

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / Käyttö ja käynnissäpito

Petteri Rantanen

KUIVATUSKONEIDEN KK4 JA KK6 ENERGIATASEEN VERTAILU

Opinnäytetyö 2013

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma

RANTANEN, PETTERI

Kuivatuskoneiden KK4 ja KK6 energiataseen vertailu

Opinnäytetyö

41 sivua

Työn ohjaaja

Osaamisalapäällikkö, Markku Huhtinen

Toimeksiantaja

Stora Enso Oyj, Sunila Henrik Antila

Maaliskuu 2013

Avainsanat

energia, energiansäästö, energiatase, höyry, sähkö

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Stora Enson Sunilan tehtaassa kuivatuskoneiden KK4 ja KK6 energiataseet ja vertailla niitä keskenään. Työssä on laskettu erikseen sekä höyryn että sähkön kulutukset sellutonnin kohden ja vertailtu näitä kuivatuskoneiden välillä. Lisäksi selvitettiin vuoden 2012 seisokissa tehtyjen painelajittimien roottoreiden vaikutus lajittimien energiankulutukseen ja etsittiin uusia mahdollisia energiansäästökohteita kuivatuskoneilla. Työssä on hyödynnetty tehtaassa omasta tiedonkeruujärjestelmästä saatuja prosessitietoja. Muutamia erillisiä mittauksia jouduttiin kuitenkin suorittamaan.

Kuivatuskoneista KK4 kuluttaa höyryä 2576 MJ sellutonnin kohden. Tämä on noin 15 % enemmän kuin KK6 höyrynkulutus, mikä on 2239 MJ sellutonnin kohden. Sähkönkulutuksen suhteen KK6 kuluttaa sellutonnin kohden 440 MJ, kun taas KK4 sähkönkulutus on noin 11 % vähemmän ollen 397 MJ sellutonnin kohden. KK6 suurempi sähkönkulutus selittyy sillä, että kuivatusosana on niin sanottu leijuilmakuivain. Tässä kuivaimessa on 102 kiertoilmapuhallinta, joiden sähkönkulutus on 1,4 MWh. Tästä työstä saatuja tuloksia ja laskentakaavoja tullaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään tehtaassa omassa tietojärjestelmässä.

Painelajittimien roottoreiden vaihtoon oltiin tyytyväisiä, vaikka luvattu 60 % energiansäästö jäikin toteutumatta. Pelkällä roottorin vaihdolla saatiin noin 219 MWh:n säästö, mikä on noin 13 % alkuperäiseen verrattuna. Painelajittinta pyörittävän sähkömoottorin hihnapyörän vaihto toi vielä noin 500 MWh:n säästön, joten säästöä syntyi

kaikkiaan noin 720 MWh. Tämä on alkuperäiseen lajittimen sähkönkulutukseen verrattuna noin 42 % vähemmän.

Uusien mahdollisten energiansäästökohteiden selvitystyötä jatketaan tämän työn valmistumisenkin jälkeen. Näistä kohteista varsinkin painelajittimen laimennusvesipumpun korvaamista toisella pumpulla tullaan testaamaan mahdollisuuksien mukaan.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

RANTANEN, PETTERI

Comparison Energy Balances of Drying Machines DM4
and DM6

Bachelor's Thesis

41 pages

Supervisor

Markku Huhtinen, Manager of Department

Instructor

Henrik Antila

Commissioned by

Stora Enso Oyj, Sunila

March 2013

Keywords

energy, energy saving, balance of energy, steam, electricity

The objective of the thesis was to find out Stora Enso's Sunila Mill drying machines DM4 and DM6 energy balances and compare them to each other. Steam and electricity consumption per tonne of pulp were calculated and results between drying the two machines compared. This work also investigated the saving of electricity in the pressurized screen, where new rotor was changed and new saving targets were sought.

It was possible to utilize existing measurements in the work and only a few new measurements were needed. The data were collected utilizing existing data collection systems. This work results and formulas will be used in the factory's own data collection system.

DM-4 steam consumption was 15 % more than DM-6, whereas the electricity consumption was higher at the DM-6. The reason for this was that the drying section at the DM-6 is an airborne dryer whereas 102 uses recirculation fans. Those fans used almost 1.4 MWh of electricity. The change of the pressurized screen rotor was found positive even though the promised 60 % energy saving was not reached. Search for new energy saving targets will be continued after this work.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	STORA ENSO OYJ	8
	2.1 Sunilan tehdas	8
	2.2 Prosessi	9
	2.2.1 Kuorimo	10
	2.2.2 Keittämö	11
	2.2.3 Pesemö	11
	2.2.4 Lajittamo	11
	2.2.5 Valkaisu	12
	2.2.6 Kuivatuskoneet	12
3	KUIVATUSKONEET JA NIIDEN ENERGIAN KULUTUS	13
	3.1 KK-4	13
	3.1.1 Viiraosa	13
	3.1.2 Puristinosa	14
	3.1.3 Kuivatusosa	15
	3.1.4 Sähkönkulutus	16
	3.1.5 Höyrynkulutus	17
	3.2 KK-6	20
	3.2.1 Viiraosa	20
	3.2.2 Puristinosa	21
	3.2.3 Kuivatusosa	22
	3.2.4 Sähkönkulutus	24
	3.2.5 Höyrynkulutus	25

4	PAINELAJITTIMIEN ROOTTOREIDEN VAIHTO	27
4.1	Painelajittimen toiminta	28
4.2	LR-roottori	29
4.3	Dolphin-roottori	30
4.4	KK6 painelajittimen energiansäästö	30
5	MAHDOLLISIA UUSIA ENERGIANSÄÄSTÖKOHTEITA	31
5.1	Kuivaussylinterit	31
5.1.1	Lämpölistat	32
5.1.2	Höyrykytkimet	34
5.2	Painelajittimen laimennusvesipumpun korvaaminen nurkkakaivon laimennusvesipumpulla	34
6	YHTEENVETO	36
	LÄHDELUETTELO	39

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Stora Enson Sunilan sellutehtaan kuivatuskoneiden KK4 ja KK6 energiataseet. Lisäksi selvitetään vuoden 2012 huoltoseisokissa tehtyjen painelajittimien roottoreiden vaihdon vaikutus lajittimien energiankulutukseen ja etsitään uusia mahdollisia energiansäästökohteita kuivatuskoneilla. Kuivatuskoneista laskettiin sekä sähkön- että höyrynkulutus sellutonna kohden ja vertailtiin saatuja tuloksia kuivatuskoneiden välillä. Kuivatuskoneiden energiataseiden avulla voidaan kuivatuskoneita ajaa mahdollisimman energiataloudellisesti varsinkin tilanteissa, joissa tehdas käy vajaalla tuotannolla.

Painelajittimien energiakulutuksen selvittäminen roottorien vaihdon jälkeen oli osana tätä opinnäytetyötä. Sen avulla saatiin selvyys siitä, päästiinkö kuinka lähelle roottori-toimittajan lupaamaa energiansäästöä.

Uusien mahdollisten energiansäästökohteiden selvitystyötä jatketaan tämän työn valmistumisenkin jälkeen. Näistä kohteista varsinkin painelajittimen laimennusvesipumpun korvaamista toisella pumpulla tullaan testaamaan mahdollisuuksien mukaan.

Tässä työssä on hyödynnetty tehtaan omaa tiedonkeruujärjestelmää, josta saatiin melkein kaikki tässä työssä tarvittava data. Muutamia erillisiä mittauksia jouduttiin kuitenkin järjestämään. Tiedot kerättiin tehtaan Savcor Wedge 8.0- prosessianalyysijärjestelmästä. Tämän järjestelmän avulla on mahdollista seurata erilaisia mittauksia useiden vuosien takaa. Työstä saatuja tuloksia ja laskentakaavoja tullaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään tehtaan omassa tietojärjestelmässä. Selvityksen alla on tehtaan oma infojärjestelmä, johon pyritään saamaan oma näyttö kuivatuskoneiden energiataseista.

2 STORA ENSO OYJ

Stora Enso on paperi-, biomateriaali-, puutuote- ja pakkausteollisuuden maailmanlaajuinen edelläkävijä – rethinker. Konsernin palveluksessa on noin 28 000 henkilöä yli 35 maassa. Stora Enson vuosittainen tuotantokapasiteetti on 5,2 miljoonaa tonnia kemiallista sellua, 12,1 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia, 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia ja 6,0 miljoonaa kuutiometriä puutuotteita, josta 3,0 miljoonaa kuutiometriä on jatkojalosteita. Konsernin liikevaihto vuonna 2012 oli 10,8 miljardia euroa ja operatiivinen liikevoitto 618,3 miljoonaa euroa. (1.)

2.1 Sunilan tehdas

Sunilan sulfaattisellutehdas sijaitsee Kotkassa, Kymijoen suulla. Tämä Alvar Aallon suunnittelema tehdas käynnistyi vuonna 1938. Se tuottaa valkaistua havupuusellua, niin sanottua armeeraussellua, puupitoisiin painopapereihin kuten päällystettyyn painopaperiin, SC- paperiin ja sanomalehtipaperiin. Sunilan tehtaalla työskentelee 160 vakituista henkilöä. Sen sellukapasiteetti on 375 000 t/a. Raaka-aineita ovat kuusi ja mänty. (2.)

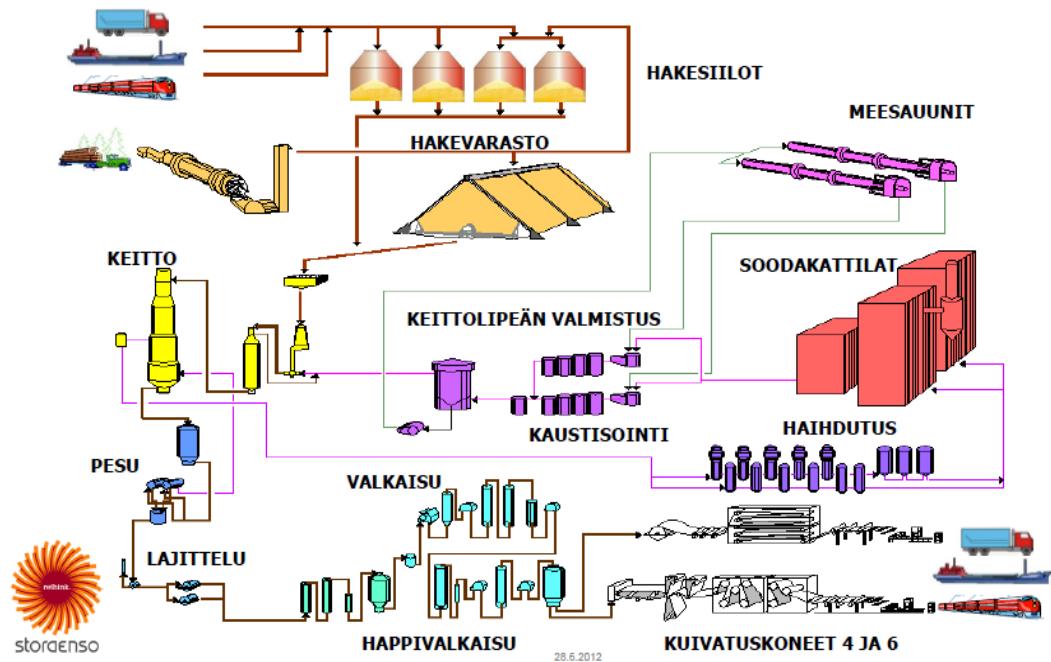
Sunilan tehdas on niin sanottu integroimaton tehdas. Integroimattomalla tehtaalla tarkoitetaan sitä, että sen yhteydessä ei ole paperi- tai kartonkikonetta. Sellu kuivataan kuivatuskoneella, arkitetaan ja paalataan. Sen jälkeen sellu viedään jatkojalostettavaksi koti- tai vientimaan markkinoille.



Kuva 1. Stora Enso Biomaterials Sunilan tehdas (3.)

2.2 Prosessi

Tehtaan sellukapasiteetti on 375 000 t/a valkaistua sulfaattisellua. Vuonna 2011 markkinasellun osuus oli 65 % ja integroidun sellun osuus 35 %. Raaka-aineena käytetään mänty- ja kuusipölliä, joista noin 65 % oli kotimaista ja noin 35 % oli tuontipuuta. Lisäksi käytetään sahaketta, jota tuodaan tehtaalle noin 200 km säteellä Kotkasta. Puunkulutus on noin 5,8 m³/ts eli vuodessa puuta kuluu noin 2 000 000 m³ riippuen tuotannon määrästä. Energian suhteen tehdas on omavarainen. (2.)



Kuva 2. Sunilan tehtaan prosessikaavio (3.)

2.2.1 Kuorimo

Kuorimolla tuotu puu varastoidaan jokainen lajike omalle alueelleen. Puukentältä puu nostetaan sulatuskuljettimelle, joka varsinkin talvisin on välttämätöntä, jotta puu saadaan kuorittua. Puun sulatus tapahtuu rumpuun syöttävällä kuljettimella. Sulatuksen jälkeen puu menee kuorimarumpuun. Kuorinnassa puu kuoritaan jatko-prosessin edellyttämään puhtausasteeseen mahdollisimman pienin puuhäviöin. Kuori alentaa hakkeesta saatavan massan vaaleutta ja hieman myös lujuuksia. Kuorinnan jälkeen puut purkautuvat portin kautta hakun syöttölinjalle. Syöttölinjalla puut pestään ja siitä erotellaan mahdolliset epäpuhtaudet kuten kuori, hiekka ja kivet. Syöttölinjan loppupäässä ennen hakkua sijaitsee metallinilmaisim, jonka tarkoituksena on ilmaista mahdolliset metallit puun joukosta. Tällä vältetään hakun terien rikkoontuminen.

Haketuksessa tavoitteena on tuottaa hyvälaatuista ja homogeenista haketta. Hakun jälkeen hake seulotaan, jossa hakkeesta poistetaan jatko-prosessia haittaavat jakeet. Tämän jälkeen hake varastoidaan lajista riippuen joko hakesiiloihin tai hakekasalle. Laadun parantamiseksi Sunilan tehtaalle rakennettiin vuonna 2002 neljä hakesiiloa. Hakesiilot mahdollistavat hakesuhteiden tarkan hallinnan. (4.)

2.2.2 Keittäminen

Kemiallisen massanvalmistuksen tehtävänä on kemikaalien ja lämmön avulla poistaa kuituja sitovaa ligniiniä siinä määrin, että hake kuituuntuu helposti. Kuidut pyritään pitämään mahdollisimman pitkinä, ehjinä ja vahvoina. Lisäksi pyritään poistamaan puun uuteaineita, jotka muun muassa aiheuttavat saostumia ja vaahtoamista prosessissa. Sulfaattikeitossa keittokemikaaleina käytetään natriumhydroksidia (NaOH) ja natriumsulfidin (Na_2S) seosta, niin sanottua valkolipeää.

Sunilassa on niin sanottu jatkuvatoiminen keitin, jossa haketta ja keittokemikaaleja syötetään jatkuvasti keittimen yläpäähän ja massaa poistetaan alapäästä. Keitin on jaettu vyöhykkeisiin, jossa keiton eri vaiheet tapahtuvat. Keiton hallittavuus ja sen tasaisuus ovat edellytyksenä seuraavien prosessivaiheiden onnistumiselle. Mahdolliset häiriöt heijastuvat edelleen muille osastoille ja aiheuttavat sellussa muun muassa lujus- ja vaaleusvaihteluita, muutoksia jauhautuvuudessa, roskaisuutta ja jälkikellertymistä.

(4.)

2.2.3 Pesemö

Pesu on massanvalmistuksen yleisin yksikköprosessi. Sen tavoitteena on orgaanisen aineen, muun muassa ligniinin ja epäorgaanisen aineen kuten keittokemikaalien talteenotto mahdollisimman tarkkaan regenerointia varten mahdollisimman pienellä pesuvesimäärällä. Jatkokäsittelyä silmällä pitäen massa pyritään pesemään mahdollisimman hyvin. Tämä vähentää muun muassa kemikaalien käyttöä valkaisulaitoksella sekä vähentää valkaisun jätevesiin menevän aineksen määrää. Lisäksi sillä on suuri merkitys myöhemmin massaa käsiteltäessä. Se vähentää muun muassa kuohumista.

(4.)

2.2.4 Lajittamo

Massan lajittelun päätarkoituksena on poistaa haitallisia epäpuhtauksia hyvän massan joukosta mahdollisimman pienin priimakuituhäviöin ja kohtuullisin kustannuksin. Havupuussa yleisimmät epäpuhtaudet ovat kuitukimput ja kuoriroskat. Massa sisältää myös jonkin verran hiekkaa, joka kulkeutuu prosessiin puun mukana. Pääosa epäpuh-

tauksista noin 50–80 % koostuu usein merkittävästi suuremmista osasista kuin itse kuidut ovat. Vain pieni osa noin 1–2 % on kuituja pienempiä. (4.)

2.2.5 Valkaisu

Valkaisun tarkoituksena on massan vaaleuden ja puhtauden parantaminen. Tämä tapahtuu joko poistamalla tai vaalentamalla massan värillisiä aineita. Tavoitteesta riippuen puhutaan ligniiniä poistavasta valkaisuista tai ligniiniä säästävistä valkaisuista. Kemialliset massat valkaistaan useimmiten ligniiniä poistavalla valkaisuilla. Tällä menetelmällä massan vaaleus säilyy huomattavasti paremmin eli jälkikellertyminen on vähäisempää. Valkaisukemikaaleina käytetään muun muassa vetyperoksidia (H_2O_2) ja klooridioksidia (ClO_2). (4.)

2.2.6 Kuivatuskoneet

Integroimattoman tehtaan massa täytyy kuivata ilmakeivaksi paalausta, varastointia ja kuljetusta varten. Massa säilyy paremmin kuivattuna. Kuivuessaan kuitujen seinämissä tapahtuu eräänlaista ”sarveistumista”. Kuivatetun ja uudelleen hajotetun, mutta jauhamattoman massan kuidut ovat jäykkiä, massasta valmistetun paperin tiheys on pieni ja kuitujen väliset sidokset heikkoja verrattuna kuivattamattomasta massasta tehtyyn paperiin.

Koko kuivatuskoneen historian aikana märkäässä on esiintynyt kolmea erilaista menetelmää, jotka kaikki ovat käytössä edelleen. Imusylinteri, tasoviirakone ja kaksoisviirakone ovat nämä kyseiset käytössä olevat menetelmät. Näistä kaksi ensimmäistä ovat käytössä Sunilan sellutehtaalla. Kuivatuskoneessa viiraosan jälkeen on puristinosa, jonka jälkeen massan kuiva-ainepitoisuus on noin 50 %. Viira- ja puristinosa jälkeen massa kuivataan ulkopuolisella lämpöenergialla noin 90 % kuiva-ainepitoisuuteen. Kun viira- ja puristinosaalla veden poisto tapahtuu mekaanisesti, niin kuivatusosalla on kyse haihduttamisesta. Haihduttaminen vaatii runsaasti energiaa.(4.)

3 KUIVATUSKONEET JA NIIDEN ENERGIAN KULUTUS

3.1 KK4

KK4 on vuonna 1982 valmistunut, Ahlströmin toimittama tasoviiralla varustettu kuivatuskone. Konetta on modifioitu vuosien varrella jonkin verran. Muun muassa puristinosalle on lisätty yksi puristin ja kaapin kuivatustehoa on kasvatettu. Koneen maksiminopeus on noin 120 metriä minuutissa kuivaneliöpainon ollessa noin 750- 800 g/m². Koneen työleveys on 4,2 metriä ja maksimi vuorokausituotanto noin 570 t/d.

3.1.1 Viiraosa

KK4:n märkää viiraa on varustettu tasoviiralla. Perälaatikon kautta viiralle johdetun massan sakeus on noin 1,0 %. Perälaatikon tehtävänä on jakaa massarainaa tasaiseen neliömassaan kone- ja poikkisuuntaisesti. Massan kuiva-ainepitoisuus nostetaan viiraosalla imulaatikoiden ja foilien avulla. Viiraosalla massan kuivumista tehostetaan vielä lämmittämällä massarainaa kemiallisesti puhdistetulla kuumalla vedellä ja höyrylaatikon avulla, josta puhalletaan 2,5 barin matalapainehöyryä massarainan päälle. Viiraosan jälkeen massarainan kuiva-ainepitoisuus on noin 20–30 %.



Kuva 3. KK4 viiraosa

3.1.2 Puristososa

Toimintatavaltaan sellukoneiden puristososat ovat kuin paperikoneiden, mutta käytetyt viiva- ja pintapaineet ovat paljon suurempia ja tämän takia rakenteeltaan myös raskaampia. Eri puristintyyppien toiminta perustuu massarainan johtamiseen kahden puristimen muodostaman nipin läpi.

Kuivatuskone 4 puristososa on varustettu huovilla, joiden tehtävänä on johtaa massarainasta puristettu vesi huopien imulaatikoiden kautta vedenerotussäiliöihin. Sieltä vesi johdetaan takaisin nollavesisäiliöön. Kakkospuristimen ylätela on rei'itetty metallivaippainen imutela. Siinä vesi poistuu suoraan huovan läpi imukanavia myöten. Puristimen toiminta ei ole niin riippuvainen huovan puhtaudesta, koska vesi poistuu kyseisestä puristimesta nopeasti kulkien vain lyhyen matkan sen pituus- ja poikkisuuntaan. KK4 viira- ja puristososan alipaine saadaan aikaan neljällä Nash-pumpulla eli tyhjöpumpulla. Puristososan jälkeen massarainan kuiva-ainepitoisuus on noin 50 %.



Kuva 4. KK4 puristososa

3.1.3 Kuivatusosa

Sellunkuivattimet voidaan luokitella kahteen pääryhmään sen tavan mukaan, millä kuivattamiseen tarvittava lämpövirta siirretään kuivatettavaan aineeseen. Kontaktikuivattimet ovat kuivattimia, joissa lämpö tulee sellurainaan sitä koskettavista kuumista metallipinnoista. Näitä ovat muun muassa sylinterikuivaimet ja tyhjökuivaimet. Konventiokuivattimissa lämpö tulee sellurainaan sitä ympäröivästä kuivatusilmasta. Näitä ovat muun muassa erilaiset puhallinkuivattimet sekä niin sanotut hiutalekuivattimet. (5.)

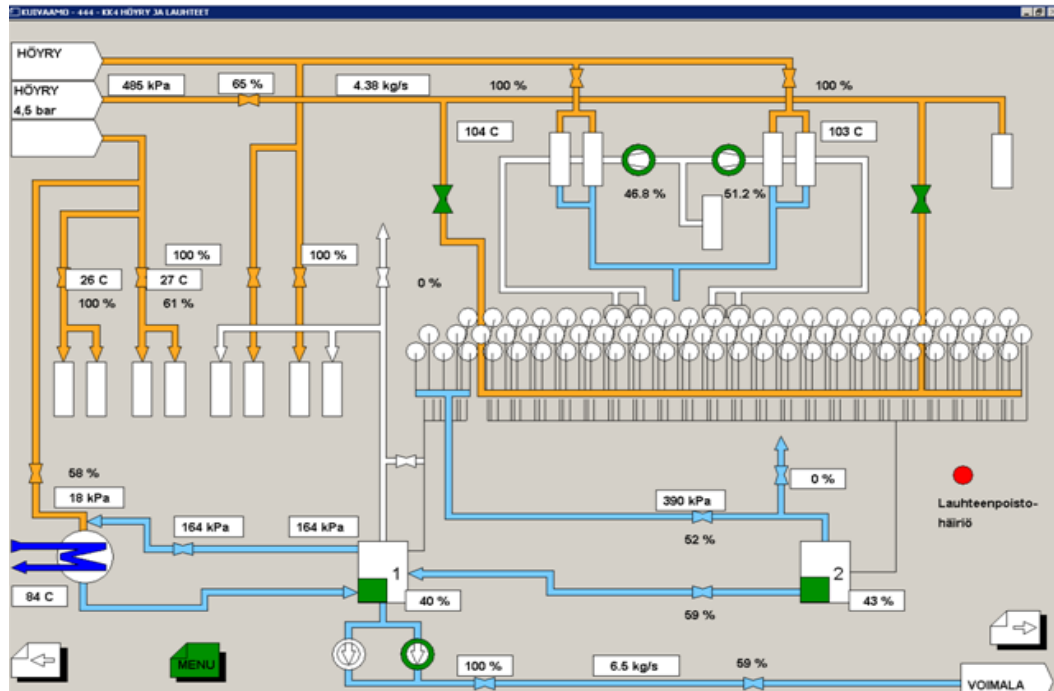


Kuva 5. KK4 sylinterikuivain

Kuivatusosa on kuivauskoneen eniten energiaa kuluttava osa. Suurin osa koneen kuluttamasta energiasta käytetään juuri kuivatusosalla. Kuivatussylinterien lämmitykseen käytetään sekä matalapainehöyryä että välipainehöyryä. Kuivatusosan alkupäässä sylinterien lämpö pidetään alhaisempana, koska märän sellurainan kuidut palavat hel-

posti kiinni sylinterin pintaan sen ollessa liian kuuma. Kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa voidaan sylintereiden lämpötiloja nostaa.

Kuivatuskone 4 kuivatusosa on niin sanottu kontaktikuivatin. Kuivatusosa koostuu 73 kuivatussylinteristä, jotka on laakeroitu valurautaisista osista kootun statiivin varaan. Sylintereitä on kolmessa eri kerroksessa. Massarainan lopullinen kuiva-ainepitoisuus kuivatusosan jälkeen on noin 88–89 %.

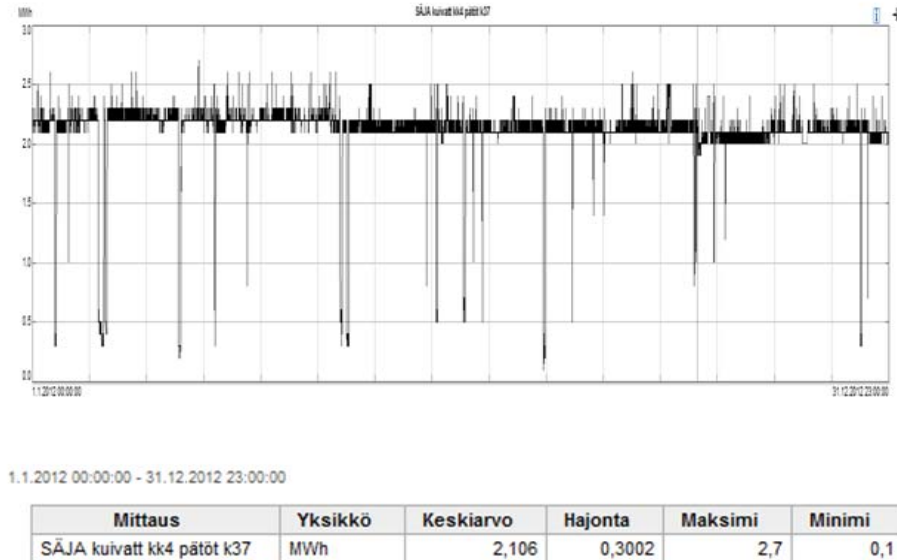


Kuva 6. KK4 höyry- ja lauhdekaavio

Sylintereitä lämmittävä höyry johdetaan sylinterin sisälle sen käyttöpuolella sijaitsevan höyrykytkimen kautta. Lämmityksestä syntyvä lauhde poistuu myös samaisen höyrykytkimen kautta ulos sylinteristä. Syntyvä lauhde kerätään lauhdesäiliöihin, josta se pumpataan lauhdepumppujen avulla voimalaitokselle.

3.1.4 Sähkönkulutus

Kuivatuskone 4 sähkönkulutus on saatu Stora Enson Sunilan tehtaasta Savcor Wedge 8.0- prosessianalyysijärjestelmästä. Tämän järjestelmän avulla on mahdollista seurata erilaisia mittauksia useiden vuosien takaa. Alla olevassa kuvassa 7 näkyy sähkönkulutuksen trendi ja keskiarvo vuodelta 2012.



Kuva 7. Kuivatuskone 4 sähkönkulutus vuonna 2012 (6.)

Kuivatuskone 4 vuoden 2012 pätehon keskiarvo oli 2,106 MWh. Koneen vuorokauden keskituotanto oli 458,1 t/d. Alla on laskettu sähkönkulutus sellutonnia kohden.

$$\text{sähkönkulutus sellutonnia kohden} = \frac{2,106 \text{ MWh} * 3600 * 24}{458,1 \frac{t}{d}} = 397 \frac{MJ}{t_s}$$

Lisäksi kuivauskoneet 4 ja 6 käyttävät yhteistä sähköä 0,7793 MWh. Alla on laskettu tämän vaikutus sellutonnia kohden.

$$\text{sähkönkulutus sellutonnia kohden} = \frac{0,7793 \text{ MWh} * 3600 * 24}{(497,2 \frac{t}{d} + 458,1 \frac{t}{d})} = 70 \frac{MJ}{t_s}$$

3.1.5 Höyrynkulutus

Kuivauskone 4 vuoden 2012 höyrynkulutuksen keskiarvot ovat peräisin tehtaan Savor Wedge 8.0-prosessianalyysijärjestelmästä. Sellun kuivaukseen käytetään sekä matalapaine- että välipainehöyryä. Alla on taulukko koneen käyttämän höyryn virtauksista, paineista ja lämpötiloista.

Taulukko 1. Kuivauskone 4 höyryt, joiden arvoja on käytetty laskettaessa koneen höyrynkulutuksia.

Nimike	Positiotunnus	Mittausarvo
vp höyryn virtaus	FI-6653	3,65 kg/s
vp höyryn paine	PI-6671	1,029 MPa
vp höyryn lämpötila	TI-6703	187,5 °C
mp höyryn virtaus	FI-6742	1,71 kg/s
mp höyryn paine	PI-6713	242,8 kPa
mp höyryn lämpötila	TI-6705	155,4 °C
lauhteen virtaus	FI-6751	6,06 kg/s
lauhteen lämpötila	mittaus suoritettu FLIR E50 lämpökameralla.	130 °C

Lauhteen määrä 6,06 kg/s on suurempi kuin höyryjen virtaus yhteensä, koska kuivauskoneen viiraosalla sellurainaa lämmitetään kemiallisesti puhdistetulla vedellä. Vesi lämmitetään mp- höyryllä, jonka kulutus on 0,7 kg/s. Tämä saadaan, kun lauhteenmäärästä vähennetään mp- ja vp- höyryn virtaus. Kemiallisesti puhdistetun veden lämmitykseen menevän mp- höyryn määrä voidaan lisätä tuohon mp- höyryn kokonaisvirtaukseen, jolloin sen kokonaiskulutukseksi saadaan 2,41 kg/s. Lauhteen lämpötilalle ei ole jatkuvaa mittausta, joten sen lämpötila on mitattu Flir E50 lämpökameralla. Otoksia oli 20 kappaletta ja niiden lämpötilan keskiarvoksi saatiin 130 °C.

Lasketaan matalapainehöyryn teho seuraavalla kaavalla.

Teho = matalapainehöyryn virtaus * entalpiamuutos

$$\text{Teho (mp-höyry)} \quad \Phi_{kk4} = m_{hmp} * \Delta h$$

josta edelleen

Teho = matalapainehöyryn virtaus * (loppu- ja alkuelälpian erotus)

$$\begin{aligned} &= m_{hmp} * (h_2 - h_3) \\ &= 2,41 \frac{kg}{s} * (2800 \frac{kJ}{kg} - 546 \frac{kJ}{kg}) \\ &= 5432 \frac{kJ}{s} \end{aligned}$$

Lasketaan välipainehöyryn teho seuraavalla kaavalla.

Teho = välipainehöyryn virtaus * entalpiamuutos

$$\text{Teho (vp-höyry)} \quad \Phi_{kk4} = m_{hvp} * \Delta h$$

josta edelleen

Teho = välipainehöyryn virtaus * (loppu- ja alkuelälpian erotus)

$$\begin{aligned} &= m_{hvp} * (h_1 - h_3) \\ &= 3,65 \frac{kg}{s} * (2800 \frac{kJ}{kg} - 546 \frac{kJ}{kg}) \\ &= 8227 \frac{kJ}{s} \end{aligned}$$

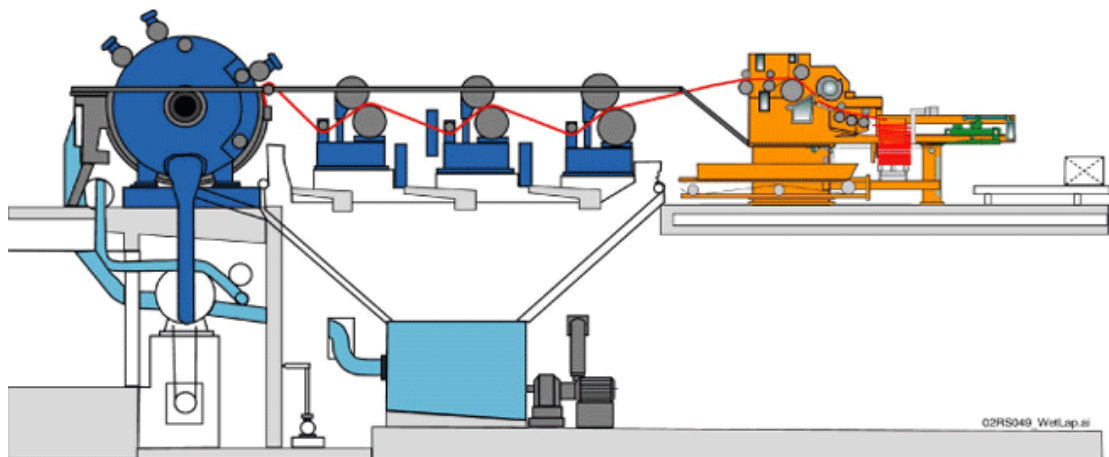
Kuivauskone 4 vuoden 2012 tuotannon keskiarvo vuorokaudessa oli 458,1 t/d. Höyrynkulutus sellutonnia kohden saadaan laskettua koneen käyttämä höyryn teho jaettuna vuorokauden keskituotannolla.

$$\text{Höyrynkulutus sellutonnia kohden} = \frac{8227 \frac{kJ}{s} + 5432 \frac{kJ}{s} * 3600 * 24}{458,1 \frac{t}{d}} = 2576 \frac{MJ}{t_s}$$

3.2 KK6

Kuivatuskone 6 on niin kutsuttu Kamyr-kone eli lieriöviirakone. Sen työleveys on noin 4,2 metriä ja maksimi nopeus on 62 m/min. Kuivaneliöpaino on noin 1450- 1500 g/m². Maksimi vuorokausituotanto on noin 630 t/d.

Imusylinteri (Kamyr)



Kuva 8. Kamyr-kone (4.)

3.2.1 Viiraosa

Kamyr-kone on suuritehoinen kokoomakone, joka toimii kuivauskoneen märkäväänä. Siinä on imulieriö, jonka pinnalle paksu kuitukerros muodostuu. Noin 1,0-prosenttiseksi laimennettu kuituvesiseos johdetaan virtausta tasoittavan perälaatikon kautta imurummun altaaseen. Rumpua ympäröi vahva rei'itetty metallivaippa, jonka päälle on höyryllä kutistettu viira. Rumpu on sisäpuolelta jaettu lokeroihin, jotka ovat

kukin vuorollaan altaan etupäätyinä olevan imukammion välityksellä yhteydessä ensin lappoputkeen ja sitten tyhjäpumppuun. Imulokeroissa vallitsee alipaine eli imu. Rummun läpimitta on noin 3,5 metriä ja työleveys 4,2 metriä. Imun vaikutuksesta massa kokoontuu tasaiseksi kerrokseksi viiran pinnalle. Veden poistoa tehostamassa on imurummun päällä kolme puristustelaa ja lämpimän veden suihkutusputki, jolla massaradan lämpötilaa kohotetaan ja vedenpoistoa tehostetaan veden viskositeettia ja pintajännitystä pienentämällä. Imurummulta irrotetun massaradan kuiva-ainepitoisuus on noin 25 %, ja se on silloin niin kiinteää, että se ilman tukea voidaan johtaa puristinosalle.



Kuva 9. KK6 imusylinteri

3.2.2 Puristinos

Puristinos koostuu kolmesta puristimesta. Ykköspuristimen puristuspaine on noin 1,0- 1,5 baria ja massaradan kuiva-ainepitoisuus sen jälkeen on noin 30 %. Kakkospuristimen puristuspaine vaihtelee 2,0- 3,0 barin välillä. Massaradan kuiva-ainepitoisuus on tämän jälkeen noin 40 %. Viimeisen eli kolmospuristimen puristuspaine on 3,0- 3,5 baria ja massaradan kuiva-ainepitoisuus puristimen jälkeen on noin 50 %.



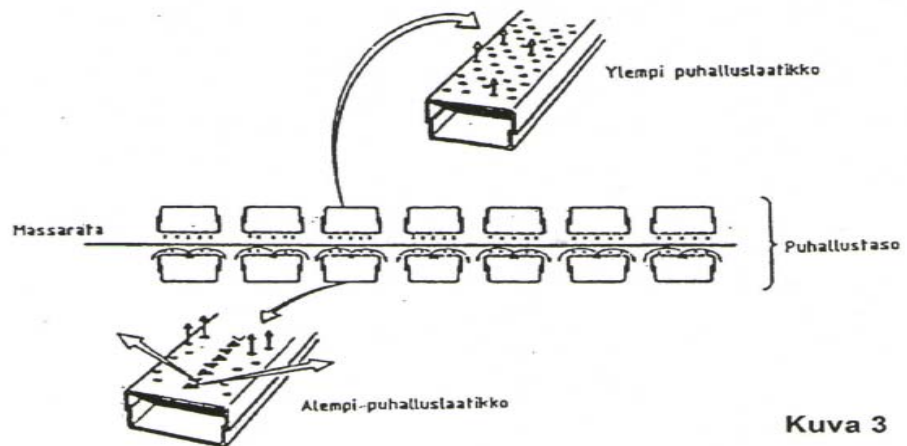
Kuva 10. KK6 puristinosa

3.2.3 Kuivatusosa

Kuivatusosa perustuu ABB:n Fläkt Airborne Dryer tekniikkaan, joka on yleisin markkinasellun kuivatustapa. Kuivattimen tyyppi on FCG. FCG- kuivatin on rakennettu olemassa olevalle konetasolle, joten sen rakentamisessa oli varsin paljon haasteita tilan ahtauden vuoksi. Tämä onkin tietävästi ainut laatuun sen suhteen, että massarata johdetaan sekä sisään että ulos samasta päästä kuivatuskaappia.

Massan kuivatus tapahtuu puhaltamalla lämmintä ilmaa massarataa vasten sen kulkiessa kuivattimen läpi. Kuivatusilman puhalluksen vaikutuksesta massarata leijuu muutama millimetri alapuolisen puhalluslaatikkotason yläpuolella. Siten massarata kulkee kuivattimen läpi ilmatyynyn kannattamana, koskematta puhallustasoon. Yläpuhalluslaatikot puhaltavat kuumaa ilmaa massaradan yläpintaan kohtisuoraan sitä vastaan haihtumisen lisäämiseksi. Koska puhalluslaatikoilla on osittain eri tehtävät, rei'itys ei ole samanlainen ylä- ja alapuhalluslaatikoissa (kuva 11). Lämmin ilma saa aikaan radassa olevan veden höyrystymisen. Tämän seurauksena kuivattimessa oleva ilma jäähtyy ja samalla ilman kosteuspitoisuus kasvaa. Jotta ilma ei tulisi kylläiseksi, sitä täytyy jatkuvasti lämmittää. Lämmitykseen käytetään kuivattimessa olevia höyrypattereita. Kuivatin on noin 41 m pitkä, 9 m leveä ja vähän yli 7 m korkea. Kerroksia siinä on 18

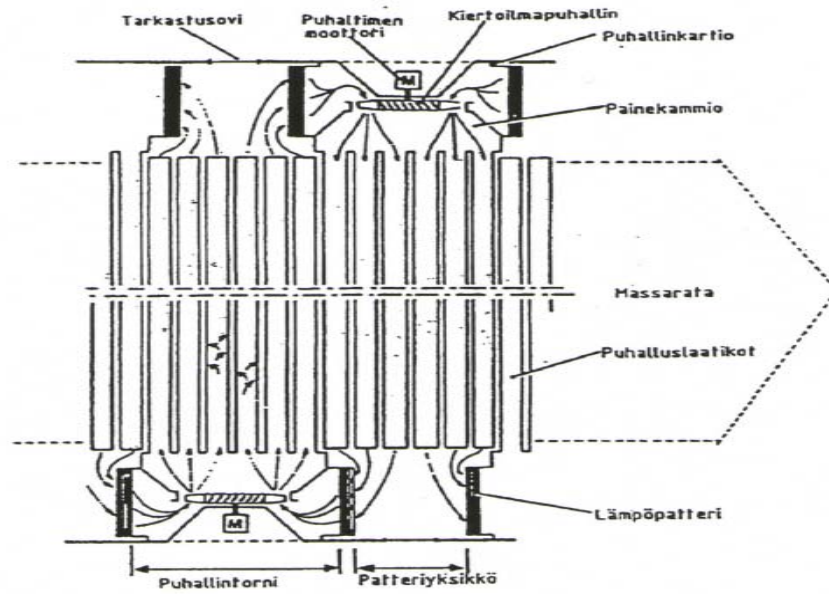
kappaletta. Kuivattimen kuivatusilmasta huolehtii kiertoilmapuhaltimet, joita on 102 kappaletta.



Kuva 3

Kuva 11. Kuivattimen ylä- ja alapuhalluslaatikot. (7.)

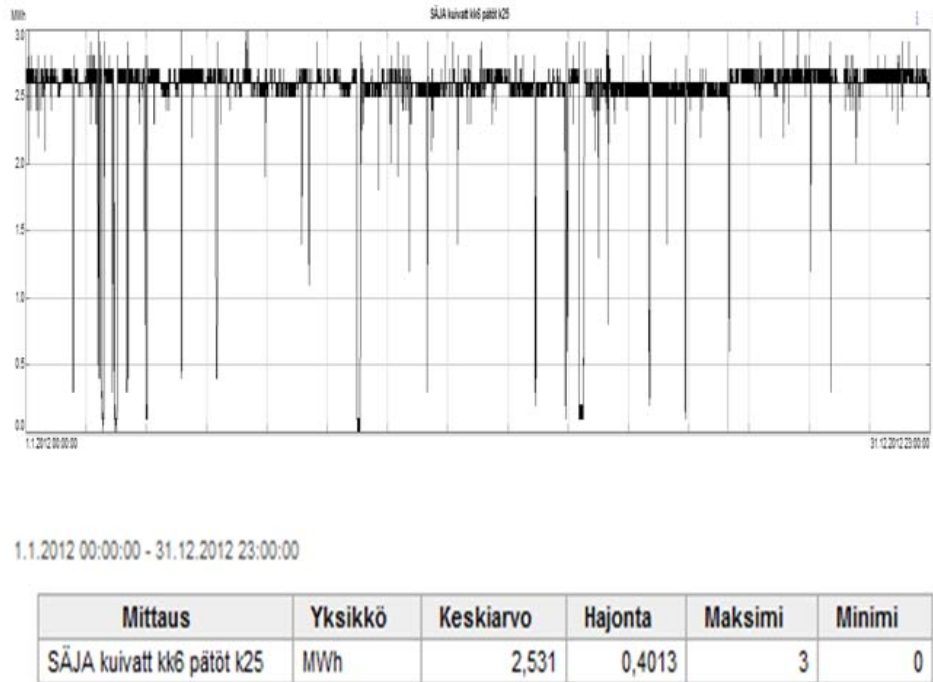
Massaradasta haihtuva vesi poistetaan kuivaimesta imemällä jatkuvasti osa kiertoilmasta takaisin lämmöntalteenottojärjestelmään. Samanaikaisesti kuivattimeen tuodaan kuivaa, lämmöntalteenotossa esilämmitettyä kuivatusilmaa. Kiertoilmapuhaltimet puhaltavat lämpimän ilman puhallintornien painekammioiden läpi puhalluslaatikoiden päätyaukoista sisään. Jokainen puhallustaso käsittää ala- ja yläpuhalluslaatikot. Kuumen ilman virtaus saa aikaan tehokkaan lämmön- ja aineensiirron, jolloin massarata kuivuu nopeasti. Kuvasta 12 ilmenee, miten itse kuivatuksen suorittava kiertoilmavirtaus saadaan aikaan.



Kuva 12. FCGC- kuivatin, kuivatusperiaate. (7.)

3.2.4 Sähkönkulutus

Kuivatuskone 6 sähkönkulutus on saatu Stora Enson Sunilan tehtaasta Savcor Wedge 8.0- prosessianalyysijärjestelmästä. Tämän järjestelmän avulla on mahdollista seurata erilaisia mittauksia useiden vuosien takaa. Alla olevassa kuvassa on sekä trendi että keskiarvo sähkönkulutuksesta vuodelta 2012 (kuva 13).



Kuva 13. Kuivatuskone 6 sähkönkulutus vuodelta 2012 (6.)

Kuivatuskone 6 vuoden 2012 pätehon keskiarvo oli 2,531 MWh. Koneen vuorokauden keskituotanto oli 497,2 t/d.

Alla on laskettu sähkönkulutus sellutonnia kohden.

$$\text{sähkönkulutus sellutonnia kohden} = \frac{2,531 \text{ MWh} * 3600 * 24}{497,2 \frac{t}{d}} = 440 \frac{MJ}{t_s}$$

Lisäksi kuivauskoneet 4 ja 6 käyttävät yhteistä sähköä 0,7793 MWh. Alla on laskettu tämän vaikutus sellutonnia kohden.

$$\text{sähkönkulutus sellutonnia kohden} = \frac{0,7793 \text{ MWh} * 3600 * 24}{(497,2 \frac{t}{d} + 458,1 \frac{t}{d})} = 70 \frac{MJ}{t_s}$$

3.2.5 Höyrynkulutus

Kuivauskone 6 vuoden 2012 höyrynkulutuksen keskiarvot ovat peräisin tehtaan Savor Wedge 8.0-prosessianalyysijärjestelmästä. Sellun kuivaukseen käytetään sekä matalapainehöyryä. Alla on taulukko koneen käyttämän höyryn virtauksesta, paineesta ja lämpötilasta.

Taulukko 2. Kuivauskone 6 höyryn virtaus-, paine- ja lämpötila-arvot, joita on käytetty laskettaessa koneen höyrynkulutusta.

Nimike	Positiotunnus	Mittausarvo
höyryn virtaus	FI-4891	5,53 kg/s
höyryn lämpötila	TI-4887	159 °C
höyryn paine	PI-6713	242,8 kPa
lauhteen lämpötila	TI-4886	113 °C
lauhteen virtaus		5,53 kg/s

Lasketaan matalapainehöyryn teho seuraavalla kaavalla.

Teho = matalapainehöyryn virtaus * entalpiamuutos

$$\text{Teho} \quad \Phi_{kk6} = m_{hmp} * \Delta h$$

josta edelleen

Teho = välipainehöyryn virtaus * (loppu- ja alkumentalpien erotus)

$$= m_{hmp} * (h_1 - h_2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,53 \frac{kg}{s} * (2800 \frac{kJ}{kg} - 470 \frac{kJ}{kg}) \\
 &= 12885 \frac{kJ}{s}
 \end{aligned}$$

Kuivauskone 6 vuoden 2012 tuotannon keskiarvo vuorokaudessa oli 497,2 t/d. Höyrynkulutus sellutonnin kohden saadaan laskettua koneen käyttämä höyryn teho jaettuna vuorokauden keskituotannolla.

$$\text{höyrynkulutus sellutonnin kohden} = \frac{12885 \frac{kJ}{s} * 3600 * 24}{497,2 \frac{t}{d}} = 2239 \frac{MJ}{t_s}$$

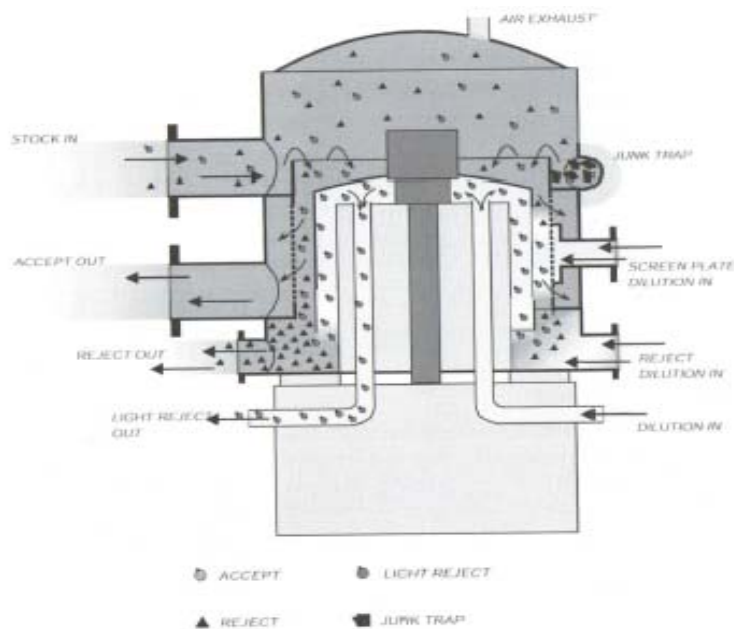
4 PAINELAJITTIMIEN ROOTTOREIDEN VAIHTO

Molemmilla kuivauskoneilla on Ahlström Oy:n aikoinaan toimittamat painelajittimet mallia Sorter M1600. Viime vuoden huoltoseisokissa koneiden painelajittimiin vaihdettiin uudentyyppiset roottorit Andritz Oy:n toimesta. Uusien roottoreiden avulla pyritään vähentämään epäpuhtauksia massan seasta. Lisäksi niiden on luvattu säästävän energiaa, koska niiden pyörimisnopeudet ovat huomattavasti vanhoja roottoreita pienemmät.

4.1 Painelajittimen toiminta

Painelajittimen toiminta perustuu siihen, että se on täysin nesteellä täytetty ja paineen alainen. Toiminnan edellytyksenä on, että sekä rejekti että aksepti poistuvat vähintään 2 m vp:n painetta vastaan. Lajittelevana elimenä on pystyasennossa oleva sihtirumpu. Syöttöpaineella ei ole vaikutusta lajittimen toimintaan, jos lajittimen enimmäispainetta vain ei ylitetä. Suurin paine voi olla jopa 40 m vp. Tämä ominaisuus antaa mahdollisuuden sijoittaa lajittimen lähes mille korkeudelle tahansa. Lajittimessa syntyvä painehäviö on lajittelun kannalta ratkaiseva tekijä. Tämä antaa myös kuvan siitä, millainen on lajittimen läpi menevä virtausmäärä. Painehäviö on lajittimessa 2- 10 m vp. massalajin ja sakeuden mukaan. (1.)

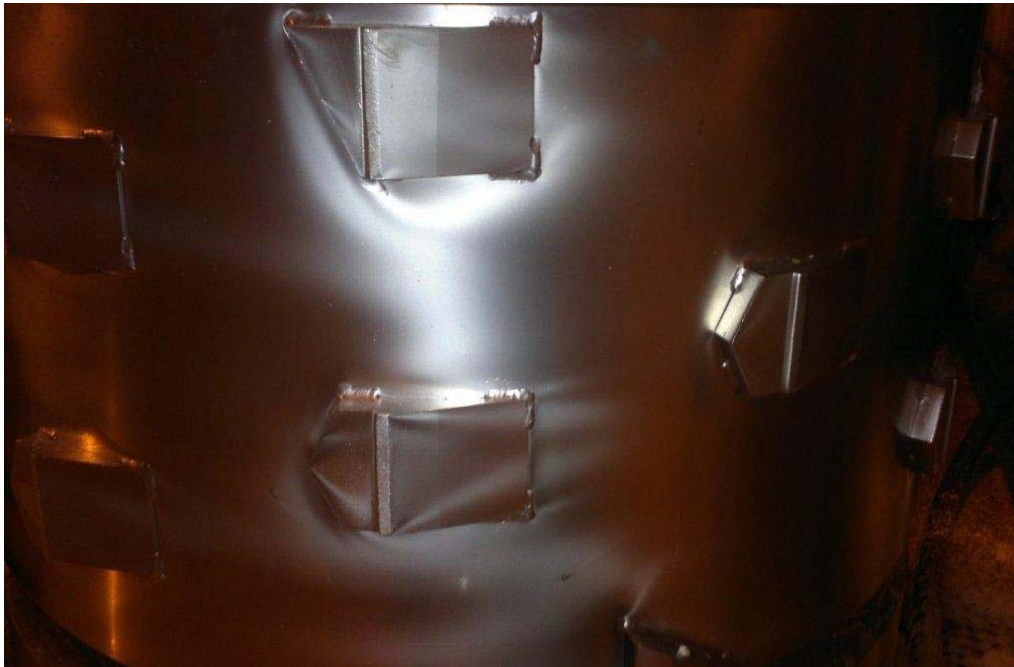
Massa syötetään tangentiaalisesti lajittimen yläosassa olevaan syöttökouruun. Sen yhteyteen on tavallisesti rakennettu romuloukku raskaita esineitä varten, jotta sihtirummut eivät vahingoittuisi. Sunilan tehtaalla sihtirumpuja suojataan lisäksi erillisellä suojasihdillä, jonka kautta massa kulkee painelajittimelle. Aksepti poistuu sihtilevyjen läpi ja rejekti otetaan rejektiputken kautta lajittimen pohjalta. Alla olevasta kuvasta (kuva 14) selviää painelajittimen toimintaperiaatteesta.



Kuva 14. Painelajittimen toimintaperiaate (8.)

Sihtirummut pidetään puhtaina nopeasti kiertävillä sykesiivillä, jotka ovat painelajittimen roottorin ulkopinnalla olevia kaapimia. Pienellä välyksellä olevat sykesiivet aiheuttavat reikiä avaavan paineimusykkeen. Sykesiiven muodon ansiosta ei koko massamäärä lajittimen sisällä pyöri mukana, ja näin säästetään tehon kulutusta. Painelajittimet ovat yleensä varustettu myös laimennusvesiyhteillä, joiden kautta tuotu laimennusvesi estää lajittimen alaosassa tapahtuvan massan sakeutumisen. Painelajittimien kapasiteetiksi ilmoitetaan usein ainoastaan niiden hydraulinen kapasiteetti. Tämä koskee ainoastaan laimeiden massasulppujen lajittelua. Sakeammille sulpuille kapasiteettia laskettaessa on otettava huomioon myös sulpun sakeus ja laatu. Painelajittimien kapasiteetti sihdin pinta-alayksikköä kohti on suuri. Painelajittimen rei'itystä valittaessa on otettava huomioon massalaji, suotautumisvastus ja käytettävä sakeus. Pitkäkuituisia sulppuja lajiteltaessa ei yli 15 %:n vapaa pinta ole suositeltava, ja laimeita lyhytkuituisia massoja lajiteltaessa 25 %:a suuremmat vapaat pinnat voivat aiheuttaa tukkeutumista.

4.2 LR-roottori



Kuva 15. KK6 painelajittimen vanha roottori

4.3 Dolphin-roottori

Andritzin suunnittelema uusi Dolphin-roottori on suunniteltu poistamaan entistä tehokkaammin epäpuhtauksia prosessin loppupäässä. Epäpuhtaudet huonontavat koko prosessin tehokkuutta ja vähentävät lopputuotteen laatua. Tämä uusi roottorityyppi on saanut nimensä roottorin pinnalla olevien palojen muodon mukaan. Muoto muistuttaa delfiiniä ja roottorin toiminta on näin ollen hellävaraisempi kuituja kohtaan. Tämän uudenlaisen roottorin ansiosta painelajitinta voidaan pyörittää alhaisemmilla kierroksilla, mikä taas vaikuttaa lajittelutehokkuuteen. Alennettu roottorin kärjen nopeus vaatii vähemmän virtaa, mikä taas vaikuttaa suoranaisesti virrankulutukseen. Joissakin tapauksissa säästöä on kertynyt jopa 60 %. Lisäksi roottorilla luvataan pääsevän suurempiin syöttösakeuksiin, joka taas antaa mahdollisuuksia tuotannon nostolle. (12.)



Kuva 16. Dolphin-roottori

4.4 KK6 painelajittimen energiansäästö

Painelajitinta pyörittää 250 kW sähkömoottori. Täydellä 100 % kuormalla sen sähkönkulutus on vuodessa

$$24 \cdot 365 \cdot 250 \text{ kW} = 2190 \text{ MWh}$$

Painelajittimen kuorman keskiarvo oli vuonna 2012 vanhalla roottorilla 78,92 %, joten sen sähkönkulutus oli

$$0,7892 \cdot 2190 \text{ MWh} = 1730 \text{ MWh}$$

Dolphin-roottorin vaihdon jälkeen kuorma putosi 63,17 % sähkönkulutuksen ollessa

$$0,6317 \cdot 2190 \text{ MWh} = 1511 \text{ MWh}$$

Eli pelkällä roottorin vaihdolla syntyi säästöä vuodessa 219 MWh mikä on noin 13 % vähemmän alkuperäiseen verrattuna. Tämän jälkeen roottoria pyörittävän sähkömoottorin hihnapyörä vaihdettiin pienemmällä halkaisijalla olevaan hihnapyörään, jolla pyörimisnopeutta saatiin entuudestaan alennettua. Tällöin moottorin kuormat putosivat 46,19 %:iin sähkönkulutuksen ollessa

$$0,46 \cdot 2190 \text{ MWh} = 1007 \text{ MWh}$$

Tämä muutos toi säästöä noin 720 MWh vuodessa eli noin 42 %. Rahassa tämä säästö on noin 30 000 euroa vuodessa.

5 MAHDOLLISIA UUSIA ENERGIANSÄÄSTÖKOHTEITA

5.1 Kuivaussyylinterit

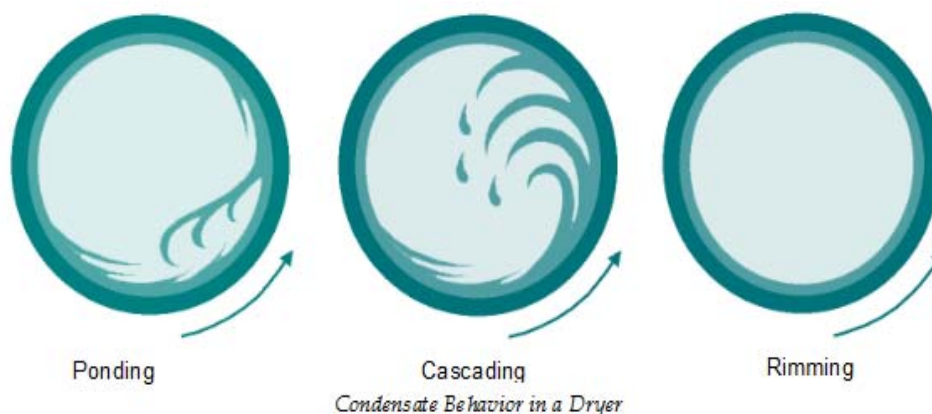
Vedenpoisto on mekaanista sekä viira- että puristinosalla. Kuivatusosalle siirryttäessä vedenpoistamismenetelmä muuttuu höyrystämiseksi. Tämä on huomattavasti mekaanista menetelmää kalliimpi tapa poistaa vettä sellurainalta. Suurin osa kuivatuskoneen energiamäärästä kuluu juuri kyseisellä osalla. Karkeana esimerkkinä voidaan pitää sellunkuivauksessa sellaista, että viiraosalla kuivaus maksaa yhden euron, puristinosalla kymmenen euroa ja kuivatusosalla sata euroa. Sellurainan kuiva-aine on noin 50 % viira- ja puristinosan jälkeen. Lopullinen noin 90 % kuiva-aine tehdään kuivatusosalla.

Kuivatuskone 4 suurin tuotantoa rajoittava tekijä tällä hetkellä on kuivatusosa, jonka kuivatuskapasiteetti ei riitä enää läpäisemään tuotannon nostoja. Se onkin säilynyt li-

kimain samanlaisena kuivatuskoneen alkuaajoista lähtien. Vuosien saatossa koneen nopeuden kasvaessa, riittämätön kuivatusteho onkin alkanut rajoittamaan tuotantoa. Kuivatussylinterien lisääminen on ollut lähes ainoa tapa lisätä kuivatuskapasiteettia. Tämä on kuitenkin lähes mahdotonta toteuttaa nykyiseen kuivaussaliin tilan ahtauden takia. Ainoa mahdollisuus on rakentaa kuivatussylintereitä nykyisten sylinterien päälle, mutta siinäkin tapauksessa joudutaan konesalin katto puhkaisemaan. Tällainen investointi vaatii kuitenkin huomattavan summan rahaa.

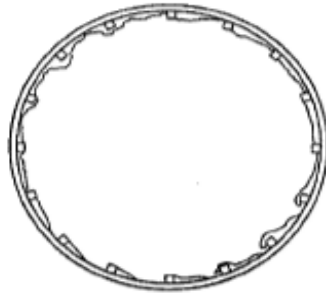
5.1.1 Lämpölistat

Koneen nopeuden kasvaessa on tullut tarve tehostaa sylinterikuivainten lämmönsiirtoa. Sylinterien sisäpinnalle kiinteästi asennettavat lämpölistat aiheuttavat sylinterin pyöriessä lauhteeseen turbulenssia, joka tehostaa lämmönsiirtymistä höyrystä sylinterin vaippaan.



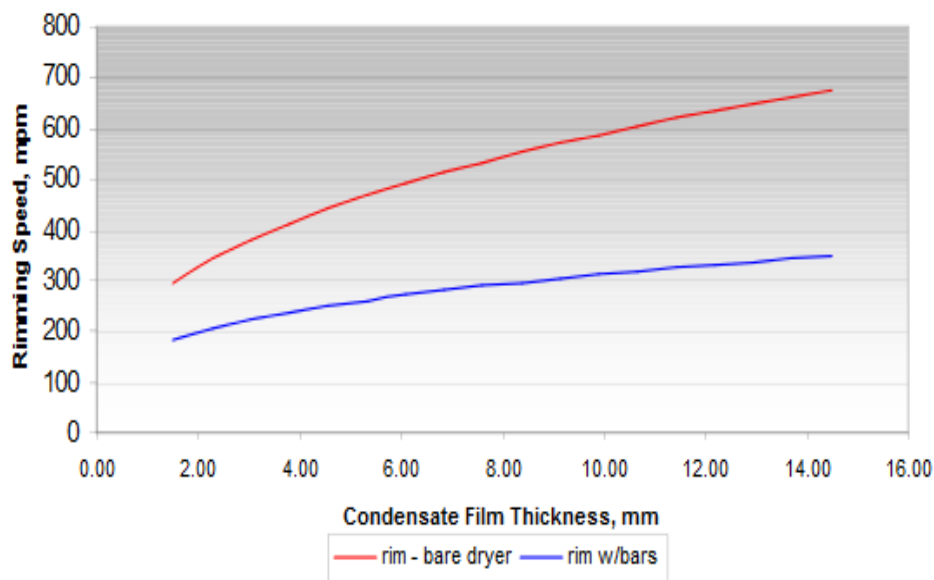
Kuva 17. Lauhteen käyttäytyminen kuivatussylinterissä. (9.)

Lauhteen käyttäytymiseen vaikuttavat sylinterin pyörimisnopeus, lauhteen määrä, sylinterin halkaisija ja lämpölistat. Sylinterin pyöriessä hitaasti lauhde jää pääasiallisesti lammikoksi sylinterin pohjalla. Nopeuden kasvaessa alkaa lauhde seurata sylinterin pyörimissuuntaa, josta se putoaa pohjalle. Tätä ilmiötä kutsutaan niin sanotuksi lammikkoilmiöksi. Kun huippunopeus saavutetaan, lauhdekerros muodostuu yhtenäiseksi kalvoksi sylinterin sisäpinnalle eli lauhde ”kehäytyy”. Lämmönsiirtymistä saadaan tehostettua juuri näiden lämpölistojen avulla. Kuivaussylinterin sisään oikein sijoitetut listat saavat aikaan turbulenssia, joka hajottaa sylinterin vaipan sisäpinnalla olevan lauhdekerroksen ja parantaa näin ollen lämmön siirtymistä sylinterivaipan ulkopinnalle. (11.)



Kuva 18. Lämpölistojen vaikutus sylinterin sisällä. (9.)

Näitä listoja on käytetty jonkin verran paperikoneiden kuivatusosalla. Kuvassa 19 on nähtävissä listojen vaikutus lauhdekerroksen paksuuteen. Sininen käyrä osoittaa lauhdekerroksen paksuutta listojen kanssa ja punainen ilman listoja. Kone, jonka nopeus on noin 200 mailia minuutissa ja jonka sylinterien sisällä on lämpölistat saavuttaa saman lauhdekerroksen paksuuden kuin kone, joka ajaa ilman lämpölistoja nopeudella 300 mailia minuutissa. Tämän perusteella voisi olettaa, että tällaisista listoista olisi mahdollisesti apua myös sellunkuivatuskoneissa.



Kuva 19. Lauhdekerroksen paksuus vaipan sisäpinnalla. (9.)

Lämpölistojen käytöstä on hyviä kokemuksia lähinnä lämmönsiirron parantumisen suhteen, mutta myös paperikoneiden kuivatusprofiilit ovat parantuneet listojen ansios-

ta. Huonoja puolia on kuivatusryhmiä pyörittävien käyttöjen tehonkasvu ennen kuin lauhderengas saavutetaan.

5.1.2 Höyrykytkimet

Kuivatussylintereihin johdetaan höyry ja poistetaan lauhde höyrykytkimien kautta. Kuivatuskone 4:lla on jatkuvasti suljettuna sylintereitä höyry- tai lauhdevuotojen takia. Tällä on varmasti oma vaikutuksensa koneen tuotantotehokkuuteen. Tuotantoa joudutaan rajoittamaan, koska sellurainaa ei saada kuivatettua haluttuun kosteuteen.

UPM Pietarsaaren tehtaalla kuivatuskone 2:n noin 100 höyrykytkimen uusinnalla saavutettiin 2–3 MW:n energiasäästö. (10.)

5.2 Painelajittimen laimennusvesipumpun korvaaminen nurkkakaivon laimennusvesipumpulla

Yksi hyvä mahdollinen energiansäästökohde on kuivatuskone 4 painelajittimen laimennusvesipumpun korvaaminen jo käytössä olevalla toisella laimennusvesipumpulla. Tämä kyseinen pumppu pumppaa vettä radiclolin nurkkakaivoon. Tämä kokeilu ei vaatisi minkäänlaisia investointeja, sillä kyseiselle pumpulle on jo olemassa valmis putkilinja. Ainoastaan koneen pysäytys olisi ollut tarpeen, mutta valitettavasti tuotannollisista syistä emme päässeet tätä ratkaisua kokeilemaan. Tulemme varmasti jossakin vaiheessa kokeilemaan kyseistä ratkaisua, viimeistään syksyn huoltoseisokin yhteydessä. Pysäytys on sen suhteen tarpeellinen, että saadaan lajittimen laimennusveden virtaus tasaantumaan, ennen kuin massat otetaan lajittimeen. Alla on laskettu kyseisen pumppumuutoksen säästämä energia.

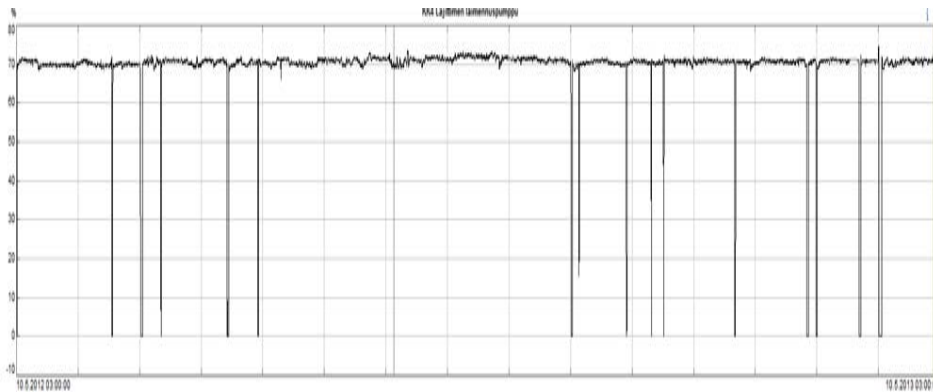
Kuivatuskone 4 lajittimen laimennusvesipumppua pyörittää 55 kW sähkömoottori. Täydellä 100 % kuormalla sen sähkönkulutus on vuodessa

$$24 \cdot 365 \cdot 55 \text{ kW} = 482 \text{ MWh}$$

Lajittimen laimennusvesipumpun kuorman keskiarvo oli 69,12 % vuonna 2012, joten sen sähkönkulutus oli

$$0,6912 \cdot 482 \text{ MWh} = 333 \text{ MWh}$$

Eli tämä pumpun pysäytys toisi vuodessa säästöä reilut 300 MWh. Rahassa säästöä kertyisi vuodessa reilut 15 000 euroa.

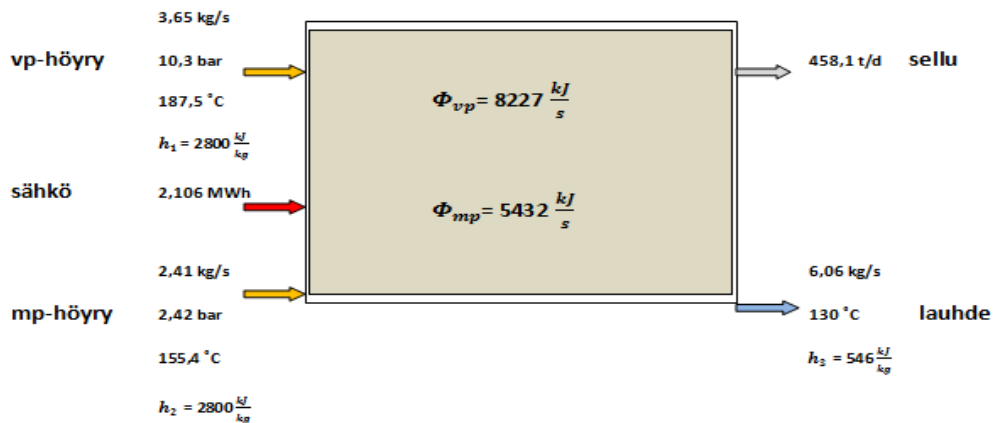


Mittaus	Yksikkö	Keskiarvo	Hajonta	Maksimi	Minimi
KK4 Lajittimen laimennuspumppu	%	69,12	9,553	74,51	0

Kuva 20. KK4 lajittimen laimennusvesipumppu (6.)

6 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia Stora Enson Sunilan tehtaan kuivatuskoneiden KK4 ja KK6 energiankulutusta sellutonnin kohden. Työhön kuului myös selvittää mahdolliset hyödyt jo tehdyistä energiansäästötoimenpiteistä ja kartoittaa mahdollisia uusia energiansäästökohteita kuivatuskoneiden osalta. Kuvassa 21 on kuivatuskone 4 höyryn- ja sähkönkulutus kuvattu piirroksen avulla.

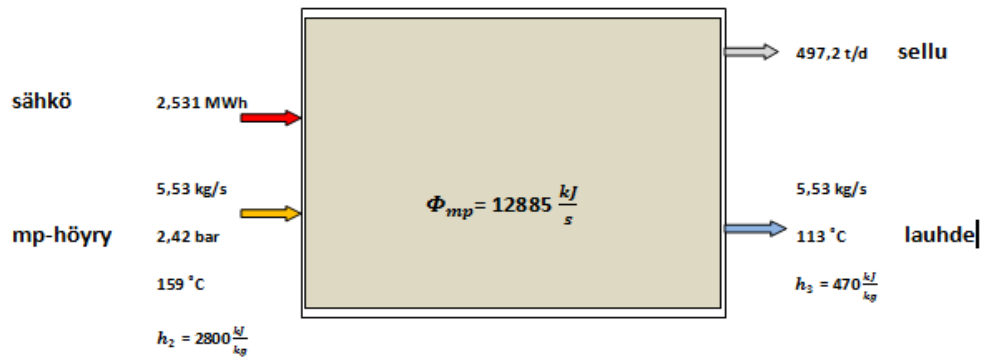


$$\text{Höyrynkulutus sellutonnin kohden} = \frac{8227 \frac{kJ}{s} + 5432 \frac{kJ}{s} \cdot 3600 \cdot 24}{458.1 \frac{t}{d}} = 2576 \frac{MJ}{t_s}$$

$$\text{Sähkönkulutus sellutonnin kohden} = \frac{2.106 \text{ MWh} \cdot 3600 \cdot 24}{458.1 \frac{t}{d}} = 397 \frac{MJ}{t_s}$$

Kuva 21. Havaintopiirros KK4 sähkön- ja höyrynkulutuksesta

Seuraava kuva 22 on kuivatuskone 6 höyryn- ja sähkönkulutus sellutonnin kohden.



$$\text{Höyrynkulutus sellutonnia kohden} = \frac{12885 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \cdot 3600 \cdot 24}{497,2 \frac{\text{t}}{\text{d}}} = 2239 \frac{\text{MJ}}{\text{t}_s}$$

$$\text{Sähkönkulutus sellutonnia kohden} = \frac{2,531 \text{ MWh} \cdot 3600 \cdot 24}{497,2 \frac{\text{t}}{\text{d}}} = 440 \frac{\text{MJ}}{\text{t}_s}$$

Kuva 22. Havaintopiirros KK6 sähkön- ja höyrynkulutuksesta.

Näiden laskelmien perusteella voidaan todeta, että kuivatuskone 4 kuluttaa noin 15 % enemmän höyryä sellutonnia kohden verrattuna kuivatuskone 6:een. Tämä johtuu siitä, että kuivatuskone 4 kuivatusosa on niin sanottu sylinterikuivain ja kuivatuskone 6 kuivatusosa niin sanottu leijukuivain. Leijukuivaimen höyrynkulutus on jonkin verran pienempi verrattuna sylinterikuivaimen höyrynkulutukseen. Sähköä kuivatuskone 6 kuluttaa noin 11 % enemmän kuin kuivatuskone 4. Tämä selittyy sillä, että kuivatuskone 6 leijukuivain kuluttaa suuren määrän sähköä. Siinä on 102 kappaletta kiertoilmapuhaltimia, joiden sähkönkulutus on normaalikäytössä 1395 kWh. Kuivaussalin ilmastointiin, valaistukseen yms. kuluu sähköä noin 0,78 MWh. Tämä tekee noin 70 megajoulea sellutonnia kohden. Tätä en ole kuitenkaan huomionnut näissä aikaisemmissa laskuissa. Tehtaan käydessä ns. puolella teholla voidaan suositella käytettäväksi KK6:ta, koska tämän höyrynkulutus on hieman pienempi kuin KK4:n. Tällaisessa tilanteessa, jossa tehtaan höyryntuotto on pienempää kuin normaalisti, joudutaan kuitenkin turvautumaan ostosähköön.

Painelajittimen roottorin vaihdon suhteen ei aivan päästy toimittajan lupaamaan 60 %:n energiansäästöön, mutta yli 40 %:n säästö on jo huomattava vanhaan roottoriin verrattuna.

Uusien mahdollisten energiansäästökohteiden selvitystyötä jatketaan tämän työn valmistumisenkin jälkeen. Näistä kohteista varsinkin painelajittimen laimennusvesipumpun korvaamista toisella pumpulla tullaan testaamaan mahdollisuuksien mukaan.

LÄHDELUETTELO

1. Stora Enso Oyj, Saatavissa: <http://www.storaenso.com/about-us/stora-enso-in-brief/Pages/Stora-Enso-lyhyesti.aspx> [Viitattu 14.4.2013]
2. Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas, Saatavissa: <http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/sunilamill/Pages/Sunilantehdas.aspx> [Viitattu 23.11.2012]
3. Stora Enso Biomaterials, Sunilan tehdas, Elokuu 2012, Ei saatavissa [Viitattu 4.12.2012]
4. Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas intranet, KnowPulp-oppimisympäristö, Ei saatavissa [Viitattu 3.12.2012]
5. Suomen Paperi-insinöörien Yhdistys. 1968 Puumassan valmistus. Helsinki: Frenckellin Kirjapaino Osakeyhtiö
6. Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas [Viitattu 2.3.2013]
7. ABB koulutusmateriaali, Huhtikuu 2000, Ei saatavissa [Viitattu 13.1.2013]
8. Gullichsen, J., Fogelholm, C-J. 2000 Chemical Pulping. Jyväskylä: Gummerus Printing
9. Trouble-Shooting Flooding of Paper Dryers, 2010. Saatavissa: http://www.kadantjohnson.com/assets/fluid_hand/data/pdf/white_papers/Trouble-ShootingFloodingOfPaperDryers_2010.pdf [Viitattu 23.4.2013]
10. Ympäristönsuojelun Kehitys, 2009. Saatavissa: http://www.upm.com/EN/ABOUT-UPM/Downloads/Responsibility/Documents/EnvironmentalStatements2009/envirostat_PIE_supp2009_fi.pdf [Viitattu 18.4.2013]
11. Kuismin, H. 1988. Paperikoneen kuivatusosan höyry ja lauhdejärjestelmän säätöjen tutkiminen. Oulun yliopisto, prosessitekniikan osasto, diplomityö.

12. Andritz Ro-tec Dolphin rotor, 2009. Saatavissa:

http://atl.g.andritz.com/c/spectrum/00/00/84/8463/1/1/0/519476900/ro-tec_dolphin.pdf [Viitattu 25.4.2013]

