

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Konetekniikka

Tuotantotekniikka

Sakari Harju

Monikammioisen imulaatikon koeajo

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Sakari Harju

Monikammioisen imulaatikon koeajo, 42 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Konetekniikka

Tuotantotekniikka

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, WCM Manager

Riku Suurnäkki, Stora Enso Oyj

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kartonkikoneelle tehdyn monikammioisen imulaatikkoinvestoinnin toimivuus. Veden poiston maksimointi on hyvin oleellinen osa kartongin valmistuksessa.

Aiheeseen tutustuttiin kirjallisuuden, laitetoimittajien sekä tehtaan omien materiaalien kautta. Koeajo suoritettiin asennustöiden jälkeen ja tulokset analysoitiin. Tuloksista käy ilmi, ettei koeajolla saavutettu niitä hyötyjä jotka olivat asetettu tavoitteeksi. Energian kulutus kasvoi ja kuiva-ainepitoisuus ei ollut riittävällä tasolla. Mahdolliset jatkotoimenpiteet esitettiin tulosten analysoinnin jälkeen.

Asiasanat: kartonki, imulaatikko, veden poisto, viiraosa

Abstract

Sakari Harju

Multi-chamber box testing, Number of pages 42

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Bachelor's degree in mechanical and production engineering

Production

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Veli-Pekka Jurvanen, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Riku Suurnäkki, WCM Manager, Stora Enso Oyj

The purpose of the study was to find out if investment in a multi-chamber box will output more drainage performance. Optimizing drainage is very crucial in the paper making process.

Data for this study was collected from literature, the supplier and using the company's own information at hand. The test drive was executed after the assemble was done and the results were analyzed. Possible actions were presented after analyzing the results.

The final result of this thesis was that multi-chamber box investment did not meet the requirements for now. More energy was used than without the investment, and the dryness of the board was not enough after the chamber-box.

Keywords: paper, multi chamber-box, drainage, wire section

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta.....	6
2	Stora Enso Oyj.....	6
2.1	Imatran tehtaat.....	8
2.2	Imatran sellu	9
2.3	CTMP- laitos	9
2.4	Kartonkikoneet ja paperikone	10
2.5	Kartonkikone 4.....	10
3	Kartongin valmistusprosessin yleisvaiheet.....	12
3.1	Massan valmistus	12
3.1.1	Kemiallinen massa	12
3.1.2	Mekaaninen massa	14
3.2	Prosessin yleisluonne	15
4	Viiraosan vedenpoisto	16
4.1.1	Märkäviirat.....	16
4.1.2	Puristinhuovat	18
4.1.3	Beltit	18
4.1.4	Kuivatusviirat	19
4.2	Imulaatikot	20
4.3	Päästölistat	20
5	Kartonkikoneen tyhjöjärjestelmä	21
6	Investointiprojekti	24
6.1	Savcor Wedge- analyysityökalu	24
6.2	Kuiva-aineen mittaus NDC- mittarilla	24
6.3	Monikammioinen imulaatikko.....	26
6.4	Projektin kulku ja koeajon kulku	28
7	Yhteenveto ja loppupäätelmät	37
	Lähteet.....	39
	Liitteet	40
	Taulukot	42

Käsitteet

CTMP Kemihierre, puolikemiallista massaa.

Raina Viiraosalla muodostuva massaseos.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää uudenmallisen monikammioisen imulaatikon vaikutus kartonkikoneen veden poistoon viiraosalla. Opinnäytetyön tarkoituksena on käsitellä koeajosta saadut tulokset ja esittää myös mahdolliset jatkotoimenpiteet.

Mahdollisuus opinnäytetyöhön avautui työpaikan projektin myötä. Opinnäytetyö aiheen sain projektin vetäjältä WCM- tuotannon kehittämispäälliköltä.

1.1 Tutkimuksen tausta

Kartonkikoneelle tehtiin investointiprojekti uudesta monikammioisesta imulaatikosta ennen puristinosaa, joka korvasi vanhan mallisen imulaatikon. Vedenpoisto on tärkeässä osassa paperin/kartongin valmistuksessa, ja erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan vaikuttaa miten hyvin vettä saadaan poistettua paperi/kartonkiradasta viiraosalla. Monikammioisen imulaatikon tavoitteena on vedenpoiston paraneminen, ja sitä myöten kuiva-ainepitoisuus kasvaisi, jolloin kuivatusosalla höyryn käyttö pienenesi sekä koneen ajettavuus paranisi.

Opinnäytetyössä tehtiin koeajo erilaisilla testiasetuksilla ja tutkittiin tulokset koeajon eri vaiheissa

2 Stora Enso Oyj

Stora Enso on maailman johtavimpia uusiutuvien pakkaus-, biomateriaali-, puu- ja paperiratkaisujen tuottaja. Koko konsernin palveluksessa oli noin 26 000 henkilöä, yli 30 maassa vuonna 2017. Liikevaihto oli samana ajanjaksona 10,0 miljardia euroa. Stora Enso on pörssissä noteerattu yhtiö. Yhtiön liiketoiminta-alue jakaantuu 5 divisioonaan, jotka ovat seuraavat:

- Stora Enson Consumer Board- divisioona tarjoaa paino- ja pakkauskartonkeja erilaisista loppukäyttötarkoituksista riippuen, kuten nestepakkauksiin sekä elintarvikkeiden, lääkkeiden ja ylellisyystuotteiden pakkauksiin.

- Stora Enson Packaging Solutions- divisioona tutkii ja kehittää kuitupohjaisia pakkauksia. Valikoimaan kuuluvat aaltopahvipakkaukset, kuluttajapakkaukset myös kuljetuskäyttöön, aaltopahvin raaka-aine, sekä säkki- ja voimapaperi.
- Stora Enson Biomaterials- divisioona tutkii ja kehittää uusia sekä innovatiivisia tapoja maksimoida puusta ja muista lignoselluloosabiomassoista saatava arvo. Tarjonta käsittää laajan valikoiman erilaisia sellulaatuja.
- Stora Enson Wood Products- divisioona tarjoaa monipuolisia puupohjaisia ratkaisuja rakentamiseen sekä asumiseen. Asiakkaita ovat tukku-kauppiat, jälleenmyyjät ja yritykset, jotka toimivat esimerkiksi rakennus- ja puusepänteollisuudessa.
- Stora Enson Paper- divisioona tarjoaa paperiratkaisuja painetun median ja toimistojen tarpeisiin. Kolme Stora Enson paperitehtaista valmistaa paperia 100-prosenttisesti kierrätyskuidusta.

Yrityksen historiasta löytyy dokumentteja yli 700 vuoden takaa, ja niiden perusteella Stora Enso on maailman vanhin rajoitetun vastuun yhtiö.

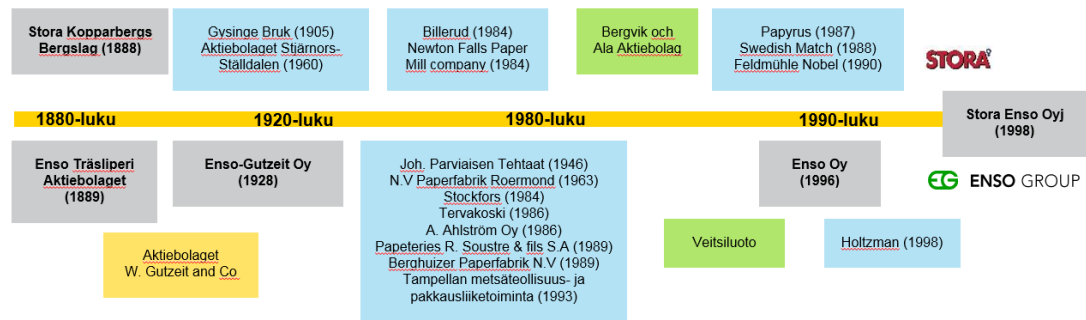
Stora Enson nimen Stora-osa tulee kuparikaivostoiminnasta. Juuret ulottuvat 800-luvulle, jolloin kaivostoiminta käynnistyi Ruotsissa Falunissa. Historia ulottuu vuoteen 1288, jolloin osakkeita jaettiin Västeråsin piispalle niin, että hän sai kahdeksasosan Stora Kopparbergistä, jonka nimi tarkoittaa suurta kuparivuorta. Vuonna 1396 kuparikauppa siirtyi kuninkaalle, ja Stora Kopparberg yksityistettiin uudelleen vasta vuonna 1862. Yhtiöstä tuli osakeyhtiö vuonna 1888.

Vaikka yrityksellä oli takanaan useita satoja toimintavuosia ennen sellun, pahvin tai paperin valmistuksen alkamista, metsäteollisuus on aina ollut olennainen osa yhtiötä. Puuta tarvittiin polttoaineeksi ja kuparimalmin kuumentamiseen, jotta siitä saatiin erotettua metalli. Vuonna 1970 Stora myi kaivos- ja metalliteollisuustoimintansa ja keskittyi metsäteollisuuteen, selluun ja paperiin.

Yrityksen nimen Enso-osuuden historia puolestaan ulottuu vuoteen 1872, jolloin norjalainen Hans Gutzeit perusti Kotkaan W. Gutzeit & Co:n sahan. Kyseessä oli Suomen ensimmäinen höyryvoimalla toimiva saha. Vuonna 1912 Gutzeit osti Enso Träsliperi AB:n. Useiden yhdistymisten ja yrityskauppojen jälkeen Enso-Gutzeitista oli tullut Suomen suurin metsäteollisuusyritys 1990-luvun loppupuolella, ja se oli valtion omistuksessa. Vuonna 1996 yritys yhdistyi Veitsiluodon kanssa, ja yrityksen nimi vaihtui Enso Oy:ksi.

Enson kaupunki, jonka mukaan yritys on saanut nimensä, sijaitsee noin viiden kilometrin päässä Imatrasta. Nykyisin kaupungin nimenä on Svetogorsk, ja se on kuulunut Venäjään vuodesta 1940.

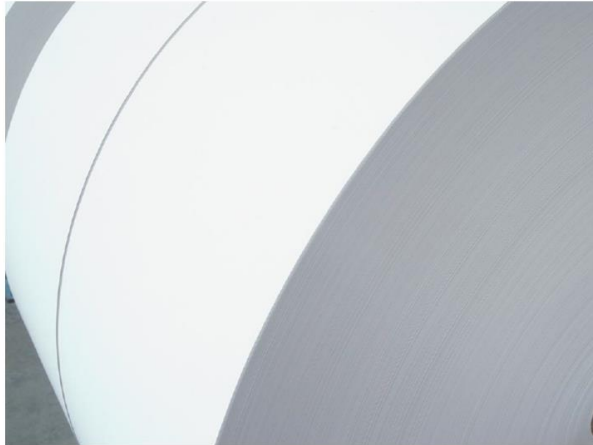
Vuonna 1998 Stora ja Enso yhdistyivät Stora Ensoksi. (Stora Enso esittelymateriaali.)



Kuva 1. Stora Enson historia

2.1 Imatran tehtaet

Imatran tehtaet sisältävät kaksi tuotantoyksikköä jotka ovat Kaukopää ja Tainionkoski. Imatralla on myös tutkimuskeskus Tainionkoskella. Imatran tehtaet on Stora Enson suurin tehdas ja myös Suomen suurin kartongintuottaja ja eräs Euroopan isoimmista metsäteollisuuden integraateista. Nykyisin yli 90 % tuotannosta menee vientiin. Tehtaet työllistävät yhteensä noin 900 henkilöä. (Stora Enso esittelymateriaali.)



Tuotantokapasiteetit

Lehtisellu	650 000 t/a
Havusellu	250 000 t/a
<i>Valkaistu sellut yht.</i>	<i>900 000 t/a</i>
Valkaisematon havusellu	200 000 t/a
CTMP	200 000 t/a
<i>Massat yhteensä</i>	<i>1 300 000 t/a</i>
Paperi	90 000 t/a
Kartonki	1020 000 t/a
<i>Paperi ja kartonki yht.</i>	<i>1 110 000 t/a</i>
Muovipäällitys	275 000 t/a

Kuva 2. Imatran tehtaiden tuotanto

2.2 Imatran sellu

Sellutehdas koostuu kaksilinjaisesta kuorimosta, kahdesta kuitulinjasta, kuivauskoneesta, valkaisu-kemikaaliasemasta, jäteveden puhdistamosta sekä voimalaitoksesta. Voimalaitoksella sellutehtaiden (Kaukopää ja Tainionkoski) kemikaalikiertoon kuuluvat kaksi haihduuttamoaa, kaksi soodakattilaa, kaustisointi, kaksi meesauunia sekä mäntyöljynkeittäjä. Lisäksi voimalaitokseen kuuluvat koko Imatran tehtaiden vesien valmistus, kuorikattila, 4 kaasukattilaa, höyrynjakelu sekä turbiinilaitokset.

Kuitulinja 2 tuottaa valkaistua pitkäkuituista sellua ja sen vuosikapasiteetti on 250000 tonnia. Kuitulinja 3 tuottaa valkaistua lyhytkuituista sellua ja sen vuosikapasiteetti on 600000 tonnia. Kuivauskone 1 kuivaa Kaukopään selluja ja CTMP:tä omaan varastoon sekä ulkoisille markkinoille. (Stora Enso esittelymateriaali.)

2.3 CTMP- laitos

Monikerroskartonkien neliöpainon alentamiseksi käytetään CTMP- massaa. Normaali massa koostuu pääasiassa ehjistä ja pitkistä koivu- sekä mäntykuiduista. CTMP- massa (kemihierretty) koostuu hyvin erikokoisista ja eri tavalla fragmentoituneista kuusikuitupartikkeleista sekä hienoaineesta. Kun nämä kaksi massaa yhdistetään, saadaan laadukas korkean bulkin ja jäykkyden massa,

lisäetuna on tuotantotavasta johtuen massan edullisuus. (Stora Enso esittelymateriaali.)

CTMP

Chemi Thermo Mechanical Pulp
Kemikuumahierre

TAVOITE	monikerroskartonkien neliöpainon alentaminen käyttämällä keskikerroksissa <u>CTMP</u> -massaa.
KAPASITEETTI	200 000 t/a
RAAKA-AINE	kuusihaketta 600 000 m ³ -k/a
SAANTO	90%
JAUHINTEN TEHO	2 x 20 MW, rejektijauhimen teho 8 MW
ENERGIANKULUT.	2,3 MW/ <u>ts</u>

Kuva 3. CTMP

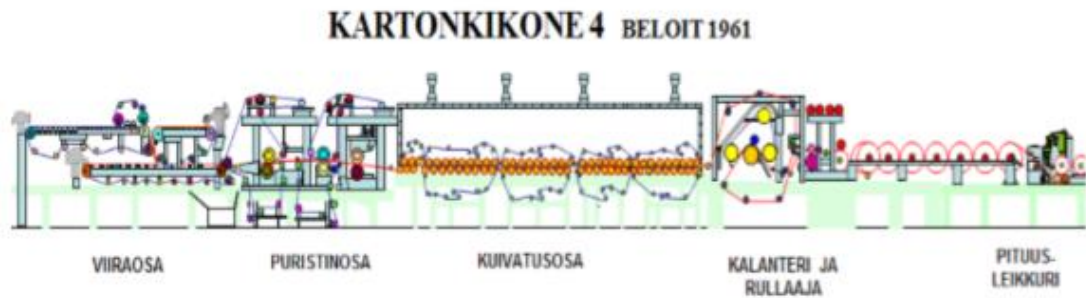
2.4 Kartonkikoneet ja paperikone

Kaukopään tehtailla on 4 kartonkikonetta, yksi paperikone ja kolme muovipäällystyskonetta. Tuotannosta yli 95 % menee vientiin. Tärkein markkina-alue on Eurooppa, merkittävä osuus tuotteista viedään myös Kaukoitään ja Kaakkois-Aasiaan. (Stora Enso esittelymateriaali.)

2.5 Kartonkikone 4

Kartonkikone 4 tuottaa nestepakkaus- ja kuppikartonkeja. Kone on 6,3 metriä leveä sekä tuotantokapasiteetti on 350 000 tonnia kartonkia. Koneen nopeus vaihtelee 200 – 600 m/min. Tuotanto alkoi koneella vuonna 1961, sen jälkeen

konetta on päivitetty useasti 1990 – 1992 sekä 2009 tehty laadunparannus.
(Imatran tehtaiden tuotanto 2018.)



Kuva 4. Kartonkikone 4



Kuva 5. Imatran tehtaaita



- KA1 kuppi-, vuoka- ja nestepakkauskartongit
- KA2 graafiset-, pakkaus- ja savukekartongit
- KA4 nestepakkauskartongit
- KA5 ruskearunkoiset nestepakkauskartongit
- PK6 päällystetyt joustopakkauspaperit

Kuva 6. Koneiden tuotteet

3 Kartongin valmistusprosessin yleisvaiheet

3.1 Massan valmistus

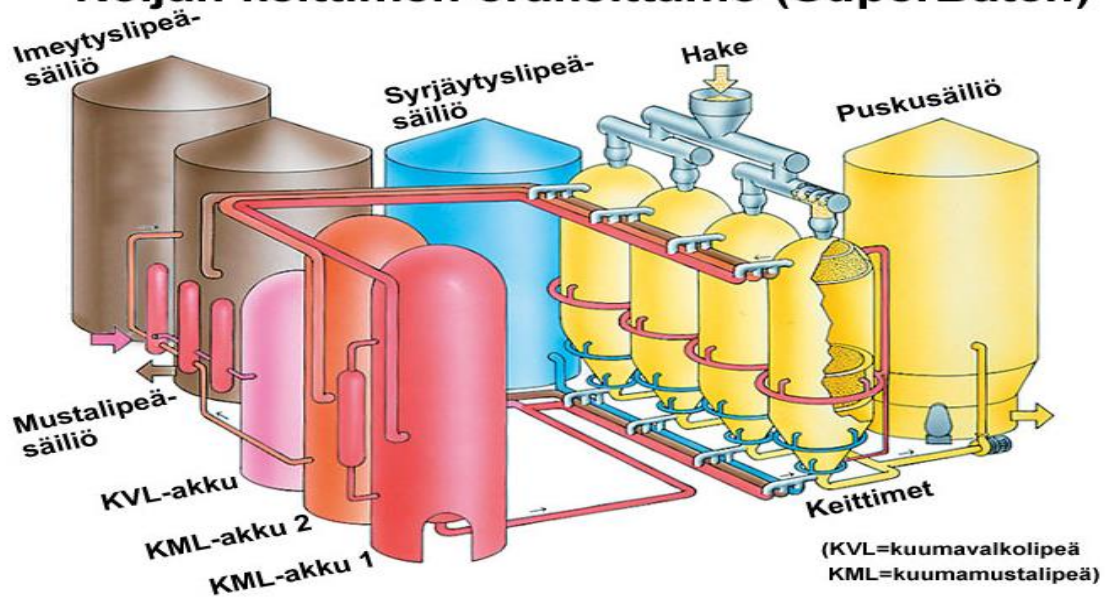
Raaka-aineet vaihtelevat vaaditun paperi- tai kartonkilajin mukaan. Jokaisella lajilla on oma kuitukoostumuksensa, täyteaineensa, liimauksensa ja lisäaineensa. Massan raaka-aineita muutetaan tarvittaessa tiettyjen ominaisuuksien saamiseksi, esimerkiksi aikakauslehtipaperilta tarvitaan painatusominaisuuksia, kun taas kartongilta tarvitaan hyviä lujuusominaisuuksia. (Seppälä, Häggblom-Ahnger, Komulainen 2000, 14.)

3.1.1 Kemiallinen massa

Nykyisin kemiallinen massa on havu- ja lehtipuusulfaattisellua, nykypäivinä ei enää käytetä happamalla menetelmällä valmistettua sellua. Kemiallisessa massanvalmistuksessa keittämisen tarkoituksena on eri kemikaalien ja lämmön avulla poistaa kuituja sitovaa ligniiniä, että hake kuituuntuu helpommin. Kuidut pyritään pitämään pitkinä, ehjinä ja vahvoina. Lisäksi poistetaan osa puun uuteaineista, jotka voivat mahdollisesti aiheuttaa vaahtoamista sekä saostumista prosessissa myöhemmin. Keittoprosessit jaetaan yleisesti kahteen luokkaan; eräkeittoon ja jatkuvatoimiseen keittoon. Eräkeitossa sellua keitetään vaihe kerrallaan keittimissä, joita tarvitaan useita. Jatkuvatoimisessa keitossa haketta sekä kemikaaleja annostellaan jatkuvasti keittimen yläpäähän ja massaa poistetaan samanaikaisesti keittimen alapäästä. Keitin on jaettu eri vyöhykkeisiin pro-

sessin kannalta, näin keiton erivaiheet pääsevät tapahtumaan niille tarkoitettu-
sa tilassa ja ajassa. Loppukäytöstä riippuen, keitetty massa yleensä valkai-
taan, muuten se on väriltään ruskeaa. Havupuusellusta saadaan hyvät lu-
juusominaisuudet, ja vastaavasti lehtipuusellusta hyvät painettavuusominaisuu-
det. (Seppälä ym. 2000, 15.)

Neljän keittimen eräkeittäjä (SuperBatch)



Kuva 7. Eräkeittäjä

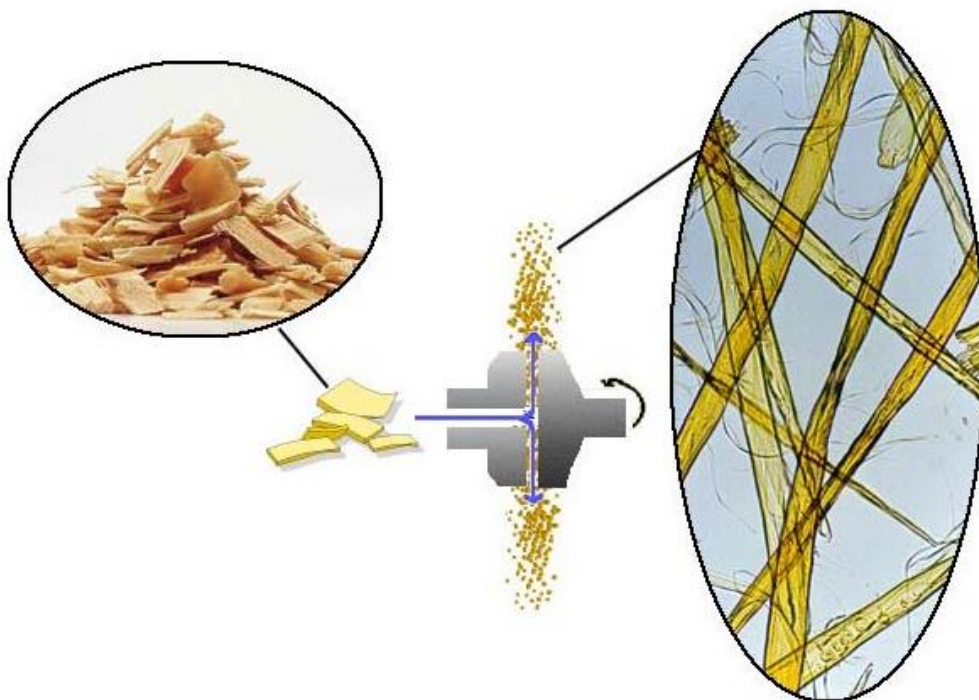


Kuva 8. Jatkuva keittäjä

3.1.2 Mekaaninen massa

Yleisesti mekaaniset massat ovat tyypeiltään hierrettä tai hioketta. Mekaaniseen massanvalmistukseen ei kuulu keittoprosessia, vaan puumateriaali kuidutetaan rasittamalla puuta mekaanisesti ja samanaikaisesti tuodaan siihen lämpöä. Tuotu energia muuttuu täten lämmöksi ja mahdollistaa kuitujen erottamisen mekaanisella työllä. Lujuusominaisuudet ovat kuitenkin selvästi alhaisemmat kuin selluilla. Prosessin luonteen vuoksi mekaaniset massat sisältävät paljon hienoainesta, jolloin ne antavat paperille hyvät pintaominaisuudet. (Seppälä ym. 2000, 15.)

Massan valmistus hiertämällä - periaate



Kuva 9. Massan valmistus hiertämällä

3.2 Prosessin yleisluonne

Paperi/kartonkikone koostuu perälaatikosta, viiraosasta, puristinosasta ja kuivatusosasta. Kartonki voi koostua monista kerroksista, esimerkiksi 3-kerroksiselle kartongille jokaiselle kerrokselle on oma perälaatikko. Prosessivedet kierrätetään lyhyenkierron ja pitkäkierron avulla, jotta saadaan raaka-aineet takaisin prosessiin, näin ylläpidetään vesikiertotasapainoa koneella.

Koneen alkupäätä, jossa paperiraina muodostuu perälaatikolla, viiraosalla ja puristinosalla kutsutaan märkääksi. Perälaatikolla laimea kuituseos (vettä ja massaa) syötetään tasaisesti viiraosalle. Viira on muovilangoista kudottu matto, jonka kudosten silmien läpi kuituseoksessa oleva vesi poistuu yli 95 % perälaatikosta virtaavasta vesimäärästä. Viiran loppupäässä kuiva-ainepitoisuus on noin 15 – 20 %.

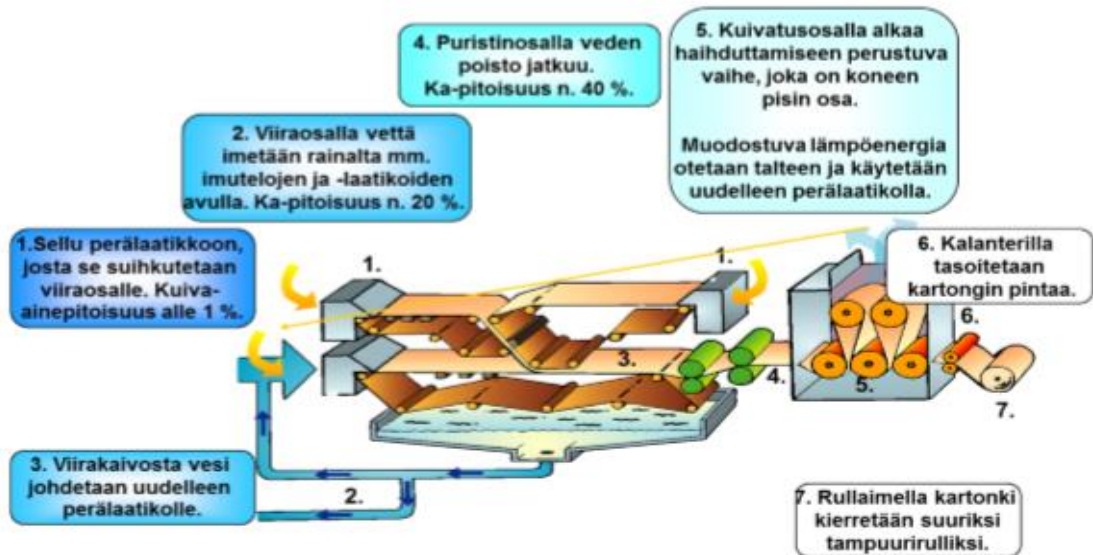
Viiraosan läpäisevä vesi ohjataan lyhyeen kiertoon ja käytetään uudelleen perälaatikolta tulevan massan laimennukseen. Lyhyt kierto palauttaa arvokkaat raaka-aineet takaisin prosessiin. Voidaankin todeta, että paperiraina muodostuu viiraosalla.

Viiraosan jälkeen raina kulkeutuu puristinosalle, jossa kuiva-ainepitoisuus on noin 40 – 60 %. Puristinosalla on yleensä 2 – 4 telaparin muodostama puristusvyöhyke eli puristinnippejä. Telojen välissä tapahtuva puristus poistaa vettä huopiiin ja vaikuttaa rainan rakenteeseen. Telojen ja huoppien lukumäärällä pystytään vaikuttamaan lopputuotteeseen..

Puristinosan jälkeen raina kulkeutuu kuivatusosalle. Raina kulkeutuu höyryllä lämmitettyjen sylinterien päällä kuivatusviiran avulla. Tavoitteena on päästä loppukosteuteen joka vaihtelee 3 – 10 % riippuen kulloinkin ajettavasta lajista. Kuumien sylinterien lämpö siirtyy paperiin haihduttaen siinä vielä olevaa vettä. Kuivatusosa on katettu lämmön talteenoton vuoksi. Kuivatusosalla voi myös sijaita liimapuristin, päällystysasemia tai jenkki sylinteri pintakäsittelyä varten. Ennen rullainosaa on yleensä konekalanteri joka viimeistelee tuotteen.

Kuivatusosan jälkeen tulee rullainosa, jossa paperi rullataan tampuuriraudan ympärille konerullaksi.

Ennen asiakkaalle toimitusta konerullat leikataan asiakkaan tilauksen mukaiseksi. Pituusleikkurin tehtävänä on myös samalla testata asiakasrullan ajettavuus ja leikata rullat asiakasrulliksi. (Seppälä ym. 2000, 15 – 17.)



Kuva 10. Kartongin valmistus

4 Viiraosan vedenpoisto

Konekudoksia ovat märkäviirat, puristinhuovat, beltit ja kuivatusviirat, ja ne ovat olennaisia varusteita prosessin toimivuuden kannalta. Raina on kosketuksissa kudoksen kanssa koko ajan. Märkäviiralla tarkoitetaan tekokuitulangoista tehtyä päätöntä kudosta, jonka päälle raina muodostuu koneen viiraosalla, kun suuri osa vedestä poistetaan viiran läpi. Kuivatusviira on tyypiltään yhtäläinen märkäviiran kanssa, mutta tarkoitus on kestää lämpöä kuivatusryhmillä ja poistaa kosteutta lämmön myötävaikutuksella joten materiaalit ja muut ominaisuudet poikkeavat niiltä osin. (Knowpap, 2018.)

4.1.1 Märkäviirat

Rainan muotoutuminen alkaa jo viiraosalla, jossa suuri osa vedestä poistetaan. Perälaatikosta tuleva massa levitetään tasaisesti märkäviiran päälle ja tässä vaiheessa massa sisältää 99 % vettä, kuituja, täyte- ja lisäaineita. Rainan pe-

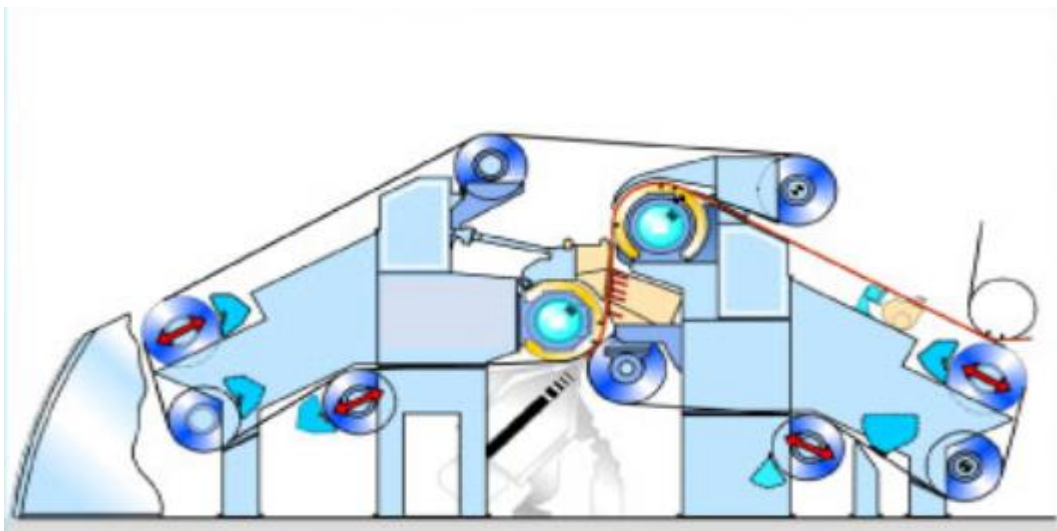
rus rakenne määräytyy pitkälti viiraosalla ja tämän rakenteen säilyttäminen on olennainen osa jotta tuotteesta saadaan laadukas.

Märkäviiralla on yleisesti neljä tehtävää:

- päästää vesi lävitse
- estää kuituja pääsemästä läpi eli muodostaa rainaa
- tukea rainaa
- kuljettaa rainaa

Yleensä kaikkia moninaisuuksia ei voi kerralla saada, vaan suunnittelu etenee näiden kompromissina. Olosuhteet vaihtelevat hyvinkin paljon, riippuen koneesta ja ajettavasta lajista. Koneen ajonopeus sekä neliömassa voivat vaihdella myös, ja kaikki vaikuttavat veden poistoon sekä viiran toimintaan. Yleensä viiratyypit valitaan valmistettavan laadun mukaan, huomioiden myös viiraosan rakenne. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat: (Knowpap, 2018.)

- riittävä vedenpoisto ja retentio
- kone- ja poikkisuuntainen tasaisuus
- markkeeraamattomuus (ei painaumuksia rainassa)
- kulutuskestävyys



Kuva 11. Märkäviirujen käyttö

4.1.2 Puristinhuovat

Viiraosalla muodostettu raina kulkeutuu noin 15 – 20 % kuiva-ainepitoisuudessa puristinosalle. Puristinosalla veden poisto tapahtuu puristamalla rainaa kahden telan muodostamassa nipissä huopaa vasten. Näin vesi saadaan poistumaan rainan ja huovan välisen nestepaine-eron takia. Osa vedestä virtaa jo nipissä huovan läpi ja poistuu telan pinnan kautta kaukaloon, jolloin on kyseessä kaukalovedenpoistosta. Osa vedestä jää kuitenkin nipin jälkeen huopaan, jolloin tarvitaan huopaimulaatikoita veden poistoon alipaineen avulla, silloin on kyse imulaatikkovedenpoistosta. Huovat valmistetaan synteettisestä kuitumateriaalista yleisesti kudonta- ja neulaustekniikalla. Puristinosan jälkeen kuiva-ainepitoisuus on yleisesti 35 - 52 %. (Knowpap 2018.)

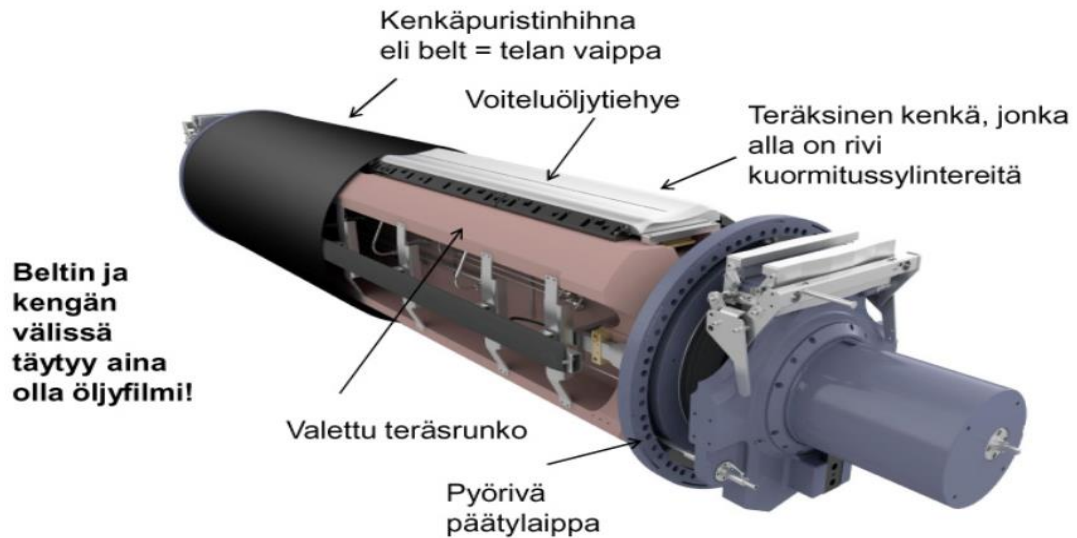
Huovan tärkein tehtävä on veden poisto. Mitä enemmän vettä saadaan poistettua, sitä vähemmän tarvitaan kuivatusenergiaa ja rainan lujuus sekä koneen ajettavuus paranevat. Vedenpoiston lisäksi huopa tukee rainaa sekä suojaa sitä puristumisvaurioilta nipissä. Puristimessa voi syntyä värinäenergiaa jonka huopa vaimentaa, sekä huopa antaa rainalle mahdollisimman tasaisen pinnan ja tukee kulkua telan urien ja reikien kohdalla jottei markkeerausta tapahtuisi. Huovan valinta tapahtuu aina kohdekohtaisesti, valmistustekijöiden vaatimukset vaikuttavat huovalle asetettuihin vaatimuksiin. (Knowpap 2018.)

4.1.3 Beltit

Hihnat eli beltit ovat uusin kudostyyppi joita käytetään paperi- ja kartonkikoneilla. Nykyisin useimmilla koneilla kenkäpuristimella on korvattu perinteinen telojen muodostama nippi ja uusissa koneissa onkin yleisesti ainakin yksi kenkäpuristin. Belttejä käytetään kenkäpuristimissa. Kenkäpuristimessa on pidempi nippi eli puristustapahtuma on kuin perinteisessä nipissä, mutta pidempi. Näin ollen raina on pidemmän aikaa puristuksen alaisena ja puristinta ei tarvitse kuormittaa niin paljon. Teoriassa myös koneen nopeuden nosto on mahdollista, raina on suurempi ja energiaa ei tarvita niin paljoa kuivatusosalla. Vedenpoistotapahtuma on kenkäpuristimilla suuri ja tämän takia on kehitetty uritettuja hihnoja.

Kenkämpuristimessa on kaksi telaa, joista toinen on hihnatela. Telan kuormitus- sylinterit kohdistavat paineen painekenkään. Näin ollen painekenkä painuu vastatelan vaippaa vasten ja muodostuu puristinnippi. Tärkein ominaisuus beltille on sitkeys, koska materiaalin pitää kestää nopeita iskutilanteita. (Knowpap 2018.)

SymBelt FT kenkätela ja BlackBelt



Kuva 12. Kenkätela

4.1.4 Kuivatusviirat

Kuivatusviira tukee ja kuljettaa rainaa läpi paperi- tai kartonkikoneen kuivatusosan ja tehostaa radan kuivumista, niin että kosteus poistuu mahdollisimman tehokkaasti ja minimienergiakustannuksin. Hyvä ajettavuus korreloi suoraan radan kuivumisen kanssa, sekä kuivatusviiran tulee säilyttää laatuominaisuudet. Tärkeitä laatuvaatimuksia kuivatusviirille ovat seuraavat:

- avonaisuuden säilyttäminen (ei kutistu)
- ilmanläpäisy
- markkeeraamattomuus (ei jälkiä radassa)
- ajettavuus
- hyvä kuivatuskapasiteetti

- oikea sauma

Koneiden nopeudet ovat vuosien saatossa kasvaneet ja tuoneet muutoksia kuivatusosille uusien teknologisten ratkaisujen, tehokkaamman kuivatuksen ja parantuneen ajettavuuden kannalta. Tulevaisuudessa kuivatusosan energian kulutus nousee ratkaisevaan rooliin koneiden ajettavuuden kannalta ja sen parempi hallinta. (Knowpap 2018.)

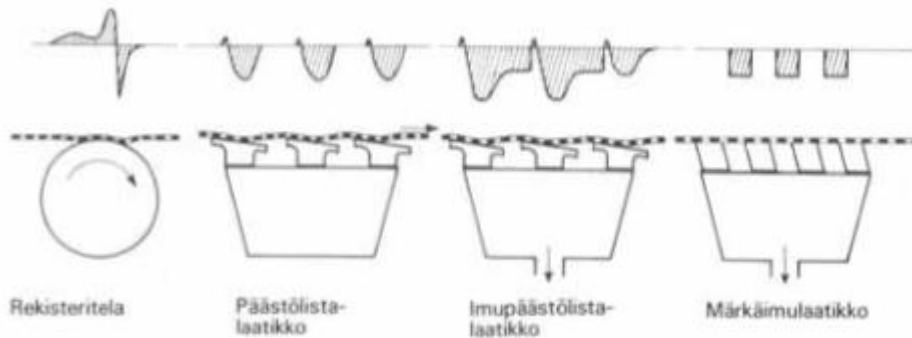
4.2 Imulaatikot

Märkäimulaatikkoja käytetään joissa raina on niin märkää ja ilmaa ei voida imeä sen läpi (kuiva-ainepitoisuus alle 2 %). Märkäimulaatikko koostuu noin 500mm levyisestä laatikosta, joka on peitetty 60 – 70 % avoimella hiotulla muovisella tai keraamisella sekä vajaan metrin pituisista imujaloista. Laatikossa on tavallisesti noin 2 kPa alipaine, sekä laatikot on mitoitettu niin, etteivät ne voi täytyä vedellä.

Tasoimulaatikoita käytetään viiraosalla jossa raina on saavuttanut noin 2 % kuiva-ainepitoisuuden. Laatikoiden pidemmät imujalat kuin märkäimulaatikoissa sekä niillä saavutetaan jopa 50kPa alipaine. Imujalat ovat kytköksissä laatikoiden takapäähän ja johdettu kellarikerroksessa sijaitsevaan lukkovesisäiliöön. Imujalan ja laatikon välissä on vedenerotin, joka paineenrajoittimen kautta liittyy tyhjöpumpun järjestelmään. (Seppälä ym. 2000, 138.)

4.3 Päästölistat

Päästölistat eli foilit ovat listoja joihin on hiottu pieni päästökulma viiraan nähden (0 – 3 %). Foililistat voivat olla erillisiä tai ne voivat olla ryhmissä, niiden vedenpoistokyky riippuu listan päästökulmasta ja päästöosan pituudesta. Viiran alkuosalla käytetään pienempää kulmaa kuin loppuosalla, jossa raina on jo vahvistunut. (Seppälä ym. 2000, 138.)



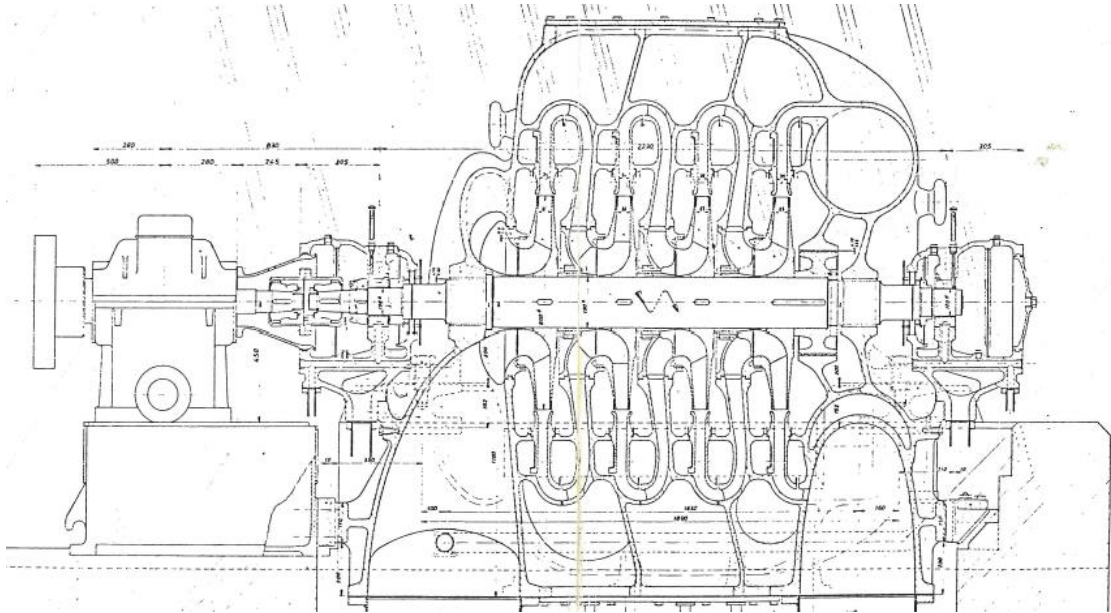
Kuva 13. Viiraosan vedenpoistoelimen aiheuttamat impulssit

5 Kartonkikoneen tyhjäjärjestelmä

Kartonkikoneen tyhjäjärjestelmään kuuluvat 2 kappaletta Sulzer 4. vaiheisia imupumppuja, joista toinen on käytössä ja toinen varalla. Imupumppuja käytetään tyhjän aikaansaamiseksi viira- ja puristinosan imukohteille. Imupumppu muodostaa alipaineen, jonka avulla poistetaan vettä imukohteilta. Veden ja alipaineilman seos johdetaan vedenerottimelle ja vedetön ilma johdetaan takaisin imupumpulle. Haasteita oli löytää teknisiä tietoja laitteista, suurin osa pumpuista on koneen rakentamisesta lähtien ollut käytössä.



Kuva 15. Sulzer tyhjäpumppu



Kuva 16. Sulzer tyhjöpumpun leikkauskuva

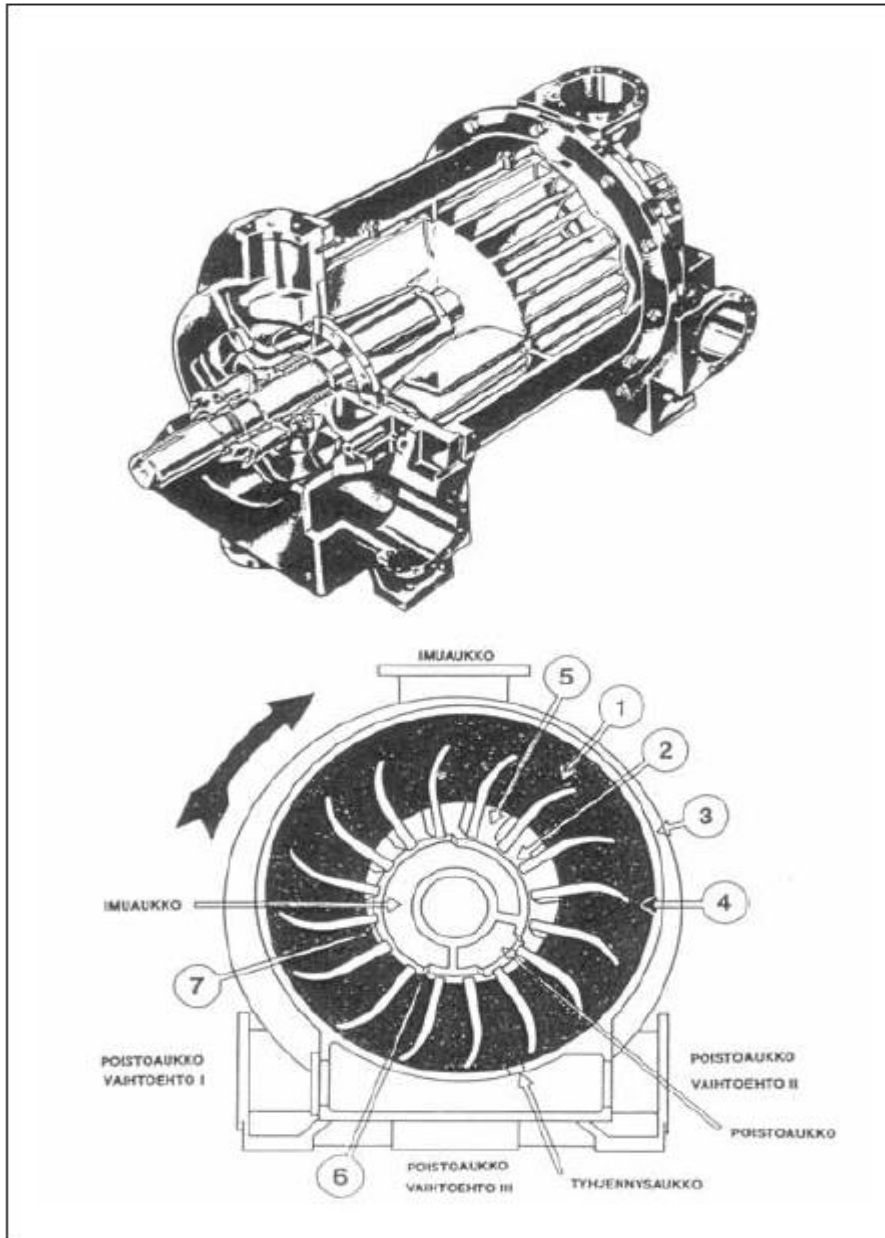
4. vaiheisen Sulzer imupumpun teknisiä tietoja
--

	1. vaihe	2. vaihe	3. vaihe	4. vaihe
Imu Hg	22,1	18,3	13,4	7,6
Imu H ₂ O	7,6	6,3	4,6	2,6
Imu kPa	74,8	61,8	45,4	25,6
Ilmaa m ³ / min	255,0	153,0	380,0	85,0
3000v / max. 285A 1250 kW				

Taulukko 1. Sulzer imupumpun teknisiä tietoja

Järjestelmään kuuluu vielä kaksi kappaletta NASH imupumppuja, CL-6002 ja 904-S2. Ne ovat tyypiltään nesterengaspumppuja. Siipipyörä on laakeroitu epäkeskeisesti ja pesä on täytetty osittain nesteellä. Siipipyörän pyöriessä akselinsa ympäri, keskipakovoiman vaikutuksesta neste lentää pesän seinämää vasten. Tämän takia siipien väliin siipipyörän keskiosan ympärille muodostuu kuunsirpin muotoinen vapaa tila. Imupuolella siipien välinen tila suurenee ja painepuolella pienenee, jolloin pumppu imee imuvaiheessa siipien väliin nestettä ja puristaa sen poistovaiheessa kohti poistoaukkoa. Aksiaalisia voimia ei juuri

esiinny, imu- sekä poistoaukot sijaitsevat pumpun päissä ja poistoaukko voidaan suunnata eri suuntiin. Nesteellä on tärkeä tehtävä pumpussa, tarkoituksena on estää siipien väliin jäävien erilaisten tilojen virtauksia sekä toimia jäähdytyksenä. (Salhydro.)



Kuva 19. Nesterengaspumppu. 1. neste, 2. päätykartio, 3. pesä, 4. siipipyörä, 5. poistovaiheen alku, 6. imuvaiheen alku, 7. imuvaihe (Nash)

Kuva 17. Nash imupumpun periaate

Tällä hetkellä imupumppujen jako koneella puristinosalla on seuraava, mutta voidaan tarvittaessa muuttaa ohjauksella.

- 1 puristimen ylähuopa 904-S2
- 2. puristimen ylä- ja alahuopa 904-S2
- 1. puristimen ylähuopa CL-6002
- 1. puristimen alahuopa CL-6002
- Pick-up Sulzer 3. vyöhyke
- Imutela Sulzer 1. vyöhyke

6 Investointiprojekti

Investointiprojekti käsittää monikammioisen imulaatikon asentamisen ja käyttöönoton kartonkikoneella. Tavoitteena on saada veden poistoa optimoitua jolloin saadaan energian säästöä kuivatusryhmillä sekä parannettua ajettavuutta.

6.1 Savcor Wedge- analyysityökalu

Wedge on ohjelmisto, joka on suunniteltu prosessissa syntyvän datan käsitteilyyn ja analysointiin. Ohjelmalla pystytään vähentämään laatuvariaatioita ja kehittämään tuotantoa. Wedge on yleisesti käytössä Euroopassa paperitehtailla. Ohjelmiston avulla kaikki prosessin parissa työskentelevät voivat tarkkailla ja analysoida syntyvää dataa. Wedge tarjoaa reaaliaikaista dataa prosessista. (Savcor.)

6.2 Kuiva-aineen mittaus NDC- mittarilla

Kuiva-ainepitoisuuden mittaus tehtiin NDC- käsimittarilla aina samasta kohdin. Mittari sijoitettiin teleskooppivarren avulla viiran alapuolelle ja painettiin viiraan kiinni, NDC- anturi suorittaa mittauksen käyttäen hyväksi matalaradioaktiivista säteilylähdettä, joka sijaitsee volframista valmistetun kollimaattorin sisällä keskellä detektorikidettä. Kollimaattorilla suunnataan säteily kohti mitattavaa kohdetta ja samalla se minimoi säteilyn anturin taakse ja itse kiteeseen. Anturin mittapäässä on suljin, joka tulee olla kiinni aina kun mittaria ei käytetä. (Tuononen 2010, 29.)

Mittauksen perustana on gammasäteilyn takaisin sironta. Radioisotooppi lähettää matalaenergistä gammasäteilyä kohti mitattavaa materiaalia. Säteilystä osa läpäisee kohteen, osa absorboituu ja osa kimpoaa takaisinpäin. Takaisin palaavat säteet muuntuvat ”pehmeäksi” gammasäteilyksi (fotoneiksi). Sitä enemmän fotoneita mitä enemmän mitattavaa massaa kohteessa on. Takaisintuleva säteily mitataan detektorilla, ja kidedetektor muuttaa takaisin kimmonneen gammasäteilyn fotonivaloksi ja lopulliseksi digitaaliseksi signaaliksi. Tämä on suoraan verrannollinen tuotteen sakeuteen. (Tuononen 2010, 30.)

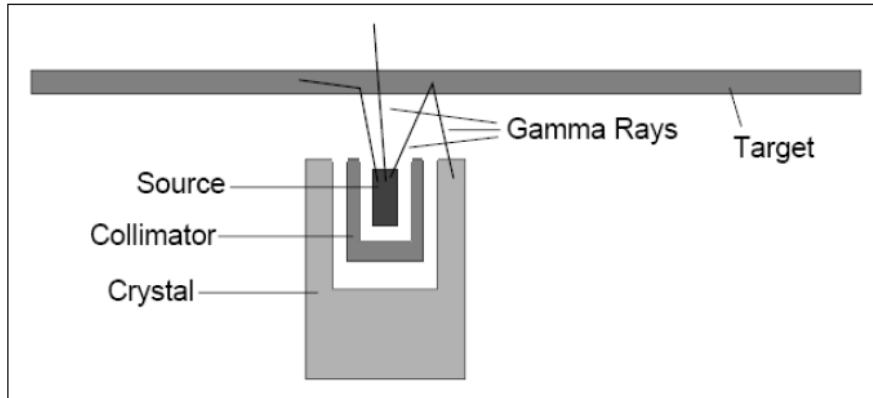
Laitetoimittaja suoritti käsimittarin kalibroinnin ennen mittauksen alkua. Mittaus-tulokseen vaikuttaa myös koneessa käytössä oleva viira, kudostoimittajalta saa tiedot viirasta. Kuiva-ainepitoisuus lasketaan kuivan massan painona prosentteina määstä massasta. Alla esimerkki laskentakaava kuiva-aineen määrittämisestä laboratoriossa; (Edu.)

$$\frac{\text{kuivatun näytteen ja astian paino } (m_3) - \text{taaratun astian paino } (m_2)}{\text{määrän massan painolla } (m_1)} \times 100 \%$$

Kuiva-aineen laskennassa käytettiin seuraavaa kaavaa, ottaen huomioon mittaukstaapa joka tehtiin tuotannon aikana;

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$$

Kuivapaino on massa vähennettynä kosteudella. Mittari mittaa viiran alapuolelta, jolloin myös viirassa oleva vesi pitää vähentää pois jotta saadaan pelkän massan paino neliönkokoiselta alalta.



Kuva 14. NDC- anturi

6.3 Monikammioinen imulaatikko

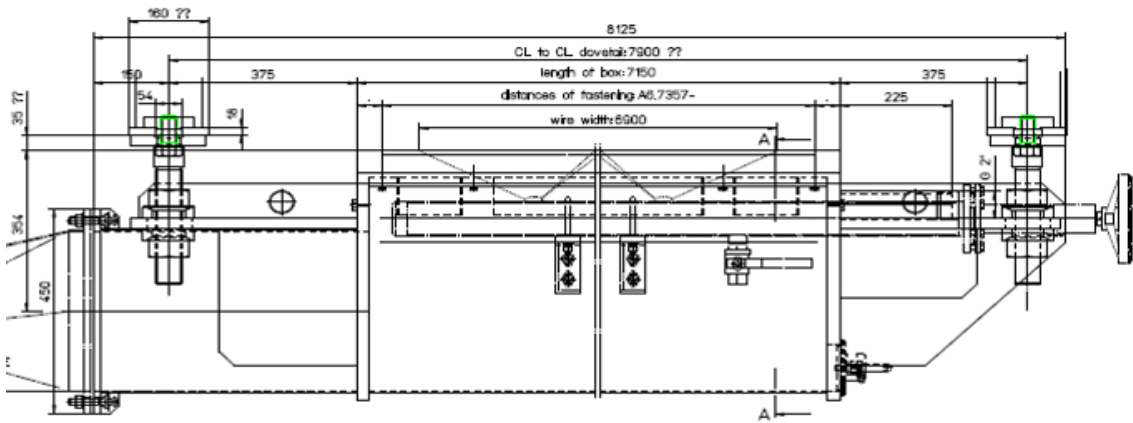
Kartonkikoneelle hankittiin uusi monikammioinen imulaatikko, jonka tavoitteena oli:

- saada nostettua tuotantoa 1 %
- parantaa ajettavuutta puristinosalla sekä korkeampi kuiva-aine pitoisuus
- alentaa höyrynkulutusta kuivatusryhmillä, noin 1 % kuiva-aineen nousu viiran jälkeen vastaa noin 2 - 4 % höyrynkulutuksen laskua

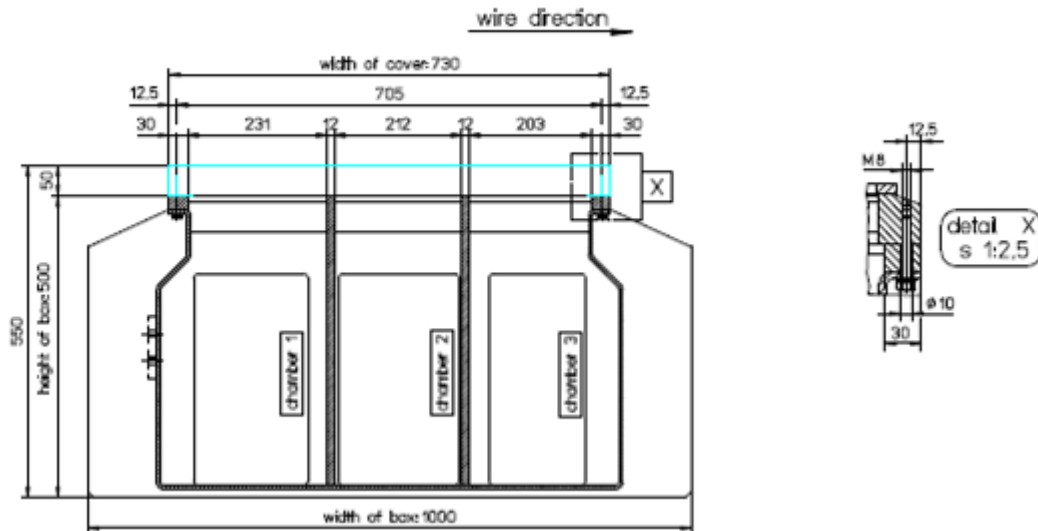
Mitä enemmän saadaan kuiva-ainepitoisuutta nostettua, eli poistamalla vettä ennen kuivatusryhmiä sitä energiatehokkaampaa tuotannosta saadaan. Uuden laatikon on tarkoitus jäädä käyttöön ja haetaan optimiajomallit kun laitteelle saadaan tarvittavat ajotestit tehdyksi.



Kuva 18. Imulaatikon sijainti



Kuva 19. Monikammioinen imulaatikko sivusta



Kuva 20. Monikammioinen imulaatikko edestä

6.4 Projektin kulku ja koeajon kulku

Monikammioinen imulaatikko asennettiin taustaviiran loppuosalle ennen puristinosaa, jolloin kaikki kartongin kerrokset (pinta-, runko- ja taustakerros) ovat yhdistetty. Alueella sijaitsee vanhoja tasoimulaatikkoja joita poistettiin investoinnin aikana, ja osa niistä jätettiin viiraa tukemaan. Uuden imulaatikon kammiot olivat yhdistetty Sulzer imupumppuun seuraavasti:

- Trivac 1 kammio kytkettiin Sulzerin 3. vyöhykkeeseen
- Trivac 2 kammio kytkettiin Sulzerin 3. vyöhykkeeseen
- Trivac 3 kammio kytkettiin Sulzerin 1. vyöhykkeeseen

Sulzer 1. vyöhykkeeseen kuuluu myös viiran imutelan tyhjö, tämä järjestely mahdollistaa imutelan tyhjän säädön. Imulaatikon asennukset tehtiin syksyn suurseisokissa ja järjestelmän testaus tuotannossa tehtiin syksyllä. Imutasojen nosto tehtiin manuaalisesti aloittaen ilman imuja ja mittaamalla kuiva-ainepitoisuus jolloin tiedettiin lähtöarvot. Koeajo aloitettiin referenssipisteellä, nämä arvot olivat käytössä asennuksen jälkeen jolla todettiin imulaatikon käytettävyys ja toimivuus. Kammiokohtaisia imuja ei vielä ollut tarkemmin määritetty ja tutkittu, tärkeintä on koneen ajettavuus ja imutasojen hallittu nosto asteittain.

Ennen monikammioista imulaatikkaa:

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{15,9} \quad \%$$

Lajin paino	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	13	26,0
Radan vesimäärä	1535 g/m ²	2. kammio	23	41,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	15	47,0

Monikammioisen imulaatikon jälkeen:

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{17,7} \quad \%$$

Lajin paino	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	13	26,0
Radan vesimäärä	1362 g/m ²	2. kammio	23	41,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	15	47,0

Imutelan jälkeen:

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{19,2} \quad \%$$

Lajin paino	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	13	26,0
Radan vesimäärä	1242 g/m ²	2. kammio	23	41,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	15	47,0

Taulukko 2. Ajotilanne

Ennen koeajon alkua mitattiin kuiva-ainepitoisuudet kolmesta kohtaa; ennen imulaatikkaa, imulaatikon jälkeen ja puristinosaan imutelan jälkeen. Mitä korkeammaksi kuiva-ainepitoisuus nousee imutelan jälkeen, sen vähemmän tarvitaan höyryä kuivatusryhmillä kuivattamiseen loppukosteuteen. Sitä kautta syntyy tuntuvaa energian säästöä. Imutela operoi kokoajan samalla tyhjöllä eli 68 kPa. Koeajossa seurattavia kohteita oli; kuiva-ainepitoisuus, höyrynkulutus kuivatusosalla ja Sulzer imupumpun sähkömoottorin kuormitus. Alkutiedot ovat kai-

kissa samat, lajin neliöpaino 295 g/m², radan kuivapaino 271,4 g/m² ja viiran sisältämä vesimäärä 100 g/m².

Ennen monikammioista imulaatikkoo:			
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$		15,9 %	
Laji	295 g/m ²		
Kosteusprosentti	8 %		
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²		
Radan vesimäärä	1535 g/m ²		
Viiran vesimäärä	100 g/m ²		
		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
		1. kammio	0,0
		2. kammio	0,0
		3. kammio	0,0

Monikammioisen imulaatikon jälkeen:			
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$		16,0 %	
Laji	295 g/m ²		
Kosteusprosentti	8 %		
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²		
Radan vesimäärä	1524 g/m ²		
Viiran vesimäärä	100 g/m ²		
		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
		1. kammio	0,0
		2. kammio	0,0
		3. kammio	0,0

Imutelan jälkeen:			
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$		19,0 %	
Laji	295 g/m ²		
Kosteusprosentti	8 %		
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²		
Radan vesimäärä	1257 g/m ²		
Viiran vesimäärä	100 g/m ²		
		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
		1. kammio	0,0
		2. kammio	0,0
		3. kammio	0,0

Taulukko 3. Lähtötilanne

Koeajo aloitettiin noin kello 9.00 ja se oli kestoltaan yhden tunnin. Lähtötilanteessa koneella ajettiin niin kuin ennenkin, ilman uutta imulaatikkoo. Mittasimme kuiva-ainepitoisuudet ja saimme koeajoa varten nollalähtökohdan. Kuiva-ainepitoisuus ennen imulaatikkoo oli 15,9 %, jälkeen 16,0 % ja imutelan jälkeen 19,0 %.

Koepisteessä 1. avasimme ohjaavia venttiileitä ja nostimme tyhjötasoja tavoitekohtaan. 1. kammiossa 32kPa, 2.kammiossa 44 kPa ja 3. kammiossa 55 kPa.

Kuiva-ainepitoisuus ennen imulaatikkoa oli 15,9 %, jälkeen 18,6 % ja imutelan jälkeen 19,6 %. Imupumpun sähkömoottorin tehontarve nousi myös 792 kW:sta 889 kW:hen.

Ennen monikammioista imulaatikkoa:				
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{15,9} \%$				
Laji	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	15	32,0
Radan vesimäärä	1535 g/m ²	2. kammio	50	44,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	18	55,0

Monikammioisen imulaatikon jälkeen:				
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{18,6} \%$				
Laji	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	15	32,0
Radan vesimäärä	1287 g/m ²	2. kammio	50	44,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	18	55,0

Imutelan jälkeen:				
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{19,6} \%$				
Laji	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	15	32,0
Radan vesimäärä	1213 g/m ²	2. kammio	50	44,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	18	55,0

Taulukko 4. Koepiste 1

Koepisteessä 2. avasimme lisää venttiileitä ja kasvatimme imutasoja entisestään, jolloin 1. kammiossa oli 40 kPa, 2. kammiossa 44 kPa ja 3. kammiossa 60 kPa. Kuiva-ainepitoisuudeksi saimme ennen imulaatikkoa 15,9 %, imulaatikon jälkeen 18,6 % ja imutelan jälkeen 19,6 %. Ei parannusta vaikka tehoja lisättiin, jolloin myös imupumpun sähkömoottorin tehontarve nousi entisestään 889 kW:sta 910 kW:hen. Tässä kohdin huomioimme, ettei imutasoja nostamalla

saada enempää kuiva-aineen kapasiteettia nostettua, 3. kammion tyhjötasoa alkaa olla jo lähellä imutelan tyhjöä, joten ongelmaksi voi koitua ajettavuus ongelmia sekä energian kulutus nousi huomattavasti.

Ennen monikammioista imulaatikkoa:			
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$		15,9 %	
Laji	295 g/m ²		
Kosteusprosentti	8 %		
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	22
Radan vesimäärä	1535 g/m ²	2. kammio	60
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	21
			Imutaso kPa
			40,0
			44,0
			60,0

Monikammioisen imulaatikon jälkeen:			
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$		18,6 %	
Laji	295 g/m ²		
Kosteusprosentti	8 %		
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	22
Radan vesimäärä	1295 g/m ²	2. kammio	60
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	21
			Imutaso kPa
			40,0
			44,0
			60,0

Imutelan jälkeen:			
$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine}$		19,6 %	
Laji	295 g/m ²		
Kosteusprosentti	8 %		
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	22
Radan vesimäärä	1213 g/m ²	2. kammio	60
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	21
			Imutaso kPa
			40,0
			44,0
			60,0

Taulukko 5. Koepiste 2

Koepisteessä 3. muutettiin ohjausta jolloin 1. kammiossa oli 30 kPa, 2. kammiossa 41 kPa ja 3. kammiossa 50 kPa. Näillä arvoilla oli ajettavuuden kannalta paras tilanne, kuiva-ainepitoisuus tippui edellisestä 19,6 % tuloksesta 19,4 %.

Ennen monikammioista imulaatikkoo:

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{15,9} \%$$

Laji	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	15	30,0
Radan vesimäärä	1535 g/m ²	2. kammio	23	41,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	16	50,0

Monikammioisen imulaatikon jälkeen:

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{18,2} \%$$

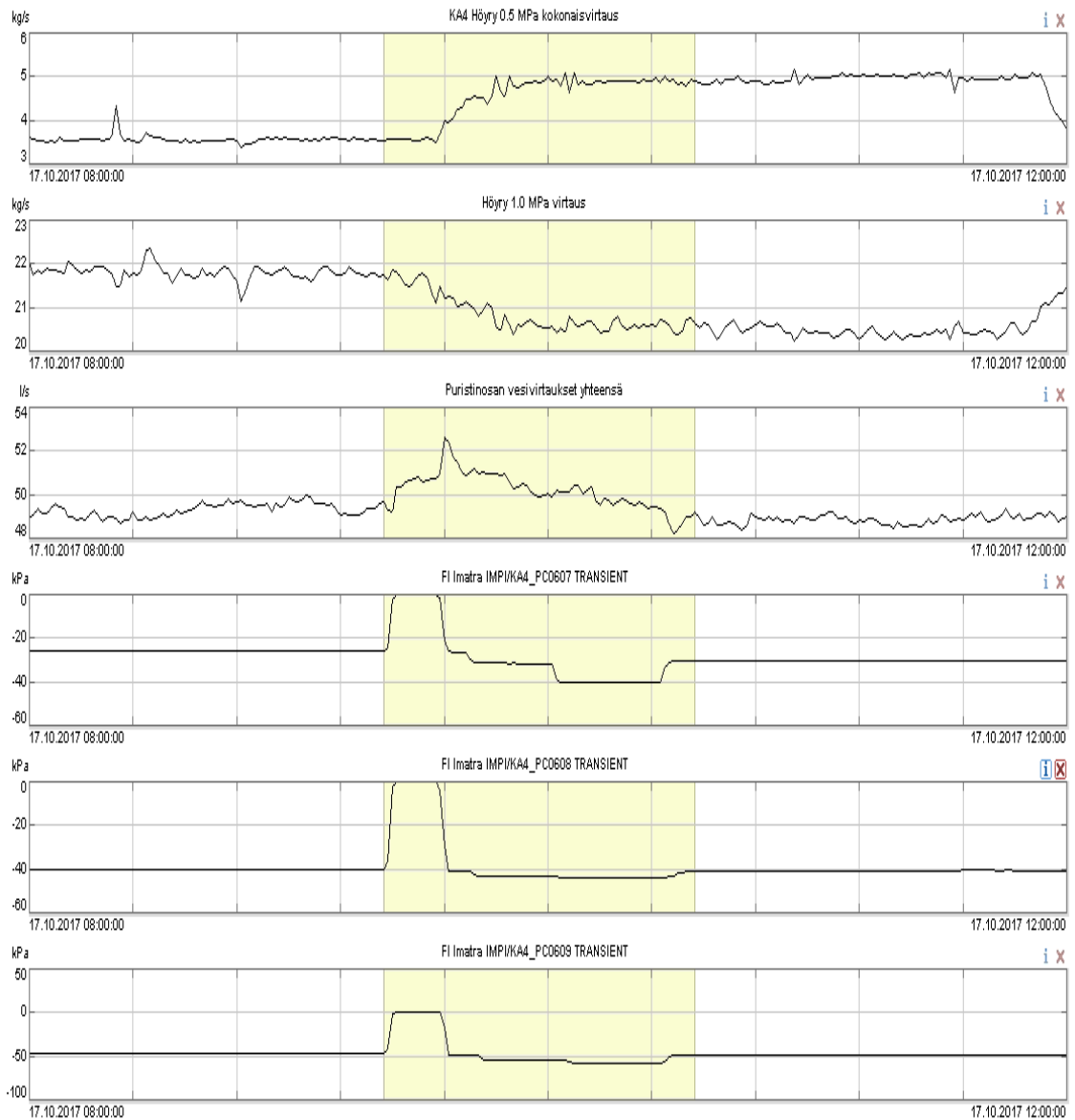
Laji	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	15	30,0
Radan vesimäärä	1319 g/m ²	2. kammio	23	41,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	16	50,0

Imutelan jälkeen:

$$\frac{\text{radan kuivapaino}}{(\text{radan vesimäärä} + \text{kuivapaino} - \text{viiran vesimäärä}) * 100} = \text{kuiva-aine} \quad \underline{19,4} \%$$

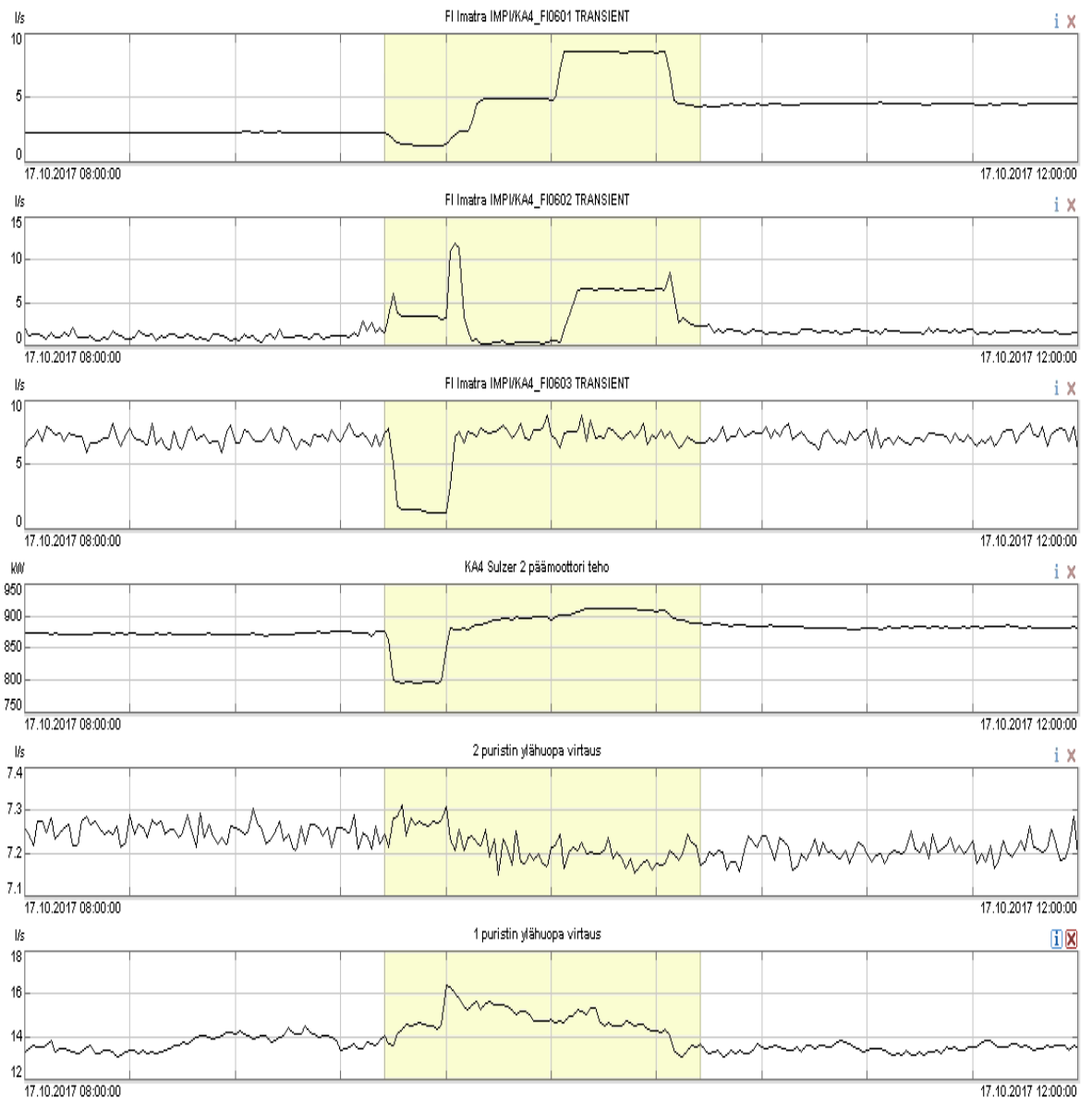
Laji	295 g/m ²			
Kosteusprosentti	8 %		Venttiilin ohjaus %	Imutaso kPa
Radan kuivapaino	271,4 g/m ²	1. kammio	15	30,0
Radan vesimäärä	1227 g/m ²	2. kammio	23	41,0
Viiran vesimäärä	100 g/m ²	3. kammio	16	50,0

Taulukko 6. Koepiste 3



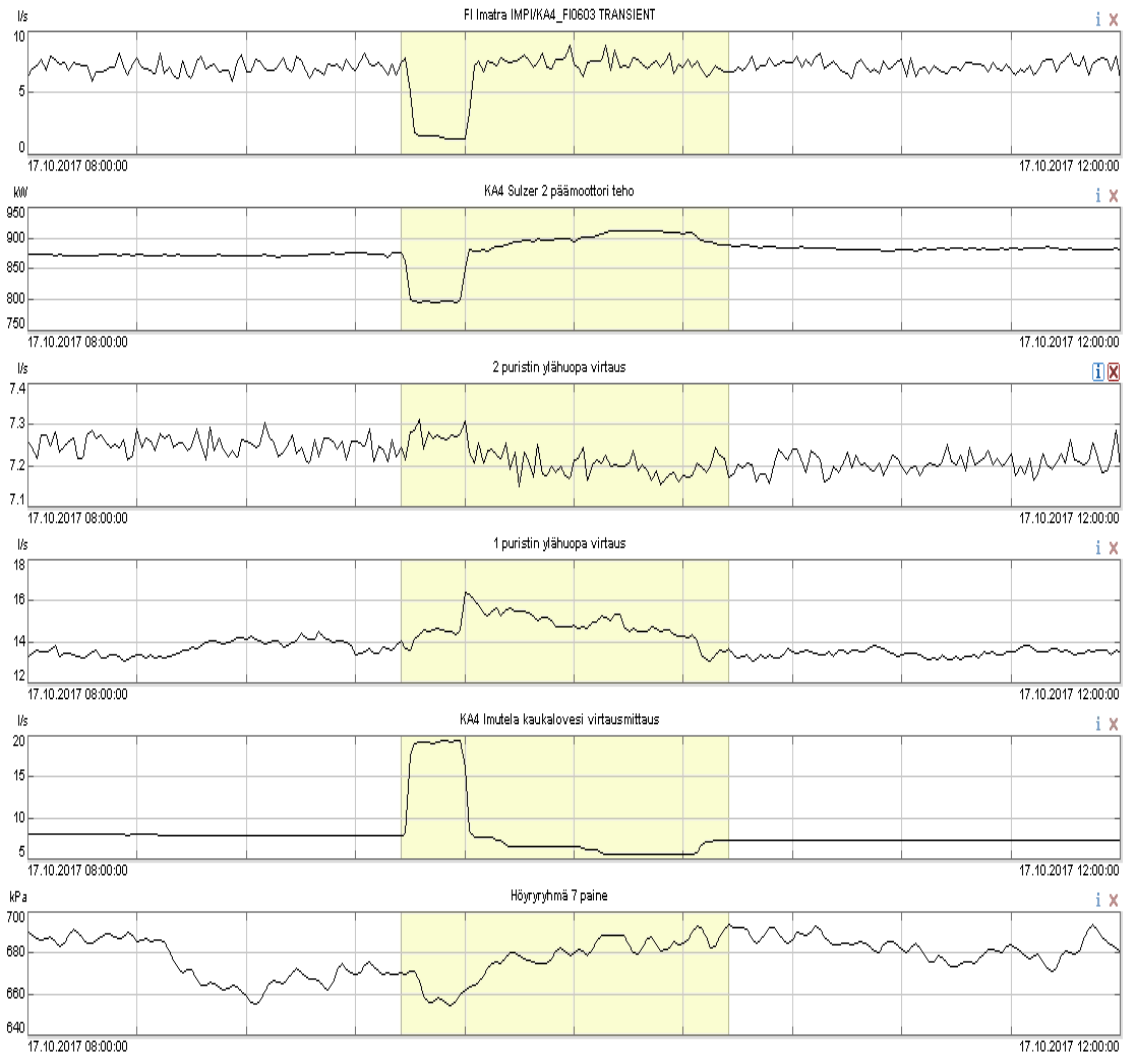
Kuva 21. Wedge analyysi

Höyryjen käytössä 5 bar ja 10 bar linjoissa oli eroja. 5 bar kulutus lähti nousemaan ja 10 bar höyry kulutus aavistuksen laski. Voidaan olettaa, että jostain syystä rata tulee märempänä tai tiiviimpänä kuivatusryhmän alkuosalle, eikä kuiva niin hyvin. Vaaditaan enemmän lämpöenergiaa kuivatukseen. Puristinosalla vesivirtaus on alussa kovempi kun imuja ei vielä ollut, mutta tasaantuu koeajon edetessä. Kolme alinta kohtaa taulukossa on ylhäältä alaspäin lueteltuna tyhjätasot kPa kammioille 1. – 3.



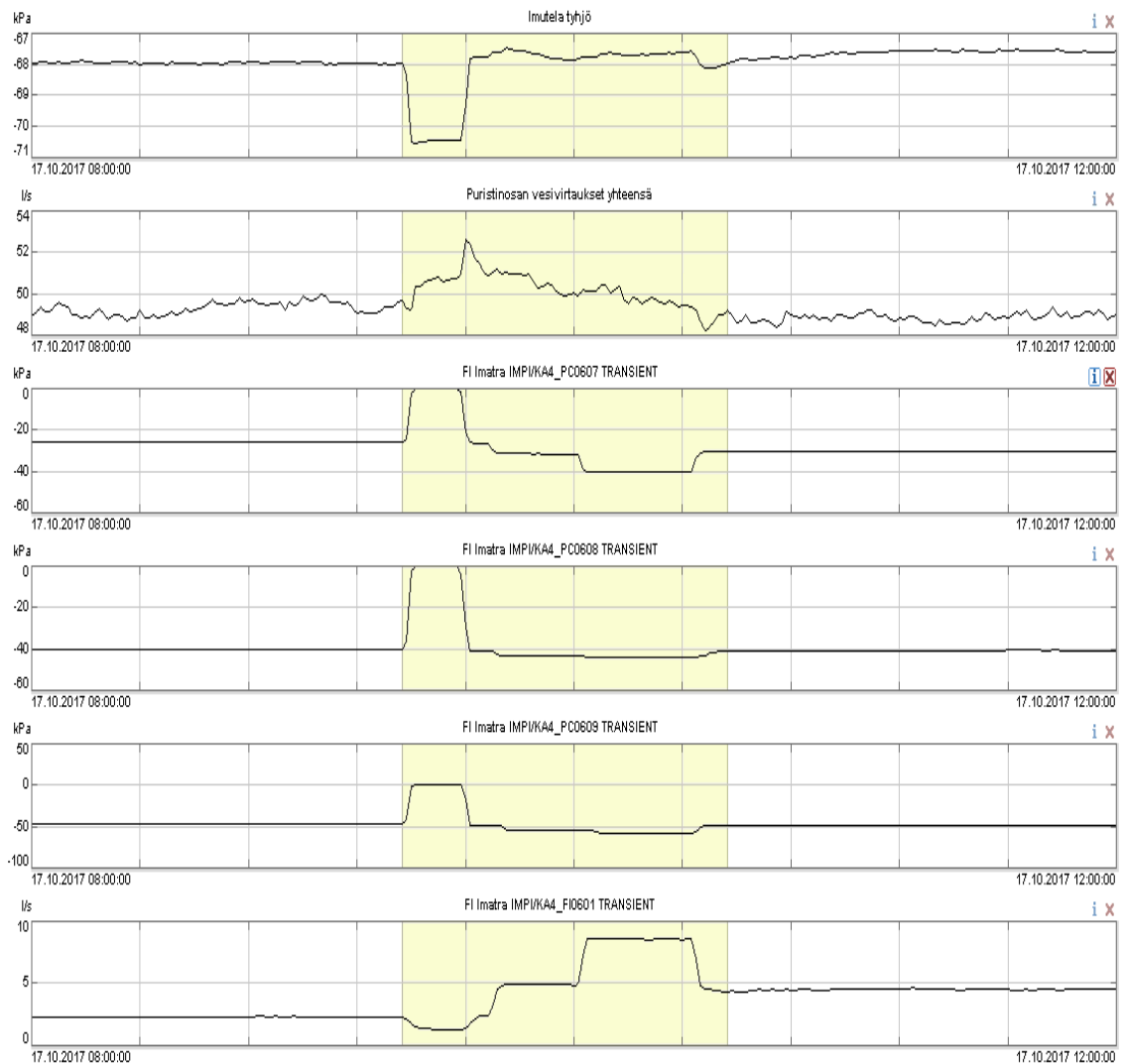
Kuva 22. Wedge analyysi

Taulukossa 3. ensimmäistä ovat 1. – 3. kammioiden vesivirtaamatasot. Sulzerin moottorin tehontarpeen lisäys näkyy heti kun tyhjötasoja nostettiin sekä puristinosan ylähuovilla veden poisto vähentyi. Tehontarpeen lisäys on huomattava, ja monikammioisen imulaatikon on tarkoitus myös saada aikaan energian säästöä, jolloin imupumput eivät olisi niin kovalla käytöllä.



Kuva 23. Wedge analyysi

Höyryryhmä 7 paine kasvoi jatkuvasti, eli kuivatuskapasiteettia tarvitaan lisää. Huopien vesivirtaukset vähentyivät, jolloin vettä ei poistu niiden kautta yhtä paljon. Muuten kuvaajat tukevat jo tähän asti havainnoituja asioita, kuivuminen kuivatusryhmillä ei toimi niin hyvin kuin pitäisi.



Kuva 24. Wedge analyysi

7 Yhteenveto ja loppupäätelmät

Monikammioisen imulaatikon avulla saatiin lähtötilanteeseen nähden nostettua 0,6 % kuiva-aineen osuutta imutelan jälkeen. Tavoitteena oli vähintään prosentin nosto, jolloin saataisiin höyryryhmillä energiatehokkuutta parannettua. Imulaatikon ollessa pois päältä 7-ryhmän höyryn paine laskee noin 690 kPa – 650 kPa. Oletettavasti rata on tiivimpää tai kosteampaa puristinosan jälkeen, jolloin kuivatustehoa tarvitaan enemmän. Hyvin todennäköistä on, että kovemmat tyhjötasot tekevät rainasta niin tiivistä, ettei vesi pääse poistumaan kunnolla. Viiran imutelalta poistuu vähemmän kaukalovettä, 7 l/s ja imulaatikon ollessa pois

päältä 19 l/s. Viiranimutelan tyhjö laskee 71 kPa:sta 67 kPa:han, kun imulaatikko on käytössä. Puristinosalta poistuu ilman imulaatikkoa 51 l/s ja imulaatikon kautta 49 l/s. Tyhjäpumpun kuorma nousee yli 100 kW.

Imulaatikon avulla ei saavutettu näillä asetuksilla niitä hyötyjä mitä haettiin. Nopeutta ei turvallisesti voida nostaa. Myös energiankulutus nousee, ja operointi koneella muuttuu hankalammaksi, koska tyhjötasot on säädettävä manuaalisesti. Rata on todennäköisesti tiivistynyt kovasta tyhjästä, jolloin veden poisto imutella ja puristinosalla hankaloituu. Rata voi olla kuivempi puristinosalle tullessa ja kuivuu heikommin kuivatusosalla koska on tiiviimpi.

Projekti ja kehitystyö investoinnin osalta jatkuu, tavoitteena on saada systeemiä toimiva ja energiatehokas. Tyhjöjärjestelmän ja pumppujen tarkastelu on seuraavana vuorossa ja sitä kautta saadaan mahdolliset toimenpiteet, joita lähdetään kehittämään.

Lähteet

Seppälä, J. Häggblom-Ahnger, U. Komulainen, P. 2000. Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Stora Enso esittelymateriaali intrassa. Pääsy vain Stora Enson henkilöstötunnuksilla. Luettu 15.2.2017

Imatran tehtaiden tuotanto. 2018. Stora Enso Oyj. Henkilöstön intranet. Pääsy vain henkilöstötunnuksilla. Luettu 15.2.2017

Arjas, Antti. 1983. Paperin valmistus. Turun Sanomat Oy.

Knowpap.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/6_f_fabrics/1_forming_fabrics/frame.htm Luettu 28.2.2018

Salhydro. <https://www.salhydro.fi/files/PDF/14.tyhjiotekniikka-pumput.pdf> Luettu 7.3.2018

Tuononen, J. NDC-mittareiden hyödyntäminen laadunsäädössä. 2010. Saimaan ammattikorkeakoulu. Paperitekniikan koulutusohjelma.

Savcor. <http://www.savcor.com/savcor-wedge/#> Luettu 4.4.2018

Edu.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/teollisuusnayteanalyysit_selluloosamassan_kuiva-aine_ja_sakeus.html Luettu 7.4.2018

Liitteet

Kuvat

Kuva 1. Stora Enson historia (Stora Enso intranet)

<https://imatra-mills.weshare.storaenso.com/avaintiedot/esitysaineisto/Pages/default.aspx>

Kuva 2. Imatran tehtaiden tuotanto (Stora Enso intranet)

<https://imatra-mills.weshare.storaenso.com/avaintiedot/esitysaineisto/Pages/default.aspx>

Kuva 3. CTMP (Stora Enso intranet)

<https://imatra-mills.weshare.storaenso.com/avaintiedot/esitysaineisto/Pages/default.aspx>

Kuva 4. Kartonkikone 4 (Stora Enso intranet)

<https://imatra-mills.weshare.storaenso.com/tuotanto/IMT/Pages/default.aspx>

Kuva 5. Imatran tehtaat (Stora Enso intranet)

<https://imatra-mills.weshare.storaenso.com/avaintiedot/esitysaineisto/Pages/default.aspx>

Kuva 6. Koneiden tuotteet tuotanto (Stora Enso intranet)

<https://imatra-mills.weshare.storaenso.com/avaintiedot/esitysaineisto/Pages/default.aspx>

Kuva 7. Eräkeittäjä

http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/cooking/1_process/1_principle/SB_keittamo.jpg

Kuva 8. Jatkuva keittäjä

http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/cooking/1_process/1_principle/kamyr_valokuva.jpg

Kuva 9. Massan valmistus hiertämällä.

http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/cooking/1_process/1_principle/hierron_periaate_kuva.htm

Kuva 10. Kartongin valmistus

Kartonginvalmistuksen vaiheet (Stora Enso Intranet 2011.), s. 13

Kuva 11. Märkäviirien käyttö

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/6_f_fabrics/1_forming_fabrics/markaviirat_kaytto.jpg

Kuva 12. Kenkätela

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/7_press_felts/6_belts/frame.htm

Kuva 13. Viiraosan vedenpoistoelimien aiheuttamat impulssit

Arjas, Antti. 1983. Paperin valmistus. s. 566

Kuva 14. NDC-anturi. Tuononen, J. NDC-mittareiden hyödyntäminen laadun-
säädessä. 2010. Saimaan ammattikorkeakoulu. Paperitekniikan koulutusohjel-
ma.

Kuva 15. Sulzer tyhjöpumppu (Stora Enso intranet)

Stora Enso, KA4.

Kuva 16. Sulzer tyhjöpumpun leikkauskuva. (Stora Enso intranet)

Stora Enso SAP.

Kuva 17. Nash- pumpun periaate

<https://www.salhydro.fi/files/PDF/14.tyhjiotekniikka-pumput.pdf>

Kuva 18. Imulaatikon sijainti (Stora Enso intranet)

Kuva 19. Trivac- imulaatikko sivu (Stora Enso intranet)

Kuva 20. Trivac- imulaatikko pääty (Stora Enso intranet)

Kuva 21. Wedge analyysi

Kuva 22. Wedge analyysi

Kuva 23. Wedge analyysi

Kuva 24. Wedge analyysi

Taulukot

Taulukko 1. Sulzer imupumpun teknisiä tietoja

Taulukko 2. Ajotilanne

Taulukko 3. Lähtötilanne

Taulukko 4. Koepiste 1

Taulukko 5. Koepiste 2

Taulukko 6. Koepiste 3