

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattilapäivä 2007

**Sokos Hotel Vantaa
18.10.2007**

Raportti 9/2007



SOODAKATTILAPÄIVÄ 2007

Sokos Hotel Vantaa, Vantaa, 18.10.2007

OHJELMA

klo	
09.00 - 09.30	Ilmoittautuminen ja kahvi
09.30 - 09.45	Avaus, auditorio <i>Eero Ristola, Soodakattilayhdistyksen puheenjohtaja</i>
09.45 - 10.15	Suovan nousun mekanismit ja nopeus <i>Kurt Sirén, KCL</i>
10.15 - 10.45	Conversion of NSSC to SAQP technology in Smurfit Kappa Štúrovo, a.s. <i>Ivan Babinec, Smurfit Kappa</i>
10.45 - 11.00	Tauko
11.00 - 11.30	Pienhiukkaspäästöt <i>Juha Tolvanen, ALSTOM Finland Oy</i>
11.30 - 12.30	Lounas, ravintola Tulisuuudelma
12.30 - 13.00	Meesauunikaasutin <i>Juhani Isaksson, Metso Power Oy</i>
13.00 - 13.30	Selvitys: Ilman esilämmittimien vauriot ja niiden ehkäisy <i>Risto Sonninen, ÅF-Enprima Oy /Andritz Oy</i>
13.30 - 13.40	Tauko
13.40 - 14.00	Projekti: Soodakattilan sähköenergiatehokkuuden parantaminen <i>Keijo Salmenoja, Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma, työryhmän puheenjohtaja</i>
14.00 - 14.30	Kahvitauko, ravintola Tulisuuudelma
14.30 - 15.00	Ruotsalais-norjalaisen soodakattilakomitean raportti <i>Mikael Ahlroth, SNRBC</i>
15.00 - 15.45	Near-Neutral Pre-Extraction before Hardwood Kraft Pulping; a Biorefinery Producing Pulp, Ethanol and Acetic Acid <i>Adriaan van Heiningen, Helsinki University of Technology</i>
15.45 - 16.00	Tauko
16.00 - 16.30	Suomen Soodakattilayhdistyksen ja Pohjois-Amerikan BLRBAC:n vaurioraportit <i>Sebastian Kankkonen, Pöyry Forest Industry Oy</i>
16.30 - 17.00	Soodakattilan kehitys ja kehittymättömyys <i>Erik Uppstu, Polyrec Oy Ab</i>
17.00 - 18.30	Yritysesittely ja cocktailtilaisuus, Metso Power Oy
19.00 -	Päivällinen, ravintola Tulisuuudelma

SUOVAN NOUSUN MEKANISMIT JA NOPEUS

Kurt Sirén, KCL

SUOVAN NOUSUN MEKANISMIT JA NOPEUS

Kurt Sirén

Soodakattilapäivä 18.10.2007

Yleistä

Suovan nouseminen mustalipeän pintaan on ollut tutkimuksen kohteena silloin tällöin viime vuosikymmenten aikana, mutta siitä huolimatta käsityksemme vaikuttavista mekanismeista ja hiukkasten nousunopeudesta on ollut melko puutteellinen. Tämä johtuu mm. siitä, että nousunopeuden tarkastelut ovat olleet teoreettisia, eikä niissä ole osattu ottaa huomioon kaikkia toimivia mekanismeja. Soodakattilayhdistyksen ja KCL:n yhteisessä projektissa tutkittiin nousun mekanismeja, hiukkasten kokojakaumaa ja niiden nousunopeutta uusilla keinoilla.

Tavoite

Projektin tavoitteena oli kehittää mikroskopiaan perustuva menetelmä, jolla voidaan mitata hiukkaskokojakauma, ja sen avulla määrittää nousunopeus hiukkaskoon funktiona. Tutkimuksen aikana kävi yhä selvemmin ilmi, että erottumisen mekanismeihin oli kiinnitettävä huomiota.

Menetelmät

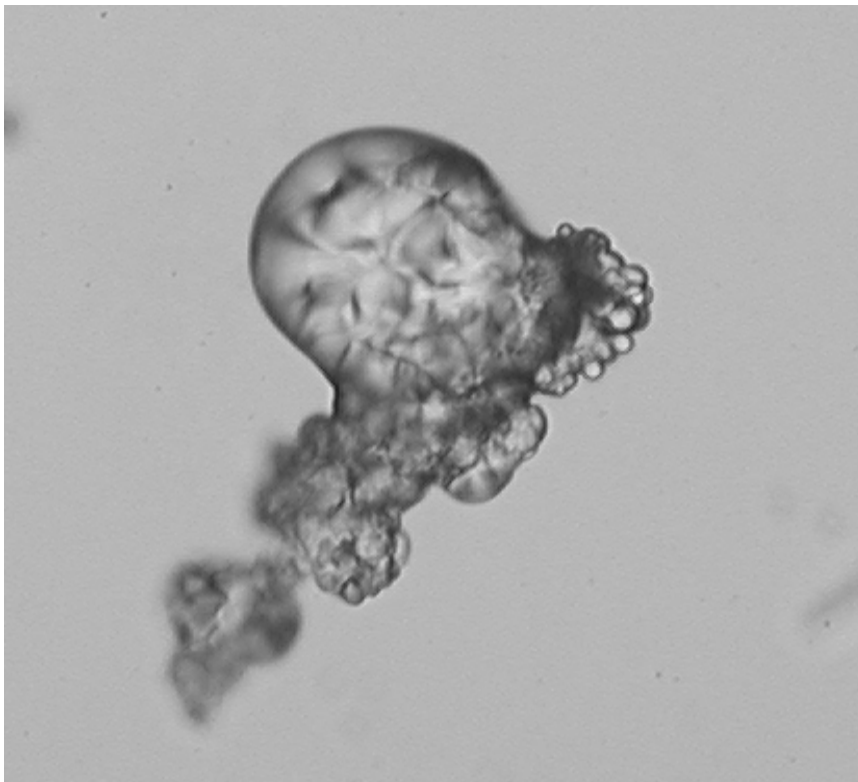
Tutkimuksen lähtökohtana oli ajatus, että suovan hiukkaskokojakaumaa voitaisiin mitata mikroskoopilla otetuista valokuvista. Lipeän seistessä kokojakauma muuttuu, ja tämän muutoksen perusteella olisi mahdollista määrittää nousunopeus ja tämän riippuvuus hiukkasen koosta. Kuvaukset olisi tehtävä haihduttamalla, suoraan linjasta otetuista näytteistä.

Kuvauksia tehtiin kuudessa tehtaassa. Näytteitä otettiin pesulipeästä, syöttölipeästä, väliliipeäsäiliöön tulevasta lipeästä ja siitä lähtevästä lipeästä. Lipeätippa puristettiin kahden mikroskooppilasin väliin, ja otettiin kuvia digikameralla. Jälkeenpäin mitattiin hiukkasia manuaalisesti. Pallomaisten hiukkasten nousua myös simuloitiin Excel-mallilla.

Tulokset

Hyvin tavallinen ajatusmalli nousutapahtumasta on se, että suopa esiintyy pallomaisina hiukkasina, jotka liikkuvat lipeän läpi ylöspäin. Tässä työssä todettiin kuitenkin, että tämä malli on aivan liian yksinkertainen. Suovan nousuun ja erottumiseen vaikuttavat useat mekanismit. Tässä tutkimuksessa mainittujen kemiallisten tai fyysikaalisten mekanismien lisäksi vaikuttavat luonnollisesti myös tekniset seikat, kuten viiveet ja virtaukset säiliöissä.

Tehdastutkimuksessa todettiin, että suovan hiukkaskokoon ja -jakaumaan vaikuttaa erityisesti pumppaaminen ja mahdollisesti valuminen lämpöpintoja pitkin. Pumppaaminen hajottaa hiukkaset pienemmiksi paloiksi. Samanaikaisesti sekoittaminen myös tuo hiukkaset yhteen. Ajan mittaan toistensa kanssa kontaktissa olevat hiukkaset valuvat yhteen, muodostaen isompia hiukkasia. Tämä prosessi on melko hidas ja kestää tunteja. Kuitenkin viiveet säiliöissä ovat riittävän pitkät, jotta yhteenvalumista ehtii tapahtua. Kuvassa 1 on esimerkki käynnissä olevasta prosessista.

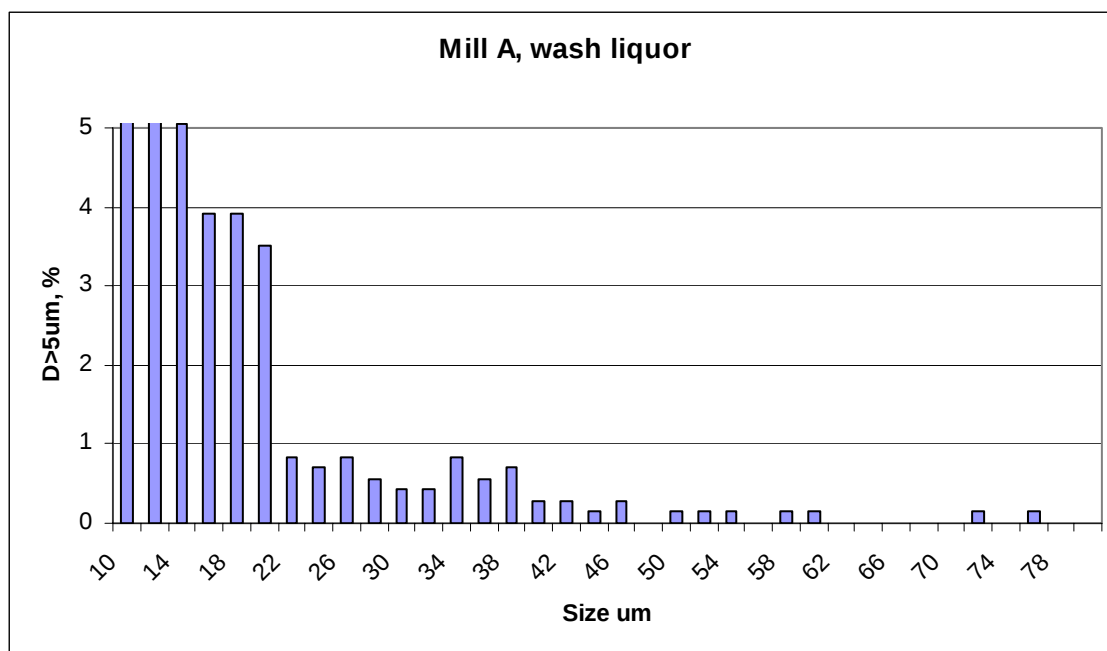


Kuva 1. Yhteenvalumisprosessi.

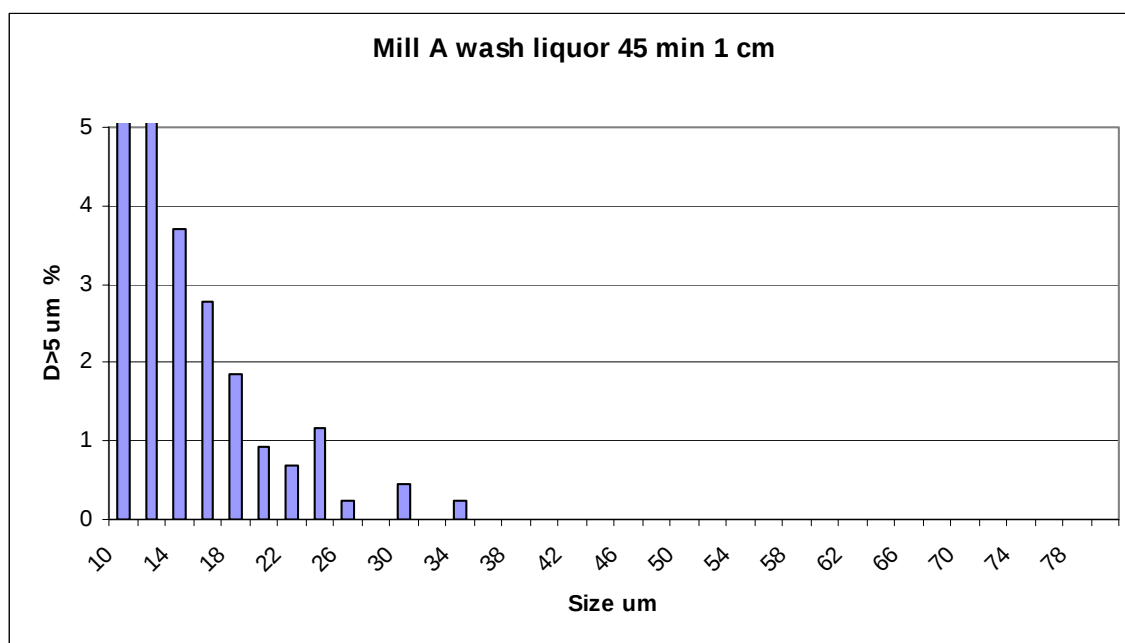
Tehdastutkimus osoitti, että agglomeroituminen, eli yksittäisten hiukkasten liittyminen yhteen laajemmiksi rykelmiksi, vaihteli hyvin paljon sekä tehtaiden välillä että saman tehtaan eri säiliöiden välillä. Vapaiden pallojen esiintyminen oli yleisempi syöttölipeäsäiliössä kuin välilipeäsäiliössä. Välilipeässä suopa esiintyi kaikissa tehtaissa yhtä lukuun ottamatta rykelminä. Erot tehtaiden välillä olivat suuret. Ainoastaan yhdessä tehtaassa esiintymismuoto oli täysin pallomainen, muissa tehtaissa rykelmöitymisaste vaihteli vähäisestä täydelliseen. Syytä tähän ei hankkeen puitteissa voitu selvittää. On kuitenkin selvää, että rykelmöityminen vaikuttaa nousemiseen edullisesti useilla tavoilla: Nosto-voima kasvaa verrattuna siihen, että hiukkaset liikkuvat yksinään, ja yhteenvaluminen helpottuu.

Suuret hiukkaset nousevat nopeammin kuin pienet ja matkalla ylöspäin ne törmäävät pienempiin. Tällä tavalla ne voivat edistää näiden nousemista.

Heti kun näyte oli otettu haihduttamolinjalta, se pantiin vesihauteeseen, jonka lämpötila vastasi kyseistä syöttö- tai välilipeäsäiliötä. Määrättyjen aikojen kuluttua pipetoitiin pieni määrä lipeää eri syvyyksistä, ts. pylväskorkeuksista, mikroskopointia varten. Mitattiin hiukkaskokojakauma ja tarkasteltiin sen muutosta. Suurten hiukkasten noustessa nopeammin kuin pienet, ne häviävät ensimmäiseksi jakaumasta. Esimerkki tällaisesta muutoksesta on esitetty kuvissa 2 ja 3.

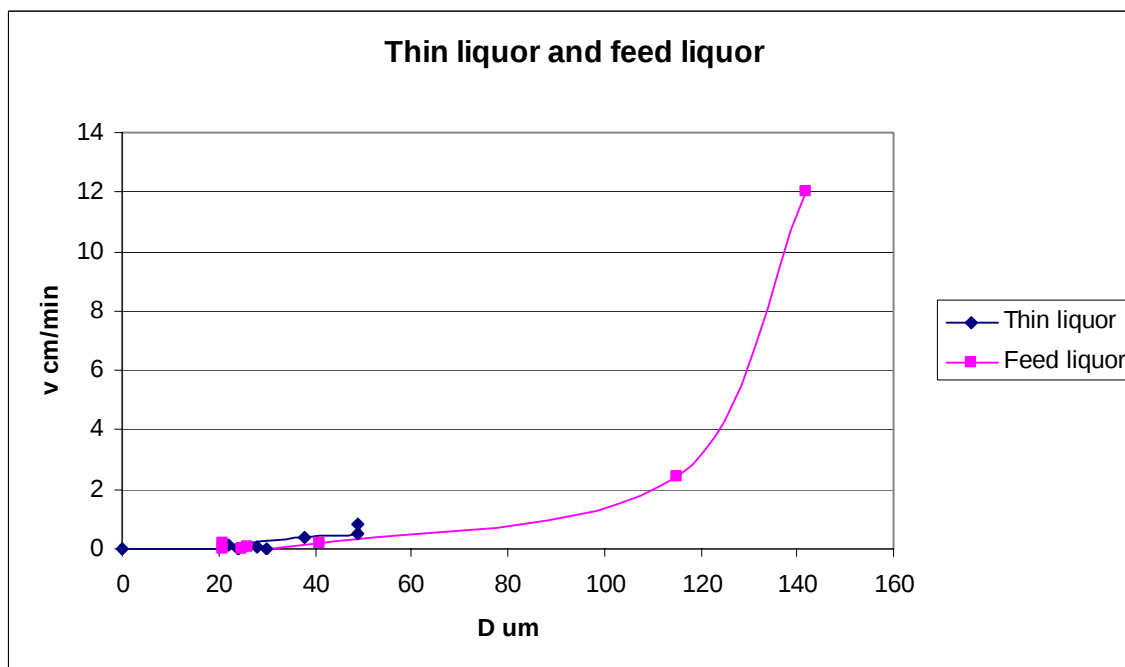


Kuva 2. Hiukkaskokojakauma pesulipeässä (y-akseli laajennettu jotta isot hiukkaset näkyisivät selvemmin).



Kuva 3. Sama lipeä lämpöhauteessa seisomisen jälkeen.

Suurimmat hiukkaset, jotka esiintyvät tietyssä korkeudessa tietyn ajan kuluttua, edustavat nousunopeutta, joka on laskettavissa matkan ja ajan perusteella. Tällä tavalla lasketut nousunopeudet on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Pallomaisten suopahiukkasten nousunopeus hiukkaskokojakauman muutoksen perusteella.

Johtopäätökset

Tutkimus osoitti, että tärkeitä mekanismeja suovan erottumisessa ovat lipeän pumppaamisessa tapahtuva hiukkasten hajoaminen, hiljaa seistessä tapahtuva yhteenvaluminen ja agglomeroituminen tai rykelmöityminen. Taipumus rykelmöitymiseen vaihteli suuresti erityisesti tehtaiden välillä ja on ilmeisen merkittävä seikka, joskin sen syitä ei tämän työn puitteissa ollut mahdollista selvittää.

Suovan hiukkaskokojakauma on mahdollista määrittää kehitetyllä tekniikalla. Hiukkaskokojakaumaa voidaan myös hyödyntää nousunopeuden mittauksessa. Nousunopeus voitiin mitata pallomaisille hiukkasille koon funktiona, mutta rykelmien kohdalla se on vaikeampaa, ensisijaisesti siksi, että näiden kokoa on vaikea määrittää.

Suovan nousunopeus vaihtelee enemmän koon mukaan kuin mitä teoreettisissä tarkasteluissa kirjallisuudessa on esitetty. Pienet hiukkaset nousevat niin hitaasti, ettei niillä juurikaan ole mahdollisuuksia nousta pintaan säiliöiden viiveiden puitteissa. Niiden ainoa mahdollisuus nousta pintaan on muiden mekanismien kautta, kuten liittyminen yhteen, törmääminen isompiin tai liikkuminen lipeän virtauksien mukana. Suurimmat hiukkaset sen sijaan nousevat pohjasta pinnalle muutamassa tunnissa.

**CONVERSION OF NSSC TO SAQP TECHNOLOGY
IN SMURFIT KAPPA ŠTÚROVO, A.S.**

Ivan Babinec, Smurfit Kappa

Conversion of NSSC to SAQP technology in Smurfit Kappa Štúrovo, a.s.

18.th of October 2007
Ivan Babinec
Fibre line superintendent

Who are we?

Smurfit Kappa Štúrovo, a.s. - from history to future

- 1960** Formation of the company
- 1968** Beginning of production of roofing feltboard and machinenboard on the PM1 and PM2
- 1969** Beginning of production of asphalt based insulation products
- 1973** Beginning of production of corrugated board and boxes
- 1974** Beginning of fluting production on the PM3
- 1993** Extensive damage to PM3 by fire
- 1994** Reconstruction of PM3 producing fluting, Acquisition of certificate ISO 9002
- 1997** Acquisition by AssiDomän AB
- 1999** Awarded by environmental certificate ISO 14 001
Formation of subsidiary company JCP Izolácie, a.s.
Formation of subsidiary company AssiDomän Obaly Štúrovo, a.s.
- 2000** Danish Icopal took over JCP Izolácie, a.s.
- 2001** Acquisition of AssiDomän's Containerboard and Corrugated Operations by Kappa Holdings
Award of Minister of Environment for environmental contribution
- 2002** Austrian MCE Voest took over Strojpap, a.s.
- 2004** Reconstruction SK300, Closure of SB, awarded by OHSAS 18001
- 2005** Merger of JSG and KP



Who are we?

Smurfit Kappa Štúrovo, a.s.



3

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

Where are we located?



4

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

What do we produce?

SKŠ produces semi-chemical paper based on SAQ pulp

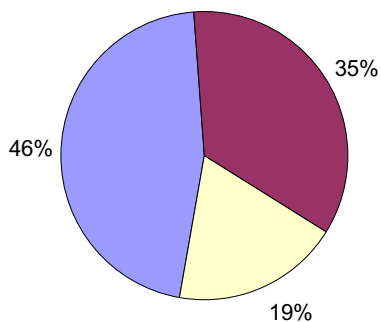
Grammage:	112-200g/m²
Grades:	SC (and SE)
Production:	190 000 tpa
Production of corrugated material at SKOŠ:	105 mio.m² in 2004



5

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

Raw materials - wood



 Poplar  Birch  Hornbeam

Consumption	2006
Poplar	129
Birch	97
Hornbeam	53
Total:	279 th.m³



6

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

Raw materials - RP

Need of SKŠ – 80 000 tpa mainly OCC



7

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

Power Plant

Boilers in operation:

- K1 125 t/h (BIC)
- K3 120 t/h (NG) – stand by
- K4 125 t/h (BrC/HO) – stand by
- K2, K5 out of operation
- TG 1 (TG 2) 25 MW



8

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

1.Modernisation Phase

2.Expansion Phase (300 000 tons of fluting)

The first step of the development project SK 300

Objectives

- fulfill legal environmental requirements
- increase capacity (200 ths.t)
- reduce costs
- keep pulp&paper quality level
- pulp production without sulphur

Main characteristic of process

	SAQP	NSSC
pH range	8,0 – 9,0	6,5 – 7,0
Base	Na	Na
Active reagents	AHQ, OH ⁻	OH ⁻ , SO ₃ ²⁻
Yield	80	78
Delignification	similar	similar
Carbohydrate reactions	protects carbohydrates	degrades carbohydrates
Cooking liquor	Na ₂ CO ₃ NaOH, AQ	Na ₂ SO ₃ Na ₂ CO ₃
Black liquor	more swelling	non-swelling
Foaming	yes	no

Main characteristic of process

	SAQP	NSSC
Recovery system	simple process	complicated secondary recovery system
Recovery line	evaporation +concentrator recovery boiler - - simple cooking liquor preparation	evaporation - recovery boiler secondary recovery sulphur burning complicated cooking liquor preparation
Odour	no odour	odour
Water	without sulphur components	H ₂ S, SO ₂ present in water
Pulp mill	friendly to environment	problems with environment
Pulp quality (fluting)	similar	similar

11

PM 3 – main description

Single fourdrinier machine, high turbulence headbox

start up in:	1974
1-st rebuilt in:	1993/1994
production:	190 ths. tons
trim width:	6 450 mm
grammage:	112 – 200 g/m ²
max.oper.speed:	600 m/min
product:	semichemical fluting
SK 300 rebuilt	2004 - SAQP

12

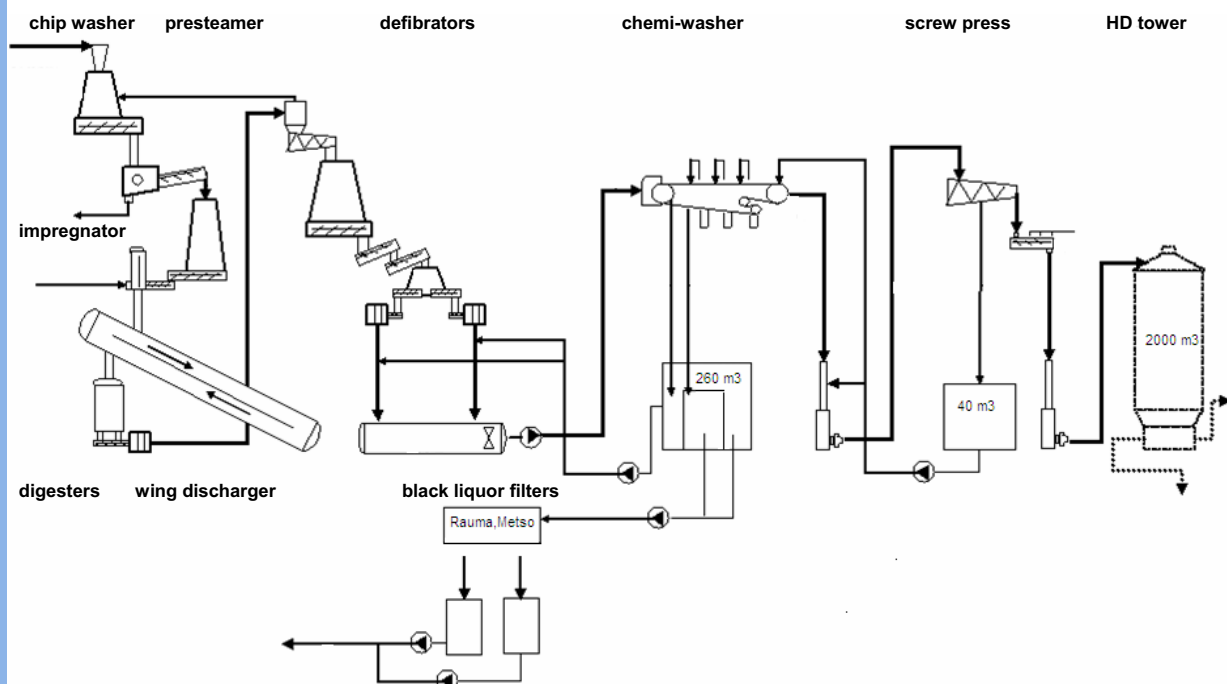
The fibre line

The fibre line produces soda AQ pulp

Start-up:	1974
Technology rebuild:	2004 Metso
Production:	360* t/d (500** t/d), 15,0 t/h (20,8 t/h)
Cooking liquor:	NaOH, Na ₂ CO ₃ + AQ
Liquor to wood ratio:	1 : 3
H factor:	600
Cooking temperature:	170 °C
Cooking time:	total cca 40 min.
Equipments:	chip washer **presteamer ** screw feeder + impregnator ** continuous Bauer digester ** vertical Metso digester ** wing discharger + pressure cyclone ** Sunds defibrators chemi-washer Black Clawson * screw press Andritz

13

The Fibre Line



14

Evaporator

5 stages falling film evaporator and concentrator

Manufacturer:	Rosenlew, rebuild – HPD 2004
Effect number:	5 + surface condenser, cooler
Effect type:	tubes
Capacity:	71 m ³ /h
Evaporated water:	62,4 t/h
Black liquor inlet, ev.	8 %
Black liquor outlet, ev.:	42 %
Concentrator, outlet:	62 %
Steam:	13,7 t/h
Vacuum:	- 78 kPa

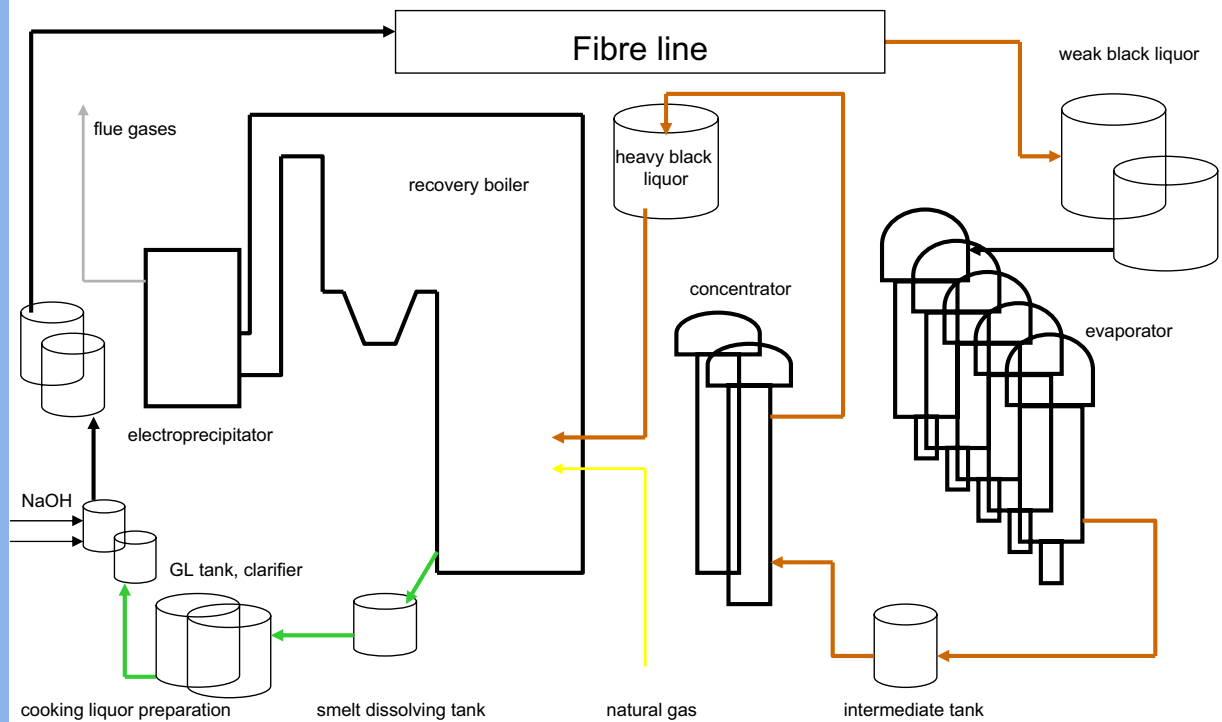
15

Recovery boiler

Manufacturer:	Tampella, prod.No.277
Rebuild:	2004 Andritz
Steam generation:	33,5 t/h, 1,7 MPa, 204 °C
Furnace dimension:	4 038 x 4 038 mm, membrane walls
Steam drum:	1 pc
Water drum:	1 pc
Chamber volume:	200 m ³
Black liquor:	7 t bd/h
Stabilisation fuel:	485 Nm ³ /h natural gas

16

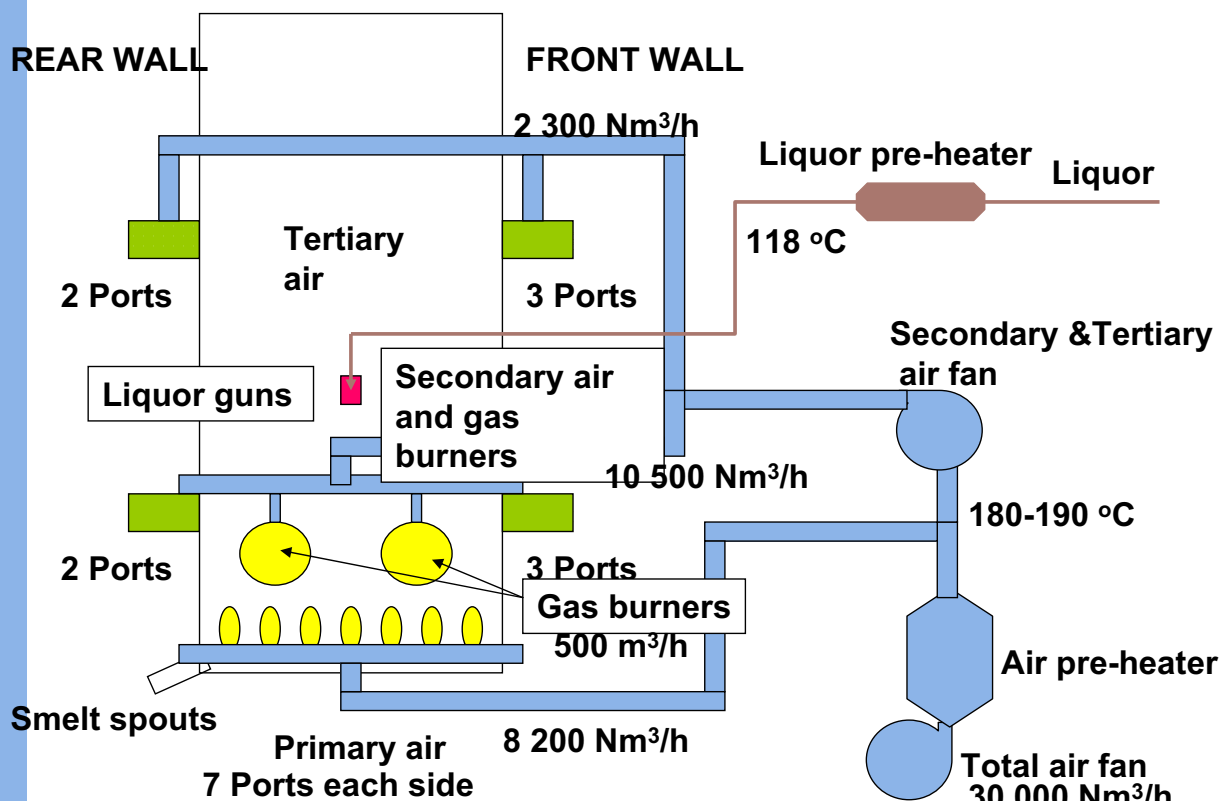
The Recovery line



17

Smurfit Kappa
Štúrovo

Recovery Boiler technology



18

Smurfit Kappa
Štúrovo

Recovery Boiler - fuels

Stabilisation fuel:

NSSC: heavy oil (NG)

SAQP: natural gas

Amount: cca 480 Nm³/h

Combustion air: secondary air

Air distribution: 20 / 50 / 30 %



Black liquor:

Density: 1,29 g/cm³

Organical/inorganical part: 51/49 %

Dryness: 56 - 58 %

Heating value: 13,2 MJ/kg

Viscosity: 30000 mPa.s (25°C)

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

19

Recovery Boiler SK 300 target

- To burn heavy black liquor from SAQP cooking
- Better environment
- To optimize the burning conditions
- Keep high temperature in the lower furnace, change natural gas burners
- Low oxygen, to remove hydrogen sulphide, sulphur dioxide content in the flue gas
- Flue gas temperature below 200 °C at the precipitator inlet

 **Smurfit Kappa**
Štúrovo

20

Main works on recovery boiler

- **Flue Gases & Emissions - NG burners exchange**
 - flue gases duct
- **Smelt dissolving tank, mixing**
- **Lower furnace**
 - new smelt spouts
 - combustion air openings (sec.+tert.), ducts, dampers, heater
- **Corrosion and fouling**
 - less corrosion, BL without sulphur components, ash collecting system

21

Natural gas burners



Natural gas burners:

Manufacturer: Oilon, Lahti
Performance: 4 MW (each)
Number: 4
Location: side walls

Autocaustification trials were made as well.

Thank: Novacell process.

22

Production results after 3 years of operation

Target of SK 300 project was fulfilled.

Pulp mill conversion was successful!

23

Conversion of NSSC to SAQP technology

Thank you for your attention.

24

PIENHIUKKASPÄÄSTÖT

Juha Tolvanen, ALSTOM Finland Oy

Pienhiukkaspäästöt Soodakattilapäivä 2007

Juha Tolvanen
18/10/2007

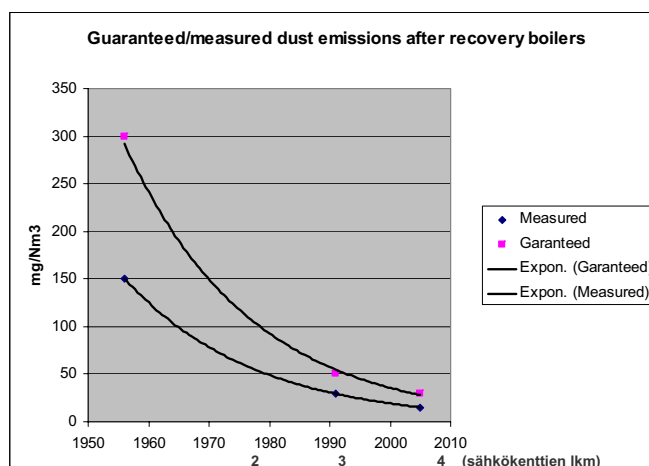
POWER

ALSTOM

Pölypäästöjen kehitys

Kohti pienempiä päästöjä

- Kehityspiirteitä:
 - Pienenevät pölypäästöt kaikilla alueilla.
 - Kasvava kiinnostus pienhiukkasiin (PM 10).
 - Ei vielä lainsäädäntöä.



Hiukkaspäästömittaukset

Päästömittaukset hiukkaspäästöille

TYYPILLISIÄ KÄYTÖSSÄ OLEVIA STANDARDEJA

Table 1. Determination of Particulate Matter (PM) emissions from stationary sources according to different standards (RH = relative humidity).

Standard	Year issued	Sampling Method	Filter pre-treatment temperature	Sample after-treatment temperature	Sampling temperature	Applicability Flue gas nature
SFS 3866	1990	OSS	110 °C	110 °C	120 °C – 150 °C	Dry / wet flue gas
		ISS	110 °C	110 °C	t_s	Dry flue gas
ISO 9096	1992	OSS	$110\text{ °C} + 10\text{ °C} > t_s$	110 °C	> above all dew point temperatures	Dry / wet flue gas
		ISS	$110\text{ °C} + 10\text{ °C} > t_s$	110 °C	t_s	$t_s >$ all dew point temperatures
SFS-EN 13284 ISO/FDIS 12141 ISO/FDIS 9096	2002	OSS	$180\text{ °C} + 20\text{ °C} > t_s$	160 °C	160 °C or higher	Dry / wet flue gas
		ISS	$180\text{ °C} + 20\text{ °C} > t_s$	160 °C	t_s	Dry flue gas
ISO 8178	1996	OSS	22 °C, RH 45±8 %	22 °C, RH 45±8 %	52	Dry / wet flue gas Special method
EPA Method 5	2000	OSS	20 °C or 105 °C	20 °C or 104 °C 1)	120 °C	Dry flue gas
EPA Method 5B	2000	OSS	160 °C	160 °C	160 °C	Dry / wet flue gas + particles without H ₂ SO ₄
EPA Method 17	2000	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 104 °C 1)	t_s	Particular sources
EPA 201A	1992	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 105 °C	t_s	PM 10
EPA Method 201	1996	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 105 °C	t_s	Cyclone
EPA Method 202	1996	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 105 °C	t_s	Condensibles (meas. at 0 °C after particle sampling)

OSS = Out-Stack Sampling

ISS = In-Stack Sampling

t_s = flue gas temperature

dry flue gas = temperature higher than flue gas temp.

Wet gas = e.g. after scrubber

1) Post treatment of rinsing at ambient temperature

Presentation title - 01/01/2007 - P 3

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Hiukkaspäästömittaukset

Eri mittausmetodien soveltuvuus

- Huomioitavaa:
 - Sähkösuodatin on tarkoitettu hiukkasten poistoon ja erotus tapahtuu aktuaaliolosuhteissa
 - Out-stack sampling –metodit antavat tuloksen referenssiolosuhteessa, esim EPA 5, 120 c. Tällöin näytemäärän massa suurenee johtuen lauhtuvista yhdisteistä.
 - OSS-metodit ovat ongelmallisia prosesseissa, joissa lauhtuvia rikki- tai hiilivety-yhdisteitä. Lauhtuvien osuus voi olla kymmeniä prosentteja kokonaismassasta!
 - OSS-metodit ovat hyviä referenssimenetelmiä, mutta soveltuvat huonosti laitetakuun todentamiseen (kuka määrittelee olosuhteen etukäteen?)

Presentation title - 01/01/2007 - P 4

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Pienhiukkasmittaus - STD

PM 1-10

- PM 10
 - Determination of the PM 10 fraction particulate matter. Reference method and field test procedure to demonstrate reference of measurement methods. Brussel (EN 12341)
- PM 10 ja 2.5
 - VDI 2066, part 10
- PM 1
 - Ei mittausstandardia. Mittalaitteiden valmistajia löytyy, kuten DEKATI.

Presentation title - 01/01/2007 - P 5

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Pienhiukkaset

PM 10 sisältää

- Coarse particles, 2,5-10 micronia
- Fine particles, alle 2,5 micronia
- Molemmat jakeet menevät nenän ja kurkun läpi keuhkoihin. Kaikkein vaarallisin jae terveydelle on alle 1 micronin.

Presentation title - 01/01/2007 - P 6

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Emission Standard 2000/76/EC

EU directive Emission requirements (Dry, 11 % O₂)

Component	24 h average	½ h average	Unit	APC product main choice
Particulate	10	30	mg/Nm ³	FF/ESP
HCl	10	60	mg/Nm ³	DRY/WET
SO ₂	50	200	mg/Nm ³	DRY/WET
HF	1	4	mg/Nm ³	DRY/WET
NO _x	200	400	mg/Nm ³	SNCR/SCR
Cd+Tl		0,05	mg/Nm ³	FF/AC
Hg		0,05	mg/Nm ³	FF/AC
Sb+As+Pb+Cr+Co+				
Cu+Mn+Ni+V		0,5	mg/Nm ³	FF/AC
PCDD/PCDF		0,1	ng/Nm ³	FF/AC

FF=Fabric Filter, ESP=Electrostatic Precipitator, DRY=Dry/Semi Absorption Method, WET=Wet Scrubber Method, SNCR= Selective Non Catalytic Reduction, SCR=Selective Catalytic Reduction, AC=Activated Carbon

Presentation title - 01/01/2007 - P 7

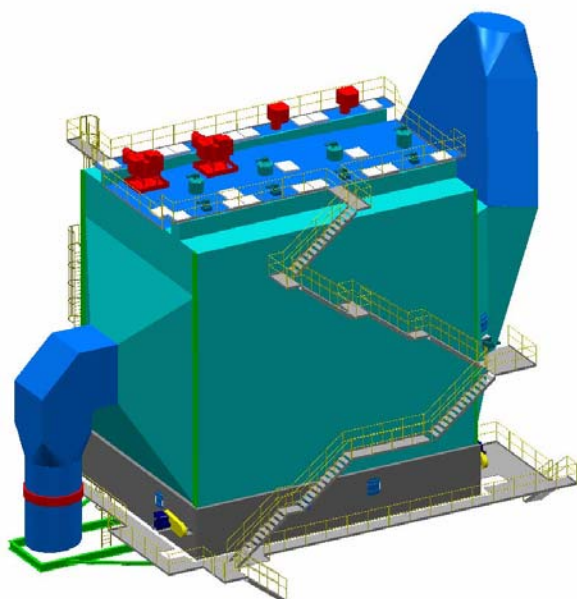
ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Ilmansuojelu tänään

Sähkösuodatin



- Etuja:
 - Laaja käyttölämpötila-alue (400 c asti)
 - Varman toiminta myös tarttuvilla pölyillä
 - Pieni huoltotarve
 - Alhainen painehäviö

Presentation title - 01/01/2007 - P 8

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Soodakattilaprosessi

- Prosessiarvot
 - Lämpötila 150-220 c
 - Kosteus 20-35%
 - Pölymäärä 15-32 g/Nm³ (60-100 g) nuohouksessa
- Erityispiirteet
 - Pieni hiukkaskoko (höyrystyneet alkalit)
 - Matala resistiivinen pöly
 - Tarttuva pöly
 - Korroosioriski (SO₂)
- Kehityssuunnat
 - Suureneva yksikkökoko
 - Mustalipeän kuiva-aineen nousu (kasvavat pölymäärät)
 - Vierasaineiden nousu kierrossa (K, Cl)

Presentation title - 01/01/2007 - P 9

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein.
Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Soodakattilan pöly

Kattilasta ulos tuleva pöly

- Pölypitoisuus econ jälkeen 30-60 g/Nm³
- Kaikki ESP-pöly on kooltaan alle 10 micronia
- Keskikoko 1 micronia
- N. 99% pölystä on vesiliukoista
- Pöly peräisin fume:sta, joka syntyy mustalipeän palaessa ja reagoidessa pedissä
- Pöly muodostuu pääosin natriumsulfaatista, osa karbonaattimuodossa, vierasaineista yleisimmin esiintyy Cl ja kaliumia
- Raskasmetallit eivät ongelma

Presentation title - 01/01/2007 - P 10

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein.
Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Partikkelikokojakaumat

- Soodakattila
 - Partikkelikokojakauma muodoltaan ns. unimode (käsittää yhden huipun)

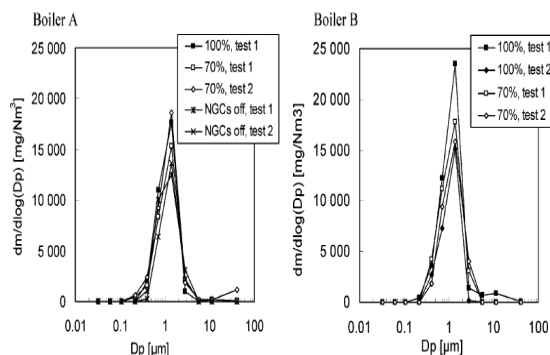


FIGURE 2. Particle mass size distributions at the ESP inlet at boilers A and B as determined with low-pressure impactors. The particles collected in the prefilter cyclone (larger than 4 µm) are not included in the figures.

586 ■ ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY / VOL. 40, NO. 2, 2006

Presentation title - 01/01/2007 - P 11

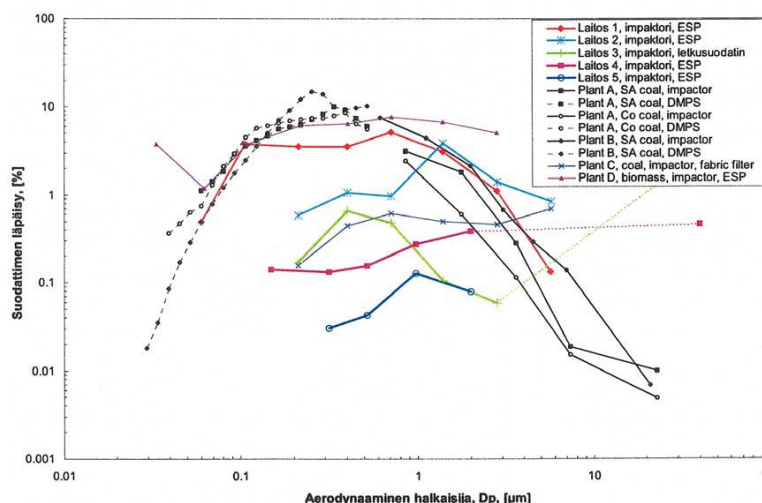
ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Partikkelikokojakaumat

- Lämpäisevyys kokoluokittain
 - Laitos 4 ja 5 soodakattiloita



Presentation title - 01/01/2007 - P 12

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Ilmansuojelu tänään

Läpäisevyys kokojaukaumittain Cl, K

- Soodakattila
 - Partikkelikokojakaumat erilaisia laitosten välillä (unimode vs. bimodal)

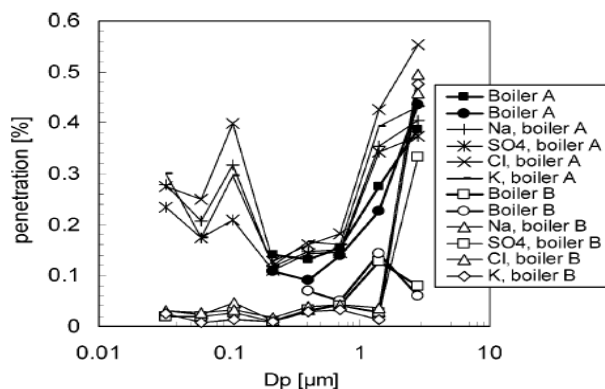


FIGURE 6. Particle penetration through the ESP at boilers A and B for total particle mass and for Na, SO₄, Cl, and K.

Presentation title - 01/01/2007 - P 13

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Ilmansuojelu tänään

Raskasmetallit

- Soodakattila
 - Raskasmetallit eivät ongelma

TABLE 4. Trace Element Emissions from Boilers A and B

	boiler A [μg/Nm ³]	boiler B [μg/Nm ³]
Co	3.3	0.04
Cu	8.2	0.4
Mn	32	0.5
Pb	0.9	0.08
Sb	0.08	0.002
V	0.8	0.001
Co + Cu + Mn + Pb + Sb + V	45	1.0
Cd	0.26	0.03
Tl	0.07	0.02
Cd + Tl	0.33	0.05

Presentation title - 01/01/2007 - P 14

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Ilmansuojelu tänään

Pb ja Cd läpäisevyys kokojakaumittain

- Soodakattila

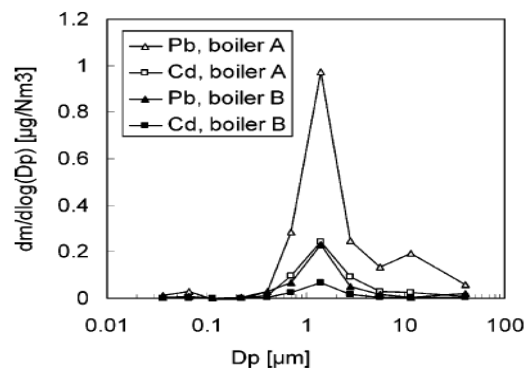


FIGURE 7. Trace element Cd and Pb size distributions at the ESP outlet at boilers A and B.

Presentation title - 01/01/2007 - P 15

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Ilmansuojelu tänään

PM 1 pienhiukkasmittauksia

Fuel	Boiler/ Burner	Output kW	Particle separator	Particle emissions		Flue gas characteristics					
				TSP mg/MJ	PM1 mg/MJ	Medium size (nm)	Chemical composition Main elements/compounds	Morphology spherical/agglomerate Physical size	Harmful properties particle size/toxicity Biomass	T °C	O ₂ aver. %
Biomass/Peat						PM1-AMMD					
batch burning sauna stoves, fireplace inserts, masonry heaters, wood log boilers			– –		80...230* 50...160*		org. 80-30, soot 20, inorg. 5-50	agglom., primary 50 nm	batch burning small size, PAH, some soot	350 210	9 13
continuous burning wood chips	grate, stoker burner	< 500	–		20...80		na**		continuous burning small units	180	8
wood pellets	pellet burner, stoker burner	< 500	–		10...60	100	org. 10-15, soot 1-5, inorg. 80-90	spherical 50 nm	small size some PAH	190 140	7 6
wood	grate	5000	wet scrubber	50	30	200	K, SO _x			140	6
woodchips	grate (circulating)	10000	–	10	3	230					
wood	grate	15000	ESP	11	5	200	–		intermed & large units	140	6
wood, peat	Bubbling fluidised bed (BFB)	60000	ESP	2-3	1	200	SO _x , K, Na	spherical 100-200 nm	relatively small size	140	6
wood, sludge	Circulation fluidised bed (CFB)	150000	ESP	1-2	0.1	200	SO _x , K, Cl, Na				
wood, peat, sludge	BFB	90000	FF	5	0.05	500	na**	K salts		140	6
Waste									Waste		
SRF	grate	18000	FF	0.2	< 0.03	na**	na**	inlet	inlet	140	11
SRF	CFB	75000	FF	0.4	0.03	na**	na**	compact agglomerates	rel. small size, toxic	140	11
mixed fuel	BFB	60000	ESP	10	3	200	K, Cl, SO _x , Pb, Cd...	primary 40-100 nm (K, Cl and Pb, Cd...)	outlet almost zero emission	140	6
Oil									Oil		
light fuel oil	Oil burner (domestic)	20	–	2	2	50	mainly soot	agglom. primary 20-50 nm	small size soot	160	4
heavy fuel oil	Oil boiler	4000-7000	–	15-40	3-9	100	H ₂ SO ₄ , V, Ni	spherical 100 nm	small size toxic number, V, Ni, SO _x	150	3
	Diesel engine	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Coal									Coal		
	Pulverised coal combustion	320000	ESP	10	2	500	Si, S, K, Hg...		Coal Hg, As		
		246000	FF	6	–0	na**	na**				
Black liquor									Black liquor		
	Recovery boiler	300000	ESP	5-16	3-11	1000	Na, SO _x , K, Cl salts	compact agglomerates 100-500 nm	none	140	6

* large differences between combustion devices and operating conditions (fuel quality etc.)

** below the limit of identification or not analysed

Presentation title - 01/01/2007 - P 16

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Läpäisevyys kokoluokittain

- Voima ja jäte

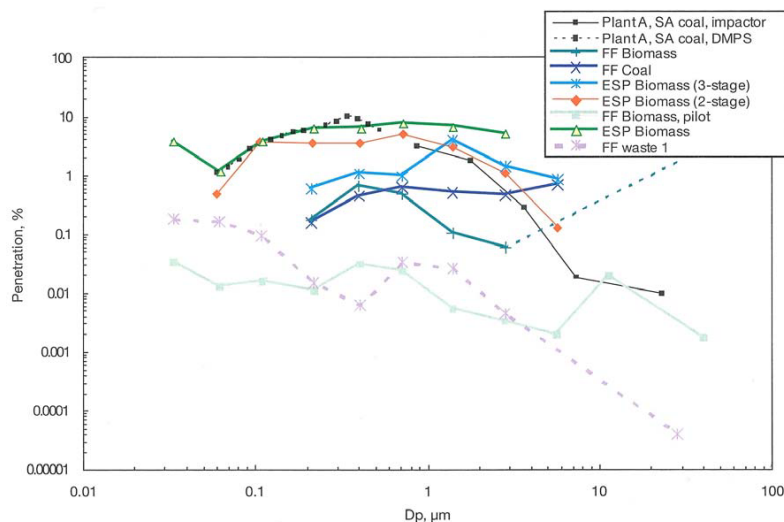


Figure 10. Measured filter efficiencies at different types of power plants.

Presentation title - 01/01/2007 - P 17

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Sähkösuodin ja 10 mg/Nm³

- Esim. jätedirektiivin pölypäästön raja on 10 mg/Nm³ (dry 11% O₂)
- Soodakattiloiden jälkeen mitattu täyden kuorman ajoilla alle yllä olevan rajan alittavia tuloksia (neljä kenttää). Tyypillisesti alle 15 mg.
- Paras ja todennäköisin vaihtoehto on edetä 20 mg/Nm³ kautta 10 mg:aan.
- Takuu edellyttää hallittuja ja etukäteen tunnettuja olosuhteita. Vaikeudet tulevat etenkin epäpuhtailla lipeillä ja kattilan tehokorostusten yhteydessä.

Presentation title - 01/01/2007 - P 18

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Keinoja pienempiin päästöihin

Tasasuuntaajat



Perinteiset tasasuuntaajat 50 Hz



Suurtaajuus SIR-tasasuuntaajat 50 kHz

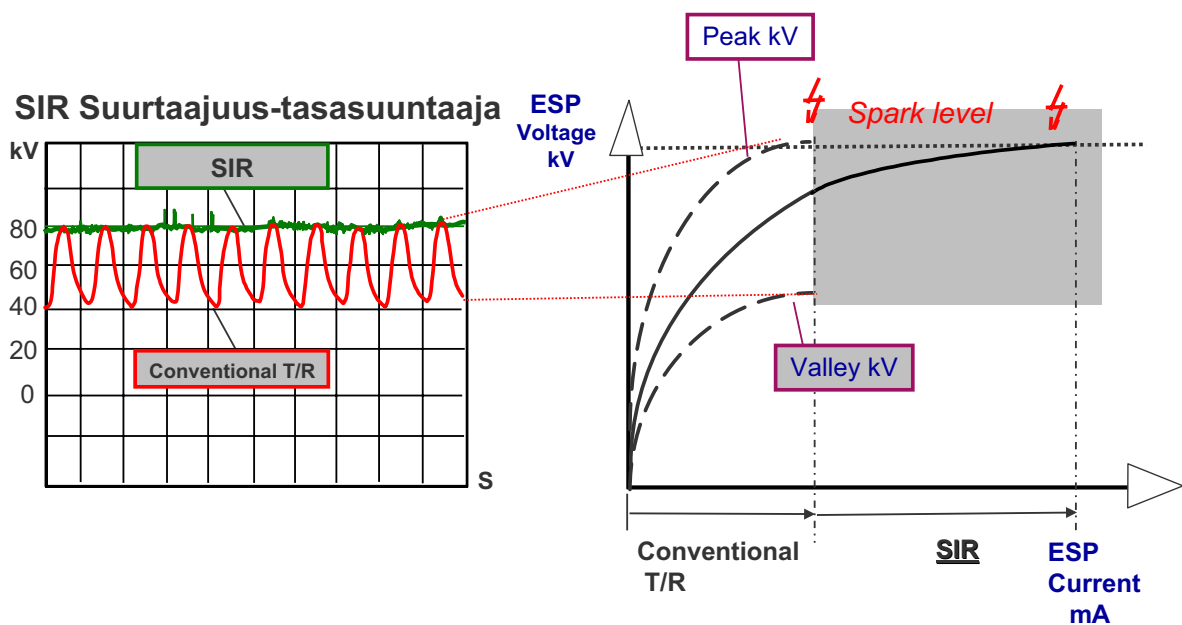
Presentation title - 01/01/2007 - P 19

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Keinoja pienempiin päästöihin



Presentation title - 01/01/2007 - P 20

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

Lähteet

1. Electrostatic Precipitator performance and trace element emissions from two kraft recovery boilers (Lind, Hokkinen, Jokiniemi etc, VTT)
2. TEKES, Combating Particulate Emissions
3. Energiantuotannon ja prosessiteollisuuden pienhiukkas- ja raskasmetallipäästöjen karakterisointi (Hokkinen, Jokiniemi, etc, VTT)

Presentation title - 01/01/2007 - P 21

ALSTOM © 2007. We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

POWER

ALSTOM

www.alstom.fi

www.alstom.com

ALSTOM

MEESAUUNIKAASUTIN

Juhani Isaksson, Metso Power Oy

MEESAUUNIKAASUTIN

SOODAKATTILAPÄIVÄ 18.10.2007
Juhani Isaksson



Meesauunikaasutin

Tuotekaasun vaikutukset

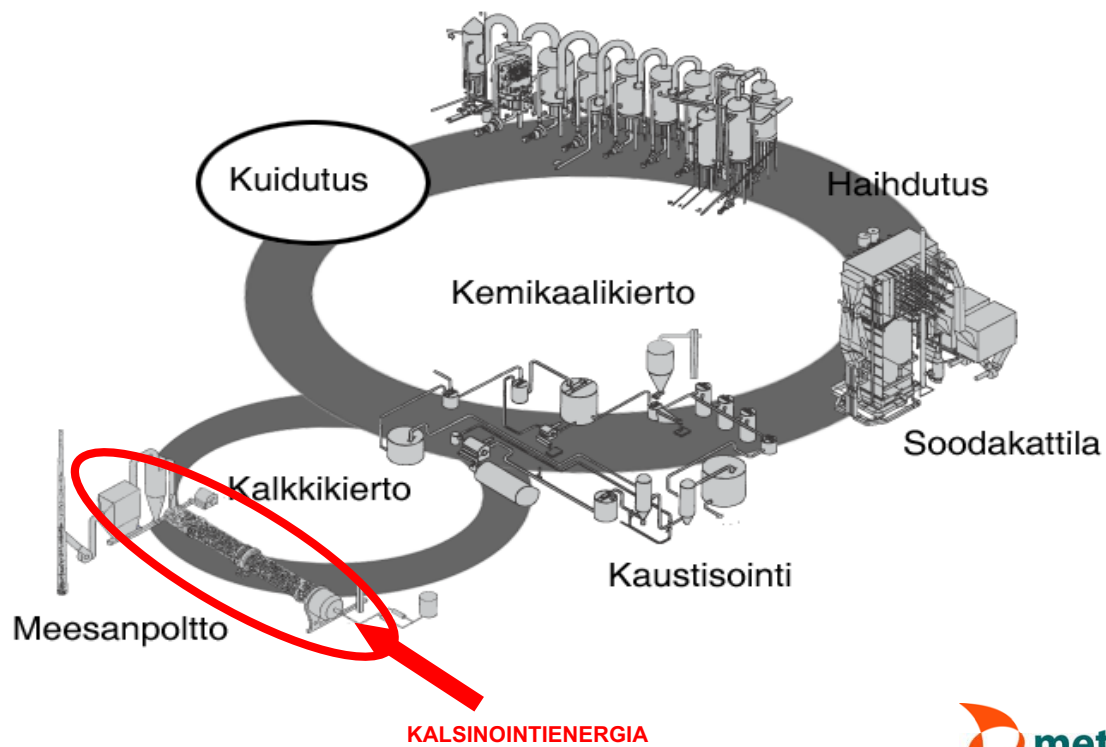
- Energian kulutukseen
- Uunikapasiteettiin
- Haitta-aineiden kertymä meesaan

Kaasutin ja kuivuri

Taloudesta



Sulfaattiprosessin kemikaalien talteenottokierrot

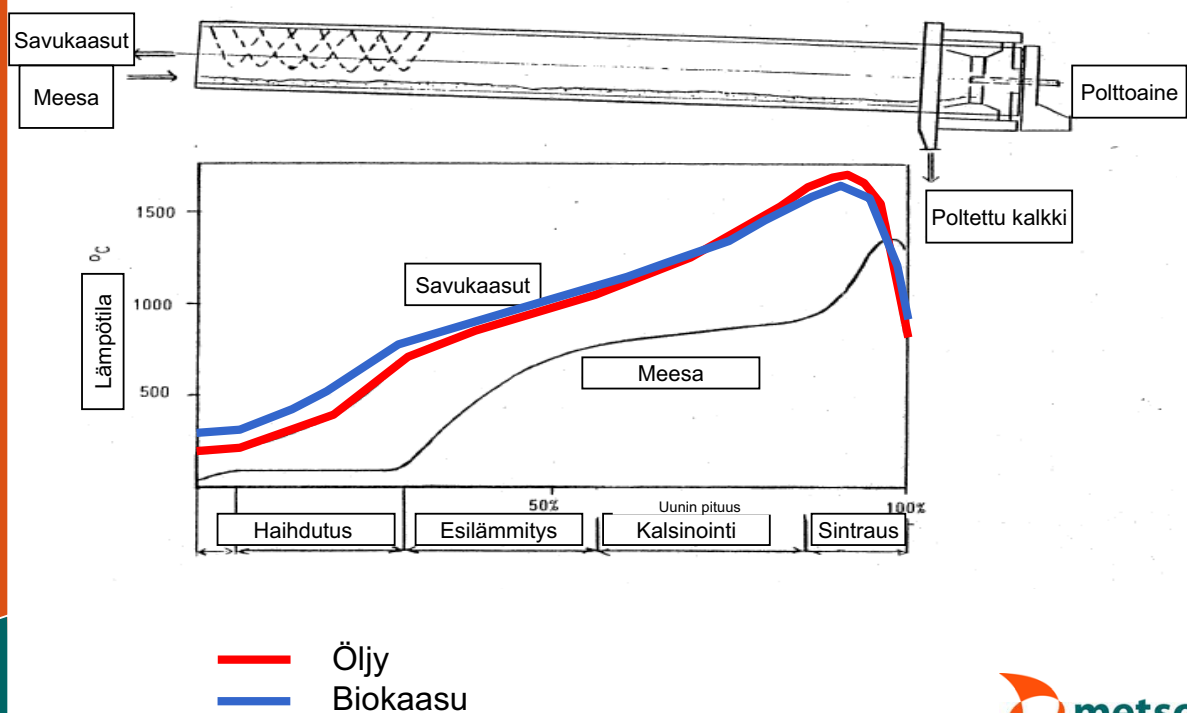


3

© Metso Corporation 2007



Meesauunin toiminta tuotekaasulla

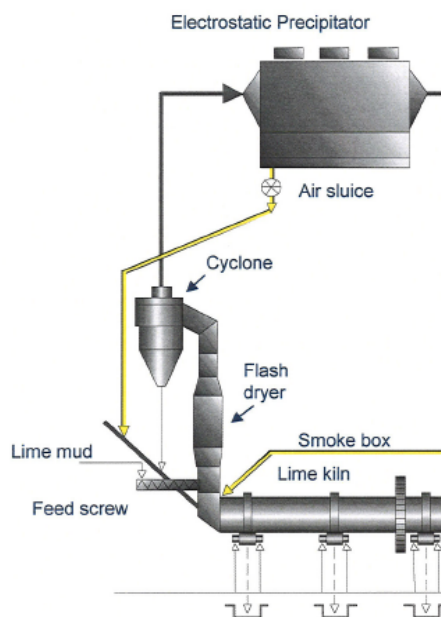


4

© Metso Corporation 2007



Simulointitulokset (Biokaasu vs. Maakaasu vs. Raskas polttoöljy)



Lämpöarvot (LHV):

Biopolttoaine: 16,7 MJ/kg (10% H₂O)
(= kaasuttimen syöte)

Maakaasu 50 MJ/kg

Raskas polttoöljy 40 MJ/kg

Adiabaattiset palamislämpötilat:

Biopolttoaine: 1870 C

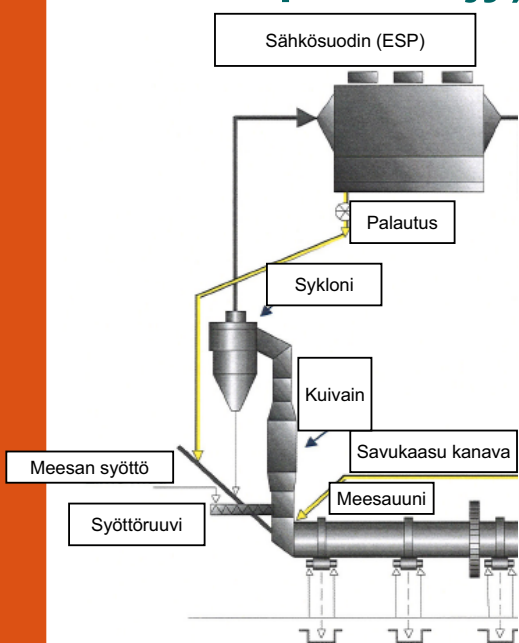
Maakaasu: 2050 C

Raskas polttoöljy: 2210 C

15%:n ylimäärä polttoilmaa



Simulointitulokset (Biokaasu vs. Maakaasu vs. Raskas polttoöljy)



Tuotantokapasiteetti n 500 t/d poltettua kalkkia
Energian kulutus

6,46 GJ/t Biokaasu (LHV=6,9 MJ/Nm³)
6,17 GJ/t Maakaasu (LHV=35,9 MJ/Nm³)
5,92 GJ/t Raskas polttoöljy (LHV=41,3 MJ/Nm³)

Savukaasujen lämpötilamuutokset:

Bio > Maakaasu > Öljy

743 > 725 > 685 °C Savukaasukanavassa

720 > 702 > 663 °C Ennen kuivainta

242 > 212 > 175 °C Syklonin jälkeen

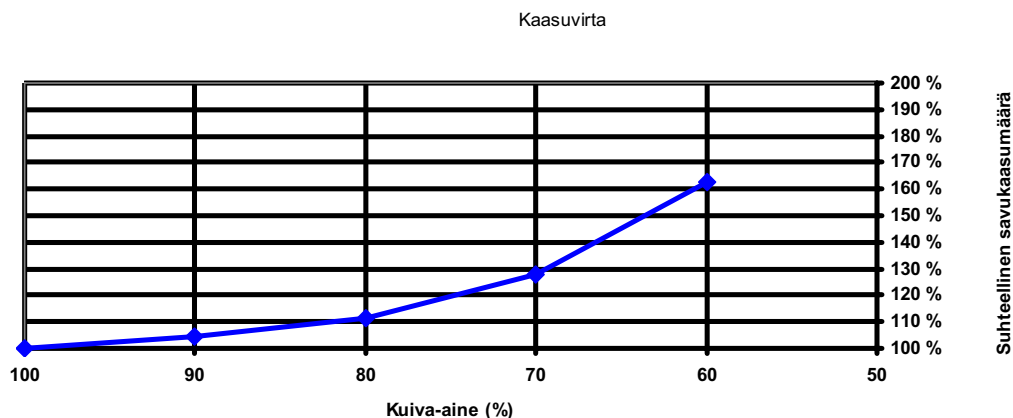
282 > 226 > 226 °C Poltettu kalkki

Savukaasuvirtaus sähkösuotimelle:

1215 (Nm³/min) = 2370 (m³/min) Biokaasu (= 108 %)
1178 (Nm³/min) = 2170 (m³/min) Maakaasu (= 105 %)
1128 (Nm³/min) = 1920 (m³/min) Raskas polttoöljy (=100 %)



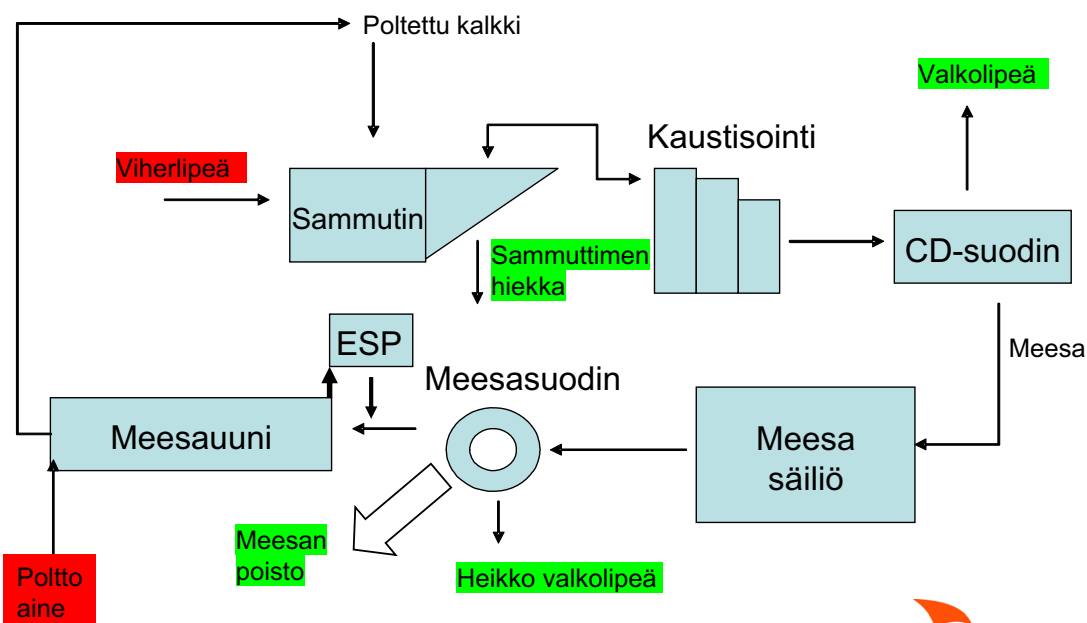
Miksi biopolttoaine tarvitsee kuivata?



— Savukaasumäärä (Nm³/tn kalkkia)

Tyypillinen meesakierto

- Haitta-aineet tulevat joko lipeään, polttoaineen tai makeup-kalkin mukana.
- Haitta-aine tasoja hallitaan meesaa poistamalla.



Mitattuja haitta-aine pitoisuuksia / mittauksia

Tuhkan koostumus (kuori + puru)

mg (alkuaine) / kg (tuhka) ds

Al	32850 mg/kg	ICP
Fe	13750 mg/kg	ICP
K	101000 mg/kg	ICP
Mg	42550 mg/kg	ICP
Mn	24650 mg/kg	ICP
Na	8650 mg/kg	ICP
P	24900 mg/kg	ICP
Si	85000 mg/kg	ICP

⇒ 35 – 70 kg/päivä

Meesakierron analyysijä

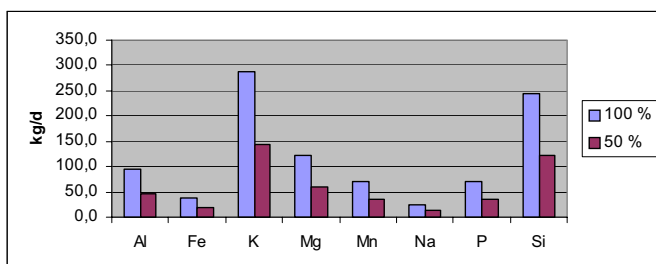
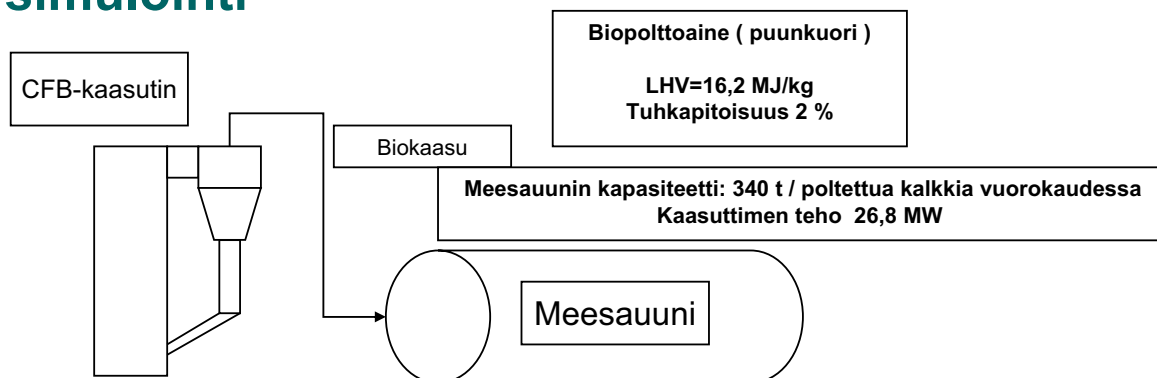
mg(alkuaine)
kg(näyte)ds

	Grönlut	Vitlut	Svag vitlut	Mesa	Kalk	ESP-aska	släckarens sand	Kalkmjölk		
Al	27	95	63	520	1170	460	9990	250	mg/kg	ICP
Mg	16	<5	87	4400	7260	4040	5010	1660	mg/kg	ICP
Fe	2,8	30	24	810	1450	860	2340	330	mg/kg	ICP
Si	680	930	110	1410	2860	1750	27940	1200	mg/kg	ICP
K	42680	40750	37320	1640	980	460	3880	23870	mg/kg	ICP
P	190	33	80	4090	6610	6520	4060	1530	mg/kg	ICP
Mn	6,6	23	10	570	1040	580	520	240	mg/kg	ICP
Ca	91	73	10350	382500	650600	381400	345000	140700	mg/kg	ICP
Na	377700	370500	465900	26630	11150	7750	30080	224700	mg/kg	ICP
S	77700	66980	66980	3210	1710	3390	5930	46340	mg/kg	ICP
Cl	3510	<100	<100	<100	<100	160	<100	2530	mg/kg	IC
Karbonat					2100				mg/kg	LL 114

n 900 -1000 kg/päivä



Tuhkakulkeuma kaasuttimelta meesauuniin / simulointi



100 % Kaikki tuhka kaasartilta -> meesauuniin ("pahin tapaus")

50 % Tuhkasta -> meesauuniin ("todennäköisin tapaus")

Lisääntynyt kalkinkorvaus tarve:

3,5-7 t per vuorokausi (50-100%)



Biomassan kaasutus meesauunikäyttöön



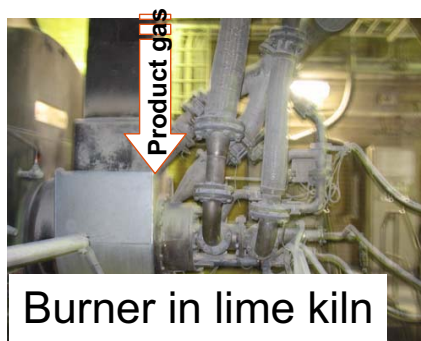
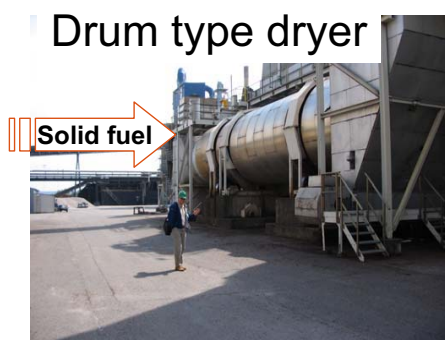
© Metso Corporation 2007

- Meesauuni on erittäin helppo muuttaa kaasutuskaasulle – kokoluokka on taloudellisesti järkevä ja polttoaine on yleensä saatavilla.
- 1980 luvulla, toisen öljykriisin aikaan useita kaasuttimia rakennettiin jotta meesauunin tarvitsema öljy voitiin korvata biomassalla.
- Värön tehtaalla on ollut (ja on edelleen) Metson (silloinen Götaverken) kaasutin käytössä vuodesta 1987.



11

Biomassan kaasutus Värön tehdas – toiminnassa oleva referenssi



Burner in lime kiln



Product gas

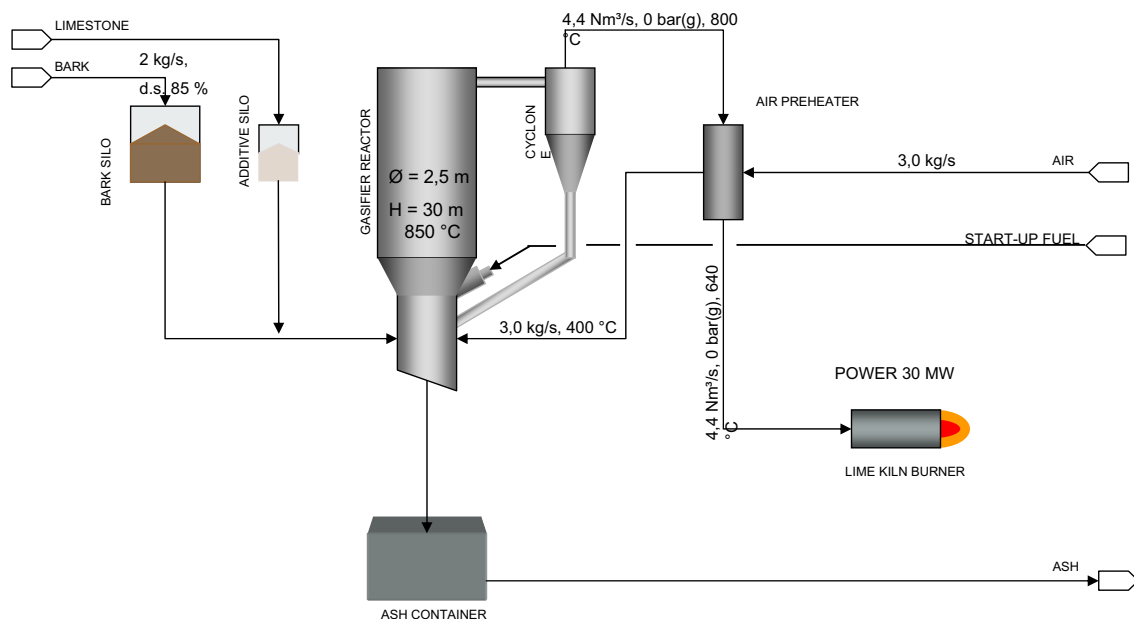


© Metso Corporation 2007

12

Biomassan kaasutus

Tyypillinen prosessikuvaus



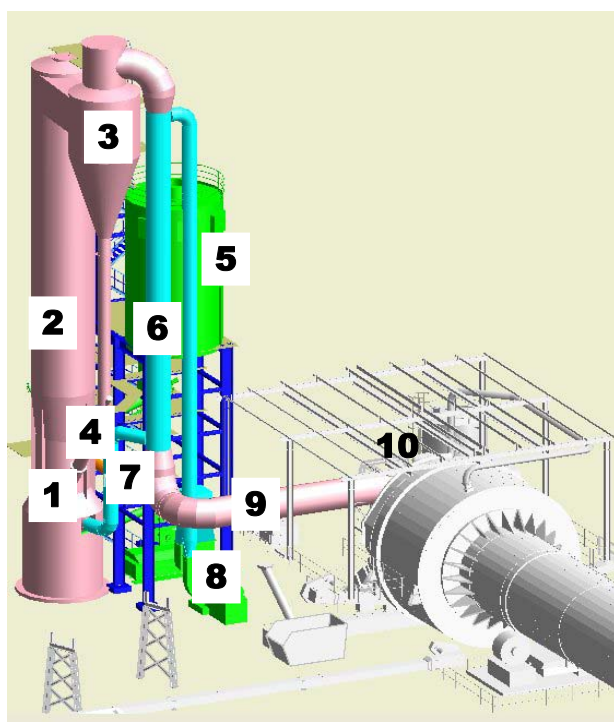
13

© Metso Corporation 2007



Biomassan kaasutus

Tyypillinen sijoituskuva meesauunikäytössä



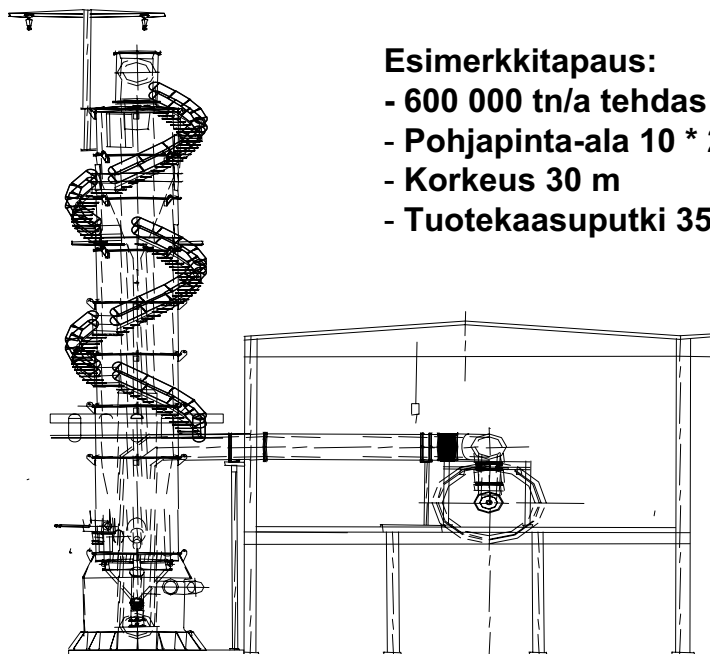
14

© Metso Corporation 2007



Biomassan kaasutus

Tyypillinen sijoituskuva meesauunikäytössä

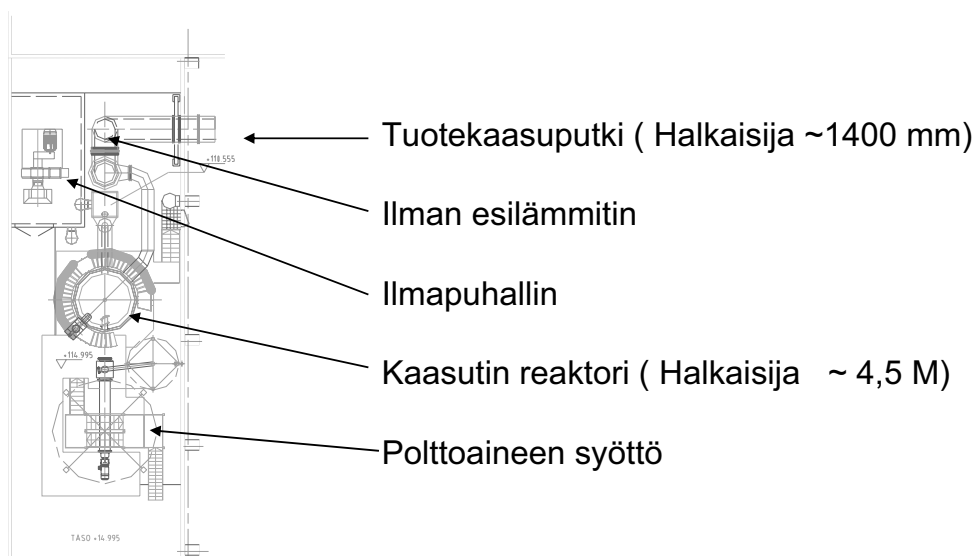


Esimerkkitapaus:

- 600 000 tn/a tehdas
- Pohjapinta-ala 10 * 20 m
- Korkeus 30 m
- Tuotekaasuputki 35 m

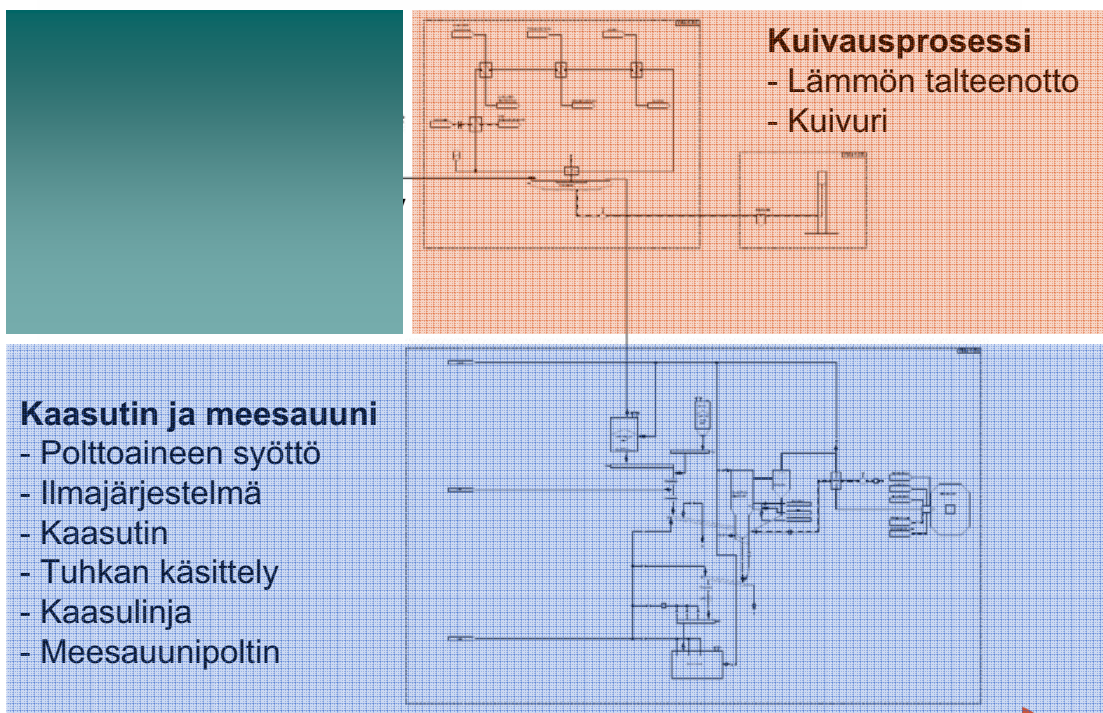
Biomassan kaasutus

Tyypillinen sijoituskuva meesauunikäytössä



Biomassan kaasutus

Tyypillinen kokonaisprosessi



17

© Metso Corporation 2007



Biomassan kaasutus

Taloudesta

		Biomassa	Maakaasu	RPÖ
Polttoaine	MWh	381 500	364 000	350 000
Yksikköhinta	€/MWh	10	22	28
Vuosikustannus	M€	3,8	8,0	9,8
Päästökerroin	tCO ₂ /MWh	0,0000	0,2016	0,2786
Vuosipäästö	tCO ₂ /a	0	73 382	97 510
Hinta	€/tCO ₂	20	20	20
Vuosikustannus	M€	0,0	1,5	2,0
Sähkö etc	M€/a	0,5	0,0	0,0
Yhteensä	M€/a	4,3	9,5	11,8
Säästö	M€/a		5,2	7,4

18

© Metso Corporation 2007



SELVITYS: ILMAN ESILÄMMITTIMIEN VAURIOT JA NIIDEN EHKÄISY

Risto Sonninen, ÅF-Enprima Oy /Andritz Oy

Risto Sonninen

17.9.2007

ILMAN ESILÄMMITTIMEN KORROSIOVAURIOT JA NIIDEN EHKÄISY

1 TAUSTA

Erään selluloosatehtaan kuivausilman esilämmittimissä oli todettu vakavia höyryputkien sisäpuolisia korrosio-ongelmia sekä niistä johtuneita putkirikkoja, jotka ovat ilmaantuneet varsin pian esilämmittimien käyttöönoton jälkeen. Tämän rikkoutuneista putkinäytteistä teetettiin vaurioselvitys höyryputkien korroosiomekanismin ja korrosio-ongelmiin johtuneiden syiden selvittämiseksi.

Putkinäytteiden tutkimusraportin mukaan korrosiovauriot olivat aiheutuneet eroosiokorroosion ja höyryn sisältämästä hiilidioksidista muodostuneen hiilihapon yhteisvaikutuksesta. Tutkimuksessa ei otettu kantaa hiilidioksidin potentiaalsiin lähteisiin eikä hiilidioksidin muodostumismekanismiin. Aikaisemmin voimalaitoksella ei ollut tehty systemaattisia vesikemian selvityksiä. Tämän takia hiilidioksidin sekä siitä muodostuneen hiilihapon alkuperää ja muodostumismekanismeja ei tunnettu.

2 ILMAN ESILÄMMITTIMEN RAKENNE JA HÖYRYN LAATUVAATIMUKSET

2.1 Ilman esilämmittimen rakenne ja toimintaperiaate

Kuvassa 1 havainnollistetaan ilman esilämmittimen ja höyryputkien rakennetta.



Risto Sonninen

17.9.2007

Kuva 1. Kuva ilman esilämmittimestä ja siinä käytettävistä höyryputkista

Ilman esilämmittimeen tuleva kylmä ilma syötetään höyryvirtaukseen nähden kohtisuoraan höyryputkien ulkopintoja vastaan. Tämän takia kylmä ilma joutuu kosketuksiin höyryputkien kuumien lämmönsiirtopintojen kanssa varsin kapealla lämmönvaihtopinnalla. Ilman esilämmittimen höyryputket ovat kuvassa 1 esitetyjä poikkileikkaukseltaan ovaalin muotoisia hiiliteräksestä valmistettuja ripaputkia.

Höyryllä kuumeneva ilmanesilämmitin on puhdas lauhdutin ilman lauhteen jäähdytystä. Lämmönsiirtotapahtumassa virtaava kylmempi ilmavirta poistaa höyryn lämpöenergiaa eli ylikuumenemis- ja höyrystymislämpöä sekä luovuttaa sen ilmavirtaan. Tällöin höyry tiivistyy ilman esilämmittimen ripaputkiin ja tämän jälkeen höyrylauhde poistetaan järjestelmästä.

2.2 Höyryn laatuvaatimukset

Höyryputket on valmistettu hiiliteräksestä, jonka korroosiokestävyys ilmanesilämmittimen käyttöolosuhteissa ei ole kovin hyvä. Tämän takia laitetoimittajan käyttöohjeissa on esitetty seuraavat höyryn laatuvaatimukset ja käyttöohjeet:

- Tähän laitteistoon asennettuja hiiliteräksestä valmistettuja höyrylämmitteisiä lämmönvaihtimia saa käyttää vain hiilihapottomalla ja hapettomalla höyryllä. Höyryssä oleva hiilihapo, happi, kloridit ja muut halogeenit rikkovat lämmönvaihtimet korroosion välityksellä epäpuhtauksien pitoisuudesta riippuen jo lyhyessä ajassa.
- Vain kattilan syöttöveden kaasunpoisto ja lisäveden täydellinen kaasunpoisto sekä lauhteen pH-arvon valvonta heti lauhteenpoistimen jälkeen antavat pitkäaikaisen suojan korroosiovahinkoja vastaan.
- Lauhteen jäähdyttyä 25 °C:een lauhteen pH-arvon on oltava välillä 8,5 – 11.
- Seisokkien aikana lämmönvaihtimista on poistettava kaikki vesi.

3 HÖYRYPUTKIEN VAURIOSELVITYS

3.1 Tehdyt tutkimukset

Höyryputkien korroosiovaurioiden selvittämiseksi kolme putkinäytettä lähetettiin tarkempia tutkimuksia varten. Kuvassa 2 esitetään tarkastukseen lähetetyt putkinäytteet. Osa putkinäytteistä pilkottiin pienempiin osiin tarkempia tutkimuksia varten. Kuvassa 3 esitetään tutkimuksia varten pilkotut putkinäytteet. Vaurioselvityksessä putkinäytteille sekä putkinäytteistä pilkotuille erillisnäytteille tehtiin seuraavia tutkimuksia:

- Käsittelemättömille ja puhdistetuille putkinäytteille tehtiin visuaalisia tarkastuksia sekä silmämääräisesti että valomikroskoopilla.
- Pilkotuille putkinäytteille tehtiin metallografisia tutkimuksia.

Risto Sonninen

17.9.2007



Kuva 1. Vaurioselvitykseen lähetetyt lämmönsiirtimen höyryputkinäytteet



Kuva 3. Pilkotut putkinäytteet

Risto Sonninen

17.9.2007

3.2 Vaurioselvitys

3.2.1 Visuaaliset tutkimukset

Höyryputkinäytteiden silmämääräisissä ja valomikroskoopilla tehdyissä visuaalisissa tutkimuksissa todettiin seuraavaa:

- Putkinäytteissä oli tapahtunut voimakasta sisäpuolisen eroosiokorroosion aiheuttamaa syöpymistä.
- Lämpileikkaukseltaan ellipsinmuotoisen putkinäytteen höyrypuolen alaosassa oli eroosion muodostama kourumaisia syöpymiä.
- Eräissä näytteissä eroosio oli ollut siinä määrin voimakasta, että putken sisäpuolinen oksidikalvo oli paikoitellen kulunut pois, katso kuva 3.
- Erässä puhdistetussa näytteessä sisäpuolinen hitsaussuma oli kulunut voimakkaan eroosion vaikutuksesta lähes kokonaan pois, katso kuva 4.
- Erään putkinäytteen korjaushitsausauman alapuolella oli putkimateriaalin säriöilyn aiheuttama putkirikko, katso kuva 5.
- Oksidikalvo koostui lähes kokonaan magnetiitista (Fe_3O_4). Ruskeata ruostetta havaittiin ainoastaan vuotokohtien alapuolella. Tämän perustella on päätelty, että höyry ei ole voinut sisältää haitallisia määriä happea. Näin olleen hapella ei ole ollut osuutta tapahtuneisiin putkivaurioihin.



Kuva 5. Kuva puhdistetun putkinäytteen sisäpinnasta, jossa hitsausauma oli kulunut eroosion vaikutuksesta lähes kokonaan.



Kuva 6. Putken säröilystä aiheutunut putkirikko

3.2.2 Metallografiset tutkimukset

Putkinäytteiden metallografisissa tutkimuksissa todettiin seuraavaa:

- Putkinäytteen hiottujen poikkileikkauspintojen valomikroskooppitutkimusten mukaan lähes kaikkien tutkittujen höyryputkinäytteiden sisäpinnalla oli tapahtunut voimakasta eroosiokorroosiota.

Tutkimusten mukaan putkimateriaali koostuu ferriitistä ja perliitistä. Lisäksi teräksen raerakenne oli normaali. Tämän perusteella teräksen koostumuksessa ei ollut tapahtunut muutoksia eikä teräksen rakenteella ole voinut olla osuutta putkivaurioiden muodostumiseen.

Risto Sonninen

17.9.2007

4 PUTKIVAURIOIHIN JOHTANEET SYYT

Tutkimusraportin mukaan höyryputkien korroosioauriot olivat aiheutuneet eroosio-korroosion ja voimalaitoksen vesihöyrykiertoon kulkeutuneen hiilidioksidin yhteisvaikutuksesta seuraavasti:

- Voimalaitoksen syöttövesi on sisältänyt vapaata hiilidioksidia, joka on kulkeutunut syöttöveden mukana kattilaan, höyryn mukana tulistimiin ja turbiiniin sekä lopulta ilmanesilämmittimeen. Hiilihappo on muodostunut joko veden sisältämien vetykarbonaattien $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2, \text{NaHCO}_3 \text{ tai } \text{KHCO}_3]$ ja / tai orgaanisen aineksen termisten hajoamisreaktioiden hajoamistuotteena. Kattilan käyttöolosuhteissa vetykarbonaatit ja kaikki orgaaniset yhdisteet muodostavat hiilidioksidia hajoamistuotteenaan.
- Ilmanesilämmittimeen tuleva kylmä ilma on joutunut suoraan kosketukseen höyryputken kuumien lämmönsiirtopintojen kanssa varsin kapealla lämmönvaihtopinnalla. Näissä olosuhteissa höyry on alkanut lauhtua. Samanaikaisesti lauhteeseen on liuennut vapaata hiilidioksidia, joka on muodostanut lauhteen kanssa hiilihappoa H_2CO_3 seuraavasti: $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.
- Hiilidioksidin liukoisuus veteen riippuu veden lämpötilasta ” mitä kylmempi vesi sitä suurempi hiilidioksidin vesiliukoisuus”. Ilman tulokohdassa lauhde on kylmimmillään. Tämän takia tässä kohdassa hiilidioksidin liukeneminen lauhteeseen sekä hiilihapon muodostuminen ovat olleet suurimmillaan ja vastaavasti lauhteen pH oli matalimmillaan.
- Tässä kohdassa höyryputkien sisäpintojen kanssa kosketuksiin joutuva lauhde on ollut siinä määrin happamia, että se on aiheuttanut hiiliteräksen voimakasta eroosiokorroosiota. Eroosiokorroosion kannalta hiilihappo on erittäin vaarallista. Esimerkiksi veden pH-alueella $<4,8$ hiilihapon aiheuttama hiiliteräksen korrosio on selvästi voimakkaampaa kuin suolahapon vastaavissa olosuhteissa aiheuttama korrosio.

Ilman esilämmittimen laitetoimittajan esitteen mukaan muodostuva hiilihappo tuhoaa hiiliterästä samanaikaisesti kahdella eri mekanismilla:

- Hiilihappo tuhoaa hiiliteräksen sen koko pinnalta. Korrosio on voimakkaimmillaan kohdissa, joissa lauhteen lämpötila on kylmimmillään, eli ilman tulopuolella ja lämmönvaihtimen alaosassa (veden lämpötilan noustessa hiilidioksidin vesiliukoisuus pienenee).
- Hiilihappo aiheuttaa hiiliteräksestä valmistetun putken sisäpuolisilla putkipinnoilla uramaisia syöpymiä eli ns. korroosiotieitä. Korroosiotiet eivät synny lauhteen virtausliikkeen vaikutuksesta, vaan siihen liuenneen hiilihapon suuresta aggressiivisuudesta jo vähäisenä pitoisuutena.

Vaurioselvityksen mukaan ilmanesilämmittimien höyryputkien korroosioauriot olivat tapahtuneet juuri edellä mainituilla mekanismeilla.

Risto Sonninen

17.9.2007

5 YLEISTÄ EROOSIOKORROOSIESTA SEKÄ SIIHEN JOHTANEISTA SYISTÄ

Eroosio-korroosion ymmärtämisen kannalta on tärkeätä, että sen mekanismi tunnetaan riittävän hyvin. Tämän takia seuraavassa esitetään yhteenveto hiiliteräksen eroosio-korroosion mekanismista, siihen johtaneista syistä sekä korroosioon estämisestä vesikemian keinoin.

5.1 Korroosiomekanismi

Eroosiokorroosio on fysikaalinen ja kemiallinen ilmiö. Liuoksen virtausnopeuden kasvaessa riittävän suureksi (yli materiaalin kriittisen virtausnopeuden) se pystyy irtottamaan metallin pintaa suojaavan oksidikerroksen, jolloin metallin korroosionopeus kiihtyy huomattavasti. Mikäli veden pH on liian matala, materiaalien kriittinen virtausnopeus laskee oleellisesti ja materiaalin eroosiokorroosio voi alkaa jo kattilan normaalia virtausnopeutta käytettäessä.

5.2 Korroosion esiintyminen

Magneitiitin eroosiokorroosion nopeus riippuu veden lämpötilasta, pH-arvosta sekä happipitoisuudesta seuraavasti:

- Magneitiitin eroosiokorroosiota tapahtuu lämpötila-alueella 100 - 250 °C ja se on nopeimmillaan noin 150 - 170 °C:ssa.
- Kun veden pH on > 9,4 hiiliteräksen eroosio pysähtyy lähes kokonaan.

Selluloosatehtaan ilmanesilämmittimessä kylmä ilma joutuu kosketuksiin kuuman höyryputken ulkopinnan kanssa. Tällöin ilman tulokohdassa lauhde on kylmimmillään ja samanaikaisesti vapaan hiilidioksidin liukoisuus lauhteeseen on maksimissaan. Tämän takia ilman tulokohdassa lauhteen hiilihappopitoisuus on korkeimmillaan, lauhteen pH on matalimmillaan ja hiilihapon aiheuttama eroosiokorroosio voimakkaammillaan.

Korroosion estäminen

Eroosiokorroosio on sekä fysikaalinen että kemiallinen ilmiö. Tämän takia sitä ei voida poistaa kokonaan vesikemian keinoin. Magneitiitin eroosionopeutta voidaan kuitenkin pienentää oleellisesti nostamalla lauhteen pH tasolle >9,4.

Risto Sonninen

17.9.2007

6 VESIKEMIAN SELVITYS

Vesikemian mahdollisen korroosiovaikutuksen selvittämiseksi voimalaitoksella tehtiin vesikemian selvitys, jossa tarkastettiin voimalaitoksen vedenkäsittelyjärjestelmät, voimalaitoksen vesikemiaan liittyvät järjestelmät sekä vuosien 2006 -7 aikana kootut raakaveden, lisäveden, syöttöveden, kattilaveden, kylläisen höyryn ja tulistetun höyryn sekä lauhdeiden analyysitiedot. Johtopäätöksen hiilidioksidin lähteistä, hiilihapon muodostumisesta ja sen aiheuttamista korroosiovaurioista sekä korjaavista toimenpiteistä korroosio-ongelmien estämiseksi tehtiin tämän selvityksen perusteella.

Kattilan käyttöolosuhteissa kaikki orgaaniset yhdisteet muodostavat hiilidioksidia hajomistuotteenaan. Tämän takia tässä yhteydessä selvitetään lähemmin potentiaalisia orgaanisen aineksen lähteitä sekä orgaanisten epäpuhtauksien kulkeutumista voimalaitoksen vesihöyrykiertoon.

6.1 Raakaveden ja lisäveden käsittely

6.1.1 Raakavesi

Vuoden 2006 -7 aikana kootun analyysiaineiston perusteella raakaveden laadusta voidaan esittää seuraava yhteenveto:

- Vesi sisältää runsaasti orgaanisia epäpuhtauksia, lähinnä humusta. Valvontajakson aikana veden humuskuormaa kuvaava KMnO_4 -kulutus oli vaihdellut vuodenajasta riippuen välillä 24 – 113 mg/l.
- Veden suolapitoisuus on varsin pieni.
- Raakaveden laatuvaihtelut eri vuodenaikoina ovat suuria.

Raakaveden analyysitulosten perusteella voidaan todeta, että raakavesi sisältää siinä määrin runsaasti sekä liukoista että kolloidisessa muodossa olevaa orgaanista ainesta, että raakavettä voidaan pitää potentiaalisena orgaanisten epäpuhtauksien lähteenä.

6.1.2 Kemiallisesti esikäsitelty raakavesi (puhdasvesi)

Voimalaitoksen lisävesi valmistetaan humuspitoisesta pintavedestä kahdella eri raakaveden kemiallisella esikäsittelylaitoksella.

Analyysitulosten mukaan puhtaan veden laadusta voidaan esittää seuraava yhteenveto:

- Käsitellyn veden KMnO_4 -kulutus on ollut lähes kautta linjan hieman liian korkealla tasolla.
- Käsitellyn veden jäännösraudan ja jäännösalumiinin pitoisuudet ovat olleet yleensä hyväksyttävällä tasolla.

Yhteenvetona voidaan todeta, että puhtaan veden laatu ei ole aina ollut kaikilta osin hyvälaatuista. Ajoittain kemiallisesti esikäsitellyn veden KMnO_4 -kulutus on ollut sii-

Risto Sonninen

17.9.2007

nä määrin korkea, että laitoksella käsiteltyä raakavettä voidaan pitää potentiaalisena orgaanisen aineksen lähteenä.

6.1.3 Täyssuolanpoistolaitos

Voimalaitoksen lisävesi valmistetaan tavanomaisella täyssuolanpoistolaitoksella. Automaattinen täyssuolanpoistolaitos on hyvässä kunnossa ja sillä varmaankin voidaan valmistaa hyvälaatuista täyssuolanpoistettua lisävetä voimalaitosprosessin tarpeisiin.

Analyysitulosten perusteella lisäveden laadusta voidaan esittää seuraava yhteenveto:

- Johtokykymittausten perusteella täyssuolanpoistettu lisävesi ei sisällä mineraalissuoloja (sulfaatteja, klorideja, nitraatteja jne.) eikä vetykarbonaatteja [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, NaHCO_3 tai KHCO_3]. Tämän perusteella voidaan päätellä, höyryn sisältämä hiilidioksidi ei ole vetykarbonaattien termisessä hajoamisessa muodostunutta hiilidioksidia.
- Veteen liuenneilla orgaanisilla yhdisteillä ei ole vaikutusta veden sähkönjohtavuuteen. Tämän takia orgaanisten epäpuhtauksien pitoisuutta ei voida valvoa sähkönjohtokykymittauksella. Veden orgaanisten yhdisteiden pitoisuutta voidaan valvoa ainoastaan analysoimalla veden KMnO_4 -kulutusta sekä TOC-analyysillä (TOC = total organic carbon).
- Lisävedestä ei ole analysoitu veden KMnO_4 -kulutusta eikä tehty orgaanisen hiilen TOC-analyysiä. Tämän takia lisäveden todellista orgaanisen aineksen pitoisuutta ei tunneta. VGB:n ohjearvosuositusten mukaan täyssuolanpoistetun lisäveden TOC-arvo tulisi olla $< 0,2 \text{ mg/kg}$.

Edellä esitetyn perusteella täyssuolanpoistettuun lisäveteen liuennutta orgaanista ainesta voidaan pitää potentiaalisena orgaanisten epäpuhtauksien lähteenä.

6.2 Syöttöveden käsittely

6.2.1 Kemikaalien jälkiannostus

Voimalaitoksella käytetään seuraavia jälkiannostuskemikaaleja:

- Nalco 68262 kemikaalia käytetään haihtuvana hapensidontakemikaalina. Kemikaalin tavoitepitoisuus on $0,25 \text{ mg/l}$. Kemikaali sisältää diaminoureaa, joka muodostaa kattilan käyttöolosuhteissa hajoaa vedeksi, hiilidioksidiksi ja ammoniakiksi. 1 mg kemikaalia muodostaa hajoamistuotteenaan hiilidioksidia $0,032 \text{ mg}$.
- Nalco 68248 kemikaalia käytetään haihtuvana korroosioinhibiittinä ja pH:n säätökemikaalina, jonka tavoiteannostus on $1,3 \text{ mg/l}$. Kemikaali sisältää mm. metoksiipropyliamiinia (25 %) ja monoetanoliamiinia (15 %), jotka muodostavat kattilan käyttöolosuhteissa pieniä määriä hiilidioksidia ja orgaanisia happoja.

Risto Sonninen

17.9.2007

- Nalco 68217 kemikaalia käytetään haihtumattomana kattilavesikemikaalina kerrostumien estoon sekä kattilaveden pH-arvon säätöön. Se on kaupallinen polyfosfaatti, joka ei muodosta haihtuvia orgaanisia hajoamistuotteita.

Edellä mainitut jälkiannostuskemikaalit ovat hyväksi todettuja tuotteina. Lisäksi voidaan todeta, että Nalco 68262 ja Nalco 68248 kemikaalien annostus on siinä määrin pieni (Nalco 68262 kemikaalin annostus on 0,250 mg/l ja Nalco 68248 kemikaalin annostus on 1 mg/l), että niiden hajoamistuotteina muodostuva hiilidioksidi ei voi yksin aiheuttaa hiiliteräksen korroosio-ongelmia.

6.2.2 Lauhteenpuhdistus

Syöttövesi käsitellään seuraavasti:

- Lauhteet johdetaan lauhteenkeruusäiliöihin 1 ja 2 seuraavasti:
 - Lauhteet SK3, TG6, AL1, AL2, HJ2, KK2, KK1 and PK1 kerätään lauhteenkeruusäiliöön 1.
 - Lauhteet, jotka satavat sisältää natriumhydroksidia (lauhteet KE3, KE2 ja HA3) kerätään lauhteenkeruusäiliöön 2.
- Lauhteenkeruusäiliöistä 1 ja 2 pumpattavat lauhteet suodatetaan mekaanisesti precoat-suodattimilla.
- Suodatettu lauhde jäähdytetään kahdessa vaiheessa.
- Lisävesi kaasunpoisteitaan lauhduttimessa ja lämmitetään ulospuhallusveden jäähdyttimellä.
- Jäähdytetty lauhde ja esilämmitetty lisävesi sekoitetaan.
- Syöttövesi eli jäähdytetyn lauhteen ja esilämmitetyn lisäveden seos käsitellään sekaioninvaihtimilla.
- Puhdas kaasunpoistettu lauhde johdetaan syöttövesisäiliöön.

6.3 Syöttöveden ja höyryn laatu

Syöttöveden, kattilaveden, kylläisen höyryn ja lauhteen käytettävissä olevien analyysitulosten perusteella niiden laadusta voidaan esittää seuraava yhteenveto:

- Kationinvaihdetun johtokykymittausten perusteella voimalaitoksen syöttövesi on ollut pääsääntöisesti varsin hyvälaatuista.
- Lauhteen sekaioninvaihtimien jälkeen mitattu syöttöveden suora johtokyky on ollut hieman pienempi kuin kylläisen höyryn ja tulistetun höyryn kationinvaihdettu johtokyky. Tämän perusteella voidaan päätellä, että syöttöveden sisältämää orgaanista ainesta on hajonnut kattilassa termisesti hiilidioksidiksi. Vesifaasissa hiilidioksidi on muodostanut veden kanssa hiilihappoa.
- Syöttöveden, kattilaveden ja tulistetun höyryn pH-arvojen perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä hiilidioksidin alkuperästä.

Risto Sonninen

17.9.2007

- Analyysitulosten perusteella ei voitu sitovasti osoittaa orgaanisten epäpuhtauksien lähdettä. Täyssuolanpoistettua lisävedtä voidaan kuitenkin pitää potentiaalisimpana hiilidioksidin lähteenä.

7 KORJAAVAT TOIMENPITEET

Edellä esitetyn perusteella on ilmeistä, että hiilidioksidin pääsyä voimalaitoksen vesihöyrykiertoon ei voida kokonaan estää. Sen haittavaikutuksia voidaan kuitenkin vähentää seuraavilla tehostamalla lisäveden valmistusta ja sen valvontaa, annostamalla höyryliukoista haihtuvaa alkalointikemikaalia ilmanesilämmittimeen tulevaan höyrylinjaan tai muuttamalla ilmanesikuivaajan höyryputkien materiaali hiiliteräksestä ruostumattomaan teräkseen.

7.1 Tehostettu lisäveden valmistus ja laadunvalvonta

Ensimmäisenä toimenpiteenä suositellaan, että voimalaitoksella tehostetaan lisäveden valmistusta ja sen laadunvalvontaa.

- Tehostetaan raakaveden kemiallisen esikäsittelyprosessin valvontaa. Suositellaan, että jatkossa kiinnitetään huomiota eteenkin käsitellyn veden KMnO_4 -kulutukseen.
- Kiinnitetään huomiota täyssuolanpoistolaitoksen valvontaan sekä täyssuolanpoistetun lisäveden analysointiin. Suositellaan, että jatkossa analysoidaan lisäveden KMnO_4 -kulutus ja TOC säännöllisin väliajoin. Mikäli lisäveden TOC on yli $> 0,2 \text{ mg/l}$, on selvittettävä mahdollisuuksia tehostaa täyssuolanpoistolaitoksen toimintaa.

7.2 Kemikaalien syöttö höyrylinjaan

Mikäli lisävesilaitokselle edellä suositellut toimenpiteet eivät johda toivottuun tulokseen, suositellaan, että ilmanesilämmittimen tulohöyryn linjaan annostetaan normaalin kemikaaliannostuksen lisäksi höyryliukoista haihtuvaa alkalointikemikaalia.

- Höyrylinjaan annostetaan esimerkiksi morfoliinia. Haihtuva alkalointikemikaali tulee valita siten, että se haihtuu yhdessä veden mukana. Tämän lisäksi sillä tulee olla sellainen jakaantumiskerroin, että se lauhtuu lauhteessa samanaikaisesti hiilidioksidin kanssa tai mieluummin jopa aikaisemmin (yhdisteen jakaantumiskerroin tietyssä lämpötilassa on sen pitoisuus höyryfaasisa/vesifaasisa). Ammoniakki ei sovellu tähän tarkoitukseen, sillä sen jakaantumiskerroin on näissä olosuhteissa erittäin epäedullinen. Ammoniakki lauhtuu myöhemmin kuin hiilidioksidi ja tämän takia se ei pysty neutraloimaan hiilidioksidin vaikutuksesta lauhteessa muodostuvaa hiilihappoa.

Risto Sonninen

17.9.2007

- Ilman esilämmittimen kylmimmässä kohdassa eli ilman tulokohdassa muodostuvan lauhteen pH-arvoa ei ole toistaiseksi voitu mitata. Parhaillaan voimalla suositellaan tähän tarkoituksen soveltuvaa näytteenottojärjestelmää. Tämän takia suositellaan, että näytteenottojärjestelmän valmistuttua, höyrylinjaan tulevaa kemikaalin jälkiannostusta tullaan valvomaan tällä näytteenottojärjestelmällä.

7.3 Höyryputkien materiaalin vaihto

Mikäli edellä esitetyt toimenpiteet osoittautuvat tehottomiksi, hiilihapon aiheuttama höyryputkien eroosiokorroosio voidaan estää ainoastaan vaihtamalla höyryputkien materiaali hiiliteräksestä ruostumattomaan teräksen. Lisäksi tässä tapauksessa tulisi tutkia mahdollisuuksia muuttaa ilmanesilämmittimen rakennetta siten, että tuleva kylmä ilma joutuu kosketuksiin kuumen höyryputken ulkopinnan kanssa nykyistä suuremmalla lämmönvaihtopinnalla.

PROJEKTI: SOODAKATTILAN SÄHKÖENERGIA TEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Keijo Salmenoja, Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma, työryhmän puheenjohtaja

RUOTSALAIS-NORJALAISEN SOODAKATTILAKOMITEAN RAPORTTI

Mikael Ahlroth, SNRBC

Sodahuskommittén

1(9)

Sodahuskommittén – ruotsalais-norjalainen Soodakattilakomitea

Vuosikatsaus 2007

Mikael Ahlroth
Ruotsalais-norjalaisen Soodakattilakomitean sihteeri
Sähköposti: mikael.ahlroth@afconsult.com

Johdanto

Ruotsalais-norjalaisen soodakattilakomitean vuosikatsaus sisältää tietoa komitean organisaatiosta, komitean jäsenten kattiloista, vauriokatsauksen sekä tietoa komitean uusista suosituksista.

Ruotsalais-norjalainen Soodakattilakomitea

Ruotsalais-norjalainen Soodakattilakomitea edustaa 23 sellutehdasta Ruotsissa ja kahta Norjassa. Jäsenillämme on yhteensä 32 soodakattilaa, joista kaksi on Norjassa. Norjalainen Borregaard, jolla on vanicellin hävityskattila Sarpsborgissa, on myös komitean jäsen. Muita jäseniä ovat kaksi katsastusyhtiötä, kaksi laitetoimittajaa, Ruotsin Paperintyöntekijöiden liitto sekä Ruotsin valtiollinen työturvallisuusviranomainen. Komitean toiminta rahoitetaan jäsenmaksuilla. Jokainen tehdasjäsen maksaa 20 äyriä per tonni luvanvaraista selluntuotantoa. Laitetoimittajat maksavat tehdasjäsenten keskiarvoa vastaavan summan.

Komitea on aatteellinen yhdistys, jonka päämiehenä toimii ÅF:n Tutkimussäätiö ÅForsk. Komitealla on kaksi vakinaista alakomiteaa: Vaurioalakomitea, joka selvittää jäsenten ilmoittamat vauriot sekä Suositusalakomitea, joka laatii suosituksia soodakattiloiden käytöstä ja laitteistuksesta. ÅF-Process AB hoitaa komitean jokapäiväistä toimintaa. Komitean organisaatio on seuraava, Kuva 1:



Kuva 1 Ruotsalais-norjalaisen Soodakattilakomitean organisaation

Sodahuskommittén

2(9)

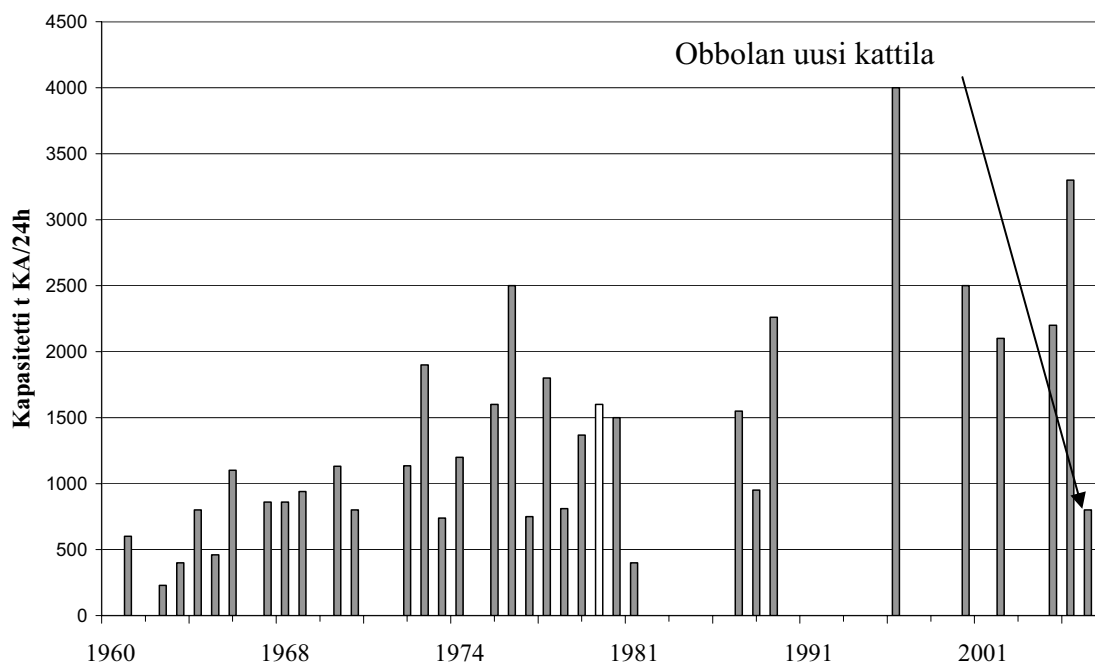
Ruotsalais-norjalainen Soodakattilakomitea perustettiin 1965 nimellä ”Nödnedelningskommittén”. Perustamisajankohtana pääpaino oli suositusten laatiminen sula-vesiräjähdyksen ennaltaehkäisemiseen. Myöhemmin komitean toiminta laajeni muihin soodakattilan käyttöä ja turvallisuutta liittyviin asioihin ja nimeksi annettiin ”Sodahuskommittén” Turvallisuus on tänäkin päivänä komitean esisijainen prioriteetti.

Komitean toimintakuvaan kuluu seuraavat momentit:

- Soodakattilaprosessin tietämyksen lisääminen ja syventäminen.
- Ympäristön ja työympäristön parantaminen
- Tutkia ja raportoida jäsenten soodakattilavaurioita
- Laatia suosituksia soodakattilan, oheislaitteiston ja soodakattilarakennuksen rakenteesta ja käytöstä.
- Myötävaikuttaa soodakattilateknologian kehitykseen.

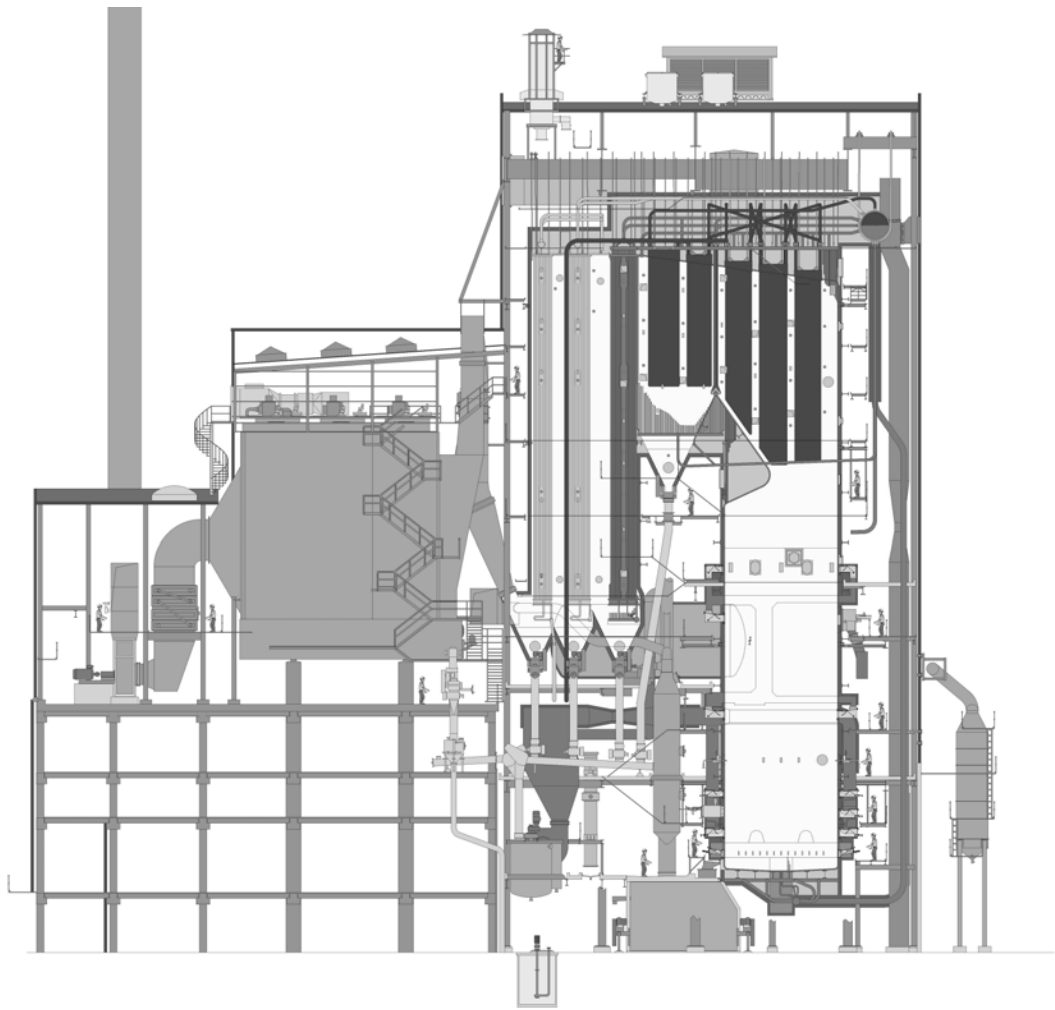
Jäsenten kattilakanta

Ruotsalais-norjalaisen Soodakattilakomitean tehdasjäsenillä on yhteensä 32 soodakattilaa. Kattiloiden ikä- ja kapasiteettijakauma on näytetty Kuva 2.



Kuva 2. Ruotsalais-norjalaisen Soodakattilakomitean jäsenten kattilakanta (laskettu keskivertokattila valkoinen pylväs).

Kuten kuvasta näkyy, kattilakanta Ruotsissa ja Norjassa on melko iäkäs ja suhteellisen pieni. Komitean jäsenten keskivertokattilaikä on 28 vuotta ja keskivertokattilakoko on 1368 t ka/vuorokaudessa.



Kuva 3. Ruotsin uusiin sodakattila, SCA Obbola, aloitti lipeän polttamisen syyskussa. (Kuva SCA Obbolan luvalla.)

Skoghallin (2200 t ka/24h, höyrypaine 108 bar, tulistus 500°C) ja Östrandin (3300 t ka/24h, 106 bar, 515 °C) kattilat saivat jatkoa lokakuussa, kun Obbolan uusi korkeapainesoodakattila otettiin käyttöön (800/1000 t ka/24h, höyrypaine 110 bar, tulistus 505°C).

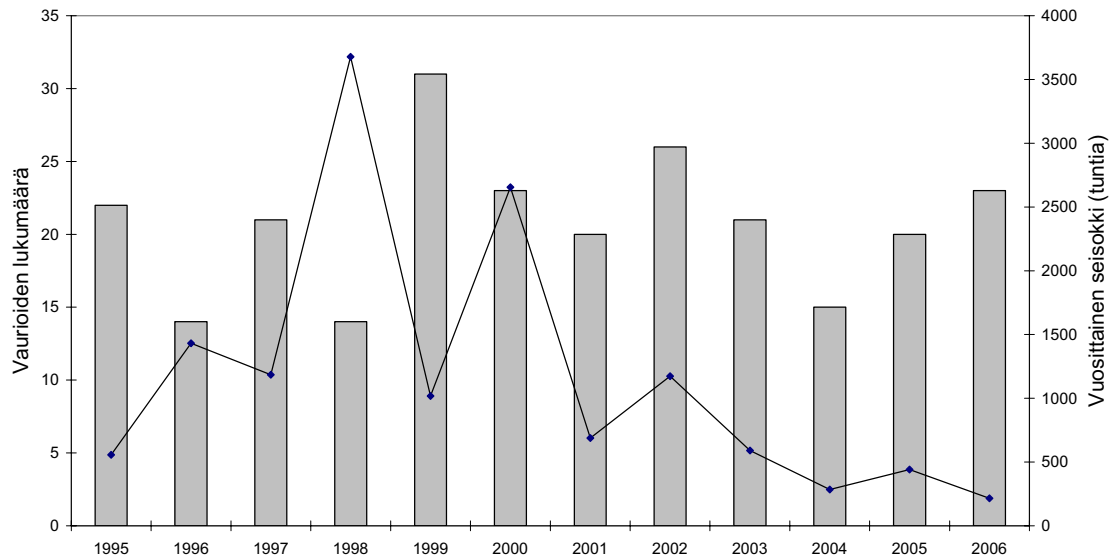
Ruotsissa on myös toteutettu ensimmäinen sodakattilan höyrypaineen ja tulistuksen nosto. Södra Cellin Värön tehtaalla on sodakattilan höyryarvot nostettu 85 bar/485°C. Värö sijaitsee Ruotsin länsirannikolla, missä puun klooripitoisuus on korkeampi kuin itärannikolla. Tästä johtuen Värössä on Ruotsin (ja Pohjoismaiden?) ensimmäinen sähkösuodattimen tuhkan AshLeach-uuttoprosessi. Laitteiston on toimittanut Metso Power.

Sodahuskommittén

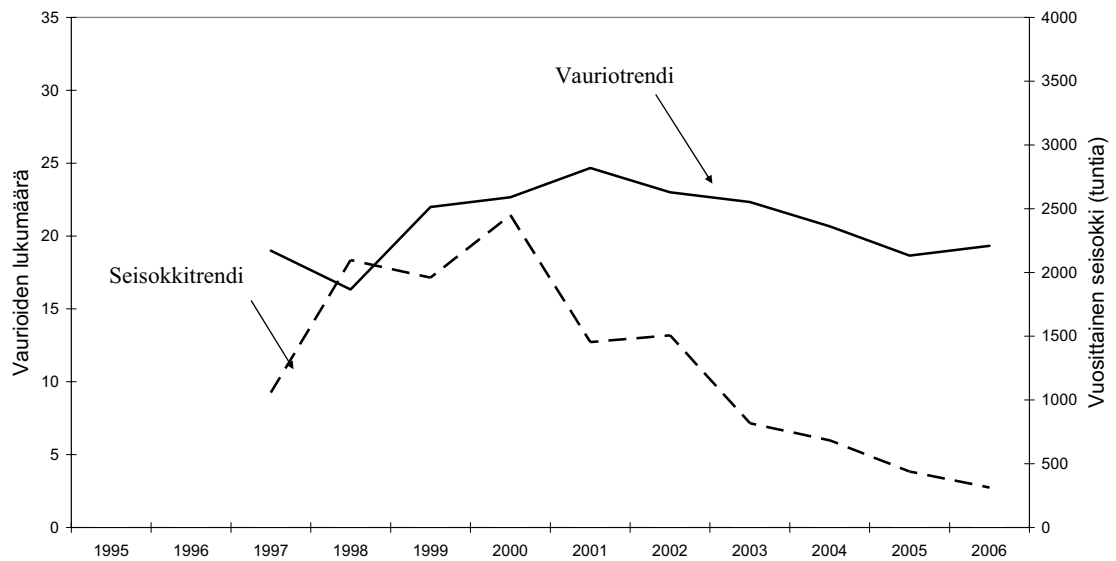
4(9)

Vauriot 2006

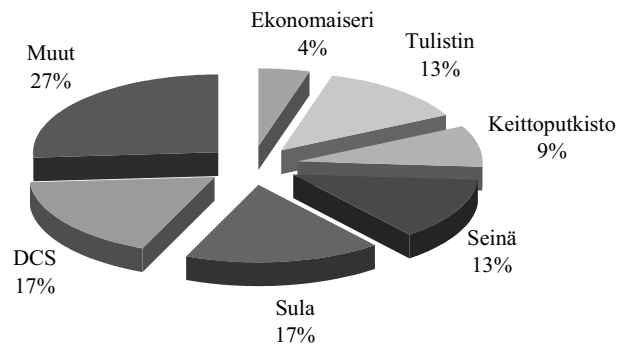
Vuonna 2006 komitealle ilmoitettiin 23 vauriota (katso **Kuva 4-6** ja **Taulukko 1**).



Kuva 4. Ilmoitettujen vaurioiden lukumäärä (pylväs) ja vuosiseisokki 1995–2006.



Kuva 5. Vaurio ja seisokkitrendit (kolmen vuoden liukuva keskiarvo) 1995-2006.



Kuva 6. Vuoden 2006 vauriot osa-alueittain.

Taulukko 1. Vuonna 2006 ilmoitetut vauriot

Numero	Vauriotyyppi	Seisokki (tuntia)
06-01	Ekonomaiseri vuoto	48
06-02	Tulistinvuoto	K
06-03	Varoventtiilivuoto	K
06-04	Sulavuoto	106
06-05	Haihduttamovaurio	K
06-06	Sularännihalkeamia	K
06-07	DCS häiriö	-
06-08	DCS häiriö	-
06-09	Putkirepeämä (dolezal)	15
06-10	Nuohoimen repeäminen	
06-11	Tulistinvuoto	
06-12	Vuoto seinäputkessa öljypolttimen vieressä	K
06-13	Pohjaputkien mekaanisia vaurioita	
06-14	Tulistinvuoto	K
06-15	Säröjä sularänniaukoissa	K
06-16	Keittoputkiston vuoto	13
06-17	Sulavuoto rännin vieressä	
06-18	Sulavuoto rännin vieressä	
06-19	Keittoputkiston vuoto	34
06-20	Päähöyryputken vuoto	

06-21	DCS häiriö
06-22	DCS häiriö
06-23	Kuoppa seinäputkessa pohjan lähe- K sydessä

K = kunnossapitoseisokki

Viime vuonna ilmoitettiin vain yksi ekonomaiserivuoto (tähän mennessä), mikä on en-
nätyksellisen vähän. Sulavuotoja ja muita sulaan liittyviä vaurioita oli neljä, mikä on
hieman tavallista enemmän. Vaurioiden ilmoittaminen takkuilee aika ajoin; on esimerk-
kejä vaurioista, jotka on ilmoitettu noin pari vuotta jälkikäteen.

Viime vuonna Sodahuskommittén aloitti DCS häiriöiden rekisteröimisen. Vaikkakin
DCS häiriö ei varsinaisesti ole ”vaurio”, on sattunut ainakin yksi sellainen tapahtuma-
ketju, jossa DCS häiriö (= näyttöpäätteiden mustuminen) on aiheuttanut potentiaalisen
vaaratilanteen. Komitea katsoo tämän vakavaksi asiaksi, ja on siksi alkanut kerätä tietoa
näistä häiriöistä.

Yleistä kehitystä katsottaessa voidaan todeta, että yhä useampi vaurio löydetään vuosi-
huoltojen ja muiden suunniteltujen kunnossapitoseisokkien yhteydessä.

Taulukko 2. Vuoden 2007 ilmoitetut vauriot (tammikuu-syyskuu)

Numero	Vauriotyyppi	Seisokki (tuntia)
07-01	Seinäputken vuoto	17
07-02	Voimakas sulapurkaus	
07-03	Kattilan syöttövesiputken repeämä	
07-04	Tulistinvuoto	K
07-05	Tulistinvuoto	130.7
07-06	Vaurioita pohjaputkissa	K
07-07	Säröjä komppoundputkissa	K
07-08	Pitting-vaurioita seinäputkissa	K

K = kunnossapitoseisokki

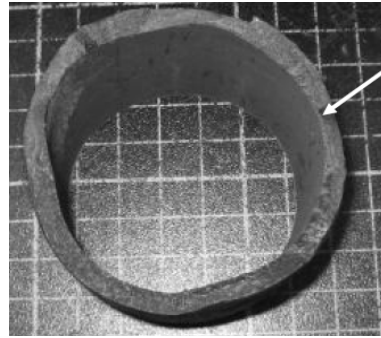
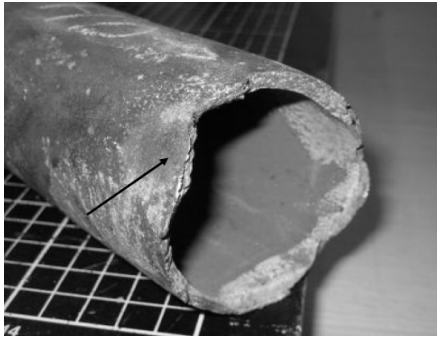
Vuoden 2006 vakavin vaurio oli 06-16 Keittoputkiston vuoto. Tapahtumaketju sai al-
kunsa kun kattilaveden johtavuus alkoi laskea. Noin kolme tuntia myöhemmin savukaa-
supuolen paine nousi rajusti, ja kattilan automaattinen pikasulku aktivoitui, kun yli-
paineraja saavutettiin. Muutama minuutti tämän jälkeen tehtaassa sähköjärjestelmässä
ilmeni vika ja koko tehdas pimeni.

Tehtaan uudelleenkäynnistäminen vaati niin paljon huomiota, että unohdettiin tutkia syy
kattilan pysähtymiseen. Vuoto huomattiin vasta, kun kattilaa täytettiin vedellä. Yksi
putki keittoputkistossa oli revennyt aivan höyrylieriön alapuolella (kyseinen kattila on

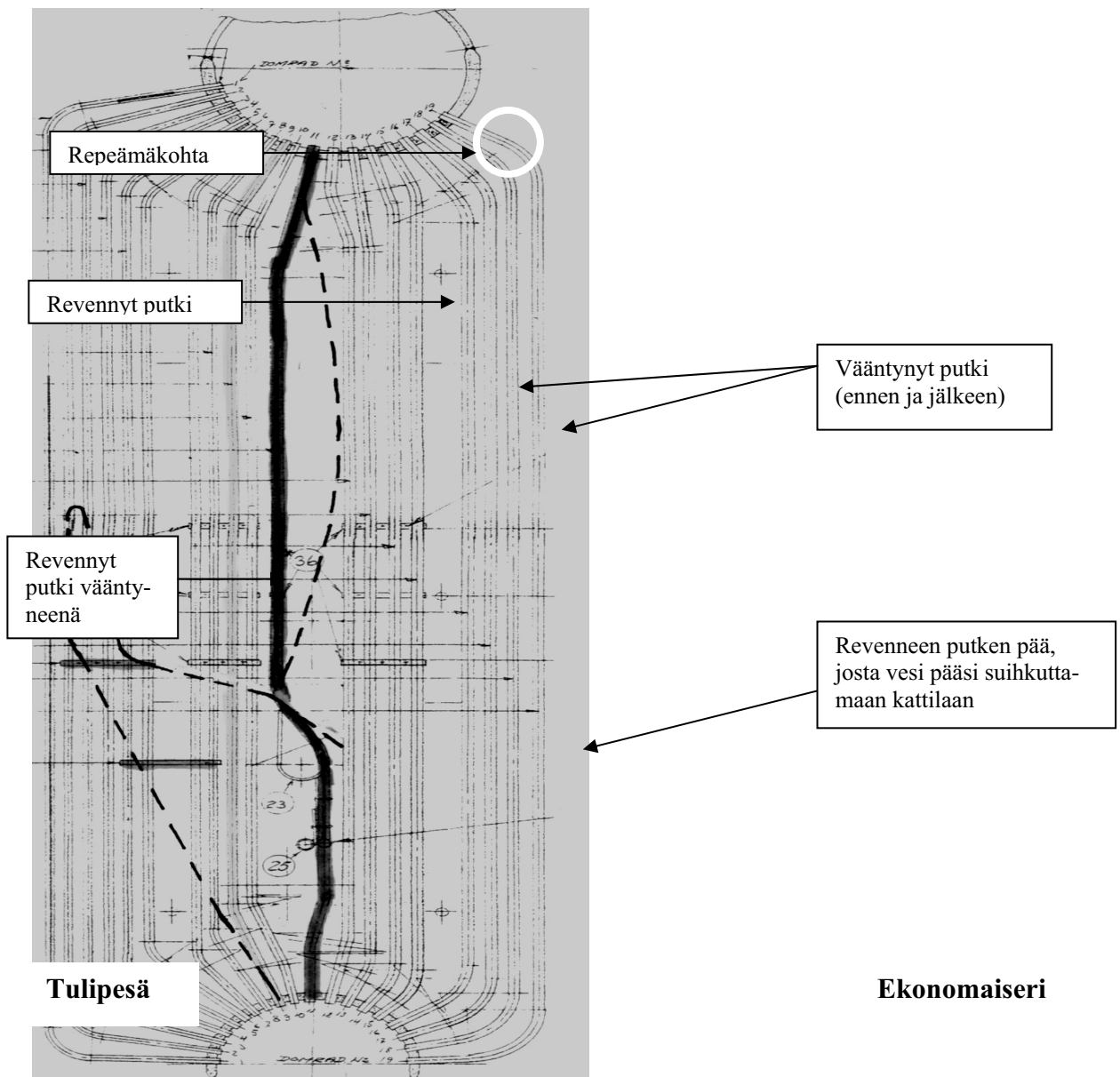
Sodahuskommittén

7(9)

kaksilieriö kattila). Putki oli vääntynyt 180 astetta ja suihkuttanut vettä ekonomaiseria kohti. Vierien putki oli myös pahasti vääntynyt, muttei puhki.



Kuva 7. Repeämäkohdassa putken paksuus oli vain 3.3 mm.



Kuva 8. Keittoputkisto ja vaurioituneet putket

Sodahuskommittén

c/o Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse, Box 8133, 104 20 Stockholm, Sverige

Puh. + 46 10 505 1208, Faksi + 46 10 505 2757

Voidaan todeta, että kattilan käyttöjärjestelmä toimi vaarallisella tavalla. Putken repeämisen yhteydessä höyrylieriön pinta laski. Käyttöjärjestelmä avasi syöttövesiventtiilin täysin ja yritti nostaa lieriön pintaa onnistumatta. Tästä johtuen kattilaan joutui erittäin paljon vettä, mikä lisäsi tilanteen vaarallisuutta. Jos putki olisi vääntynyt *toiseen suuntaan*, tulipesään ja kekoon päin, olisi sula-vesiräjähdyksen riski ollut *erittäin suuri*.

Repeämän syyksi epäillään läheisen putken vuotoa pari vuotta sitten. Molemmat vääntyneet putket tulpattiin ja leikattiin pois.

Uudet suositukset

Komitean perustamisesta lähtien, suositusten laatiminen on ollut komitean päätoimiala. Tänä vuonna käytämme yli 75 000 EUR ja huomattavan määrän vapaaehtoista työtä jäsenten taholta uusien suositusten laatimiseen ja vanhojen päivittämiseen.

Suosituksia on jaettu kuuteen eri osa-alueeseen:

- A. Ammattitermit ja käsitteet
- B. Rakenne ja laitteet
- C. Käyttö ja käyttöhäiriöt
- D. Katsastus ja huolto
- E. Koulutus
- F. Turvamääräykset

Taulukko 3. Tänä vuonna on hyväksytty yksi suositus:

B14 Suositus hälytysten ja ilmoitusten sijoituksesta valvomossa

B14 antaa uudistettuja ohjeita miten kattilahälytysten ilmoittimet pitää toteuttaa tietokonepohjaisissa käyttöjärjestelmissä.

Ruotsinkieliset suositukset ovat jäsenten saatavina maksutta. Suositukset ovat myytävänä myös ulkopuoliselle taholle.

Koulutus

Nykyään P&L Nordic -yhtiö kouluttaa kaikki sertifioitavat soodakattilan käyttäjät Ruotsissa Sodahuskommitténin hyväksynnällä. Itse sertifikaatin jakaa komitea. Soodakattilakäyttäjä suorittaa kahden vuoden pituisen koulutuksen. Yhteensä noin 730 soodakattilakäyttäjää on sertifioitu vuosina 1994–2006. Sertifiointin jälkeen voi vielä suorittaa erillisen turvallisuuskurssin.

Tutkimustoiminta

3FS ”Tulevaisuuden soodakattilan edellytykset” – projekti.

Komitea tutkimusprojekti ”Förutsättningar för framtidens sodapanna (3FS)” – ”Tulevaisuuden soodakattilan edellytykset” on päässyt vauhtiin. Lokakuussa suoritetaan laaja mittauskampanja Stora Enso Skoghallin soodakattilassa Karlstadissa. Aluksi suoritetaan referenssimittaus kattilan normaalilla kuiva-ainepitoisuudella (80 %).

Tämän jälkeen haihduttamoa puristamalla kuiva-ainepitoisuus nostetaan 83 % pariaksi vuorokaudeksi, jolloin suoritetaan varsinaiset tutkimusmittaukset:

- ❑ Kaasun koostumus ja lämpötila tulipesässä ja kattilan eri osissa
- ❑ Tuhkan koostumus tulistimissa
- ❑ Sulan koostumus ja typen pitoisuus rännissä ja keossa (Åbo Akademi rännin näytteet ja analyysit & ÅF keon näytteet)
- ❑ Savukaasun koostumus
- ❑ Lämpöpintojen likaantuminen (Åbo Akademin likaantumissondi)
- ❑ Kattilaan menevien ainevirtojen typen pitoisuus

Julkinen loppuraportti valmistunee syksyllä 2008.

Muut tutkimuskohteet:

- ❑ Selvitys mustalipeän vaahtoutumisesta ja kaasunkehityksestä mustalipeäsäiliössä sekoittajan käynnistyessä seisokin jälkeen. Kaasumittaus toisessa tehtaassa on tehty toisen tahon toimesta. Tulokset ennenaikaisia, lisää mittauksia tarvitaan.

**NEAR-NEUTRAL PRE-EXTRACTION BEFORE HARDWOOD KRAFT PULPING;
A BIOREFINERY PRODUCING PULP, ETHANOL AND ACETIC ACID**

Adriaan van Heiningen, Helsinki University of Technology

Near-Neutral Pre-Extraction before Hardwood Kraft Pulping; a Biorefinery Producing Pulp, Ethanol and Acetic Acid.

by H. Mao, S-H. Yoon, J. Genco and A. van Heiningen

University of Maine, Department of Chemical and Biological Engineering, Orono, ME, USA

ABSTRACT

The traditional pulp and paper producers are facing new competitors who use the latest and largest installed technologies, and have wood and labor cost advantages. Due to increasing global competition the forest products prices will continue to decrease. To remain viable, the traditional producers need to increase revenue by producing biofuels and chemicals in addition to wood, pulp and paper products in a so called Integrated Forest Biorefinery (IFBR). One form of such a biorefinery is where the hemicelluloses, which normally end up in the black liquor, are extracted prior to kraft pulping and used for the production of ethanol and acetic acid. The techno-economics of this VPP (Value Prior to Pulping) version of the IFBR will be discussed for a hardwood kraft mill.

INTRODUCTION

During kraft pulping of hardwoods about half of the hemicellulose (27-33% in wood) is removed. The degraded hemicellulose dissolved in the waste pulping liquor is then burned during the kraft recovery process. However, the heating value of wood carbohydrates is approximately half of that of lignin. Hence, it would be beneficial to develop a more economical use of wood hemicelluloses. One such technique would be to extract the hemicelluloses as oligo- or polysaccharides prior to pulping, and then convert them to higher value-added products such as ethanol and chemicals, while still producing good quality kraft pulp. The production of biofuels and chemicals from underutilized hemicelluloses has advantages compared to the stand-alone biomass to biofuels facilities being pursued around the world because of the availability of waste water treatment and boiler systems, and the presence of environmental permits and experienced labor¹. Furthermore, since a “state of the art” kraft mill will have an excess energy production of about 30%², energy integration with energy consuming biofuels and chemicals production will lead to important synergies. Finally, the added revenue from these new co products besides the traditional pulp and paper products will increase the profitability of mills that are facing increased wood cost and decreasing pulp prices.

There are also strong political incentives to consider the production of biofuels from wood. In March 2007 the Finnish Parliament approved a law which requires 2 and 5.75% of the energy share of renewables in transportation fuels by the end of 2008 and 2010 respectively. Another incentive for the development of liquid biofuels is the approval by

¹ A. van Heiningen, *Converting a Kraft Pulp Mill into an Integrated Forest Biorefinery Pulp and Paper Canada* **2006**, 107, 38.

² P. McKeough and K. Saviharju, *Integrated Forest Biorefinery Concepts*, PulPaper 2007, Helsinki, 5 - 7 June

Europe's 27 heads of government in April 2007 to reach at least 10% by 2020 depending on availability of sustainable, second-generation biofuels.

The present paper considers the economic and technical feasibility of the biorefinery concept of the "Near-Neutral" hemicellulose pre-extraction process integrated within an existing hardwood Kraft mill while maintaining pulp production and quality. The feedstock was assumed to be mixed US Northeast hardwoods (birch, beech, maple). It was assumed that a separate impregnation vessel existed prior to the continuous digester that could be converted into the required extraction vessel.

"Near-Neutral" Hemicellulose Extraction Process

The conceptual biorefinery process used in the design study reported here is shown in Figure 1. The patent pending extraction and modified cooking process³ is carried out using green liquor (mostly $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{S}$) and white liquor (mostly $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$) respectively. The amount of green liquor used in the pre-extraction is 3% Na_2O (on oven dry wood) counted as total titratable alkali (TTA), while the charge of effective alkali (EA) in the modified kraft cook is reduced by 3% (as Na_2O on original oven dry wood) compared to conventional kraft cooking to the same kappa bleachable grade hardwood pulp. A charge of 0.05% (on wood) of anthraquinone is included in the green liquor. The pH of the final extract is about 6, i.e. "near-neutral. The processing of the pre-extracted wood is shown in black and represents a conventional kraft pulp mill. The unit processes required for hemicellulose extraction and conversion to ethanol and acetic acid are marked in blue. They include wood extraction for hemicellulose removal, flashing of the extract to produce preheating steam, recycling a portion of the extract back to the extraction vessel for the purpose of raising the solids content of the extract, acid hydrolysis using sulfuric acid for conversion of the oligomeric carbohydrates into mono sugars and cleavage of lignin-carbohydrate covalent bonds, filtration to remove precipitated lignin, liquid-liquid extraction followed by distillation to remove acetic acid and furfural from the sugar solution, liming to raise the pH to that required for fermentation, fermentation of five and six-carbon sugars and glucuronic acid to ethanol and finally distillation and upgrading the product to pure ethanol (99+%).

Advantages of "Near-Neutral" Extraction.

There are several important advantages associated with the "near- neutral" hemicellulose extraction process. Firstly, the quantity and quality of the pulp is unchanged compared to conventional Kraft cooking as shown in Figures 2 and 3 respectively. Figure 2 shows that pre-extraction with 3% green liquor (+0.05% AQ) at 160°C for 110 minutes followed by modified kraft cooking at 12% EA (30% sulfidity) gives the same yield (blue triangular symbols) based on original wood as regular kraft cooking at 15% EA and 30% sulfidity (red star symbols). Figure 3 shows that the tear-tensile strength of the pre-extracted Kraft pulp is as good as or slightly better than that of the kraft pulp produced using conventional methods.

³ A. R. P. van Heiningen, H. Zou, S. Yoon, J. Jiang and G. Goyal, "Process of Treating a Lignocellulosic Material", U.S. patent application serial no. 11/640,820, December 18, 2006

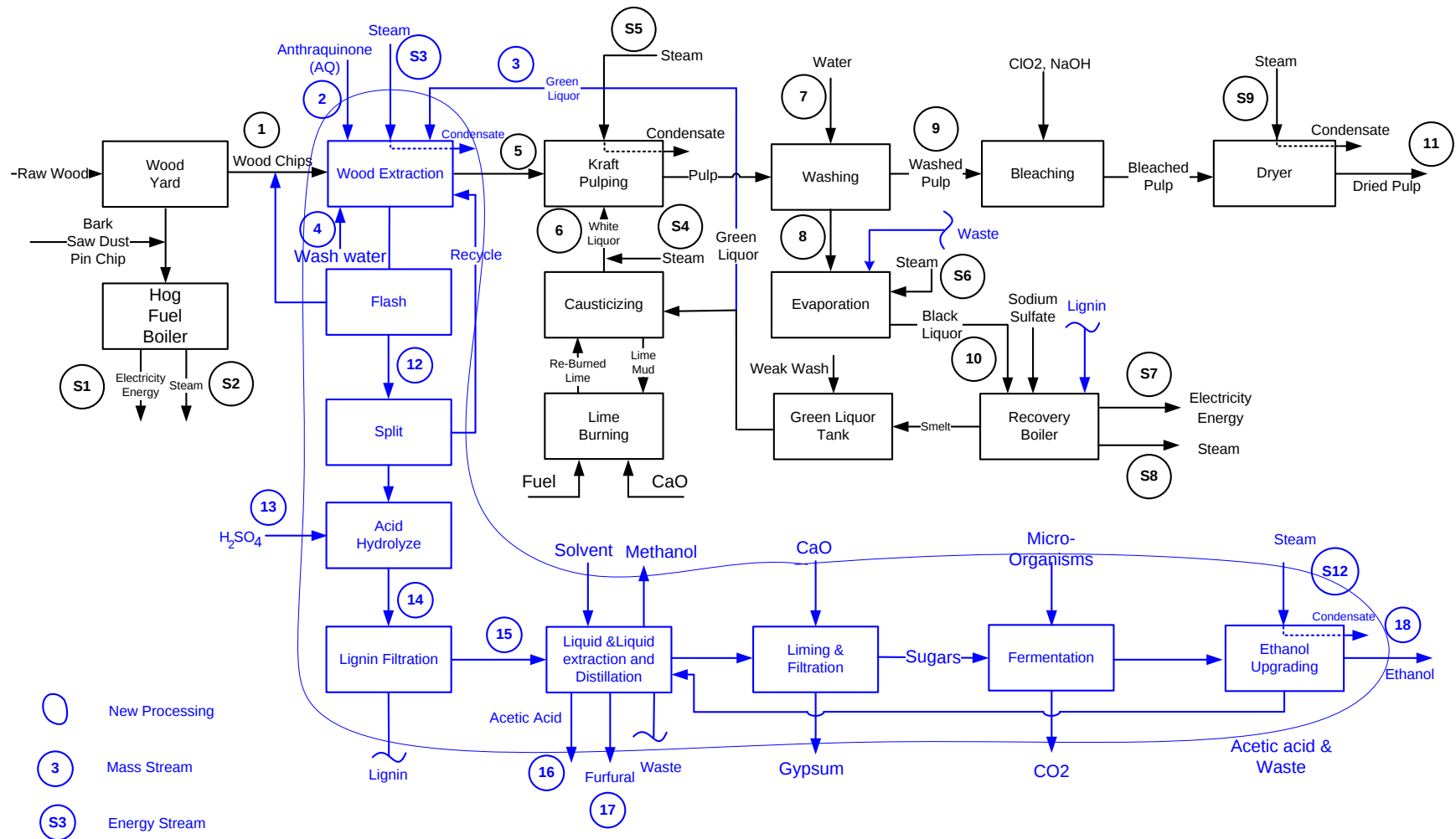


Figure 1. Modified Kraft Pulp Mill for the Production of Acetic Acid and Ethanol

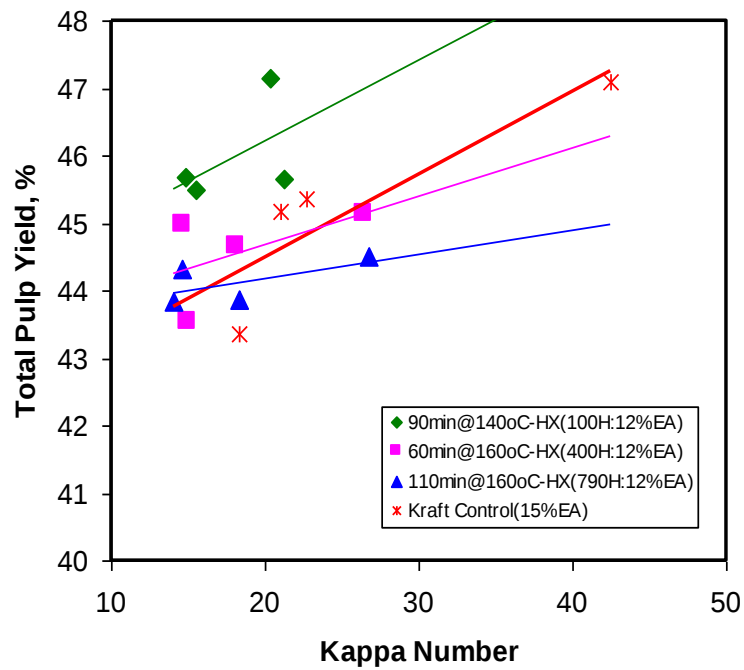


Figure 2 Yield vs. Kappa number

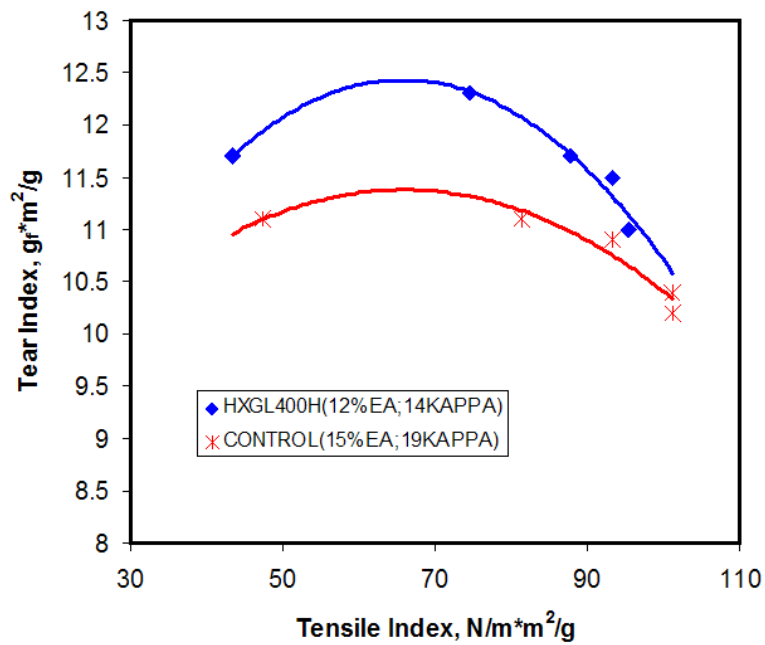


Figure 3. Tear Index vs. Tensile Index

A second advantage of “near-neutral” extraction is that the recovery cycle is off-loaded because the amount of organics in black liquor is reduced and less white liquor is needed for pulping. This change would allow a mill to significantly increase its pulp production rate if the recovery cycle is the bottleneck. Environmental advantages of the extraction process are that the methanol content of the black liquor is reduced by about 40%, while its TRS content is also diminished because of the lower white liquor charge and shorter pulping time during the modified kraft cook (see Figure 4). Finally, a new feed stock stream of sugars is produced which may be used for the production of biofuels and renewable chemicals.

PROCESS DESIGN

Wood Composition

The main constituents present in the hardwood mixture are cellulose (42.6%), hemicellulose (29.7%) and lignin (27.4%). Additionally there are 0.3% inorganics and 2 to 3% extractives.

Plant Sizes and Assumptions

The details of the design study are reported by Mao⁴. Three sizes of pulp mills were considered; a small plant producing 750 tonne/day of market kraft pulp, a medium plant of 1,000 tonne/day and a large pulp mill of 1,500 tonne/day. The base case is an existing kraft pulp mill.

Extraction Liquor

Green liquor was used as the extraction liquor because the resulting near-neutral pH avoids lignin precipitation⁵, and the pulp yield (based on original wood) and the physical properties of the pulp are maintained⁶. The composition of the extract used in the design analysis is given in Table 1. The primary carbohydrates found in the extract are xylan and glucuronic acid. During the extraction process acetyl groups, which are side chains on the xylan hemicelluloses, are cleaved to give dissolved sodium acetate which will be converted to acetic acid in the hydrolysis stage of the plant. Some lignin is also extracted.

Process Simulation

The simulation model for the modified Kraft pulp mill first was developed primarily using the WinGEMS computer code⁷ which was designed for solids/liquid systems occurring in the pulp and paper industry. Compound blocks, or subroutines designed to simulate complicated unit operations were used in this model. Portions of the energy balance that involved distillation was modeled using ASPEN and by scaling data provided by Wooley et al.⁸.

⁴ H. Mao. Technical Evaluation of Hardwood Biorefinery Using the Hemicellulose Extraction Process, Master's Thesis. University of Maine, 2007

⁵ M. Leschinsky, R. Patt and H. Sixta, Water Prehydrolysis of E. Globulus with the Main Emphasis on the Formation of Insoluble Components, PulPaper 2007, Helsinki, 5 - 7 June,

⁶ A. van Heiningen et al., University of Maine Forest Bioproducts R & D”, Presentation given at 93rd PAPTAC Annual Meeting, Montreal, QC, Canada, February 7th, 2007

⁷ WinGEMS help documents, Wingems 5.3 (Build 304) by Chemical Engineering Department at the University of Idaho.

⁸ Wooley, R., et. al, “Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis Current and Futuristic Scenarios”. NREL/TP-580-26157 (July 1999).

Table 1
Composition of Extract for
1,000 Tonne per day Pulp Mill Production

Composition of Extract	Value
Flow rate	3,171 Tonne/day
Suspension solids content	0%
Dissolved organics	5.61%
Arabinan	0.06%
Galactan	0.17%
Mannan	0.11%
Glucan	0.22%
Xylan	1.889%
Acetyl group	1.11%
4-O-MGA	1.33%
Lignin	0.728%
Dissolved inorganics	2.84%
H ⁺	0%
Na ⁺	1.11%
SO ₄ ²⁻	0.70%
HCO ₃ ⁻	1.03%
Water	2,903 tonne/day

Modified Kraft Cooking

The wood yield loss after pre-extracted with green liquor plus AQ for 110 minutes at 160 °C is about 10%. The extraction step uses requires 3% green liquor, calculated as total titratable alkali (TAA) in the form of Na₂O on wood (dry basis). The chips are then conveyed into the pulping digester and cooked for a sufficient time to achieve the desired H factor. The effective alkali (EA) charge of white liquor in the modified Kraft cook is reduced by 3% (as Na₂O on original oven dry wood) compared to that of the regular kraft cook. The cooking time may be shortened compared to the regular kraft cook as seen in Figure 4.

Acid Hydrolysis, Lignin Removal and Extraction of Acetic Acid

After extraction, the extract liquor is sent to a flash tank to recovery steam and lower the temperature (130 °C) and pressure (20 psig). The dissolved solids content of the extract leaving the extraction vessel is approximately 8.5%. The hydrolysis of the component carbohydrates is assumed to follow the kinetics specified by Garrote and co-workers⁹ [16] for hydrolysis of extract from Eucalyptus using sulfuric acid. The hydrolysis conditions in the present design are 0.5% sulfuric acid, 130 °C for 1.3 hours. At these conditions it was assumed that all the extracted lignin is precipitated and can be separated from the liquor by filtration. After lignin separation a proprietary liquid- liquid extraction process is used to extract acetic acid, furfural and traces of methanol from the mixture liquor. Based on this technology the recovery efficiency for acetic acid and furfural is about 90%. The extracted acetic acid and furfural are further purified by distillation and are sold as final products.

⁹ Garrote, G. Dominguez, H. Parajo, J. C., "Generation of Xylose Solutions from Eucalyptus globules Wood by Autohydrolysis-Posthydrolysis Processes Kinetics", *Bioresource Technology* 79(2001) 155-164.

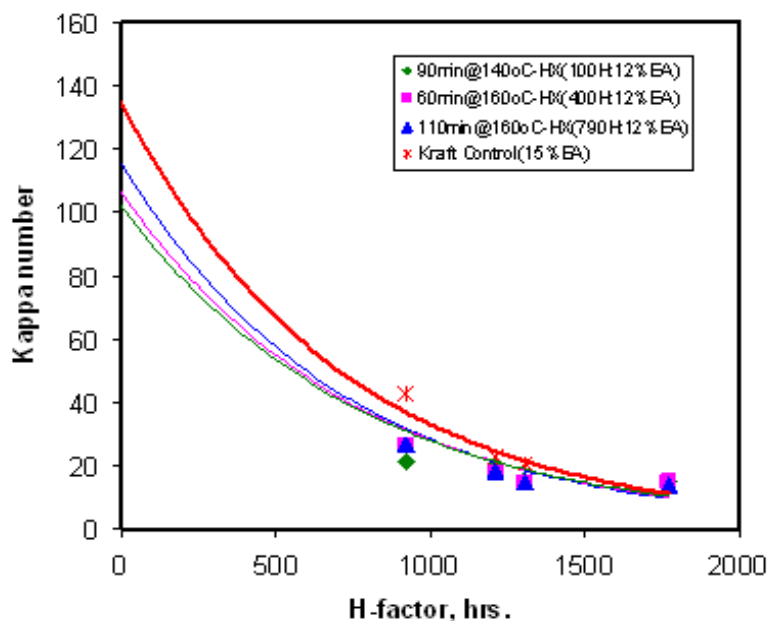


Figure 4. Kappa versus H-factor for GL & 0.05% AQ Pre-Extraction

Neutralization

After recovery of acetic acid and furfural, calcium oxide (CaO) is used to “lime” the extract liquor. The main function of liming is to adjust the pH to near neutral for ethanol fermentation. The lime also acts as a bactericide. The calcium precipitates the sulfate ions as gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, which is removed by filtration.

Ethanol Production

In the fermentation step it was assumed that C5 and C6 organics can be fermented simultaneously by using E.Coli (KO11). Also, glucuronic acid was assumed to be fermented into acetic acid and ethanol by using E. Coli B as described by Lawford and Rousseau¹⁰ [19]. The micro-organisms for conversion of the component sugars to ethanol would be produced on site. The efficiency of converting the mono sugars and glucuronic acid into ethanol was set at 90% of the theoretical yield. Ethanol was processed after fermentation by pre-distillation to 50% purity and then further distillation to 95% which is the azeotrope concentration. The ethanol is then further concentrated to 99.9% using molecular sieve technology.

Oil Savings in the Lime Kiln

After “near neutral” extraction less white liquor is required for cooking. This will result in a corresponding decrease in the amount of sodium carbonate that needs to be treated in the lime cycle. This in turn leads to a reduction in the flow of CaCO_3 and thus in the amount of oil required to operate the lime kiln. This is a distinct advantage of using green liquor in the pre-extraction step. The reduction in Na_2CO_3 that needs to be processed will be 2.5% calculated as Na_2O when pulping with a 30% sulfidity white liquor.

¹⁰ Lawford, H. and Rousseau, J., “Fermentation of Biomass-Derived Glucuronic Acid by pet Expressing Recombinants of E. coli B”, Applied Biochemistry and Biotechnology, 221-241 (1997)

RESULTS

Production Rate

For a 1,000 tonne per day pulp mill the production rate of ethanol would be approximately 39.5 tonne/day (4.62 million gallons per year of 100% ethanol) and 46.6 tonne per day of acetic acid (3.97 million gallons per year of 100% acetic acid). In addition about 0.92 tonne per day of furfural is produced (320 tonne per year) and incinerated. Figure 5 illustrates the production rates for ethanol, acetic acid and furfural as a function of the production rate of the Kraft mill. Even for the 1,500 tonne per day Kraft mill, the amount of ethanol produced is relatively small when compared to a modern corn to ethanol plant which typically produces 50-100 million gallons per year¹¹. Similarly, for comparison purposes, a modern acetic acid plant would have a production rate of 500,000 tonne per year, which is about 30 times larger than the capacity of the 1,000 tonne per day pulp mill¹². However, although the wood derived ethanol and acetic acid production rates are relatively small, they represent a significant source of revenue for the pulp mill obtained with modest capital and operating costs due to collocation and integration benefits.

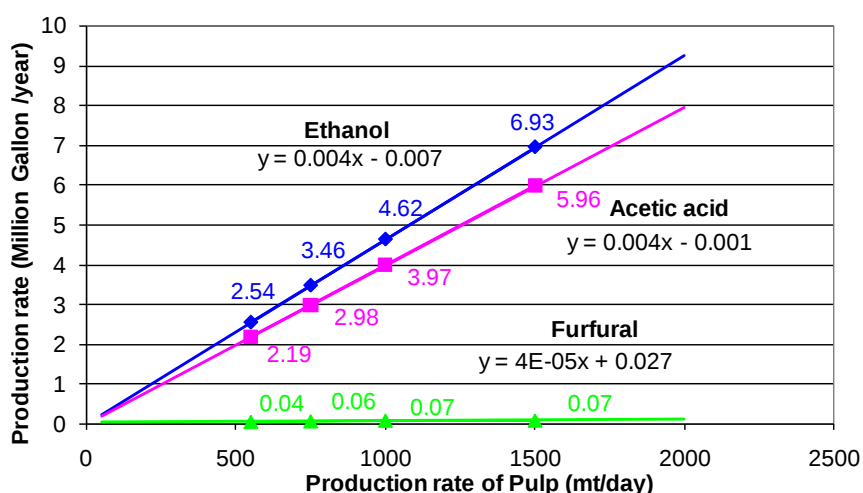


Figure 5. Products rate vs. plant size

Energy Consumption

The addition of the hemicellulose extraction process to a Kraft pulp mill reduces the energy which is obtained from the residual pulping liquor. No attempt was made in the present analysis to optimize the energy use by performing a pinch analysis¹³.

A summary of the energy requirement for a 1,000 tonne per day pulp mill with or without the near-neutral extraction process is given in Tables 2 and 3.

¹¹ <http://www.ethanolrfa.org/industry/locations/>

¹² <http://www.the-innovation-group.com/ChemProfiles/Acetic%20Acid.htm>

¹³ Turton, R., et. al., "Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes", 2nd Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. (2003)

Table 2
Energy Balance for Modified 1000 Tonne per Day Kraft Pulp Mill Relative to Base Case

Stream Number and Description		Existing Kraft Pulp Mill Case	Modified Kraft Pulp Mill	Units
Steam Required (Enthalpy)	S3 Extraction	0.0	84.6	MMBTU/hr
	S4 WL Preheater	20.9	15.6	MMBTU/hr
	S5 Upper Heater	84.6	41.5	MMBTU/hr
	S5 Lower Heater	41.8	64.7	MMBTU/hr
	S5 Washer Heater	29.6	41.1	MMBTU/hr
	S6 BL Evaporator	224.3	209.0	MMBTU/hr
	S9 Steam Dryer	68.0	68.2	MMBTU/hr
	S10 Extract Evaporator	0.0	0.0	MMBTU/hr
	S11 HAC Separation	0.0	11.8	MMBTU/hr
	S12 EtOH Distillation	0.0	12.7	MMBTU/hr
Total Steam Production (Enthalpy)	Hogful Boiler	129.4	129.1	MMBTU/hr
	Recovery Boiler	802.5	720.1	MMBTU/hr

Table 3
Summary of Energy Balance for Modified 1000 Tonne per Day Pulp Mill Relative to Base Case

Stream Number and Description		Existing Kraft Pulp Mill Case	Modified Kraft Pulp Mill	Units
Steam Required in Extraction		0.00	84.6	MMBTU/hr
Steam Required in Pulping		469.2	440.1	MMBTU/hr
Steam Required in Ethanol Process		0.0	24.5	MMBTU/hr
Oil Savings in Lime Kiln		0.0	(15.3)	MMBTU/hr
Net Energy Output	As steam	462.7	300.0	MMBTU/hr
	As Electricity	27.1	17.6	MW

Note: Output of electricity was calculated by assuming 20% of the energy content in available biomass is converted to electrical energy.

On average, the modified Kraft mill would produce approximately 35% less steam than the conventional Kraft mill because 10% of the wood mass is extracted and additional energy is required for the pre-evaporation and distillation operations⁴. Also, energy is lost during the extraction process because the extraction liquor is removed from the digester and flashed.

Oil Savings in the Lime Kiln.

In the present situation the amount of Na_2CO_3 which needs to be processed in the lime cycle will be reduced by 20% for 30% sulfidity white liquor. This is equivalent to a reduction of 2.48% (as Na_2O on dry wood). The oil consumption per tonne of dry lime mud (CaCO_3) is 0.085 tonne of oil based upon the work of Gullichsen and Fogelholm¹⁴ [23], resulting in savings of about 9 tonne of fuel oil per day for a 1000 tonne per day pulp mill assuming a pulp yield of 47% and a causticizing efficiency of 80%. At a fuel oil price of about \$2.2/gallon the oil saving are approximately \$2 million dollars per year.

The savings in oil in the lime kiln of approximately \$2 million dollars per year helps offset the loss of steam which is used to manufacture the new products. The value of the lost steam, assuming a steam cost of \$7.00 per million BTU is \$9.6 million dollars per year.

ECONOMIC ANALYSIS

In the analysis reported here an extraction vessel of some type was assumed to be available at the site. For example in a single fiber-line mill an impregnation vessel could be converted into an extraction vessel. In making the capital cost analysis, only 20% of the cost of a new continuous digester was applied to the project for modification to the impregnation vessel and/or connecting two continuous digesters together.

Basis for Analysis

The capital cost was obtained from vender quotations on important equipment and by scaling cost data presented by Mitchell¹⁵. For more details one is referred to the thesis of Mao⁴. The plant was assumed to be constructed over a two year period. The selling price of ethanol was taken to be \$2 dollars per gallon while the selling price of acetic acid was assumed to be \$4 dollars per gallon. No additional wood was used in the process since experimental data illustrates that with the addition of AQ prior to the extraction process that the yield remains the same. It was assumed that the investment was completely borrowed and repaid over the life of the project which was taken to be 10 years. It was also assumed that the utilities and waste treatment at the site were sufficient to handle the new process. The capital recovery factor was assumed to be 15% based on a 10% interest rate; capital recovery factor of 16.3%. The viability of the project was determined by the discounted cash flow rate of return and pay back period as described by Turton¹³. The unit production costs were estimated from the operating cost by assigning a portion of the operating cost to the production of ethanol and acetic acid according to the amount of product produced on a mass basis. Using this simplified method of proportioning operating costs, approximately 43% of the operating costs were attributed to the production of ethanol and 57% to acetic acid.

Economic Results

The capital cost, unit production cost and discounted cash flow rate of return are summarized in Table 4. It shows that the total capital cost increases from approximately \$23 million for the 750 tonne per day small pulp mill to \$38 million for the 1,500 tonne per day large plant. For this

¹⁴ Gullichsen, J and Fogelholm, C. J., "Chemical Pulping" in Pulp and Paper Making Science and Technology, Book 6B, pg B188. Fapet Oy Publisher (1999).

¹⁵ Mitchell, J., "Production of Ethanol from Hardwood", M.S. Thesis, University of Maine (2006).

case, the unit production costs are lowered to approximately \$1.35 to \$1.40 per gallon of ethanol and to \$1.80 to \$1.85 per gallon for acetic acid. The discounted cash flow rate of return increases from almost 13 to almost 18% for the 750 and 1500 tonne/day mill respectively.

Table 4
Economy Analysis Basis and Results

Plant Size (Tonne/day)	Capital Cost (Million Dollar)	Unit Production cost (\$/Gallon)		DCFROR
		Ethanol	Acetic acid	
750	23.2	1.40	1.85	12.9%
1000	28.5	1.38	1.83	15.0%
1500	37.7	1.35	1.80	17.5%

CONCLUSIONS

The hardwood biorefinery considered here uses green liquor with the addition of AQ for wood extraction prior to modified kraft cooking to preserve both pulp yield and quality. During extraction about 10% of the wood goes into solution. The extract contains mostly hemicellulose derived organic compounds and has a near-neutral pH. The extracted chips require a 3% lower EA charge (as Na₂O on original oven dry wood) of white liquor and a lower H factor in the subsequent kraft cook as compared to a regular kraft cook.

The near-neutral hemicellulose extract is further processed into acetic acid and ethanol using several operations. For a 1,000 tonne per day pulp mill the production rate of ethanol and acetic acid would be approximately 40 and 47 tonne/day respectively. The techno-economic analysis of this biorefinery concept showed that the net steam production of the integrated complex would be reduced by 35%, while the reduced causticizing requirement would lead to a reduction in oil use in the lime kiln of approximately 9 tonne/day resulting in savings of about \$2 million/year. The discounted cash flow rate of return for the near-neutral extraction process integrated into an existing kraft mill of 1000 tonne/day is calculated to be about 15%. For this mill size the production costs for ethanol and acetic acid were estimated at \$1.38 and \$1.83 per gallon respectively by assigning the operating cost to the production of ethanol and acetic acid according to the amount of product produced on a mass basis.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYKSEN VAURIORAPORTTI

Sebastian Kankkonen, Pöyry Forest Industry Oy

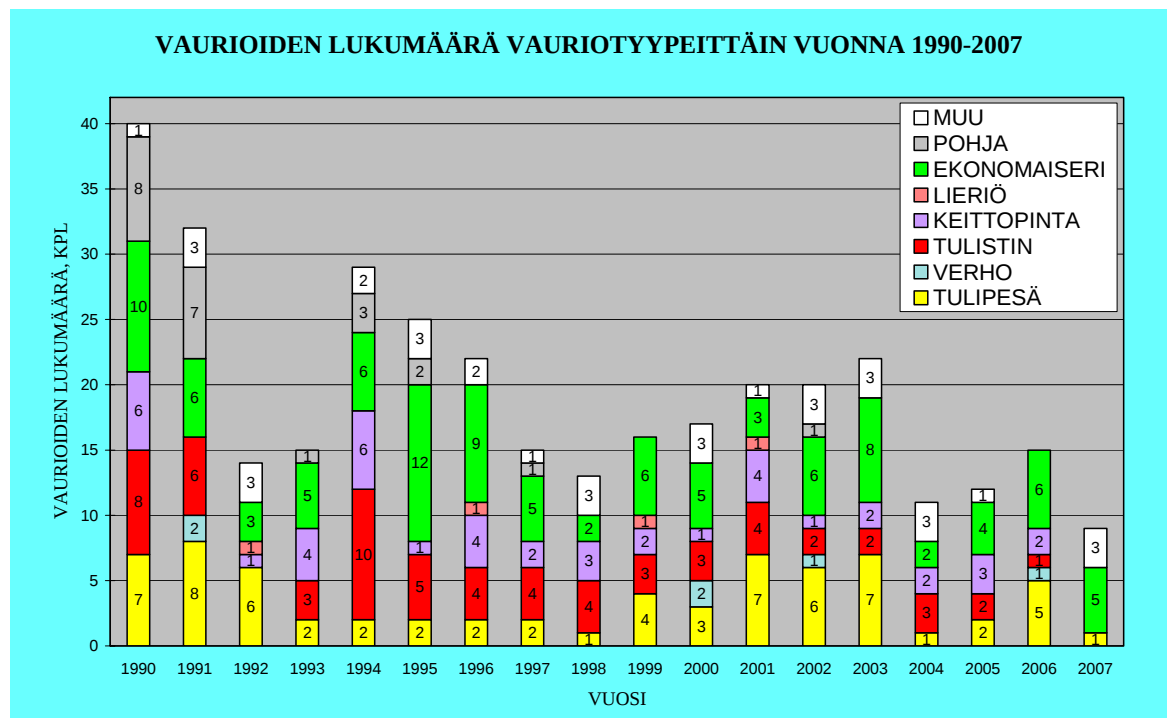
Sebastian Kankkonen

18.10.2007

1 (2)

SOODAKATTILAVAURIOT SUOMESSA VUONNA 2007

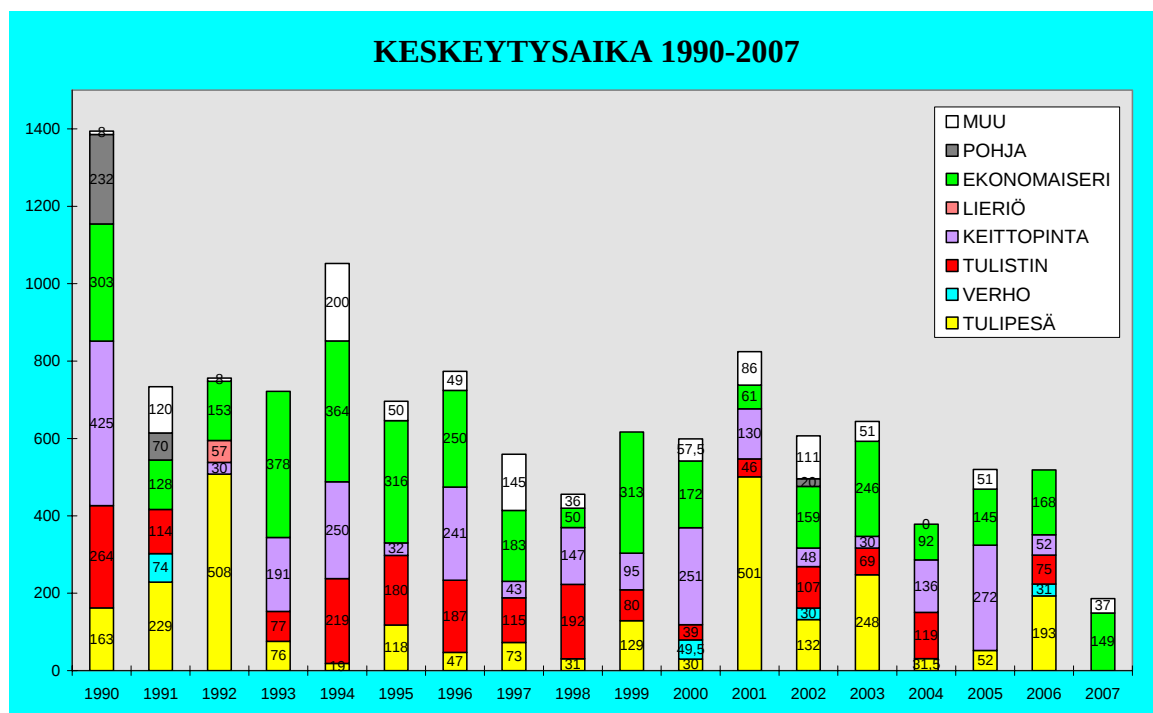
Vuonna 2007 on tähän mennessä raportoitu ainoastaan yhdeksän vauriotapausta. Kuten kuvasta 1 näemme, viisi vaurioista tapahtui soodakattilan ekonomaiserialueella, yksi vaurio oli laimean hajukaasun kanavassa, yksi tulipesän pohjassa ja lisäksi oli kaksi kaapeli-palaa.



Kuva 1: Vaurioiden lukumäärä vuosina 1990 -2007

Alhaisen lukumäärän lisäksi myös mustalipeänpolton keskeytysaika on ollut ennätyskel-lisen pieni, ainoastaan noin 200 tuntia (kuva 2). Toivottavasti näihin tuntimääriin on päästy hyvin koulutettujen operaattoreiden ja tarkasti suunniteltujen tarvittavien korjaus-toimenpiteiden ansiosta, eikä tilastovirheiden tai virheellisten tilastojen vuoksi.

Yleisesti ottaen voimme todeta, että vaurioiden lukumäärä ja keskeytysaika ovat jatku-vasti laskeneet. Tähän on varmasti osasyynä myös kattilakannan uusiutuminen.



Kuva 2: Vaurioiden aiheuttama lipeänpolton keskeytysaika vuosina 1990 -2007.

POHJOIS-AMERIKAN BLRBAC:N VAURIORAPORTTI

Thomas J Grant, American Forest & Paper Association

**UPDATE OF
THE AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION
RECOVERY BOILER PROGRAM**

BY

**THOMAS J. GRANT
AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION
NEW YORK, NEW YORK**

October 18, 2007

FINNISH RECOVERY BOILER CONFERENCE

HELSINKI, FINLAND

fin.5

UPDATE OF THE AMERICAN FOREST AND PAPER ASSOCIATION

RECOVERY BOILER PROGRAM

**THOMAS J. GRANT - DIRECTOR, RECOVERY BOILER PROGRAM
AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION
YONKERS, NEW YORK 10704**

ABSTRACT

The AF&PA Recovery Boiler Program continues to strive for the safe and reliable operation of recovery boilers. Training, maintenance and supervision are required to accomplish this task. The AF&PA Program has developed an industry-wide safety audit program, updated its reference manuals, its training program and guidelines for the safe operation of recovery boilers, in addition to continuing to sponsor research for these objects.

The AF&PA Recovery Boiler Program is continuing in its efforts to produce greater awareness of safe practices and improvement in the operation, maintenance, safety and efficiency of recovery boilers.

Membership

Currently, 32 companies participate in the Program including 7 non-Association member companies. Thus, the Program members represent nearly 96% of the total sulphate pulp produced in the U. S. We will continue to encourage the other companies with recovery boilers to join with the current members in the cooperative efforts for the safe operation and research to improve the reliability of the recovery boilers. All companies operating recovery boilers benefit directly from the Program's activities, including the research.

Currently, there are 119 mills operating 173 recovery boilers in the U. S. They produce about 40% of the total energy used in the U. S. pulp and paper industry. The average age of the boilers is about 29 years. Over 67% of the boilers were installed prior to 1979.

Operational Safety Seminars

The Program has been sponsoring Operational Safety seminars for superintendents since 1985. Nearly 2,640 superintendents, supervisors, operators and maintenance personnel have attended the seminars. Three seminars are held each year. Attendance has fluctuated during the past few years, mainly due to travel restrictions by some companies. This year we had 107 attendees from 17 companies and 29 mills. We strive to coordinate dates to avoid planned outages, but we can not meet everyone's schedule. Two years ago, as a result of member companies' requests, we changed from a two-half days' format to a one-day seminar and added a half day to review the AF&PA and BLRBAC guidelines and training. In addition to improving their training, the participants benefit greatly from the dialogues with the expert instructors and the people from the other mills.

BLRBAC

AF&PA committees work closely with BLRBAC in coordinating safety guidelines and joint seminars on special topics related to the boilers, such as the one held two years ago. That was a joint two-day seminar on Water Treatment. Over 85 attendees heard presentations from operating companies, vendors and consultants. We are considering another similar type joint seminar next year.

Explosion Monitor

Mr. Jules Gomni recently accepted the position as the AF&PA explosion monitor in addition to being the secretary of the BLRBAC ESP Subcommittee. He is responsible for collecting, reporting and tracking recovery boiler incidents. Some of you may remember Jules. Prior to his retiring from Weyerhaeuser Company after some 25 years, he was their manager of power and recovery support and was chairman of the ESP Subcommittee. He also actively served on AF&PA, TAPPI and BLRBAC committees, as well as other industry affiliations.

Training Program

The Program's Recovery Boiler Training Program to use for computer-based training (CBT) is now available through

Power Specialists Associates (PSA). Information may be found on the Association=s and PSA websites. This CBT information is available on the latter=s website. Arrangements can be made for a demonstration electronically at the mills. This arrangement has worked very smoothly at the mills that have already done this.

Non-Destructive Technologies for Detecting Water-Side Deposits

Under the direction of the R & D Subcommittee, an Advisory Group of representatives from operating companies, manufacturing and water treatment companies, have been overseeing this project. In Phase I of the study, sponsored by the R & D Subcommittee, potential non-destructive technologies for detecting water-side deposits in recovery boiler furnace wall tubes were identified. The Advisory Group prepared an outline with BWXT for Phase II to investigate several technologies to possibly answer this problem. This included laser UT, Radiography, pulsed thermography and a heat flux method. The project should be completed by the end of the year.

Study for Review Analysis of Economizer Tube Failures

The Economizer Tube Failures study was completed last year and was distributed to each member company=s representative and the boiler manufacturers who participated in the study. The work proceeded in two phases: Phase I dealt with gathering, tabulating and summarizing the available information on economizer failures and evaluating the quality of the data. Phase II dealt with analyzing and interpreting the information obtained. Major causes of failure were identified in relation to economizer design and boiler operation.

The overall objective of this investigation was to understand the causes of recovery boiler economizer tube failures and to identify means for preventing their occurrence. Specific objectives were met in the course of this study.

Guidelines were written to highlight potential issues and questions that should be considered in preparing a product specification, proposal review, purchasing, monitoring of contract execution in both manufacturing and erection, startup and operation. A similar document identifying operating practices believed to be detrimental to economizer integrity, supported by case evidence to the extent possible, was also prepared.

Study of Superheater Failures

Another study sponsored by our Program is a study of superheater failures, similar to the Economizer Tube Failures study. Phase I covered the investigation of AF&PA, BLRBAC and manufacturers= files, publications and meetings with the major superheater suppliers and engineering organizations. Key issues were identified and defined. Phase II covered a selective approach to operating installations for the purpose of obtaining specific history failures and maintenance. In Phase III the investigators did an in-depth exploration of the key issues and analyzed the data, with conclusions and recommendations that could be derived from the data. Guidelines and suggestions for the design of recovery boiler superheaters to operate at final steam temperatures exceeding those in current operation in the US will be included. The ultimate objective of this investigation was to understand the causes of recovery boiler superheater tube failures, and to identify methods and/or practices to prevent their occurrences. It is expected that the study will be completed by year-end.

Possible TAPPI TIP Sheets

From the recent studies sponsored by AF&PA, the TAPPI subcommittee is reviewing the possibility of preparing TIP sheets for industry use. The four studies being considered are:

- Floor Tube Study
- Behavior of Furnace Corners in Explosions
- Economizer Study
- Superheater Study

Other Research Projects Under Review

The Committee is also considering a study for causes of smelt spout cracking and failures on chemical recovery boilers. The objective of this study will be to review the frequency of smelt spout cracking and corrosion; the correlation of spout failures with water-side deposits and other factors; prioritize and discuss research needs to achieve the goals. The Program will also be looking at different ways of reducing dissolving tank explosions.

Several other projects being considered are:

- Potential for improving leak detection technology/implementation;
- Dissolving tank explosions - factors affecting them;
- Smelt Flow restrictors and burners for opening plugged smelt spouts.

Annual Meetings and Conference

Our annual Recovery Boiler meetings and Conference were held February 13th and 14th in Atlanta. It was very successful although attendance was lower than usual. It was open to all operating companies, insurers and manufacturers. The presentations included reports on the projects currently sponsored by the our Recovery Boiler Program and subcommittee reports on their accomplishments, in addition to other research related to recovery boiler currently underway. The object of the Conference is to keep not only the members advised, but also the remainder of the recovery boiler community, as well. We hope that some of you will plan to attend next year=s Conference.

Thank you for your attention.

FINNISH RECOVERY BOILER Conference

AF&PA Recovery Boiler Program Update

Thomas J. Grant
American Forest & Paper Association

Helsinki, Finland
October 18, 2007

Recovery Boiler Committee

- Formed in 1974 – currently 32 companies including 7 non-Association members
- 119 mills operate 173 recovery boilers - produce nearly 40% of total energy used by U.S. P&P industry
- Mission: To produce greater awareness in safe practices, improve operation, maintenance and efficiency of boilers
- Emphasis on training, maintenance and supervision
- Two subcommittees: R&D and Operation and Maintenance
- Work cooperatively with BLRBAC

Recovery Boiler Explosions

- Achieved a ten-fold reduction in recovery boiler explosion frequency
- Reasons for decrease
 - improved training
 - Implementation of safety guidelines
 - Improved inspection and maintenance
 - Management commitment
- AF&PA Recovery Boiler Committee played an important role in this achievement

Current Activities

- Operator Safety Seminars
- Superheater Study
- Detection of Waterside Deposits
- Economizer Study (recently completed)
- Possible Production of TAPPI TIP Sheets
- Cooperation With US DOE and BLRBAC
- Annual Meeting

Operator Safety Seminars

- Started in 1985
 - Nearly 2,640 people have attended
 - 3 seminars per year
- Recently expanded to 1 ½ days
 - Review 8 actual case histories
 - Review BLRBAC and AF&PA documents
- Participants benefit from dialogues with expert instructors and people from other mills

Superheater Study

- Objectives
 - Understand causes of superheater failures and performance and maintenance problems
 - Develop guidelines for minimizing their occurrence
- Phase 1 complete
- - Acquired set of data, defined issues and interpreted data
- Phase 2 completing by year-end in-depth exploration of key issues
 - Preparation of guidelines for design and operation

Waterside Deposit Detection

- **Evaluate Non-destructive technologies for detection of water-side deposits in furnace wall tubes**
 - AF&PA Advisory Group representatives of operating, manufacturing and water treatment companies overseeing study. Phase I of report completed early last year
 - R&D Subcommittee identified criteria to be used to screen potential technologies
 - Cost competitive relative to the cost of chemical cleaning
 - Ability to complete a boiler assessment during a normal outage time frame
 - Minimal interference with other outage activities (e.g., welding)
 - Equipment must be both portable and durable

Waterside Deposit Detection (continued)

- Phase II – studied & tested set of in-service tubes by recommended technologies, including
 - laser UT - Radiography
 - pulsed thermography
 - Heat Flux
- Expect to complete by year-end 2007

Economizer Study

- Project completed in 2006
 - Report issued
- Identified major causes of failures
 - Relation to economizer design
 - Relation to boiler operation
- Two stand-alone documents prepared
 - Guidelines for specification & construction of economizers
 - Operating and maintenance practices affecting economizers

Possible TAPPI TIP Sheets

- Floor Tube Study
- Behavior of Furnace Corners in Explosions
- Economizer Study
- Superheater Study (when completed)

Other R&D Subcommittee Activities

- Considering Research studies: Smelt spouts; Fundamentals; Dissolving tanks
- Continues to work with U. S. DOE to develop projects with a vision for the future
- Continues to work closely with BLRBAC – considering:
 - Drafting a design standard covering feedwater and condensate systems

Annual Conference

- 60 attendees for the February 2007 conference, including representatives from operating companies, manufacturers, insurers and vendors
- Presentations included reports on current projects, subcommittee reports on their activities, research planned
- Next conference will be held February 2008

SOODAKATTILAN KEHITYS JA KEHITTYMÄTTÖMYYS

Erik Uppstu, Polyrec Oy Ab

Erik Uppstu
Polyrec Oy Ab

SOODAKATTILAN KEHITYS JA KEHITTÄMÄTTÖMYYS

Jo 1800-luvun lopussa polttouuneja käytettiin jätelienten talteenotossa sen ajan sellutehtaissa. Tekniikka parani hiljalleen, ja viimeinen soodakattilan esiaste oli pyörivä uuni, jossa jäteliipeän pyrolyysi tapahtui. Puoliraakaa kekoainetta muistuttava, erittäin pahalle haiseva massa lapioitiin käsivoimin smeltteriin, jossa rikki redusoitui massan sulaessa.

Kattilatyytit

Ensimmäinen soodakattila, Babcock & Wilcoxin tomlinson-kattila, kehitettiin USA:ssa, ja toimitettiin Husumiin Ruotsiin jo 30.4.1937. Toinen amerikkalainen yritys, Combustion Engineering (CE) kehitti myös oman mallinsa. Suomeen ensimmäiset tomlinsonit tulivat vasta toisen maailmansodan jälkeen.

B&W ja CE valmistsivat kattilansa omien patenttiansa mukaan. Erot olivat selvät. B&W ”maalasi” yhdellä tai kahdella lusikkatyyppisellä lipeäruiskulla tulipesän seinät, joista kuivunut lipeä putoaa kekoon. CE ”atomisoi” monella ”puutarharuiskulla” lipeän pieniksi pisaroiksi, jotka kuivuivat ja paloivat lennossa. B&W:n pohja oli jyrkästi kalteva ja ilma tuotiin kahdella, kattilan ympäri tasaisesti menevällä rekisterillä. CE:n pohja taas oli vaakasuora ja dekantoiva. Sekundääri-ilmalla kehitettiin vahva pyörre neljällä tangentiaalisesti suunnatulla isolla, nurkien lähellä olevalla ilma-aukolla.

Pohjoismaissa Götaverken ja Wärtsilä alkoivat valmistaa kattiloita B&W:n, ja Maskinverken ja Ahlström CE:n lisenssillä.

Ruotsissa Jönköpings Mekaniska Verkstad, JMV, uskalsi haastaa suuret amerikkalaiset kilpailuun omalla kattilatyyppillä, jossa lipeä ruiskutettiin keskisuurina pisaroina suoraan kekoon, ja jossa tulipesän pohja oli lievästi kalteva ja dekantoiva. Kuten tiedämme, juuri tämä konsepti on se, joka näistä kolmesta on jäänyt henkiin.

Suomessa Tampella hankki JMV:n lisenssit. Kun lisenssinantaja ajautui konkurssiin hitausongelmien seurauksena, jäi Tampella yksin menestyksekkään teknologian haltijaksi.

Poimintoja kehitysvaiheista

Soodakattilan kehitys on edennyt tuskallisen hitaasti. Keskimääräinen askelkuvio on ollut suunnilleen puolitoista askelta eteenpäin, yksi askel taaksepäin. Mutta kun aikaa on ehtinyt kulua yli 70 vuotta, ja tekijöitä on ollut runsaasti, on kaikesta huolimatta päästy eteenpäin.

Seuraavassa käsitellään lähinnä kattilan rakenteeseen ja toimintaan liittyviä muutoksia ja parannuksia. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että esim. suunnittelun, valmistuksen, käyttöhenkilökunnan koulutuksen ja vaikkapa logistiikan kehitys olisi vähemmän tärkeä.

Tulipesä

Korroosio on tunnetusti soodakattilassa vakava ongelma. Alussa oli tyydyttävä pelkästään paineenalaisten osien korroosiolisään. Sen jälkeen suojaa lisättiin muurauksilla ja tulipesän alaosassa valurautaharkoilla ("blokattu" rakenne). Seuraavaksi keksittiin tulipesäputkien nastoitus. Keskuslaboratorion korroosioguru Per-Erik Ahlersin tutkimukset seostettujen terästen kestävyyydestä soodakattilassa herättivät kiinnostuksen ruostumattomaan teräkseen. Tämän seurauksena keksittiin Compoundputki.

Tulipesäseinän ensimmäinen rakenne, "skin-casing", koostuu tulen puolella vierekkäisistä putkista, joiden taakse on laitettu tiivistävä muurausmassa ja tämän taakse teräslevy. Seuraava rakenne on samanlainen, paitsi että putket ovat blokattuja tai nastoitettuja. Tiiviiksi hitsattu membraaniseinä ei tarvitse enää massaa ja teräslevyä taakse, ja compoundputkista ja kapeasta compoundevästä tehty membraaniseinä on vieläkin paras tunnettu ratkaisu.

Voidaan sanoa, että Tampellan 1972 rakentama Lövhölménin kattila on ensimmäinen uuden polven soodakattila. Se varustettiin ensimmäisenä compoundputkista tehdyillä kaasutiiviillä membraaniseinillä, siinä oli pystyputkieko ja paljon muitakin edistyksellisiä ratkaisuja.

Kattilaputkisto

Kaksilieriöjärjestelmä oli pitkään hallitseva. JMV:n ratkaisu oli pitkäikäisyvirtaus kahdessa vedossa, ensin alas ja sitten ylös. Muilla oli vaakasuora poikittaisvirtaus. Götaverken ehti ensimmäisenä siirtyä yksilieriöratkaisuun (vuonna 1985 käynnistetty kattila, Leaf River, USA). Alalieriön poistolla oli monia hyödyllisiä seurauksia: alalieriön yläpuolella esiintyneet tukkeutumisongelmat ratkesivat, höyrylieriö voitiin rakentaa suuremmaksi, jotta kattilakokoa voitiin suurentaa, ja myös kattilaputkiston asennus helpottui ja nopeutui.

Ekonomaiserit

Ensimmäiset ekonomaiserit olivat vaaka-ripaputkimallisia, ja puhdistus tehtiin ensin vesipesulla ja myöhemmin kuulanuohouksella. Tämä ei sallinut suuria määriä tuhkaa, minkä takia sähkösuodin, n.s. kuumasuodin, oli sijoitettava ekon eteen. Vasta 1970-luvulla pystyekomallit tulivat yleisiksi.

Ekonomaiserin jälkeiset laitteet

Savukaasujen "jälkilämpöä" on yritetty hyödyntää monella tavalla. Polttoliipeän suorahaihdutus "harpassa" oli käytössä miltei kaikissa kattiloissa hyvin pitkään. Laitteessa lipeän sulfidi poistui kuitenkin rikkivetynä savukaasuun, mikä oli melkoinen ympäristöhaitta. "Low odoriin" siirtyminen eli harpasta luopuminen tapahtui Pohjoismaissa aikaisemmin kuin muualla, jo 1960–1970-luvuilla. Maailmalla on edelleenkin paljon näitä pyöriviä saastuttajia.

Jälkieko on taloudellinen ratkaisu, jos tarvitaan lämmintä vettä. Ruotsin MoDo kehitti 1970-luvulla savukaasupesurin tähän samaan tarkoitukseen ja Tampella seurasi pian omalla ratkaisullaan. Pesurilla voitiin lämmön lisäksi poistaa pölyä ja ei-toivottuja kaasuja, ensisijaisesti rikkidioksidia. Pesurien tarve on nykyään pienentynyt samassa tahdissa kuin parantunut poltto on vähentänyt SO₂:n pitoisuuksia, sähkösuotimien erotuskyky on kasvanut, ja lämpimän veden tarve vähentynyt.

Polttoilman esilämmitys tehtiin pitkään ”luvoissa” (Luftvorwärmer=ilmanesilämmitin), joissa savukaasun lämpö siirrettiin suoraan polttoilmaan. Järjestelmää parannettiin lämmittämällä ensin vettä, joka sitten johdetaan ilmapattereihin.

Polttoilma

Soodakattilaprosessia ohjaava ilman ja lipeän tuonti tulipesään on alusta alkaen -niinkuin pitääkin- ollut hallitseva mielenkiinnon kohde soodakattilan kehityksessä.

Alkuasetelman ratkaisut kahdella ilmatasolla säilyi pitkään. Varsinkin Pohjoismaissa havaittiin kuitenkin, että kolmas taso, tertiääri-ilma, antaa paremmat tulokset. 1960-luvun jälkeen ei tietävästi enää toimitettu kattiloita ilman tertiääriä tälle alueelle

Kun ilmajärjestelmien muuttamiselle ei löytynyt muita keinoja, 1970-luvulla alkoi suorastaan kiihkeä keskustelu rekisterien korkeussuuntaisesta sijainnista. Jokaisella valmistajalla oli tietysti juuri ne oikeat korkeudet, jotka tekivät juuri omasta tuotteesta ylivoimaisen. Usein löytyi uusia, väitteiden mukaan vieläkin parempia korkeusasemia. Tämän seurauksena rekisterien sijainti sahasi ylös ja alas ajan mittaan. Joku jopa ehdotti tutkimusta siitä, miten ilman sijainti korreloi Pariisin muodissa kullakin hetkellä olevan helman pituuden kanssa. Kielteisenä tuloksena koko sekoilusta oli, että kattilanomistajien usko tämän alan parannuksiin alkoi hiipua.

Todellisia parannuksia alkoi kuitenkin tulla. Götaverken jakoi Skutskärin vuonna 1969 käynnistyneessä kattilassa primääri-ilmalaskin kahteen tasoon. Muutos todettiin nopeasti epäonnistuneeksi, koska ongelmia ilmeni heti käyntiinajossa. Todellisuudessa ongelmien syyt olivat aivan muualla, mutta koska yläprimääri oli näkyvin muutos, siitä tehtiin syntipukki.

Myös Tampella ja Ahlström aloittivat rekisterien jakamiset. Prosessi parani, mutta aukkojen puhdistaminen vaikeutui, kun niiden sijainti hoitotasoon nähden oli joko aivan liian korkea tai liian matala. Aukkojen automaattisten rassaajien tulo vähensi sittemmin näitä haittoja tuntuvasti.

Todellinen läpimurto oli tulossa, kun Tampellan keksijä sijoitti 1980-luvun loppupuolella sekundääri- ja tertiääri-aukot vain etu- ja takaseiniin ja vähensi lisäksi aukkojen lukumäärää. Tämäkin parannus todettiin heti kelvottomaksi, koska keosta tuli ”limpun muotoinen”. Myöhemmin tämä keksintö, ”Multilevel Air Distribution”, on todettu niin erinomaiseksi, että mainitun firman perilliset eivät salli siinä asiassa Götaverkenin keksimän neljännen rekisteritason lisäksi muita parannuksia.

Edellä mainittu keksijä oivalsi vihdoin vuonna 1993 sen ratkaisun, jota oli pitkään hakenut ja jonka olisi voinut ja pitänyt keksiä vähintään kymmenen vuotta aikaisemmin.

Aukkojen sijoitus pystysuoriin riveihin oli itsestään selvä ja helposti tajuttava asia. Siitä huolimatta se oli kuitenkin liian mullistava. Monen mielestä noin hullun keksinnön tekijä ei voi olla ihan terve. Kaj Bäckman, joka oli vastuussa Skutskärin soodakattiloista, uskalsi kokeilla uutta systeemiä lisäämällä joitakin ilma-aukkoja, ja tulos oli lupaava. Myöhemmässä tulipesäremontissa Andritz-Ahlstrom teki täydellisemmän vertikaali-ilmajärjestelmän. Kari Saviharju niin kuin myös Esa Vihavainen tajusivat nopeasti idean ja sen arvon nähtyään hyvät koetulokset. Tämän seurauksena nykyinen Andritz on tehnyt erilaisia sovelluksia vertikaali-ilmasta. Muut kiertävät patenttia niin läheltä kuin uskaltavat. Valitettavasti on todettava, että

yhtään kattilaa ei vielä toistaiseksi ole valmistettu, jossa vertikaali-ilman mahdollisuudet olisi enemmän kuin vain osaksi huomioitu.

Polttolipeä

Polttolipeän tuonnista tulipesään on keskusteltu ja väitelty lähes samaan tapaan kuin polttoilmasta. Jokainen valmistaja on kehittänyt lukemattomia erilaisia ruiskuversioita, ja välillä tuntuu siltä, että asiassa vallitsee täydellinen kaaos. Yhdessä vaiheessa näytti kuitenkin siltä, että Götaverkenilla oli ruiskutilanne hallinnassa ainakin koskien ruiskuttamista seinille.

Lipeän esilämmitys ei ole aina ollut itsestäänselvyys. Aluksi sellaista ei käytetty ollenkaan. Pohjoismaissa lämmitys tehtiin pelkästään suoralla höyryllä vielä 1980-luvun alussa, kunnes Ahlström toi markkinoille lämmönvaihtimen, joka todella pysyi auki. USA:ssa lämmönvaihtimet otettiin käyttöön aikaisemmin, mutta siellä niitä tarvittiin kolme rinnakkain: yksi käytössä, yksi pesussa ja yksi porauksessa.

Hyvin pitkään käytettiin heiluvia ruiskuja. Tampellassa heilunta pysäytettiin 1980-luvun alkupuolella kun vaikutukset positiiviset olivat selvästi positiiviset. Ei ole tiedossani, milloin muut sen tekivät. Joka tapauksessa ”stationary firing” levisi nopeasti kaikkialle.

Soodakattilan alkuaikoina haihduttamoissa ei saavutettu korkeita kuiva-ainepitoisuuksia. Siksi tarvittiin lisähaihdutusta suora haihduttimissa. Oli usein vaikea saada aikaan vakaata polttoa ilman tukiöljyä.

Haihduttamoiden parannuttua 1980-luvulla päästiin jopa 70 % keskimääräisiin pitoisuuksiin, mutta silloinkin lipeä paloi edelleen usein nihkeästi. Tähän vaikutti muun muassa mustalipeän lämpöarvon aleneva trendi.

Rosenlewin haihduttamoista vastaava DI Peltonen esitti Tampellalle idean paineistetusta haihduttamosta. Tämä johti siihen, että mainitut firmat yhdessä vuonna 1986 käynnistivät maailman ensimmäisen polttokokeen lipeällä, jonka kuiva-ainepitoisuus oli yli 80 %, välillä jopa 85 %. Koe onnistui täydellisesti, ja tulokset siitä olivat melkein poikkeuksetta positiiviset. Keksinölle annettiin nimeksi superpoltto. Projekti valittiin Vuoden insinööriyöksi. Peltonen lisäksi Paavo Hyöty kuului palkinnon saajiin.

Pian edellisen jälkeen Ahlström keksi, että mustalipeän lämpökäsittely alentaa viskositeettia niin paljon, että haihdutus korkeisiin pitoisuuksiin onnistuu myös sillä tavalla ilman paineistusta. Muitakin kilpailevia ratkaisuja ilmaantui.

Puhtaanapito ja tukkeutumisen esto

Lämpöpintojen puhtaanapito on aina aiheuttanut ongelmia. Alussa kattilat ajettiin alas muutamana päivänä tai viikon välein vesipesua varten. Seuraavaksi kolisteltiin ja ravisteltiin pintoja käsin pesukertojen vähentämiseksi, kehitettiin mainitut kuulanuohoukset, ja alettiin käyttää höyrynuohoimia, ensin kiinteitä ja sitten ulosvedettäviä. Näiden lisäksi on kokeiltu kaikenlaisia menetelmiä kustannusten pienentämiseksi ja puhdistuksen parantamiseksi: puhallettu paineilmaa, käytetty vesinuohousta pumppaamalla vettä höyrynuohoiimiin, yritetty ääninuohousta jne.

Höyrynuohous on kuitenkin pitänyt pintansa. Nuohoimet on tehty yhä järeimmiksi, ja käyttöä on tehostettu optimoivalla tietokoneohjauksella, joka perustuu mitattuun tarpeeseen. Tampella toimitti tällaisen ATK-sovellutuksen Lövholmeniin jo 1970-luvun alkupuolella.

Savukaasupuolen tukkeutumisesta olivat aikaisemmin pääasiallinen syy soodakattiloiden huonoon käytettävyyteen. Nykyisin prosessin, käytön ja laitteiden kehitys on parantanut käytettävyyttä huikeasti.

Instrumentointi ja ohjaus

Alkuaikoina tultiin toimeen hyvin yksinkertaisilla mittauksilla, joista tärkeimmät olivat kattilan paine ja tulistetun höyryn lämpötila.

Hyvä esimerkki millä indikaattoreilla pelattiin: Skutskärissä kerrottiin vieraalle kerran, millä periaatteella ilmamäärä edessä olevaan vanhaan kattilaan säädetään. Samalla hetkellä kaksi palkilla katon alla istuvaa pulua putosivat kuolleina alas. ”Aha”, lämmittäjä sanoi, ”on paljon hää, ilmaa täytyy lisätä”.

Tulipesäkameran kehittäminen on käyttäjän kannalta kaikkein hyödyllisin keksintö soodakattilan historiassa. Vaikka itse olen ollut mukana aikoina ennen kameraa, tuntuu nykyään siltä, että ajo ilman sitä olisi lähes mahdoton.

Vielä 1970-luvulla esiintyi kattilatoimituksia, joihin kuului vain noin tusinan verran säätöpiiriä. Sen jälkeen automatiikkaa ja instrumentointia on lisätty valtavasti. Ympäristövaatimukset ja ohjausautomatiikka tietokoneineen ovat tietysti suurimmat syyt tähän.

Ylläolevasta huolimatta ulkomailla on vieläkin paljon käynnissä olevia laitoksia, joissa instrumentoinnin taso on todella vaatimaton.

Kehityksen nykytilanne

Jo yli kolmekymmentä vuotta sitten luuli moni, että soodakattilalle ei enää olisi mitään tehtävissä, ja että se olisi kehityskaarensa ”lypsylehmävaiheessa”. Sanottiin, että se korvattaisiin pian toisella laitteella. Kuulemma ei ollut mitään kehitettävää, ja vaikka olisikin, kehitys menisi hukkaan...

Kun katsotaan, mitä todellisuudessa on tapahtunut, näkyy selvästi, että parhaat kehittäjät ovat jääneet henkiin. Mahtavat amerikkalaiset B&W ja CE kaatuivat kuin keilat, kun pienet kilpailijat saapuivat mantereelle.

Kuitenkaan ei voida väittää, että tähänastiset voittajat olisivat satsanneet mainittavasti kehitykseen. Kehitystä voidaan tehdä halvalla, kun tiedetään mitä todella tarvitaan ja kun osataan asiansa.

Esimerkki kalliista ja halvasta projektista: Tampellassa kuultiin noin vuonna 1984 suuresta amerikkalaisesta projektista, joka tähtäsi soodakattilaohjelman (CFD) tekoon. Budjetti oli (huonon muistin mukaan) dollareissa miljoonaluokkaa. Yrityksessä päätettiin itse tehdä oma ohjelma – ryhmällä, johon kuuluivat prof. Reijo Karvinen, diplomityöntekijä ja soodakattilan tuntija. Ainoa välitön kustannus oli diplomityöntekijän palkka.

Kun diplomityö oli lähes valmis, prof. Tom Grace vieraili Tampellassa Paavo Hyödyn vieraina. Koska Grace kuului amerikkalaisprojektin johtajiin, hänelle näytettiin muutama tulostettu virtauskenttäkuva. Hänen ilmeensä oli hämmentynyt, kun hän sormella osoittaen sanoi suunnilleen: ”Tässä on pyörre ja tässä on toinen... ja tämä suihku menee näin ja törmää toiseen tässä... kaikki näkyy ihmeen hyvin...” Hiirellä oli mahtava tunne, kun huomasi voittaneensa norsun, ja vieläpä itseään rasittamatta.

Vaikuttaa nyt siltä, että ainakin pohjoismaissa on saavutettu jonkinlainen konsensus soodakattiloiden laatutasosta. Nykyinen taso tyydyttää ostajia, eikä paremmasta makseta. Tarjousten vertailussa tehdään listoja, joissa kattiloiden leveydet, pituudet, seinien paksuudet ja muut ”raudat” luetellaan. Kun kaikki tarjoajat esittävät samat mitat ja lisäksi samat, kaikkien tuntemat takuuarvot, todetaan, että tarjoukset ovat samanarvoiset. Tämän jälkeen hinta ratkaisee. Viisas myyjä ei tällaisissa olosuhteissa yritä parantaa tuotettaan, kun maksetaan vain raudan määrästä. Miksi uhrata rahaa ja vaivaa, jos niistä ei saa korvausta?

Tilanne on samanlainen kuin USA:ssa. Jos ulkopuolelta tulee kehitystyötään jatkanut tekijä, voi kaksi keilaa kaatua täälläkin yhtä helposti kuin USA:ssa.

Pallo on ostajilla. Toinen asia on, ostavatko tšekäläiset enää mitään.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2006 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 26.1.2006, esitelmät
Sokos Hotelli Seurahuone/Laminating Papers Oy, Kotka
(16A0913-E0072) 18.1.2006
- 2/2006 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2005
(16A0913-E0073) 30.3.2006
- 3/2006 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 30.3.2006, If Vahinkovakuutusyhtiö Oy, Helsinki
Pöytäkirja (16A0913-E0074)
- 4/2006 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 1.-3.11.2006
Viking Line
(16A0913-E0075)
- 5/2006 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan vastaanottokokeet
Materiaali- ja energiatase
Esa Vakkilainen, Pöyry Forest Industry Oy
(16A0913-E0078) 4.12.2006

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 25.1.2007, esitelmät
Kulttuurikeskus, Kemi / Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehdas / Hotelli Cumulus Kemi
(16A0913-E0079) 12.1.2007
- 2/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Mustalipeän sisältämien rikkiyhdisteiden haihtuvuudet eri tehtailla
Paterson McKeough ja Eero Leppämäki, VTT (tutkimusraportti VTT-R-00513-07)
(16A0913-E0080) 22.1.2007
- 3/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Sähkösuodintuhkan puhdistus ja käsittely
Osa III, Kuljetusmuoto ja radioaktiivisuus
Kurt Sirén, 12.12.2006 (KCL työ 0522546)
(16A0913-E0081) 26.2.2007
- 4/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2006
(16A0913-E0082) 29.3.2007
- 5/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Ohje soodakattilan päästöjen laskentaan
(16A0913-E0084) 19.4.2007
- 6/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 29.3.2007, Alstom Finland Oy, Vantaa
Pöytäkirja (16A0913-E0085)
- 7/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan päästömittausten menetelmät
Pekka Jussila, Pöyry Forest Industry Oy
(16A0913-E0086), 14.6.2007
- 8A/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kartläggning av tungmetallsfördelning i och omkring sex sodapannor
Freya Emilia Böök, diplomarbete, Åbo Akademi, 11.5.2007
(16A0913-E0087), 25.6.2007
- 8B/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattiloiden raskasmetallitaseet
Loppuraportti perustuen diplomityöhön,
Freya Böök, Jukka Konttinen, Mikko Hupa, Åbo Akademi, 5.12.2006
(16A0913-E0088), 25.6.2007
- 9/2007 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 18.10.2007
Sokos Hotel Vantaa
(16A0913-E0090)