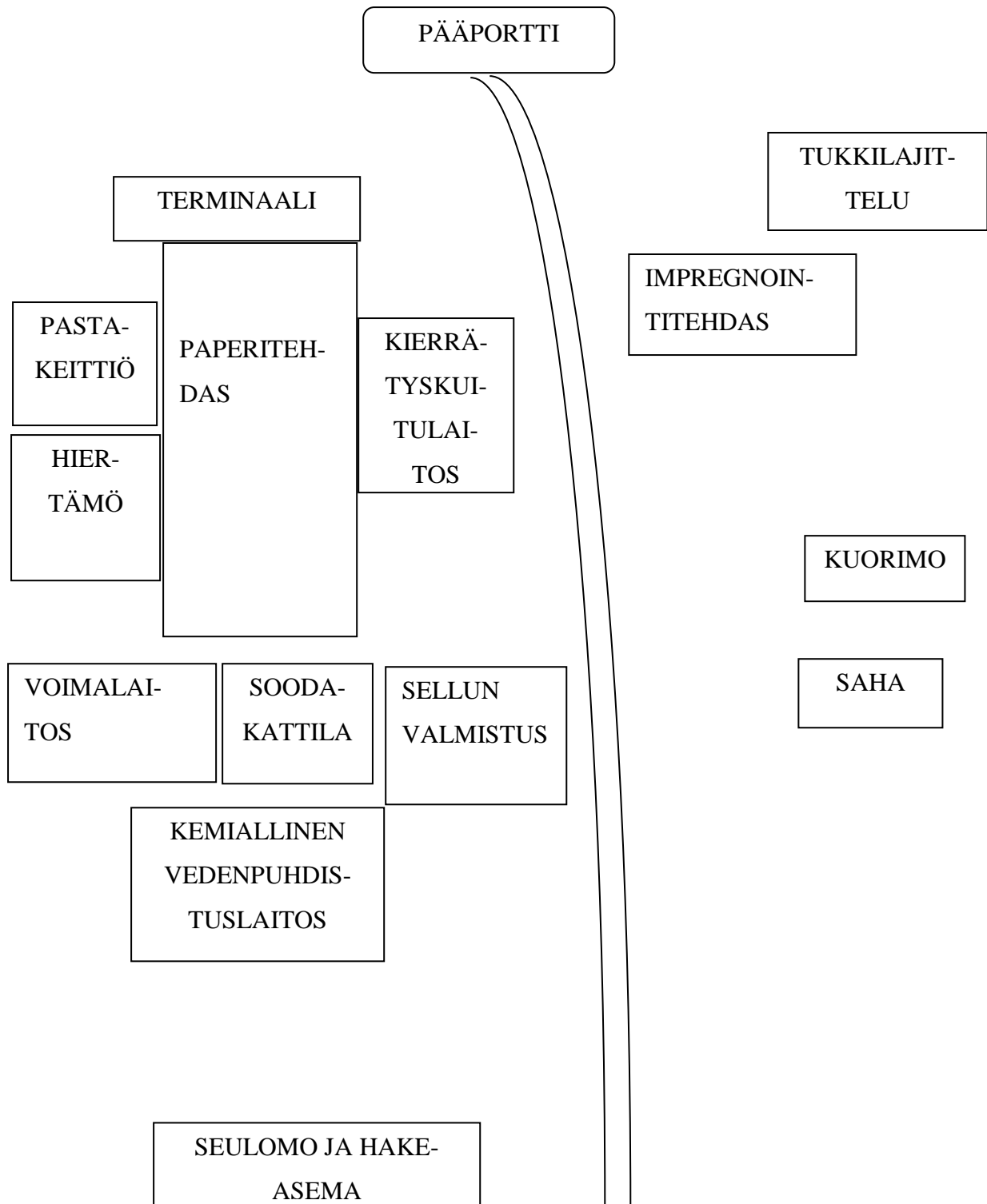
2000-luvun alku oli Kotkan tehtaan kasvuaikaa, jolloin modernisoitiin tehtaan kalustoa ja näin parannettiin tehtaan tehokkuutta ja tuotteiden laatua. Samalla avattiin tehtaan jätevesien käsittelyä parantava aktiivilietelaitos vuonna 2001. Vuonna 2010 Stora Enso Kotkamills koki omistajavaihdoksen, kun sen osti amerikkalainen pääomasijoitusyhtiö OpenGate Capital. Samalla vaihtui yhtiön nimi Kotkamills Oy:ksi. Vuonna 2015 Kotkamills Oy palaa jälleen suomalaiseen omistukseen kun Eagle Industries Oy allekirjoitti kauppakirjan, jolla se ostaa koko Kotkamills Oy:n osakekannan OpenGate capitalsilta. (The History of Kotkamills Oy.)

Hans Gutzeitin Vuonna 1872 perustamasta sahasta on vuosien varrella kasvanut Kotkamills Oy:n Kotkansaaren paperitehdas, jonka merkittävimpiä hetkiä vuosien varrella ovat olleet:

- 1872 Saha, W. Gutzeit & Co
- 1907 Sulfaattiselutehdas
- 1953 Paperitehdas
- 1980 Impregnointilaitos
- 1993 Kombivoimalaitos

- 1998 Stora Enso Oyj omistajaksi
- 2010 OpenGate Capital omistajaksi
- 2011 Kierrätyskuitulaitos
- 2015 MB rahastot omistajaksi.

(The History of Kotkamills Oy.)



Kuva 2.1. Tehdasintegraatin tärkeimmät osat.

2.1 Sellun valmistus

Sellutehtaalla on kaksi jatkuvatoimista keitintä, joissa valmistetaan sahanpurusellua. Sellu eli kemiallinen massa valmistetaan sulfaattimenetelmän avulla, jossa puuaines keitetään emäksisessä keittoliemessä, jonka jälkeen se pestään ja lajitellaan. Valmis massa syötetään paperikone PK 1:lle käytettäväksi laminaattipaperin valmistukseen. Sellutehtaan tuotantokapasiteetti on 180 000 t vuodessa.

Sellunvalmistuksen sivutuotteena syntyy tärpähtiä ja mustalipeää. Tärpähti, jota syntyy sellunkeiton yhteydessä, hyödynnetään kemian teollisuuden raaka-aineena, kun taas massan pesussa erotettava mustalipeä hyödynnetään tehtaan energiantuotannossa käyttämällä sitä polttoaineena soodakattilalla. (Kotkamills Oy 2015b, 15.)

2.2 Mekaanisen massan valmistus

Mekaanista massaa valmistetaan kuusihakkeesta hiertämöllä, jossa hake ensiksi pestään ja sen jälkeen höyrytetään kuumaksi. Kuumuuden ja paineen avulla hake jauheetaan kuiduksi, jonka jälkeen se lajitellaan ja valkaistaan peroksidilla ja ditioniitilla. Mekaanisesti jauhetusta massasta eli kuumahierteestä käytetään yleisesti lyhennettä TMP, joka on lyhenne sen englanninkielisestä nimestä thermomechanical pulp. Mekaanisen massan eli kuumahierteen tuotantokapasiteetti on 110 000 t vuodessa. (Kotkamills Oy 2015b, 16.)

2.3 Kierrätyskuidun valmistus

Kierrätyskuitulaitoksen eli RCF-laitoksen tuotantokapasiteetti on 55 000 t vuodessa. RCF-laitoksen raaka-aineena toimii pahvijäte, joka hankitaan valmiiksi lajiteltuna pahvinkeräysorganisaatiolta. Pahvijäte on puristettu raaka-aine paaleiksi, jotka kuljettetaan trukeilla varastosta pulpperointiin, jossa paalit hajotetaan kuiduksi. Kuituuntunut massa puhdistetaan karkealajittimessa, josta hyväksytty osuus johdetaan varastotorniin eli massatorniin. Varastotornista massa pumpataan varastosäiliöön ja sieltä edelleen hienolajitteluun. Hienolajittelun jälkeen tuotettu massa ajetaan ruuvinielästä läpi, jonka jälkeen se sekoitetaan paperikoneen (PK1) kiertoveteen. (Kotkamills Oy 2015b, 16.)

2.4 Laminaattipaperin valmistus ja impregnointi

Paperikoneelle PK 1 syötetään sellutehtaalta tulevaa massaa, jonka sekaan on lisätty tarvittavat lisäaineet sekä kierrätyskuitu. Massa syötetään paperikoneen perälaatikkoon niin kutsutussa märässä päässä, jossa se laimennetaan vedellä alle yhden prosentin kuitupitoisuuden seoksesta. Laimennuksen jälkeen seos levitetään tasaiseksi matoksi paperikoneen viiraosalle, jonka jälkeen seos kulkeutuu viiran päällä useiden eritelaryhmien välistä. Telaryhmien tarkoituksena on poistaa vettä viiran päälle syötettyä massaseoksesta, jolloin massan lujuusominaisuudet paranevat ja siitä muodostuu laminaattipaperia. Paperin paksuutta voidaan säätää välipuristimen ja kalanterin avulla. Niin kutsutussa kuivassa päässä paperi rullataan konerulliksi, jonka jälkeen rullat ohjataan pituusleikkurille, jossa ne pilkotaan pienemmiksi asiakas rulliksi ja pakataan. Kotkamillsin tuottaman laminaattipaperin tuotenimenä on Absorbex. (Kotkamills Oy 2015b, 16.)

Osa laminaattipaperirullista päättyy jatkojalostettavaksi tehtaan impregnointi laitokselle, jossa niistä valmistetaan Imprex-tuotteita kahden impregnointikoneiden IK 3 ja IK 4) avulla. Impregnointiprosessissa paperiin imeytetään fenoliformaldehydihartsia, jonka jälkeen paperi kuljetetaan leijukuivaimen läpi, jossa se kuivuu puhallettavan lämpimän ilman avulla. Kuivauksessa hartsista haihtuu aineita, jotka ohjataan poltettavaksi jälkipolttimessa, jossa apupolttoaineena toimii maakaasu. Kuivattu tuote, joka sisältää 30 - 70 % paperia ja loput hartsia, rullataan tai leikataan arkeiksi, jonka jälkeen ne pakataan ja siirretään varastoon odottamaan kuljetusta asiakkaalle. Imprex-tuotteita käytetään puulevyjen pinnoituksessa ja korkeapainelaminaatin runkopaperina. (Kotkamills Oy. 2015, 16., Kotkamills Oy 2015a.)

2.5 Aikakauslehtipaperin valmistus

Paperikone 2 (PK 2) valmistaa SolarisPress-nimellä tunnettua aikakauslehtipaperia. Raaka-aineena aikakauslehtipaperin valmistuksessa käytetään oman tehtaan kuumahierrettä, ostettua mänty- ja koivusellua sekä päällystysaineita. Valmistuksessa kuumahierre ja jauhettu ostosellu sekoitetaan, massaseos lajitellaan ja siihen lisätään täyteainetalkki, vaahdonestoaine, väri sekä retentioaine, joka on paperikoneen ajettavuutta ja paperin laatua parantava kemiallinen yhdiste. Seos syötetään paperikoneen perälaatikkoon, jossa se laimennetaan vedellä, jonka jälkeen seos levitetään tasaiseksi matoksi paperikoneen viiraosalle. Viiraosalta massaseos johdetaan edelleen telapuristi-

mille ja haihdutusosalle, jossa se kuivataan jolloin massasta tulee paperia. Paperin luettavuuden parantamiseksi sen molemmat puolet päällystetään päällystypastalla. Valmis konerulla siirretään pituusleikkurille, leikataan asiakasrulliksi ja pakataan lähetettäväksi asiakkaille. (Kotkamills Oy 2015b, 16- 17.)

Pasta on pigmentti-sideaineseos, jonka avulla vähennetään paperin valon heijastuvuutta, joka tekee paperille painetun tekstin lukemisesta mielekkäämpää. Pastaa valmistetaan pastakeittiöllä, jossa sen valmistukseen käytetään kemikaalien lisäksi kemiallisesti puhdistettua vettä, jota valmistetaan tehtaalla kemiallisella vedenpuhdistuslaitoksella. Lisäksi kemiallisella vedenpuhdistamolla tuotetaan kaikki PK 2:n tarvitsemat prosessivedet. (Kotkamills Oy 2015b, 16- 17.)

2.6 Sahaustuotanto

Saha tuottaa hiottua ja höylättyä puutavaraa noin 230 000 m³/a rakennusteollisuudelle sekä puuseppätyöskentelyä varten, lisäksi samassa yhteydessä syntyy sellun valmistukseen tarvittavaa haketta ja purua. Raaka-aineenaan saha käyttää kuusi- ja mänty-tukkeja, joita vuositasolla kuluu noin 430 000 m³. Tukit tuodaan tehtaalle maanteitse ja ne myös varastoidaan maalla tehdasalueella. Kotkansaaren tehtaalla opaskartassa (Liite 1) on merkitty lilalla saapuvien tukkien vastaanotto- ja varastointi alue. Sahalla on käytössä oma kuivakuorimo, jossa tukit kuoritaan. Tuontihakkeen ja purun lisäksi tehdas käyttää oman sahan tuottamaa purua ja haketta (Kuva 2.2) sellun valmistuksessa. (Mäkelä 2014.)



Kuva 2.2. Hakevarasto.

3 TUOTANNON JÄTELIETTEIDEN MUODOSTUMINEN

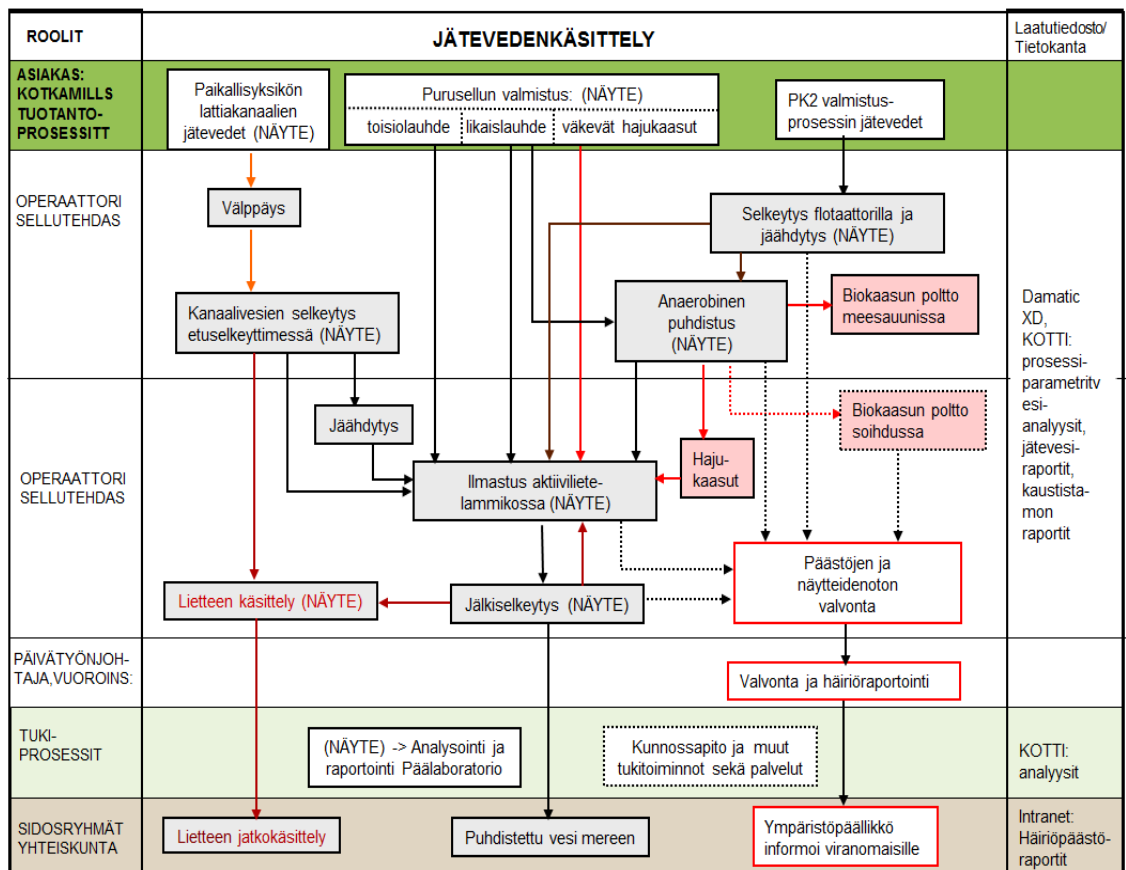
Jätelietteet ovat tehtaan prosesseista kiertoveden joukkoon liuenneita hiukkasia ja kuitumassaa. Laboratoriomäärysten mukaan nämä liuenneet kiintoaineet pyritään poistamaan jäteveden puhdistusprosesseilla, jotteivat hiukkaset ja massa päätyisi takaisin kiertoon tai mereen. Taulukossa yksi (Taulukko 1) on kuvattu tehtaan päivittäisen jäteveden käsittelyn määrää vuonna 2014. (Kotkamills Oy 2015b, 26.)

Jätevedenkäsittelyprosessi koostuu aktiivilietelaitoksen prosesseista ja anaerobisesta jätevedenkäsittelystä sekä biokaasun ja hajukaasujen käsittelystä. Prosessi alkaa, kun lauhteet, prosessivedet ja hajukaasut saapuvat jätevedenkäsittelylaitokselle ja päättyy, kun puhdistettu jätevesi on meressä ja liete toimitettu poltettavaksi tai lannoitekäyttöön. Alla olevassa lohkokaaviokuvassa (Kuva 3.1) on esitelty jäteveden käsittely Kotkansaaren paperitehtaalla. (Kotkamills Oy 2015b, 26.)

Taulukko 1: Kotkamills Oy:n käsitellyn jäteveden päivittäinen määrä ja jätevesipäästöt vuoden 2014 keskiarvona.

Jätevesienmäärä	Kiintoaine	BOD ₇	COD	Fosfori	Typpi
29 000 m ³ /d	1500 kg/d	700 kg/d	5700 kg/d	15,7 kg/d	131 kg/d

(Kotkamills Oy. 2015b, 20.)



Kuva 3.1. Jätevedenkäsittely.

3.1 Aktiivilietelaitos

Kuitupitoiset kanaalivedet selkeytetään etuselkeyttimessä (selkeytin 2). Jäähdytyksen jälkeen annostellaan ravinteet ja vesi johdetaan (kuvan 3.2) ilmastusaltaaseen. Ilmastuksesta vesi johdetaan jälkiselkeytykseen (selkeytin 1). Jos etuselkeytin on ohitettava, kuitupitoinen jätevesi ohjautuu suoraan mereen. Haihduttamon toisiolauhde ja anaerobireaktorista tuleva vesi ohjataan myös ilmastusaltaaseen. (Kotkamills Oy 2015c, 3.)

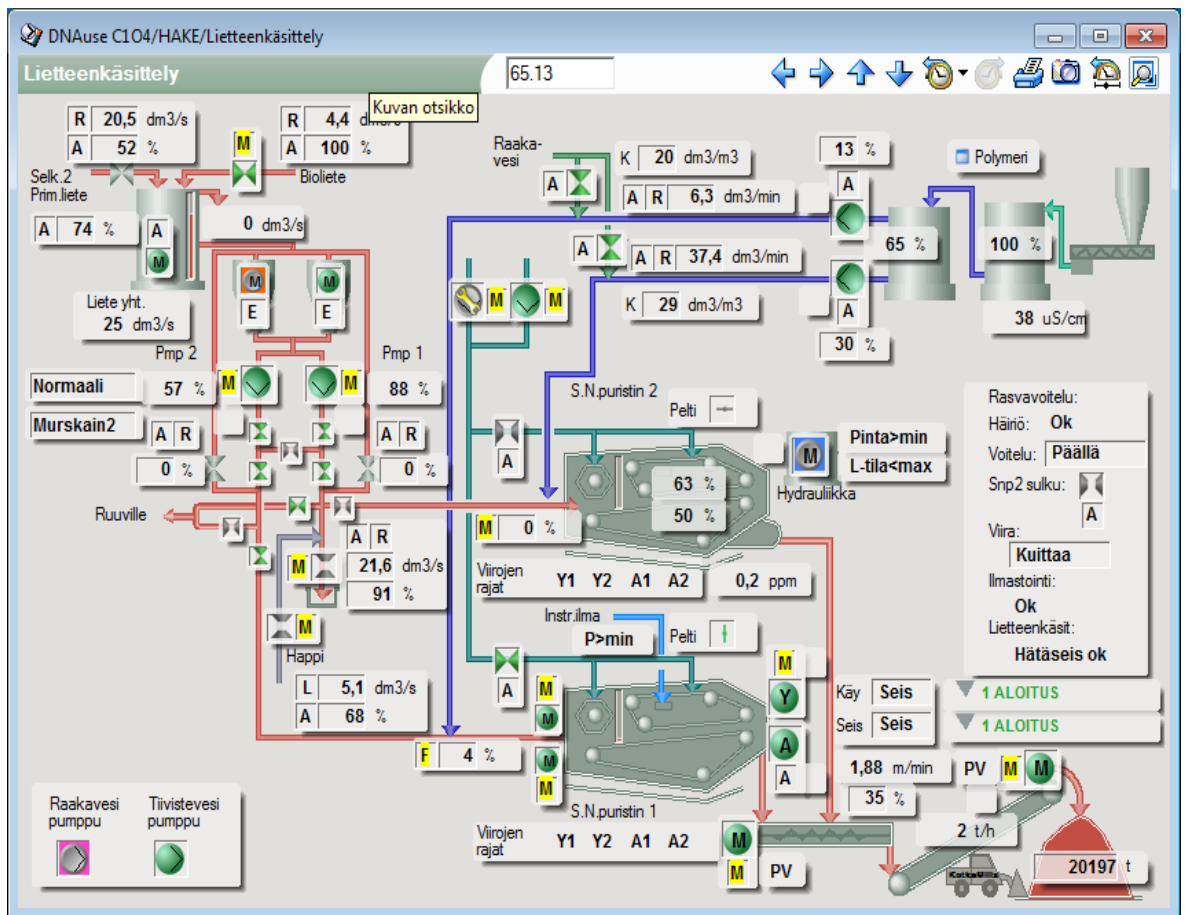


Kuva 3.2. Ilmastusallas.

Jälkiselkeyttimestä palautetaan lietettä ilmastusaltaaseen ja ylijäämäosuus ajetaan yhdessä etuselkeyttimen (Kuva 3.3) primäärilietteen kanssa suotonauhapuristimille tai lieteruuville (Kuva 3.4). Tämän jälkeen liete toimitetaan poltettavaksi. Aktiivilietettä poistetaan kierrosta laboratoriomääräysten ja primäärilietteen kuitupitoisuuden perusteella. Puristimien ollessa pois käytöstä lietettä voidaan varastoida selkeyttiin ja ilmastusaltaaseen sekä tarpeen vaatiessa pumpata mereen. (Kotkamills Oy 2015c, 3.)

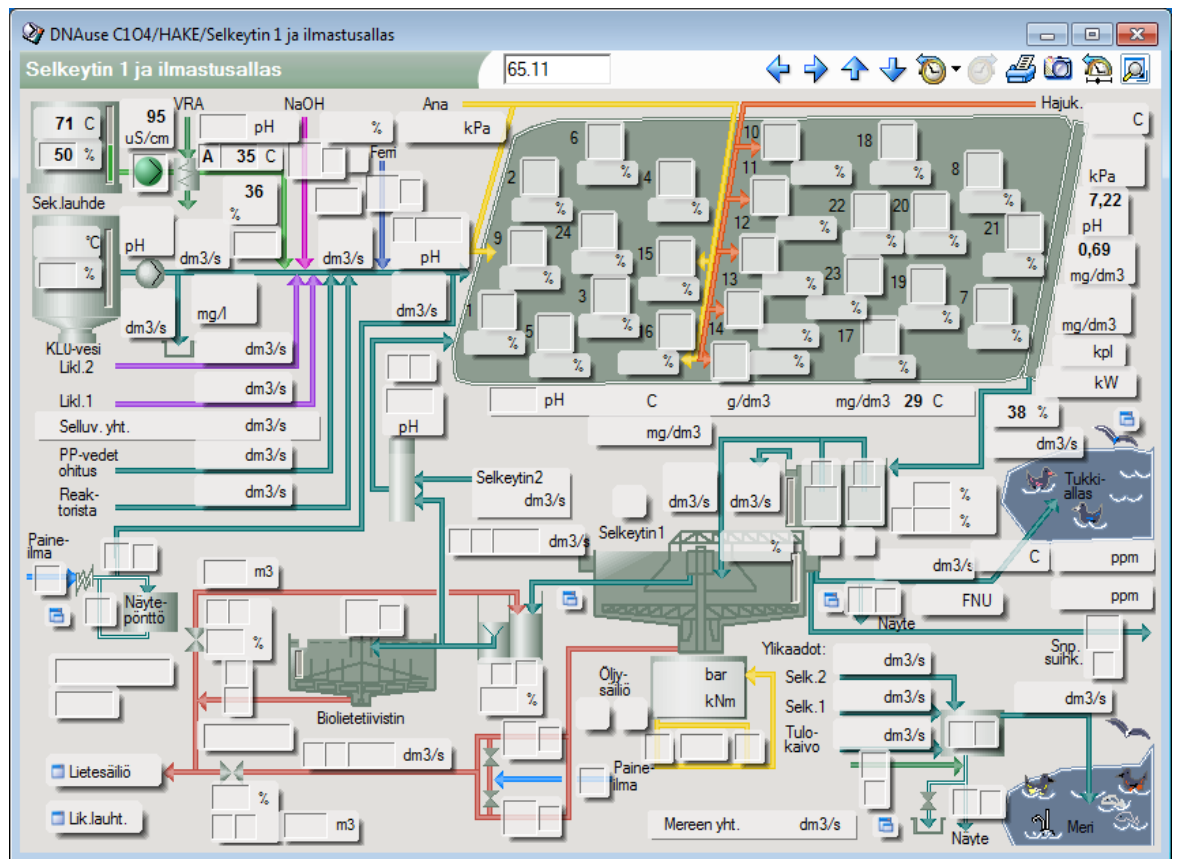


Kuva 3.3. Etuselkeytin kuvattuna sen päältä.

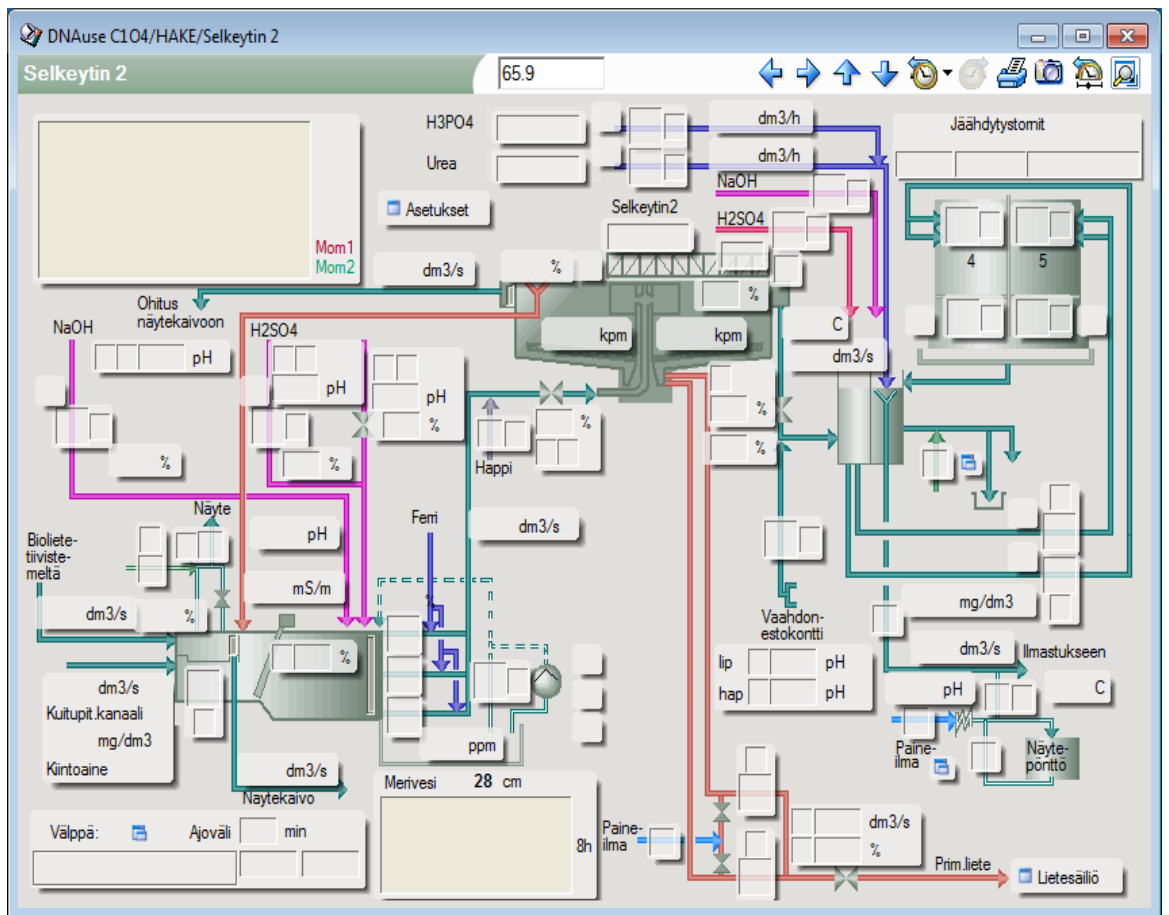


Kuva 3.4. Lietteenkäsittely.

Ilmastusaltaan happipitoisuutta ja pH-arvoa tarkkaillaan jatkuvatoimisin mittauksin. Jos ilmastusaltaaseen syötetyn hapen määrä ei riitä, ohjataan etuselkeyttimen kirkastetta suoraan mereen altaan toiminnan turvaamiseksi. Ajokaavionäyttökuvista (Kuva 3.5 ja 3.6) operaattori voi tarkastella ilmastusaltaan, selkeyttimien ja biolietetiivistimen toimintaa sekä puuttua prosessin toimintaan. Pääasiallisesti prosessia ajetaan automatiikalla, mutta operaattori voi tilanteen vaatiessa myös itse vaikuttaa manuaalisesti esimerkiksi pumppujen kierrosnopeuteen tai venttiileiden asentoon. (Kotkamills Oy 2015c, 3.)



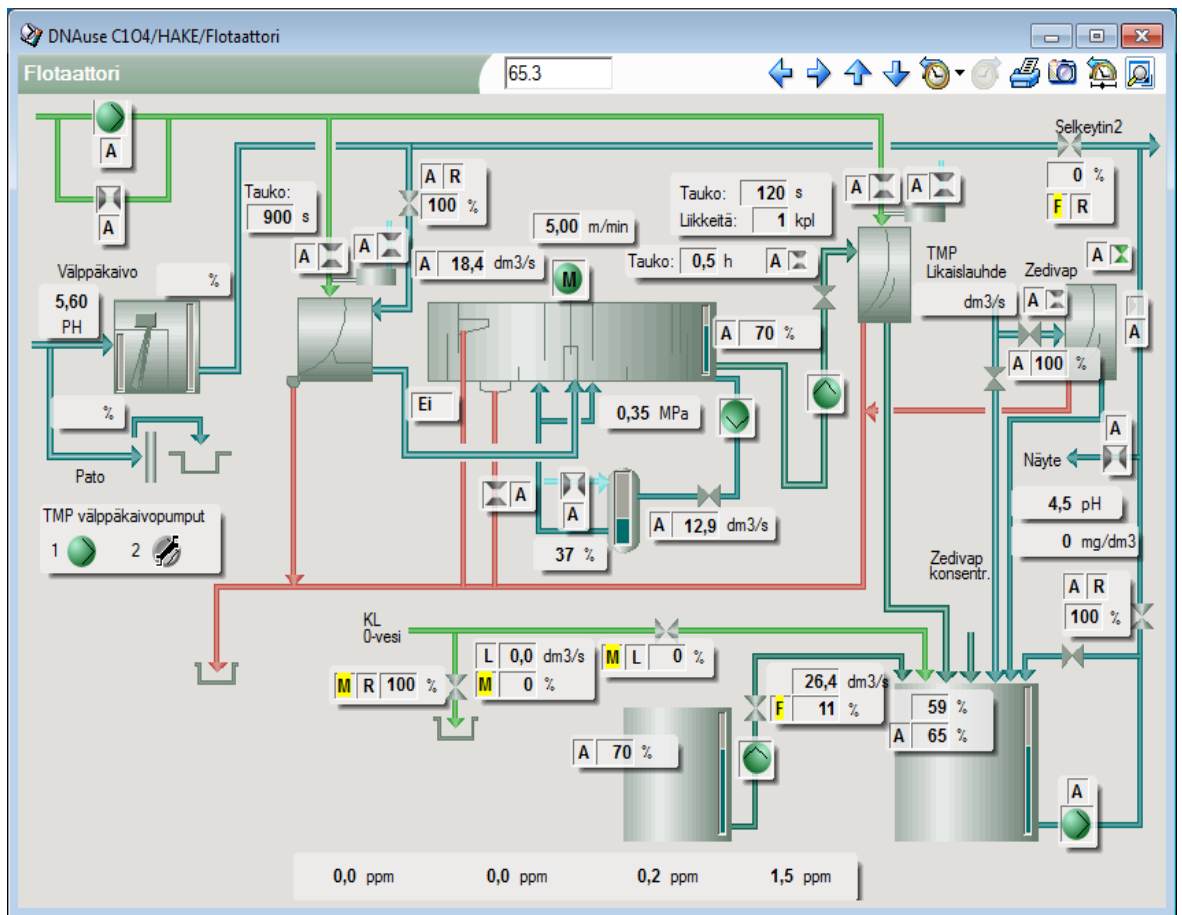
Kuva 3.5. Jälkiselkeytin ja ilmastusallas.



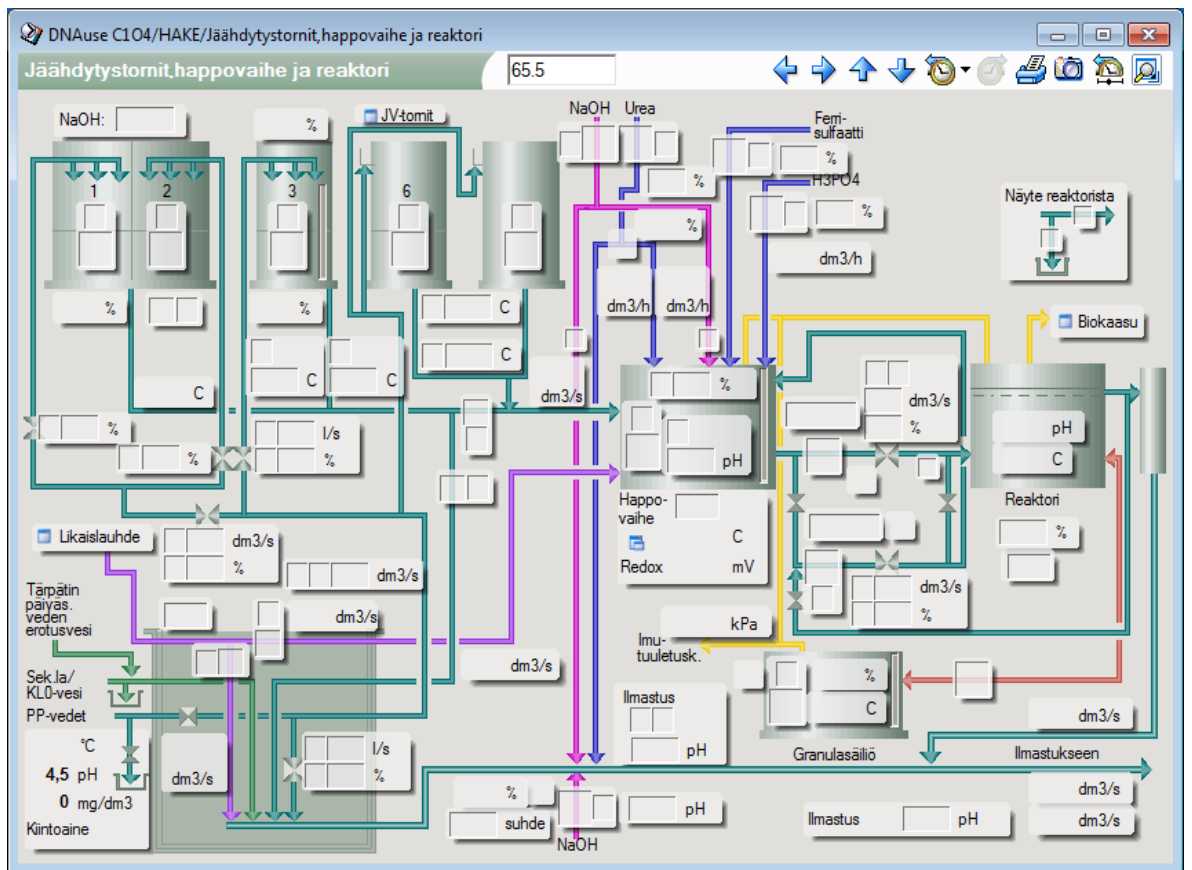
Kuva 3.6. Etuselkeyttimen ajokaavionäyttö.

3.2 Anaerobinen jäteveden käsittely

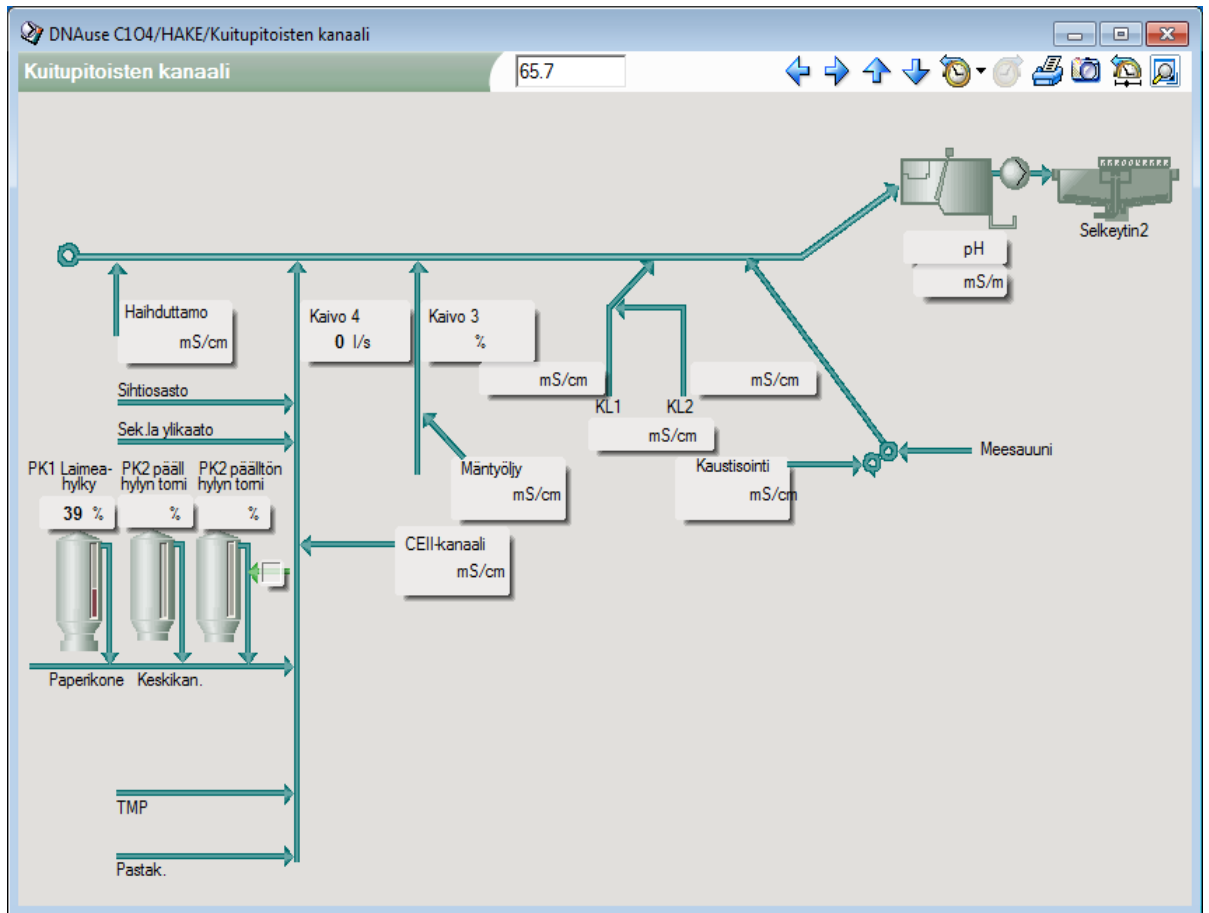
Paperikone 2 (PK2) tuotantolinjan vesi selkeytetään flotaattorilla (Kuva 3.7). Kirkaste johdetaan jäähdytyksen kautta happovaiheeseen ja edelleen anaerobisesti käsiteltäväksi reaktoriin (Kuva 3.8). Jos anaerobilaitokseen ei voi ajaa vettä, vesi ohjataan ilmastusaltaaseen. Likaislauhteet käsitellään anaerobilaitoksella tai ilmastusaltaassa. Mikäli lauhdetta ei voi käsitellä reaktorissa eikä ilmastusaltaassa, se ohjautuu kuitupitoisten vesien kanaaliin (Kuva 3.9). Anaerobipuhdistamoon johdettavien vesijakeiden laatu- ja määrämurtookset on välittömästi huomioitava. Erityisen haitallisia ovat voimakkaat pH-murtookset, limamurkyt, valkaisukemikaalien murtookset sekä suuret kiintoainepitoisuudet. Koska anaerobipuhdistamo ei ole nykyään enää käytössä, ohjataan kaikki vesi ilmastusaltaaseen. (Kotkamills Oy 2015c, 3.)



Kuva 3.7. Flotaattori.



Kuva 3.8. Jäähdytystornit, happovaihe ja reaktori.



Kuva 3.9. Kuitupitoisten kanaali.

3.3 Primääriliete

Primääriliete eli kuituliete on pääosin prosessista karkaavaa tai poistettavaa kuitumasaa, joka ohjataan jätevesikanaaleihin ja sieltä edelleen jätevesienkäsittelyyn. Suurin osa jäteveden seassa olevista partikkeleista saadaan poistettua jäteveden seasta laskeuttamalla esiselkeytysaltaassa jätevesikäsittelyn ensimmäisessä vaiheessa, jolloin ne poistuvat prosessista. (Toikka 1999, 10.)

Sellu- ja paperitehtaiden primääriliete sisältää kuitujen lisäksi myös hieman meesaa sekä mahdollisesti tuotannosta riippuen täyteaineita ja päällystyspigmenttiä. Kuitulietelle on ominaista runsas puupitoisten aineiden määrä sekä alhainen ravinnepitoisuus. Lietteen tuhkapitoisuus vaihtelee tuotantoprosessin mukaan: sellutehtaan lietteessä tuhkaa kuiva-aineesta on 5 - 20 p-% (painoprosenttia kuiva-aineesta) ja hienopaperitehtaiden lietteessä 50 - 60 p-%. Primäärilietettä muodostuu paperi- ja kartonkitehtaila noin 1,5 - 2 p-% sekä sellutehtailla ja integraateissa noin 2 p-% tuotannon kuivaainemäärästä. Uusilla integroimattomilla tehtailla päästään alle 1 %:n.

Syntyvän primäärilietteen määrä vaihtelee tuotteen mukaan seuraavasti:

- mekaaninen massa 15 - 20 kg/t tuotetta
- sulfaattisellu 20 - 25 kg/t tuotetta
- puolikemiallinen massa 25 - 30 kg/t tuotetta
- paperin ja kartongin tuotanto 5 - 10 kg/t tuotetta.

Lietepuristimen toimintaa parantamalla voidaan vaikuttaa poistettavan jätteen määrään alentavasti. Lietteen kuiva-ainepitoisuus ennen vedenerotusta on noin 0,5 - 3 % ja vedenerotuksen jälkeen se nousee noin 35 - 40 %. Primääriliete on pääosin prosessista jäteveden sekaan päässyttä puukuitua, joten sen kuivaamisen ja polttamisen pitäisi onnistua melko helposti, jos kuivaamiseen tarvittavat tilat ja polttokattila ovat valmiina. Primäärilietteen jatkokäsittely on aina sitä helpompaa ja halvempaa mitä korkeampi sen kuiva-ainepitoisuus on. Tämän vuoksi jatkokäsittelyn kannalta olisi edullisinta pitää erityyppiset jätejakeet erillään toisistaan. (Toikka 1999, 10.)

3.4 Bioliete

Bioliete on peräisin jälkiselkeytysaltaalta (Kuva 3.10), jossa gravitaation avulla jätevedestä on laskeutettu liete. Liette koostuu mikrobimassasta, johon absorboituu puun uuteaineita, ligniiniyhdisteitä sekä klooriorgaanisia yhdisteitä. Biolietettä syntyy paperitehtaalla vuodenajasta ja prosessista riippuen seuraavasti:

- valkaistua sulfaattimassaa valmistettaessa 10 - 18 kg/t massaa
- mekaanista massaa valmistettaessa 8 - 15 kg/t massaa
- paperia valmistettaessa 1 - 5 kg/t massaa.



Kuva 3.10. Jälkiselkeytin ja jäähdytystornit.

Biolietteen kuiva-ainepitoisuus ennen lietteen käsittelyä on noin 0,5 - 1,5 % ja käsittelyn jälkeen päästään noin 20 - 40 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Sellutehtaan biolietteen tuhkapitoisuus on tavallisesti 15 - 20 % kuiva-aineesta. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) on esitelty biolietteen sekä kuitu- eli primäärilietteen tyypilliset koostumukset. (Forsell-Tattari 2009, 11 – 12.)

Taulukko 2: Selluteollisuuden lietteiden tyypilliset koostumukset:

Selluteollisuuden lietteiden tyypilliset koostumukset		
	Bioliete	Primääriliete
Tuhka, % kuiva-aineesta	15 - 20	5 - 60
Kuidut, % kuiva-aineesta	0	40 - 65
Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kgka)	15,5 - 18,5	12 - 19
Hiili (%)	45 - 47	25 - 45
Vety (%)	5,4 - 6,5	3 - 5,5
Happi (%)	25 - 35	15 - 35
Typpi (%)	1,5 - 4,7	1,2 - 4,5
Rikki (%)	1,2 - 3,8	< 0,5
Natrium (%)	0,4 - 1,6	0
Fosfori (%)	0,3 - 0,8	< 0,1
Kloori (%)	0,1 - 0,7	0,2 - 0,5
Kalium (%)	0,1 - 0,3	0

3.5 Muut lietteet

Kuitu- ja biolietteen lisäksi sellu- ja paperitehtaalla syntyy myös muita lietteitä, kuten kemiallista lietettä, pastalietettä, kuorilietettä, siistauslietettä sekä viherlipeää eli soodasakkaa. Kemiallista lietettä muodostuu, kun jätevedtä saostetaan jäteveden puhdistamalla kemikaaleilla, jolloin jäteveden seassa oleva sakka saadaan eroteltua jätevedestä. Pastalietettä puolestaan syntyy paperitehtailla, jotka tuottavat päällystettyä paperia tai kartonkia. Pastaliete koostuu pääosin pigmenttiaineista kaoliinista, kalsiumkarbonaatista sekä sidosaineena käytetystä lateksista. (Toikka 1999, 9.)

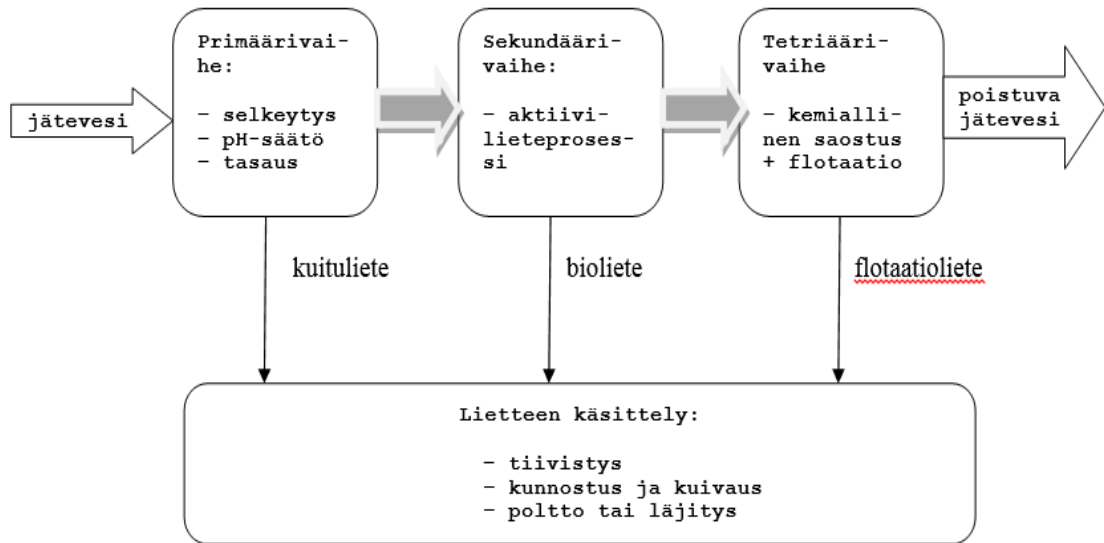
Kuorilietettä syntyy, kun sahalle menevää tai massanvalmistukseen menevää puuta kuoritaan. Kuorilietteen määrä riippuu kuorittavasta puulajista, kuorimotyypistä ja puun varastointitavasta. Nykyaikaisissa kuivakuorimoissa ei puun kuorimiseen tarvita vettä käytännössä ollenkaan, paitsi talviaikana, jolloin kuorittavan tukin sulattamiseen joudutaan käyttämään, joko vettä tai höyryä. (Toikka 1999, 9.)

Siistausprosessissa syntyvää siistauslietettä syntyy, kun jätepaperista tai pahvista poistetaan sen sisältämät painoväri- ja kuitupartikkelit sekä täyteaineet, jolloin jäljelle jää uusiokuitu. Soodasakkaa eli viherlipeää syntyy puolestaan sellutehtaalla kemiallisen sellun valmistusprosessin yhteydessä. (Forsell- Tattari 2009, 10.)

4 LIETTEIDEN KÄSITTELY

Metsäteollisuuden prosesseissa kuluu runsaasti vettä ja sen jätevedet puhdistetaan tehokkaasti, jolloin myös syntyy paljon lietettä. Vuosina 2004 - 2009 kemiallisen metsäteollisuuden tuottama lietemäärä oli noin 350 000 - 600 000 t/a kuiva-aineksi lasketuna. Viimevuosina kolme neljäsosaa metsäteollisuuden jätevesilietteistä on poltettu, vaikka prosessiteknisestä ja energiataloudellisesta näkökulmasta katsottuna ne sopivat kosteutensa puolesta huonosti polttoaineeksi. Lietettä on poltettu pääasiassa muiden polttoaineiden seassa joko soodakattilassa tai kiinteidenaineiden polttokattilassa. Osaa lietteistä on myös hyödynnetty maan rakennuksessa, lannoitekäytössä sekä sitä on kompostoitu. Yli 95 % lietteistä päätty jossain muodossa jatko jalostettavaksi ja enää alle 5 % lietteistä päätty suoraan kaatopaikoille. Jätevesilietejakeita on tyypillisesti kahdesta kolmeen (kuva 4.1) esiselkeytyksessä syntyvää primäärilietettä eli kuitulietettä, biologisessa käsittelyssä syntyvää sekundäärilietettä eli biolietettä ja mahdolli-

nessa jälkisaostuksessa syntyvää tetriäärilietettä. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 33 - 34.)



Kuva 4.1. Yleinen jäteveden- ja lietteen käsittelyjärjestelmä.

Jäteveden puhdistusprosessissa syntyvillä jätelietteillä kuitulietteellä, biolietteellä ja flotaatilietteellä on kullakin erilaiset ominaisuudet, jotka vaikuttavat lietteen loppukäsittelyyn. Kuituliete on biologisesti melko stabiilia ja hyvin kuivattavaa, joten se saadaan melko helposti käsiteltyä poltettavaksi. Biologiseen käsittelyyn kuituliete ei kuitenkaan suoraan sovellu, sillä suuret kuidut hajoavat hitaasti prosessissa. Biokäsittelyä varten kuitulietteen kuidut pitäisi pilkkoa esikäsittelemällä liete esimerkiksi hapolla tai entsyymeillä. Bioliete on biokemiallisesti aktiivista ja saattaa stabiloimattomana aiheuttaa hajuhaittoja. Biolietteen kuivaaminen riittävään kuiva-ainepitoisuuteen mekaanisesti on myös erittäin hankalaa, eikä tästä syystä sen poltto sellaisenaan ole energiataloudellisesti kannattavaa. Flotaatiliete on taas rakenteeltaan niin ilmavaa, että sen siirtely pumpulla on vaikeaa, eikä sitä silloin kannata sekoittaa muiden lietteiden sekaan. Lisäksi flotaatilietteeseen lisätty saostus kemikaali saattaa sisältää runsaasti alumiinia, jonka ansiosta se soveltuu huonosti polttoon. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 34.)

Lietteiden käsittelyn ensimmäinen vaihe tähtää aina veden poistoon. Veden poisto pienentää lietteen tilavuutta ja sen mahdollisesta kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia. Lisäksi jätelietteen veden poisto nostaa lietteen lämpöarvoa poltossa. Bioliete ohjataan jälkiselkeytysaltaalta mekaaniseen tiivistykseen, missä bioliete sakeutuu, mutta

säilyy edelleen juoksevassa muodossa. Tämän jälkeen sakeutettu bioliete yleensä sekoitetaan kuitulietteen kanssa ja kuivataan koneellisesti. Kuivausta tehostetaan kunnostamalla lietettä, joka tarkoittaa useimmiten lietteen kuumentamista tai veden erotusta parantavien kemikaalien, kuten polyelektrolyyttien lisäämistä lietteen sekaan. Ennen kunnostusta ja kuivausta lietteet voidaan vielä stabiloida biologisesti, joka käytännössä tarkoittaa helposti biohajoavan aineksen hajottamista. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 34.)

4.1 Stabilointi

Biologinen stabilointi on joko aerobista lahottamista tai anaerobista mädättämistä. Aerobinen lahottaminen puunjalostusteollisuudessa tapahtuu ilmastamalla lietettä aktiivilieteprosessin aikana, jolloin liete viipyy ja kiertää pitkään ilmastusaltaassa. Anaerobisen stabilointi eli mädätys on yleinen lietteen stabilointimenetelmä. Mädätyksessä saadaan vähennettyä lietteenhajuhaittoja sekä parannettua lietteen käsiteltävyyttä ja hygieniaa. Lietteen käsittelystä aiheutuvat päästöt ilmaan ovat myös helpommin hallittavissa mädätysprosessissa kuin aerobisessa lahotusprosessissa. Lisäksi lietteestä saadaan kerättyä talteen mädätyksen sivutuotteena syntyvää biokaasua, jota voidaan käyttää biopolttoaineena jossain muussa prosessissa. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 34.)

Anaerobtekniikkaa on Suomessa käytetty lähinnä puunjalostusteollisuudessa paperi- ja kartonkiteollisuuden jätevesijakeiden käsittelyyn, mutta se on yleistymässä öljyn jatkuvan hinnannousun ja biopolttoaineiden tuotannon ja käytön tukemisen myötä. Mädätysprosesseja on kahta eri tyyppiä ja ne on lajiteltu lämpötilan mukaan. Mesofiilissä prosessissa mädätys tapahtuu noin 35 °C lämpötilassa ja termofiilissä prosessissa mädätys tapahtuu noin 55 °C lämpötilassa. Termofiilinen prosessi on nopeampi ja tuottaa todennäköisesti enemmän biokaasua, mutta se ei ole yhtä stabiili kuin mesofiilinen prosessi. Mädätysprosessia voidaan nopeuttaa ja saantia parantaa hajottamalla lietteen orgaanisia rakenteita joko entsyymeillä, ultraäänellä tai ultraääni- ja emäskäsittely yhdistelmällä. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 34 - 35.)

4.2 Kuivaus

Lietteen stabiloinnista riippumatta on liete kuivattava ”lapioitavaan” muotoon loppukäsittelyä tai -sijoitusta varten. Tavallisimmin metsäteollisuudessa liete kuivataan me-

kaanisesti käyttäen joko ruuvipuristimia (Kuva 4.2) tai linkoja, jolloin kuitulietteen osalta päästään yleensä reilun 30 prosentin kuiva-ainepitoisuuteen. Paperitehtailla voidaan päästä hieman korkeampiinkin kuiva-ainepitoisuuksiin, jos liete sisältää runsaasti epäorgaanisia pigmenttejä ja täyteaineita. Biolietteen kuiva-ainepitoisuus jää kuitenkin sitä vastoin yleensä aina alle 20 prosenttiin. Yhdistettäessä kuitu ja bioliete päästään mekaanisella kuivauksella kuiva-ainepitoisuuksiin 30 - 40 %. Pyrittäessä yhä suurimpiin kuiva-ainepitoisuuksiin lietteissä on lietteen mekaanista kuivausta tehostettava termisillä kuivaimilla, jotka haihduttavat vettä lietteestä lämmön avulla. Termisellä kuivauksella voidaan saavuttaa jopa kuiva-ainepitoisuus 90 %, mutta se myös kuluttaa paljon energiaa. Suuren energian kulutuksen vuoksi terminen kuivaus ei ole Suomessa yleistynyt, mutta Keski-Euroopassa se on yleisesti käytössä. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 35)



Kuva 4.2. Ruuvipuristin.

4.3 Loppukäsittely

Yleensä kuivattu kuitu- ja sekaliete poltetaan tehtaalla kiinteänpolttoaineen kattilassa muiden polttoaineiden seassa. Lisäksi sellutehtaalla osa biolietteestä voidaan ohjata haihduttamon kautta soodakattilaan poltettavaksi mustalipeän seassa. Lietteen polttaminen erillisessä polttolaitoksessa tulkitaan jätteen poltoksi, jolloin sitä koskisi jätteenpolton valtionneuvoston asetus (362/2003) ja sen velvoitteet. Tästä syystä erillisten lietteen polttolaitosten rakentamiseen ei yleensä löydy kiinnostusta. Liete voidaan hävittää myös termisesti hapettomissa olosuhteissa, jolloin kyse on pyrolyysistä, tai

vaihtoehtoisesti niukkahappisissa olosuhteissa, jolloin puhutaan kaasutuksesta. Pyrolyysiprosessissa syntyvät tärkeimmät lopputuotteet ovat vesi, hiilimonoksidi, hiili sekä erilaiset hiilivedyt. Kuumennusolosuhteista riippuen menetelmällä voidaan tuottaa biopolttoaineiksi soveltuvia tuotteita kuten öljyä, hiiltä tai kaasua. Lietettä voidaan myös kompostoida, mutta sen kompostointi Suomen metsäteollisuudessa on vielä melko vähäistä. Lietteen kompostointi vaatisi suuret tilat, runsaasti täyteaineita ja työtä, joka kasvattaisi kustannuksia. Jos tehtaan lähialueella on asutusta, saattavat kompostikasat aiheuttaa ympäristöön hajuhaittoja, vaikka kompostoitava liete olisikin stabiiloina. Kuivattua lietettä voidaan myös mädättää tosin, kuivamädätystä käytetään yleensä vain kiinteälle biojätteelle. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 3) on esitelty kolmen eri lietejakeen mahdollisia käyttömuotoja. (Moring, Laukkanen & Dahl 2013, 35 - 36.)

Taulukko 3: Käsittely- ja hyötykäyttövaihtoehtojen soveltuvuus eri lietejakeille

	Puru- ja kuituliete	Bioliete	Flotaatiliete
Mädätys	Mahdollinen	Soveltuu	Mahdollinen
Kompostointi	Soveltuu	Soveltuu	Soveltuu
Maanrakennus	Mahdollinen	Mahdollinen	Mahdollinen
Lannoitekäyttö	Soveltuu	Soveltuu	Soveltuu
Poltto	Soveltuu	Mahdollinen	Ei sovellu

5 JÄTELIETTEEN KÄSITTELYN PARANTAMINEN

Metsäteollisuudessa on lietteiden energiakäyttö ollut pitkään tärkeä lietteenkäsittelyvaihtoehto. Tällä hetkellä yli 70 % metsäteollisuuden puhdistamolietteistä käytetään hyödyksi energiana. Siistaus- ja kuitulietteiden osalta osuus on pienempi. Metsäteollisuudessa läjitys kaatopaikoille on vähentynyt sekä imago- että kustannussyistä, kun myös metsäteollisuuden kaatopaikkojen tulee täyttää EU:n kaatopaikkadirektiivin vaatimukset kaatopaikkojen pohjarakenteiden osalta (Helynen 2002, 110).

Kotkansaaren paperitehtaalla syntyy jäteliettä noin 30 000 t/a. Liete on niin kutsuttua sekalietettä, joka koostuu primääri- eli kuitulietteestä ja sekundääri- eli biolietteestä. Lietteet pumpataan lietesäiliöön, jossa ne sekoitetaan keskenään, jonka jälkeen sekaliete siirretään pumppujen ja putkistojen avulla lietepuristamolle, (Kuva 5.1) jossa

sekaliitteestä puristetaan ruuvipuristimella ylimääräinen vesi pois, jolloin liete saavuttaa kuiva-ainearvon 40 %. Jos ruuvipuristin ei jostain syystä ole käytettävissä, ohjataan liete suotonauhapuristimille (Kuva 5.2). Suotonauhapuristimet toimivat lietteen kuivauksessa lähinnä varalla, sillä niillä ei saada lietettä kuivattua aivan yhtä korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen kuin ruuvipuristimella. (Wahlberg 2015.)



Kuva 5.1. Lietepuristamo.



Kuva 5.2. Suotonauhapuristin.

Jätevesilietettä kerätään, käsitellään ja kuivataan, jotteivat ne päätyisi jäteveden mukana mereen ja aiheuttaisi siellä ravinnepitoisuuden nousua ja rehevöitymistä, mikä olisi ympäristölle haitallista. Kuivattua sekalietettä voidaan lisäksi hyödyntää monella eri tavalla, joista yksi on energiantuotannossa polttamalla. (Wahlberg 2015.)

Jätelietteiden polttaminen on suomalaisessa metsäteollisuudessa yleinen tapa hävittää ja samalla hyödyntää tehtaiden jätevesien puhdistusprosessissa syntyviä lietteitä. Lietteet kuivataan ensin kiinteään muotoon, (kuva 5.3) joko ruuvi- tai suotonauhapuristimella, jolloin saavutetaan lietteen kuiva-ainepitoisuus 35 - 40 %. Tällaista lietettä voidaan käyttää polttoaineena sekapolttokattiloissa muiden biopolttokattiloitten, kuten turpeen, hakkeen tai kuorimojätteen seassa. Pelkällä ruuvi- tai suotonauhapuristimella kuivatun lietteen polttaminen ei kuitenkaan tuo lisäarvoa polttoaineena energiantuotannossa, sillä se sisältää edelleen runsaasti vettä, n. 60 - 65 %. Veden haihduttamiseen kuluu kuitenkin energiaa. Kun lietteen poltosta syntyneestä energiamäärästä vähennetään polttamiseen tarvittu energiamäärä, on tulos kutakuinkin plus miinus nolla energian tuotannon suhteen. Lietteen kuiva-ainepitoisuuden nostamiseksi on kehitetty useita eri kuivausmenetelmiä, kuten kuivaus infrapunavalolla, tehtaan prosessin ylijäämähöyryllä tai savukaasulla. Jatkokuivausmenetelmien ongelmaksi nousee kuitenkin usein niiden toteuttamiseksi vaadittavien investointien suuruus ja tilanpuute, eivätkä ne Suomen sääolosuhteissa ole tehtaan energiatehokkuuden kannalta kovinkaan hyödyllisiä vaihtoehtoja. Suurin osa Suomessa toimivista metsäteollisuuden yrityksistä käyttääkin lietteen poltossa, jotain bioperäistä tukipolttoainetta, kuten puun kuorta tai turvetta helpottamaan palamisprosessia. (Wahlberg 2015.)



Kuva 5.3. Ruuvipuristimella kuivattua sekalietettä.

5.1 Polttaminen

Polttoaineiden tehtävä on saada polttoaine palamaan, jotta polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia vapautuu lämmöksi. Polttoaineen ja palamisilman on reagoitava keskenään mahdollisimman tehokkaasti siten, että polttoaineen palaessa kattilassa olisi mahdollisimman vähän ylimääräistä ilmaa. Tätä varten on kehitetty erityyppisiä polttotekniikoita erilaisille polttoaineille. Biopolttoaineita käyttävissä voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa on käytetty usein arina- tai leijukerrospolttoja, jotka soveltuvat hyvin biopolttoaineiden polttoon. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 35.)

5.1.1 Arinapoltto

Arinapoltoissa polttoaine voidaan tarvittaessa murskata polttoon soveltuvaan muotoon, jonka jälkeen polttoaine levitetään joko kiinteälle tai liikkuvalla arinalle, jossa palaminen tapahtuu. Arina on jaettu eri vyöhykkeisiin, joissa polttoaineen kuivuminen, lämmitys, kaasuuntuminen ja kiinteän polttoaineen palaminen tapahtuvat. Kiinteät arinat, kuten taso-, viisto- ja porrassarina, sopivat pienitehoisiin kattiloihin, kun taas teholtaan isokokoisemmissa kattiloissa käytetään yleensä mekaanista eli liikkuvaa arinaa sekä automaattista polttoaineensyöttöä ja tuhkan poistoa. Arinapoltoissa on tärkeää, että syötettävä polttoaine levittyy tasaisesti arinalle eikä pääse kasautumaan keoksi, jolloin palaminen on epätasaista ja epätasainen palaminen lisää päästöjä sekä katti-

lan kuonaantumista. Nämä ongelmat ovat tavallisia etenkin silloin kun arina on kiinteä. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 35 – 36.)

BioGrates-arinapolttotekniikka on Wärtsilän kehittämä nykyaikainen arinapolttotekniikka (Kuva 5.4). Siinä arina jakautuu saman keskeisiin kehiin, joista joka toinen pyörii ja joka toinen on paikallaan. Polttoaine syötetään arinan keskelle sen alapuolelta syöttöruuvien avulla, jolloin pyörivien kehien ansiosta polttoaine saadaan jakautumaan tasaisesti koko arinan pinta-alalle. Pyörivistä kehiä joka toinen pyörii myötä- ja joka toinen vastapäivään. Arinan ympärillä oleva muurattu tulipesä on jäähdyttämätön, mikä varmistaa sen, että myös kosteilla polttoaineilla syntyy hyvään palamiseen vaadittava palamislämpötila. Kuivia polttoaineita käytettäessä voidaan tulipesään kierättää kylmiä savukaasuja, jotta palamislämpötila ei nousisi liian korkeaksi. Tällaisen arinapolttotekniikan ansiosta voidaan kattilassa polttaa ympäristöystävällisesti eri polttoaineita, joiden laatu ja etenkin kosteus vaihtelee ilman, että typenoksidien tai hään muodostuminen kasvaa. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 35 – 36.)

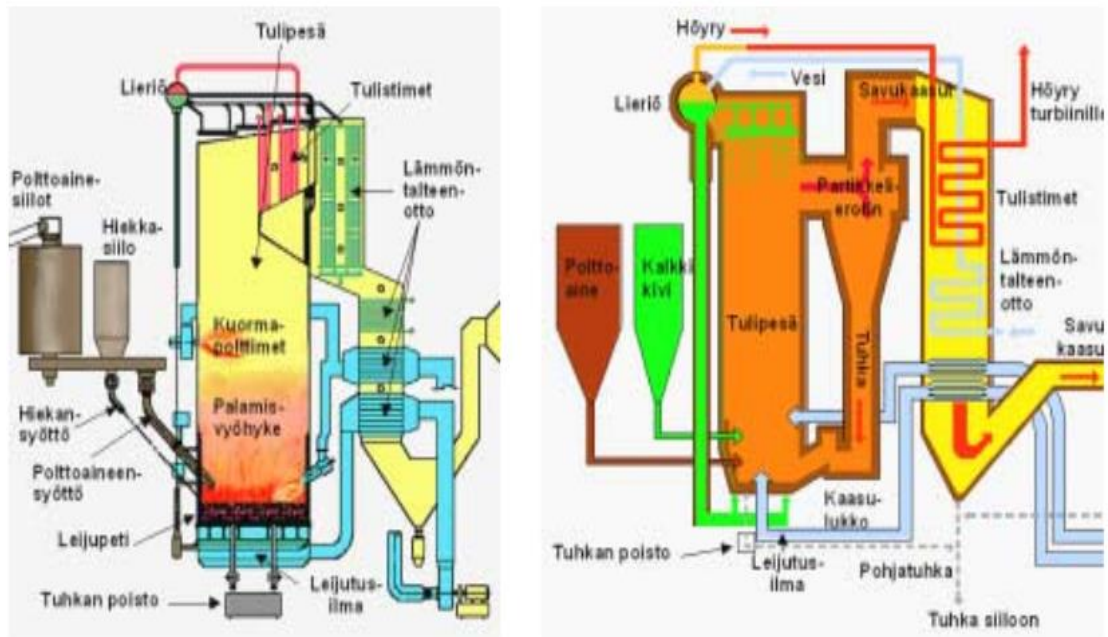


Kuva 5.4. Arinapoltin BioGrate-polttotekniikka.

Arinapoltto on alun perin kehitetty kivihiilen polttoa varten, mutta sitä on alettu myöhemmin soveltamaan myös biomassan poltossa. Arinatekniikkaa käyttävät biokattilat ovat yleensä teholtaan kokoluokkaa 2 - 30 MW, mutta ne ovat pikkuhiljaa alkaneet menettämään jalansijaansa kerrosleijupolttotekniikan yleistyessä teholuokassa yli 10 MW:n kattiloissa. (Energiateollisuus 2012, 15 - 17.)

5.1.2 Kiertoleiju- ja kerrosleijupolttot

Leijukerrospolttot on käytetty energiantuotannossa 1970-luvulta lähtien ja se on syrjäyttänyt lähes kokonaan arinatekniikan yli 20 MW:n tehoilla ja on varteenotettava vaihtoehto arinapolttotolle myös pienemmilläkin tehoilla. Leijukerrospolttotekniikalla tarkoitetaan polttotapaa, jossa polttoainetta poltetaan leijutettavan hiekan seassa (Kuva 5.5). Hiekka saadaan leijumaan kattilantulipesässä puhaltamalla siihen ilmaa alapäin. Leijukattilat jaotellaan kerrosleiju- ja kiertopetikattiloihin. Kerrosleijukattilassa leijuva hiekka muodostaa kattilan pohjalle 0,4 - 0,8 metriä paksun kerroksen, jonka pinta on selvästi erotettavissa. Kiertopetikattilassa taas käytetään hienompaa hiekkaa sekä suurempaa leijutusnopeutta, jolloin hiekka poistuu tulipesästä kaasujen mukana ja palaa takaisin tulipesään syklonin avulla, joka erottaa hiekan kaasuista. Kerrosleijukattilat soveltuvat hyvin kosteiden polttoaineiden polttoon, sillä syötettävä polttoaine hautautuu kuumen hiekan sekaan, kuivuu ja syttyy nopeasti palamaan. Kiinteää polttoainetta syötetään pedin päälle yhtä tai useampaa pudotusputkea pitkin. Pienimmät partikkelit eivät ehdi laskeutua petiin asti, vaan ne palavat jo leijukerroksen yläpuolella, kun taas suuremmat partikkelit kulkeutuvat petiin, jossa ne kuivuvat ja kaasuuntuvat. Jäännöshiili palaa pääasiassa leijupedissä, kun taas haihtuvat ainesosat palavat pedissä sekä sen yläpuolella. Polttoaineen kosteuden vaihtelulla ei ole epäedullista vaikutusta palamiseen. Leijukerrokseen kertynyttä karkeaa petimateriaalia voidaan poistaa pohjatuhasuppiloiden kautta vesijäähdytetyille pohjatuhasuureille määrätyn aikavälein. Savukaasut puhdistetaan lentotuhasusta usein sähkösuodattimilla. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 36.)



Kuva 5.5. Vasemmalla kerrosleiju- ja oikealla kiertoleijukattila.

Kiertoleijukattiloissa polttoaine syötetään kattilaan kuumen leijuvan hiekan sekaan, jossa se kuivuu ja syttyy palamaan. Kiertoleijukattilat soveltuvat siis yhtäläillä kosteiden polttoaineiden polttamiseen, kuin kerrosleijukattilatkin. Kiertoleijukattiloissa syötetyn polttoaineen hävikki saadaan minimoitua syklonikierron avulla, jolloin kiertävän hiekan mukana tulipesään palautuu myös palamattomat polttoaine partikkelit. Kiertoleijukattilat ovat yleisiä maailmalla, mutta niitä käytetään enimmäkseen hiilen poltossa, sillä niissä voidaan tulipesään polttoaineen sekaan syöttää kalkkia, jolla saadaan minimoitua rikin oksidien päästöt. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 36 – 37.)

Lietteen poltto sekapolttokattilassa, jollain näistä esitellyistä polttotekniikoista olisi mielestäni parastapa hävittää ja samalla hyödyntää syntyviä jätelietettä. Todennäköisin vaihtoehto olisi mielestäni leijukerros poltto, sillä se soveltuu kosteille polttoaineille ja näin ollen soveltuisi erinomaisesti Kotkansaaren paperitehtaan tarkoituksiin. Lisäksi leijukerroskattilalla olisi mahdollista korvata kokonaan nykyinen kombikattila. Nykyisen kombikattilan sähkön maksimituotantoteho on 42 MW ja tuorehöyryn maksimituotantoteho on 105 MW. Kombikattila käyttää polttoaineenaan maakaasua, joka on fossiilinen polttoaine. Kombikattilan korvaaminen biopolttoaineita käytävällä kattilalla olisi hyödyllinen ratkaisu sekä ympäristöllisestä että taloudellisesta näkökul-

masta, sillä uuden kattilan avulla voitaisiin nostaa yhtiön omavaraisuusastetta polttoaineiden sekä energiantuotannon suhteen. (Kotkamills Oy 2015a.)

5.2 Mädätys

Kotkamills Oy:lla on Kotkansaaren paperitehtaalla oma anaerobinen mädättämö. Kyseisen mädättämön prosessi on mesofiilinen eli se toimii lämpöalueella (30 - 42) °C, operatiivinen lämpötila prosessissa on 37 °C. Mädättämön toimiessa normaalisti se muuttaa 40 % biolietteen orgaanisesta aineksesta kaasuksi, 10 % liukenee lieteveeseen ja loput 50 % jää lietteeseen. Prosessissa syntyvä kaasu on biokaasua, joka koostuu metaanista ja hiilidioksidista, kaasu varastoidaan kaasukelloon (kuva 5.6), josta se ohjataan poltettavaksi biokaasusoihtuun (kuva 5.7). Mesofiilisen prosessin retentioaika, lietteen viipymäaika, on noin 2 - 3 viikkoa, jonka jälkeen jäljelle jäänyt liete pumpataan kunnostuksen kautta lietesäiliöön (kuva 5.8). (Wahlberg 2015.)



Kuva 5.6. Biokaasukello.



Kuva 5.7. Biokaasusoihtu.



Kuva 5.8. Lietesäiliö.

Anaerobilaitoksen mesofiilinen prosessi soveltuu hyvin Kotkansaaren tehtaalle, sillä se ei juurikaan aiheuta hajuhaittoja, mikä on tärkeää kaupungissa lähellä asutusta sijaitsevalle tehtaalle. (Lohiniva, Mäkinen & Sipilä 2001, 40 – 41.)

Tällä hetkellä anaerobinen puhdistamo ei ole käytössä Kotkansaaren paperitehtaalla, vaan bioliete käsitellään aerobisesti aktiivilietelaitosprosessissa. Tulevaisuudessa on kuitenkin mahdollista, että osa biolietteistä voitaisiin käsitellä anaerobisesti mädättämällä, jolloin siitä syntyvä biokaasu voitaisiin hyödyntää polttoaineena tehtaan muissa prosesseissa. Anaerobisessa mädättämisessä on kuitenkin otettava huomioon se, että mädättämisen seurauksena noin puolet biolietteen orgaanisesta aineksestä kaasuuntuu, mikä vaikuttaa alentavasti lietteen teholliseen lämpöarvoon. (Wahlberg 2015.)

Biokaasu sisältää noin 40 - 70 % metaania ja noin 30 - 60 % hiilidioksidia sekä pieniä määriä rikin yhdisteitä. Tämän takia yhtiölle on tärkeää kerätä syntyvä biokaasu talteen ja hävittää se ympäristöystävällisellä tavalla niin aktiivilietelaitosprosessissa kuin anaerobisessa prosessissa, sillä metaani on ilmaan päästessään 20 - 70 -kertaisesti haitallisempi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. (Suomen biokaasuyhdistys. Biokaasu.)

Tulevaisuudessa näitä prosesseja voitaisiin parantaa investoimalla syntyvän biokaasun käyttömahdollisuuksiin, jolloin tehtaan fossiilisten polttoaineiden kulutusta voitaisiin hieman laskea ja yhtiön imagoa nostaa. Biokaasua voitaisiin käyttää esimerkiksi meesuunilla tai tukipolttoaineena suunnitteilla olevan biokattilan ylös ajossa. (Wahlberg 2015; Heinonen 2015.)

5.3 Tuhka

Poltettaessa lietettä ja sen tukipolttoaineita syntyy myös sivutuotteena tuhkaa. Tuhkaa syntyy paljon varsinkin silloin, jos polttoaineena käytetään erittäin tuhkapitoisia siis-
taus tai kuitulietteitä. Tuhkalle ei paperi- ja kartonkiteollisuudessa juurikaan löydy hyödyntämiskohteita, mutta viimeaikoina tuhkan hyötykäyttöä on tutkittu laajasti eri maissa. Luonnonvarojen ehtyessä tulee tulevaisuudessa tuhka olemaan haluttu raaka-
aine. Tuhkaa on esimerkiksi käytetty kevytsoraharkkojen ja betonin valmistuksessa, teiden ja kaatopaikkojen rakenteissa, pengerryksissä ja tukena yhdyskuntien biohajoavan jätteen kompostoinnissa. Lisäksi tuhkien sisältämät metallit voidaan kierrättää takaisin metalliteollisuuteen ja ravinteet hyödyntää lannoitteiden valmistuksessa. (Ahtila 2010, 28.)

Massa- ja paperiteollisuudessa muodostuvista sivutuotteista tuhkan osuus vuonna 2008 oli vain noin 8 %, mutta sen osuus oli kaatopaikoille sijoitetun jätteen määrästä noin 34 %. Tuhkan hyötykäyttöä ja siihen liittyvää tutkimustyötä sekä lakiin perustu-

via rajoitteita tulisikin kehittää siten, että yhä suurempi osuus sivutuotteena syntyneestä tuhkasta saataisiin kierrätettyä kaatopaikka sijoittamisen sijaan. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 5.1) on esitelty massa- ja paperiteollisuudessa sivutuotteena syntyneiden jätteiden määrää ja hyötykäyttöä vuonna 2008. (Linnunmaa Oy 2011, 11 – 13.)

Taulukko 5.1: Massa- ja paperiteollisuudessa vuonna 2008 muodostuneet jätteet kiviainetta tonneina.

Jätelaji	Muodostuu [t]	Energiahyödyntäminen [t]	Muu hyödyntäminen [t]	Hyötykäyttöaste [%]	Kaatopaikkajätteet [t]
Keräyspaperi, -pahvi ja kartonki	127 435	9 000	118 430	100	5
Jätevedenpuhdistamon lietteet	380 000	277 400	90 130	97	12 200
Siistausjätteet	144 000	55 600	81 160	95	7 700
Kuitu ja pastalietteet	60 000	30 000	22 140	89	6 640
Tuhkat	224 000	0	140 500	63	83 300
Meesa, kalkkihiekkä	30 160	0	15 100	50	15 060
Soodasakka	95 100	0	13 300	14	81 800
Puujäte	1 975 000	1 901 000	71 600	100	2 400
Muut jätteet yhteensä	160 000	28 120	107 330	85	23 200

6 YHTEENVETO

Kotkamills Oy:n Kotkansaaren paperitehtaalla syntyy jätelietteitä noin 30 000 t/a. Lietteet kuljetetaan poltettavaksi Kotkan energialle tai viedään lannoitekäyttöön. Lietteen kuljettamisesta syntyvät kustannukset ovat vuositasolla merkittäviä ja tämä syö yhtiön tulosta. Taloudellisista sekä yhtiön energiantarpeen kasvusta johtuvista syistä onkin tullut ajankohtaiseksi löytää se keino, jolla lietteiden jatkokäsittely tehdasalueella hoituisi mahdollisimman kustannus- ja energiatehokkaalla tavalla. Tutkittaessa lietteen käsittelymahdollisuuksia tehdasalueella voidaan todeta, että lietteen jatkokäsittelytavoista polttaminen biokattilassa yhdessä muun bioperäisen polttoaineen kanssa on vaihtoehtoista vartenotettavin.

Investoimalla uuteen kosteiden polttoaineiden polttamiseen soveltuvaan biokattilaan voitaisiin yhtiön energiaomavaraisuutta nostaa ja samalla saataisiin hyödynnettyä lietteiden sekä esimerkiksi saha- ja kuorimojätteiden sisältämä lämpöenergia yhtiön omassa energian tuotannossa. Lisäksi lietteiden polttaminen tehdasalueella omassa kattilassa vähentäisi lietteen kuljetuksesta syntyviä kustannuksia tai mahdollisesti, jopa poistaisi ne kokonaan. Polttaminen biokattilassa nousee ykkösvaihtoehdoksi myös sen takia, että näin voidaan välttää lietteiden kasaantuminen suuriksi tilaa vieviksi kasoiksi, jotka saattaisivat kompostoitua aiheuttaen ympäristölle haitallisia päästöjä ja hajuhaittoja. Näillä näkymin tehdasalueelle olisikin tarkoitus rakentaa kosteiden polttoaineiden polttamiseen soveltuva kerrosleijukattila, jonka toimittajana toimisi Renewa Oy.

Biolietteen eli sekundäärilietteen anaerobisen mädättämisen aloittaminen Kotkansaaren paperitehtaalla uudestaan ei vaikuta mielestäni hyödylliseltä vaihtoehdolta, varsinkaan, jos suunnitteilla olevan biokattilan hanke toteutuu. Sillä anaerobinen mädättäminen vaikuttaa alentavasti lietteen teholliseen lämpöarvoon, jolloin sen poltosta saatava lämpöenergian taso laskisi. Tehokkain biolietteen hyödyntämismuoto olisikin käyttää sitä biopolttaineena soodakattilassa tai tulevaisuudessa suunnitteilla olevassa biokattilassa.

LÄHTEET

Ahtila, O. Helsingin yliopisto. Maataloustieteidenlaitos. Helsinki 2010. Pro gradu-tutkielma: Biomassan energia-arvon nostaminen sekundäärilämmöllä kuivaamalla.

Energiateollisuus. Ympäristöministeriö 2012. Kotimaista polttoainetta käyttävien 0,5...30 MW kattilalaitosten tekniset ratkaisut sekä palamisen hallinta. Saatavissa: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1bF-6hvgIUsJ:www.ym.fi/download/noname/%257B200B1E69-09BB-4654-8DBC-F67274431193%257D/30742+&cd=1&hl=fi&ct=clnk&gl=fi> [viitattu 20.10.2015]

Forsell-Tattari, I. Selluteollisuuden jätevedenpuhdistamon bioliete ja sen tuhkapitoisuus. 2009. Ympäristötekniikan kandidaatin työ ja seminaari. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa:

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74581/Ida_Forsell-Tattari_kandinty%C3%B6.pdf?sequence=1

Heinonen, K. 2015. Käyttöpäällikkö sellutehdas. Keskustelu. Kotkamills Oy:

Helynen, S., Flyktman M., Mäkinen T., Sipilä, K. & Vesterinen P. 2002. Bioenergian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. VTT tiedotteita 2145. Helsinki, Edita Prima Oy.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. ja Urpalainen, S. 2008. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu. Opetushallitus. Voimalaitostekniikka.

Kotkamills Oy 2015a: Keskustelut voimalaitoksen käyttöhenkilöstön kanssa.

Kotkamills Oy. 2015b. Tuotantosuunnan muutos. Flying Eagle Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/kotkamillsYVA>. [viitattu 20.09.2015]

Kotkamills Oy. 2015c. Prosessikuvaus jätevedenkäsittely. Ei saatavissa

Kotkamills Oy myydään MB Rahastojen perustamalle yhtiölle: Saatavilla:

<http://www.teollisuussijoitus.fi/uutishuone/uutiset/uutinen/id=124002601>. [viitattu 28.09.2015]

Kuitunen, T. Myyntipäällikkö. Renewa Oy: Puhelinkeskustelu keväällä 2015.

Lohiniva, E., Mäkinen, T., & Sipilä, K. 2001. VTT Tiedotteita. Lietteiden käsittely uudet ja käytössä olevat tekniikat. Saatavilla:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>.

Linnunmaa Oy. 2011. Metsäteollisuuden sivutuote- ja jätevirrat teollisena raaka-aineena –lait ja määräykset. Saatavissa: <http://www.linnunmaa.fi/binary/file/-/id/40/fid/200/>

Moring, H, Laukkanen, T & Dahl, O. 2013. Metsäteollisuuden jätevesilietteiden käsittely- ja hyötykäyttövaihtoehdot. Vesitalous 2013 vol.54 nro 1. Saatavissa:

www.vesitalous.fi tai KYAMK kirjasto.

Mäkelä, J. 2014. Viestintäpäällikkö. Kotkamills Oy. Verkkojulkaisu: Metsänhoito yhdistys Kymenlaakso. Erikoistuotteita kaakkoissuomalaisesta puusta. Saatavilla:

http://www2.mhy.fi/kymenlaakso/Kymenlaakso2_2014/files/assets/common/downloads/page0014.pdf [viitattu 22.09.2015]

Suomen biokaasuyhdistys: Biokaasu. Saatavissa:

http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=6&Itemid=53 [viitattu 02.10.2015]

The History of Kotkamills Oy: Saatavilla: <http://kotkamills.com/fi/company/history>.

[viitattu 08.09.2015]

Toikka, M. Ympäristökeskus 1999. Sellu- ja paperiteollisuuden jätteiden käsittely ja hyötykäyttö. Helsinki: Suomen ympäristökeskus/ Edita.

Wahlberg, H. 2015. Ympäristöpäällikkö. Keskustelu. Kotkamills Oy.



Liite 2: Kotkamills Oy:n tehdasintegraatin sijainti Kotkan saarella.