

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattilapäivä 2017

Clarion hotelli, Helsinki

2.11.2017

Raportti 4/2017

(16A0913-E0179)



Raportti 4/2017, Soodakatilapäivä 2017



SOODAKATTILAPÄIVÄ 2.11.2017

Clarion hotel Helsinki

OHJELMA

09.30-09.55	Ilmoittautuminen ja aamukahvi <i>Kokoustila BYSA 3, Makasiini Event Venue 3. krs</i>
09.55-10.00	Avaus <i>Markus Nieminen, Suomen Soodakattilayhdistys ry</i>
10.00-10.30	Matalalämpötilakorroosio soodakattiloissa <i>Patrik Yrjas, Åbo Akademi</i>
10.30-11.00	Soodakattilan päästömittaukset <i>Paula Juuti, Pöyry Finland Oy</i>
11.00-11.30	Kahvitauko <i>Kahvitori 3. krs</i>
11.30-12.00	Novel cooking concepts <i>Herbert Sixta, Aalto-yliopisto</i>
12.00-12.30	Hajukaasut ja hajukaasuturvallisuus <i>Kirsi Hovikorpi, Lappeenrannan teknillinen yliopisto</i>
12.30-13.30	Lounas <i>Kitchen & Table –ravintola, 1. krs</i>
13.30-14.00	Soodakattilan reduktioasteen säätösovellus <i>Timo Laurila, Valmet Automation Oy</i>
14.00-14.30	Andritz toimitti maailman suurimman soodakattilan <i>Henrik Wikstedt, Andritz Oy</i>
14.30-15.00	Kahvitauko <i>Kahvitori 3. krs</i>
15.00-15.20	Protective clothing for the pulp and paper industry <i>Jim Ellis ja Paul Kiernan, W. L. Gore & Associates, Inc.</i>
15.20-15.40	Sodahuskommittén - Ruotsalais-norjalainen soodakattilakomitea, vuosikatsaus 2016 <i>Kajsa Fougner, Sodahuskommittén</i>
15.40-16.15	Suomen Soodakattilayhdistyksen kuulumiset <i>Markus Nieminen, Suomen Soodakattilayhdistys ry</i>
16.15-16.45	Soodakattilayhdistyksen opinnäytetyöpalkinnon esittely: Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers <i>Pauliina Sjögård, Aalto-yliopisto/Andritz Oy</i>
17.00-18.00	Cocktailtilaisuus <i>Makasiini Event Venue 3. krs aulatila</i>
19.00->	Päivällinen <i>Juhlatila BYSA 3, Makasiini Event Venue 3. krs</i>

MATALALÄMPÖTILAKORROOSIO SOODAKATTILOISSA

***Patrik Yrjas
Åbo Akademi***



Low Temperature Corrosion in Recovery Boilers

Emil Vainio, Nikolai DeMartini,
Patrik Yrjas & Mikko Hupa

*Johan Gadolin Process Chemistry Centre
Laboratory of Inorganic Chemistry
Åbo Akademi*

*Soodakattilapäivä, Helsinki
November 2, 2017*



Background

- Industrial interest in extracting more energy from flue gases
 - 10 °C drop in flue gas temperature → ~ 0.5 % efficiency improvement of the boiler
- Some historical industrial observations of low temperature corrosion
- H_2SO_4 thought to exist in flue gases of recovery boilers

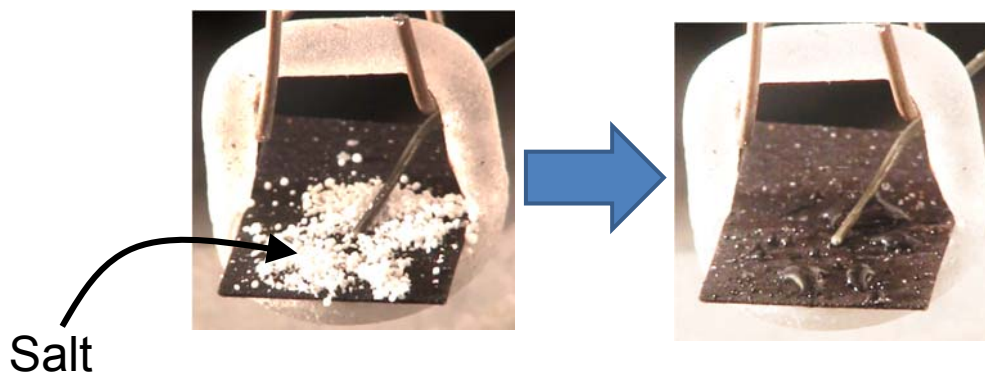


Previously

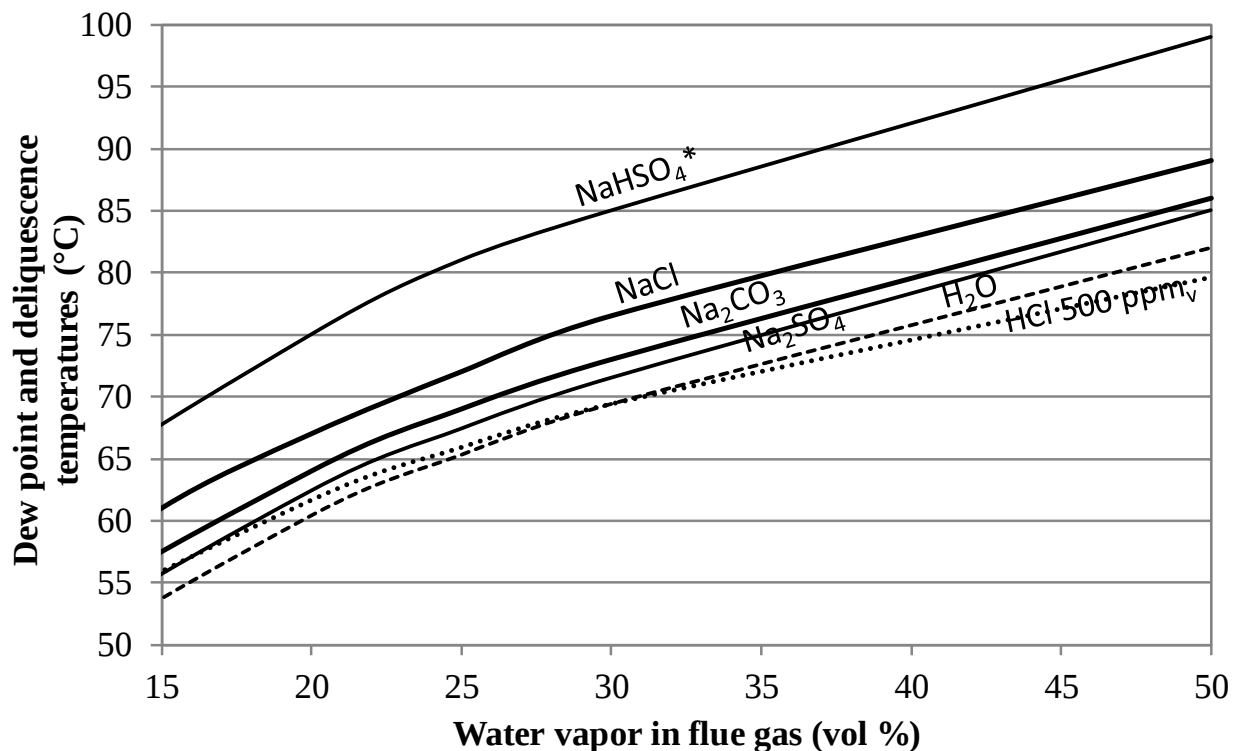
- Recent measurements; H_2SO_4 doesn't exist in RB flue gases
- Hygroscopic compounds may cause corrosion
- In a recovery boiler SO_3 and H_2SO_4 will react with ash forming compounds:
 - $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 - $2\text{NaOH}(\text{g}) + \text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- Bisulfate may also be formed:
 - $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NaHSO}_4(\text{s,l})$

Deliquescence temperature

The temperature at which a salt or salt mixture absorbs enough water to fully dissolve at a fixed vol% H_2O



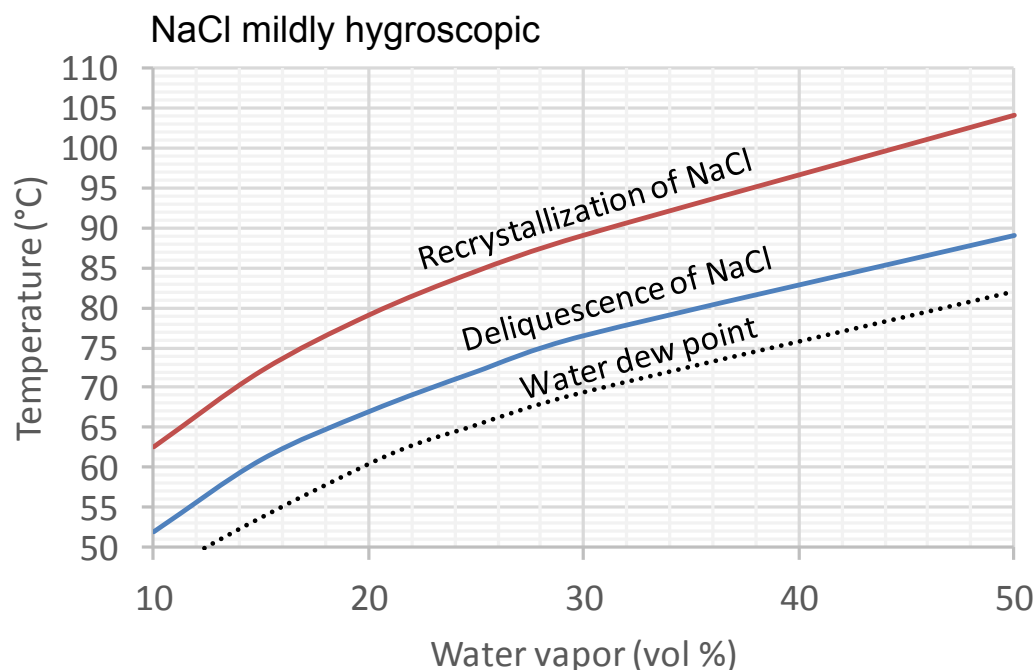
Dew points and deliquescence



*Values for NaHSO_4 extrapolated from data at 25°C

Data from: Wolery, T., "Environment on the Surfaces of the Drip Shield and Waste Package Outer Barrier" 2004

Deliquescence and recrystallization



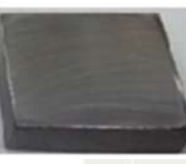
Data from: Tang I.N. J. Geophys. Res., 102 (1997)

Adsorption of water by salts

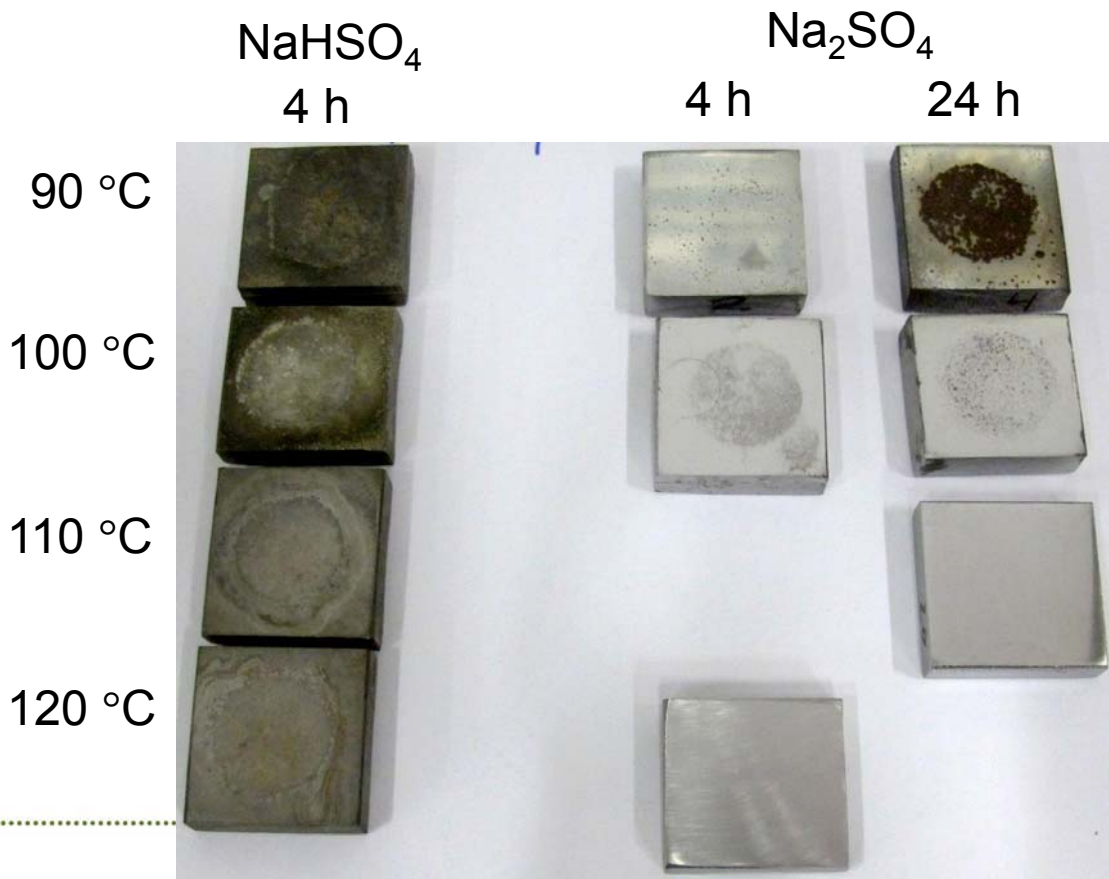
- Some water is adsorbed at $T > T_{\text{deliquescence}}$
- Different salts absorb water at different T
- Salt mixtures can behave differently than their pure salts
- At least mild corrosion can be expected when water is absorbed



Example: Na_2SO_4

H_2O	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C	110 °C	120 °C
<u>27 %</u> Before Wash						
After Wash						
<u>60 %</u> Before Wash						
After Wash						

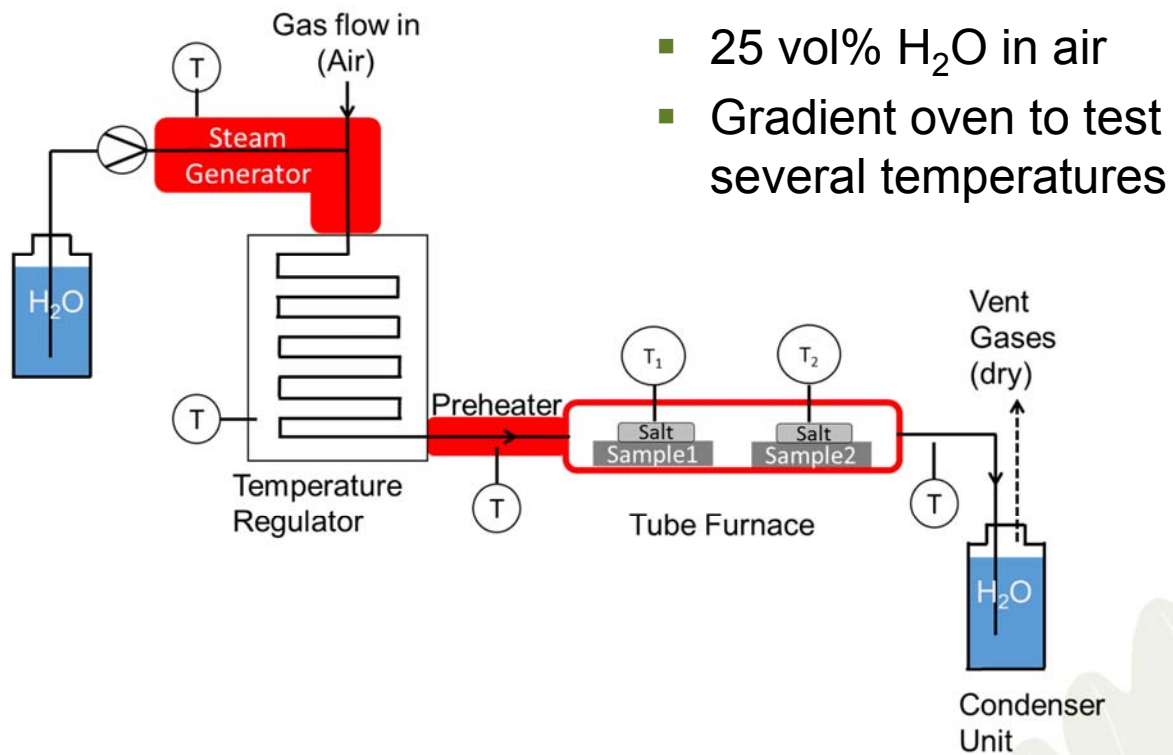
NaHSO₄ – Na₂SO₄ Comparison (60 vol-% H₂O)



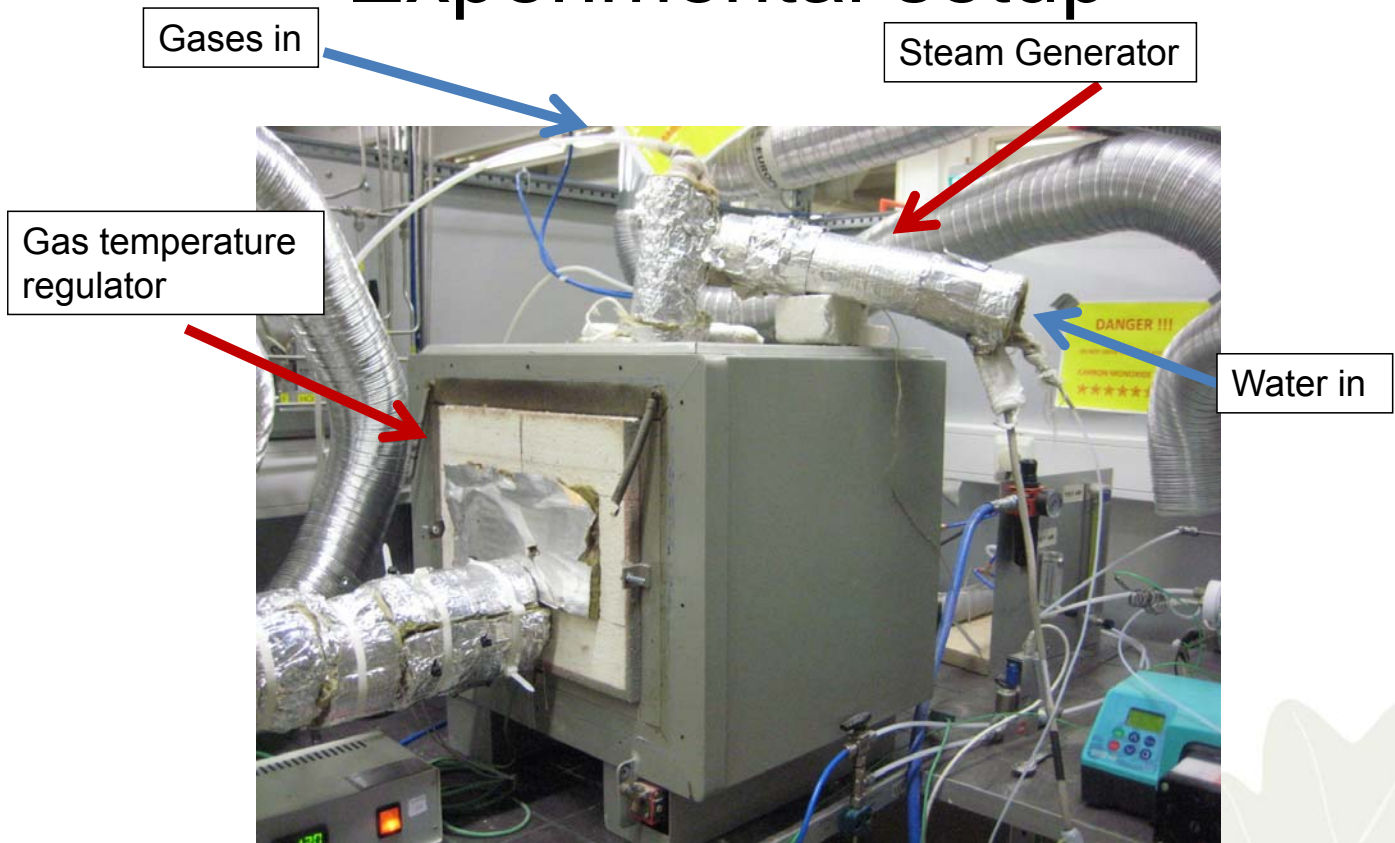
Objectives

- Understand the role of RB deposits on low temperature corrosion
- Can short, 22 h runs be used to determine when corrosion occurs?
- Choice of metal on corrosion
- Build a setup for long exposures and do tests under controlled conditions for 1000 h

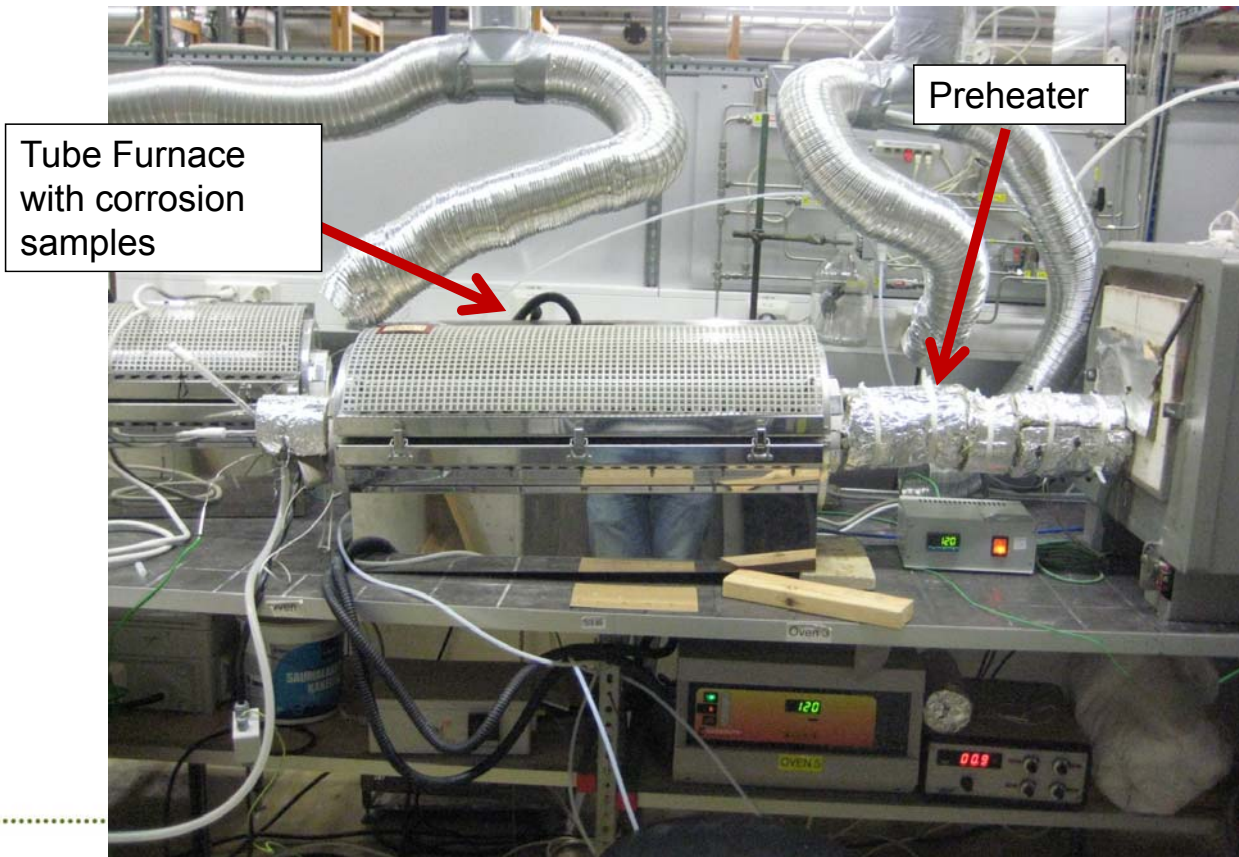
Experimental



Experimental setup



Experimental setup



Experimental

- Samples:
 - 2x2 cm carbon steel coupons
 - St45.8 and 16Mo3
- ~ 0.1 g of ash on the coupon
- Sample holder 22 h runs:



Metal compositions

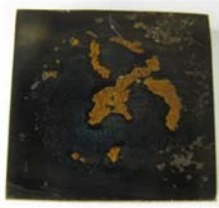
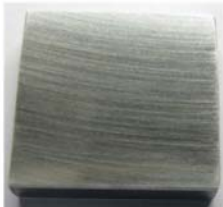
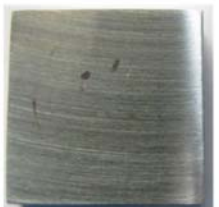
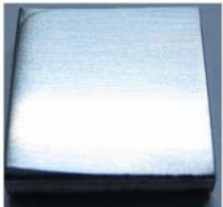
	C wt%	Si wt%	Mn wt%	P wt%	S wt%	Cr wt%	Cu wt%	Mo wt%	Ni wt%
16Mo3	0.12-0.20	≤ 0.35	0.40-0.90	≤ 0.025	≤ 0.010	≤ 0.30	≤ 0.30	0.25-0.35	≤ 0.3
St45.8	≤ 0.21	0.1-0.35	0.4-1.2	0.04	0.04				

SEM-EDX analyses of the ESP ashes

	Na wt%	K wt%	SO ₄ wt%	Cl wt%	CO ₃ wt%	pH	S/(Na ₂ +K ₂) mol frac
Modern kraft RB	33.2	3.7	44.6	0.7	17.8	11.4	0.60
Kraft RB with low solids BL	32.1	1.8	60.8	0.4	5.0	9.5	0.88
Sulfite boiler	31.5	2.9	59.3	0.0	6.3	6.2	0.85

CO₃ determined by balance in SEM-EDX analyses

Tests with 16Mo3/5

	90 °C	75 °C	60 °C
Modern kraft RB			
Sulfite boiler			
Kraft RB with low solids BL			

No corrosion seen at 90 °C

Comparison of the materials

Kraft recovery boiler ash (low solids BL)

	110 °C	95 °C
16Mo3/5		
ST45.8		

Corrosion

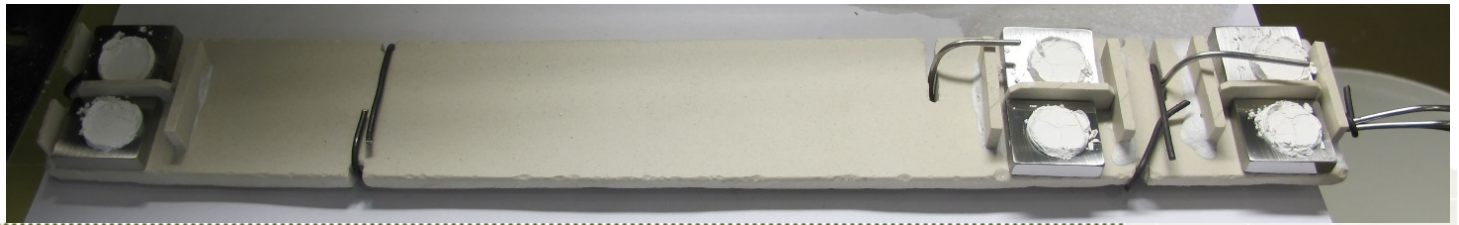
1000 h runs

- Three temperatures and two metals tested simultaneously
- Tests were made to confirm the 22 h results with no corrosion at $T > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 25 vol% H_2O in air
- Sample holder for 1000 h:

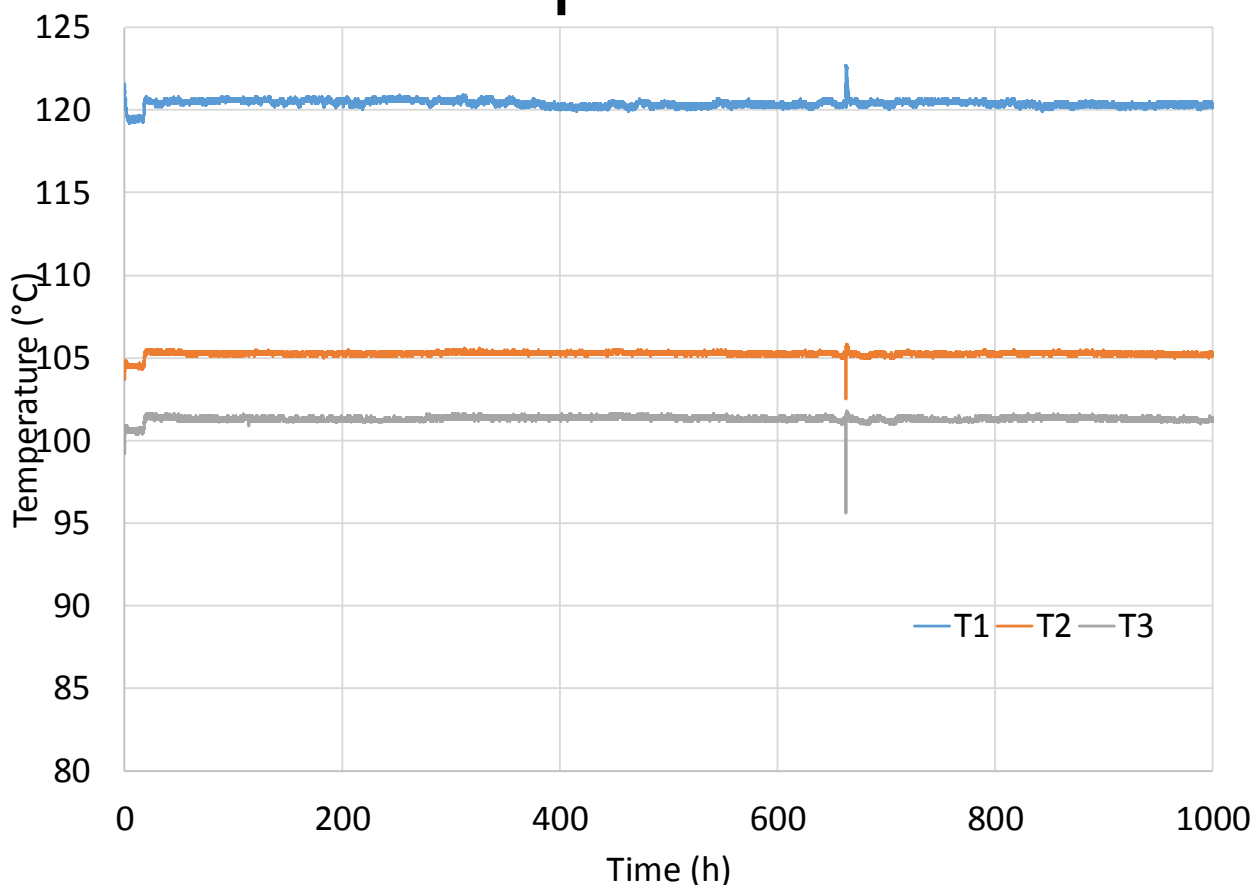
120°C

105°C

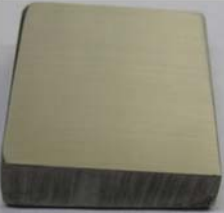
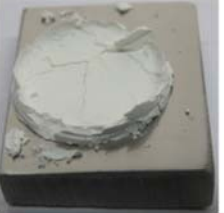
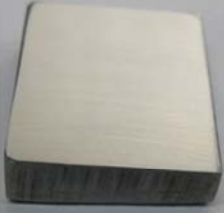
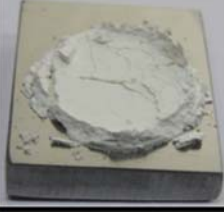
101°C



Temperatures



Results - 1000 h run

Temp (°C)	16Mo3/5		ST45.8	
	Unwashed	Washed	Unwashed	Washed
120				
105				
101				

Conclusions

- 16Mo3/5 is less susceptible to corrosion caused by hygroscopic salts than ST45.8
- Neither material corroded at temperatures above 100 °C in the 1000 h run
- 22 h tests are valid for screening materials and conditions

Acknowledgements

- Our thanks to SKY and member companies for continued support of projects at ÅAU



SOODAKATTILAN PÄÄSTÖMITTAUKSET

Paula Juuti
Pöyry Finland Oy

SOODAKATTILAN PÄÄSTÖMITTAUKSET

Soodakattilapäivät 2017

Paula Juuti

2.11.2017

SISÄLTÖ

Mitä on tarkoitus käydä läpi

Lainsäädäntö ja standardointi

Muutoksia tapahtunut sitten edellisen selvityksen

Mitattavia päästöyhdisteitä

Mitä, milloin, miten

Mittausten laadunvarmennuksesta

Vaiheet, tehtävä jakoa, käytännön haasteita soodakattilalla

Mittautulosten käsittelystä periaatteita

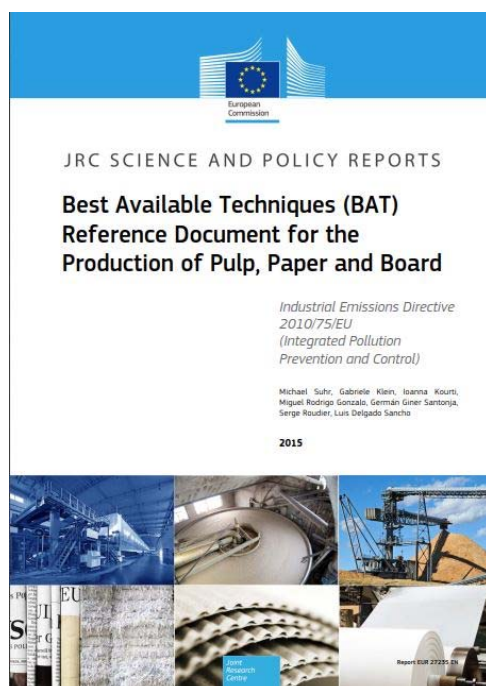
Mittarilta raja-arvoon verrattavaan keskiarvoon

LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDOINTI

- IE Direktiivin myötä BREF dokumenttien painoarvo kasvoi
- BAT-päätelmät vaikuttavat ympäristölupien päästöraja-arvoihin
- Tarkkailuvelvoitteet uusissa luissa
- Mittausstandardit tulevat CENistä
 - vanhat käytössä olleet SFS-standardit eivät ole enää käytössä
- Tavoitteena tarkkailun yhtenäistämistä EU:n taholta
 - JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (Revised final draft 2017-06-05) Joint Research Centre
<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/mon.html>

PP BREF

Massan, paperin ja kartongin tuotannon BAT päätelmät



- BAT päästöjen vähentämiseksi ja päästötasoja soodakattilalla seuraaville yhdisteille
 - **Rikkidioksidin** ja kaasumaisen kokonaisrikin päästötasoa määritettäessä huomioidaan polttoliipeän kuiva-ainepitoisuus
 - **Kaasumaiselle kokonaisrikille** ominaispäästörajat
 - **TRS** raja-arvo pitoisuustaso alentunut
 - **Typen** oksidien pitoisuuskeskiarvon ja ominaispäästön vuosikeskiarvorajaa määritettäessä huomioidaan polttoliipeän kuiva-ainepitoisuus
 - **Hiukkasten** päästöraja-arvon määrittämisessä huomioidaan hiukkaspuhdistusjärjestelmän elinkaaren vaihe

http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/WI/WI_5_24-05-2017_web.pdf

PÄÄSTÖRAJAT JA MITTAUSVELVOITTEET

Tuoreimmista selluteollisuuden ympäristöluvista 2015 – 2017 (8) poimittua

Päästö raja-arvoista

- Kaasumaisen kokonaisrikin ominaispäästörajat uusilla laitoksilla tasolla 0,05 kgS/ADt, muilla laitoksilla vaihteluvälin yläpään tasot 0,13 – 0,15 kgS/ADt
- NOx ominaispäästörajat vaihteluvälin yläpäässä 1,4 – 1,7 kgNOx/ADt
- Hiukkasten ominaispäästörajat uusilla 0,2 kg/ADt, muilla 0,4 kg/ADt
- Raja-arvopitoisuuksien tila kuiva NTP 6 % O₂
- Kaikilla laitoksilla TRS pitoisuusraja-arvo ja lähes kaikilla myös hiukkasille
- SO₂ ja NOx pitoisuusraja noin puolella
- Pitoisuusraja-arvojen keskiarvotusajoissa vaihtelua, eivät suoraan verrattavissa

Tarkkailuvelvoitteista

- TRS, (SO₂), NOx mitattava jatkuvatoimisesti
- Muutamalla laitoksella myös hiukkaset mitattava jatkuvatoimisesti
- Jatkuvatoimisten mittausten laadunvarmennukseen on sovellettava standardia SFS-EN 14181
 - QAL-2, AST ulkopuolinen asiantuntija
 - QAL-3 ylläpito

Mittaustuloksien 95 % luotettavuutta kuvaavat osuudet:

- SO₂ ja NOx 20 %
- Hiukkaset ja TRS 30 % päästörajasta

KERTAMITTAUKSIA

E-PRTR ym. raportointiin

- Metsäteollisuuden päästöjen raportointi Euroopan päästö- ja siirtorekisteriin (YM raportteja 13/2007)
 - Dokumentissa esitetyt energiatuotanto-laitokselta ilmeiset raportoitavat ilmapäästöt
 - Suluissa mahdollisesti raportoitavat
- Tiedot VAHTI-järjestelmään
- Päästökertoimet päivitetään laitosten oman tarkkailusuunnitelmien mukaan
- Vieressä voimassa olevat mittaustandardit
 - * referenssimenetelmä vertailumittauksissa SFS-EN 14181

Yhdistel-/ryhmä	Standardi / menetelmä
Hiukkaset	SFS-EN 13284-1*, -2
CO	SFS-EN 15058*
CO ₂	ISO 12039
NMVOC	SFS-EN 12619*
NOx	SFS-EN 14792*
SO ₂	ISO 7935, SFS-EN 14791*
(As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb), Zn	SFS-EN 14385
(Hg)	SFS-EN 13211
(PCDD/F I-TEQ)	SFS-EN 1948-1, -2, -3
PAH	SFS-EN 1948-1
HCl (Cl ja epäorgaaniset yhd.)	SFS-EN 1911, EN/TS16429
HF (F ja epäorgaaniset yhd.)	ISO 15713, EN/TS16429
O ₂	SFS-EN 14789*
H ₂ O höyry	SFS-EN 14790*
Virtaus	EN ISO 16911-1, -2

MITTAUSPERIAATTEITA JATKUVIIN MITTAUKSIIN

Soodakattilan kaasumaiset yhdisteet - perinteistä ja vähän muokattua

- Näytettä ottavat järjestelmät
- Näytekaasun käsittely

- Sondi kylmä/kuuma
- Hiukkasten suodatus
- Vesipitoisuuden lasku alle ympäristölämpötilan kastepisteen
 - laimentaen -> kostea mittaus
 - kuivainta käyttäen
- S-yhdisteiden oletetun veteen siirtymisen takia permeaatiokuivain yleinen
- Jako analysaattoreille
- Kuivaustaa käytettäessä TRS yhdisteiden hapettumisen varmistamiseksi laimennus ennen konvertteria
- Mahdollista SO₂ pesu ennen konvertteria, jolloin konvertterin jälkeen analysaattori mittaa suoraan TRS

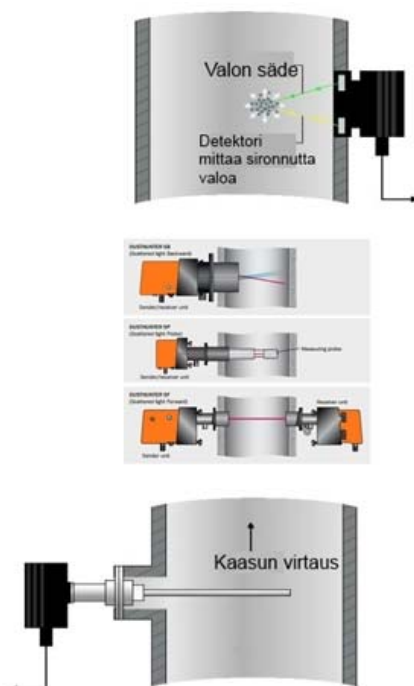
Mittaustekniset periaatteet

- NO_x: kemiluminesenssi, IR
- SO₂ UV-fluoresenssi
NDIR
- TRS Total Reduced Sulphur (H₂S, MM, DMS DMDS)
UV-fluoresenssi
 - erotuksena SO₂TRS – SO₂ tai
 - SO₂ pesurin jälkeen

Apusuureet

- O₂ zirkonium paramagneettinen
- Kosteus, jos mittaus kosteista kaasuista
IR
pesurin jälkeen laskennallinen

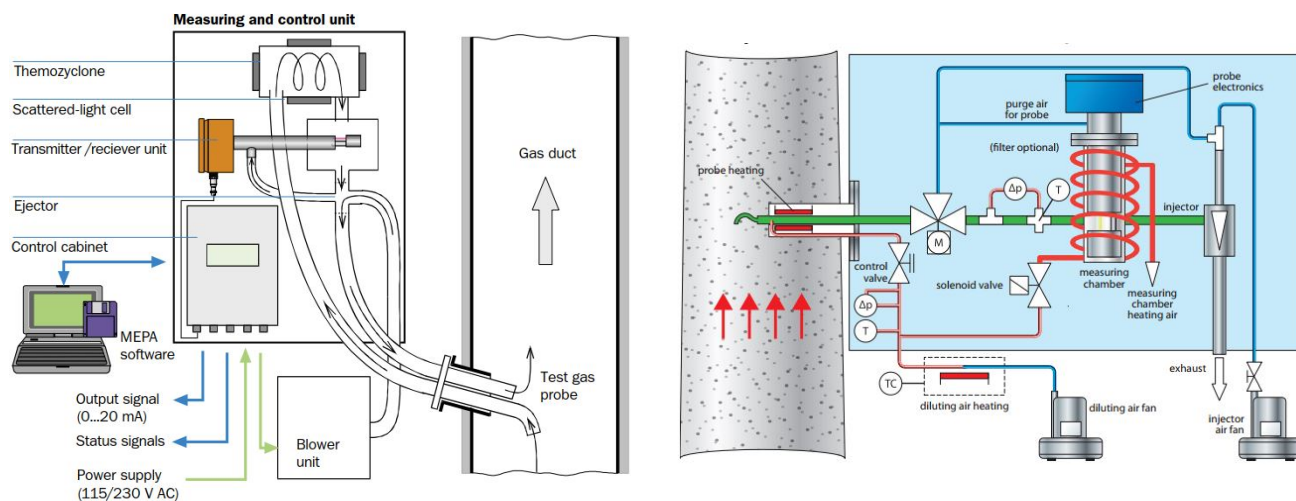
Hiukkaset ns. kuivista kaasuista ei pisarakosteutta



IN-situ eli kanavassa mittaava järjestelmät

- A. Valon sirontaan perustuvat
 - Hiukkasten heijastamaa valoa mitataan tietyssä suunnassa
 - eteen, taakse tai sivulle
 - läpi kanavan
 - kertaluokkaa/-ia pienemmille pitoisuuksille soveltuva kuin opasiteettianalysaattorit
- B. Sähkövaraukseen perustuvat
 - hiukkasten varaus aiheuttaa havaittavan virranmuutoksen, joka on suhteessa pitoisuuteen
 - Triboelectric ja ElectroDynamic™
 - eri signaali- ja virta-analyysijä käytössä

Hiukkaset kosteista kaasuista ekstraktiivisesti

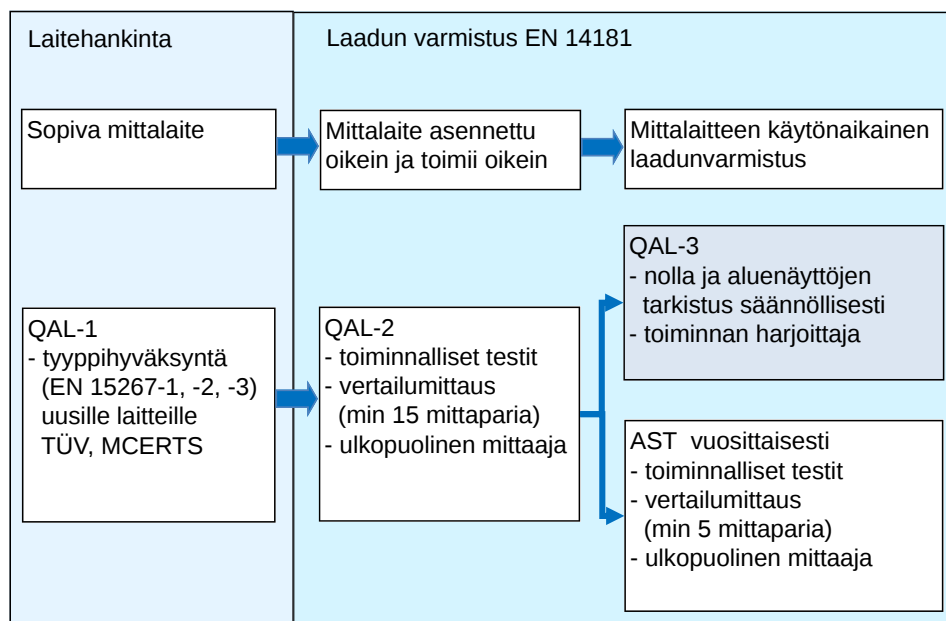


Kaasu tuodaan kuumennettuna (höyrystettynä) kanavasta mittauskammioon

Kaasunäyte laimennetaan lämmitetyllä ilmalla, minkä jälkeen lämpimänä mittauskammioon

MITTAUSTEN LAADUNVARMENNUS

Hankinnasta, asennuksen tarkistamisesta ja käytönaikainen seuranta



TEHTÄVÄJAOSTA

SFS-EN 14181 mukaiset roolit (VTT Technology 289/2017)

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">○ Laitevalmistaja/-toimittaja○ Päästömittaus laboratorio○ Toiminnan harjoittaja○ Viranomainen | <ul style="list-style-type: none">● Asianmukainen asennus, yhteistyö toiminnanharjoittajan kanssa ennen vertailuja tarvittaessa niiden aikana, tarvittaessa toiminnalliset testit osin tai kokonaan● Akkreditoidut menetelmät, vertailumittaukset, toiminnallisten testien suoritus ja/tai testiraporttien auditointi● QAL2, QAL3, ja AST raporttien toimittaminen viranomaisille, toiminnallisten testien toteutuksesta huolehtiminen ennen vertailumittauksia, QAL3 tarkastelun toteuttaminen● Toiminnanharjoittajan esittämän päästöjen seurannan ja raportointiohjelman hyväksyntä, ohjelmatoimien toteuttamisen valvonta laitoksella, raporttien tarkastus ja mahdollisiin toimenpiteisiin ryhtyminen |
|--|---|

https://energia.fi/files/1522/VTT_Ohjeistuksia_paastomittausten_laadunvarmistukseen_Suomessa_289_2017.pdf

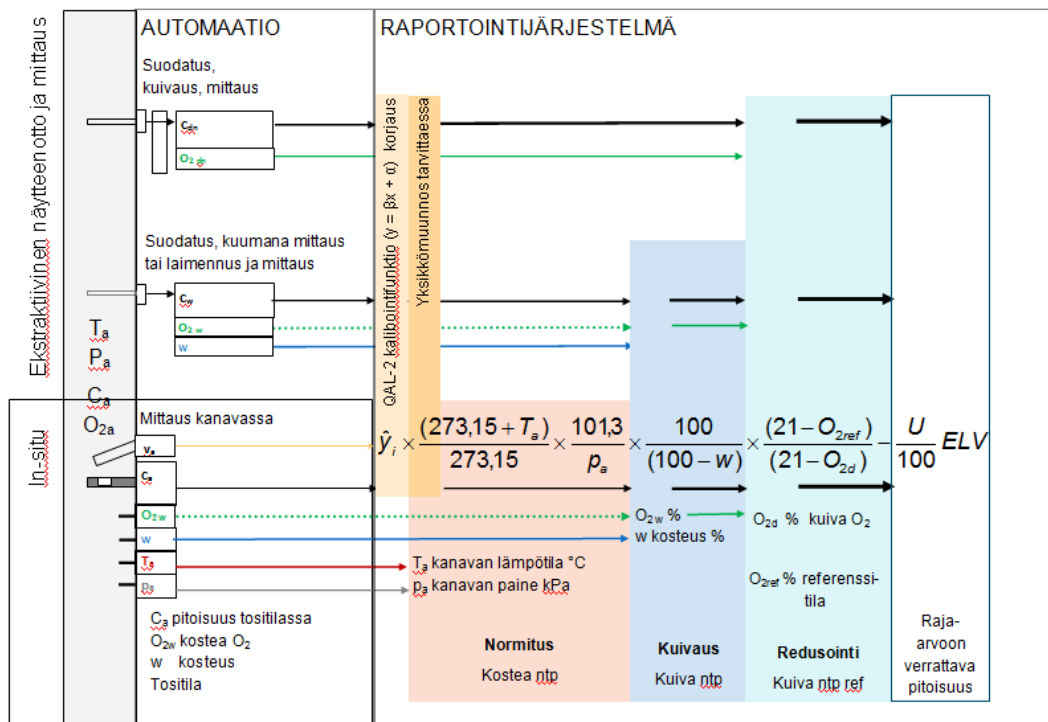
VERTAILUMITTAUKSISTA KÄYTÄNNÖSSÄ

Haasteita soodakattilaympäristössä

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">□ Vain ominaispäästöraja-arvo□ Pienet pitoisuudet<ul style="list-style-type: none">□ Hiukkaset□ TRS□ Mittaustason edustavuusarvio | <ul style="list-style-type: none">● Mikä arvo otetaan pitoisuusraja-arvoksi kalibroitisuuden pätevyyden testauksessa?● Referenssimenetelmien määritysrajat<ul style="list-style-type: none">– Pesurin jälkeen korkeammat kuin in-stack menetelmällä– Kaksi mittalaitetta, SO₂ pitoisuus ja näytteenkäsittely nostavat määritysrajaa ja epävarmuutta mahdollisesti yli 30 % raja-arvosta– Ei virallista referenssimenetelmää➤ ohjeistuksissa esitetty, että TRS mittaukselle ei tehdä QAL-2 menettelyä, vaan laitteistolle tehdään sen sijaan säännölliset kalibroitien tarkastukset (nolla/span) vähintään kerran kuussa● Missä määrin mahdollisuus säätää prosessia edustavan suoran saamiseksi vähintään, laitoksen asiantuntemus käytönaikaisesta vaihtelusta huomioitava suunnittelussa● Savukanavan mitat ja rajoitteiset työskentelytilat<ul style="list-style-type: none">– Mahdolliset pitoisuuserot mittaustasossa |
|--|--|

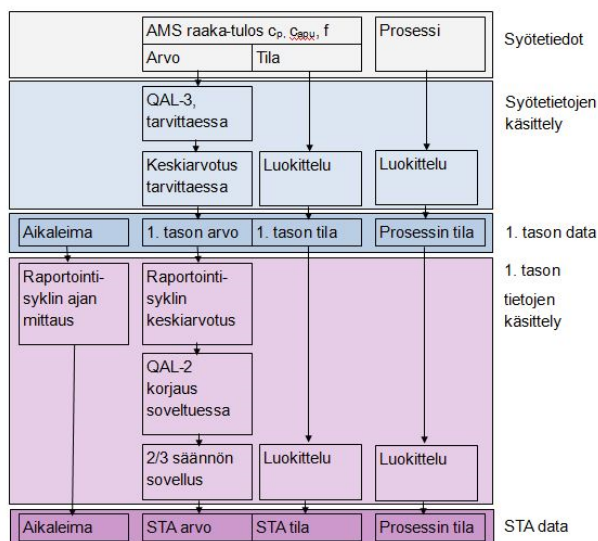
MITTAUSTULOSTEN MUOKKAUS

Raja-arvoon verrattavaan pitoisuuteen eri mittaustavoista lähtien

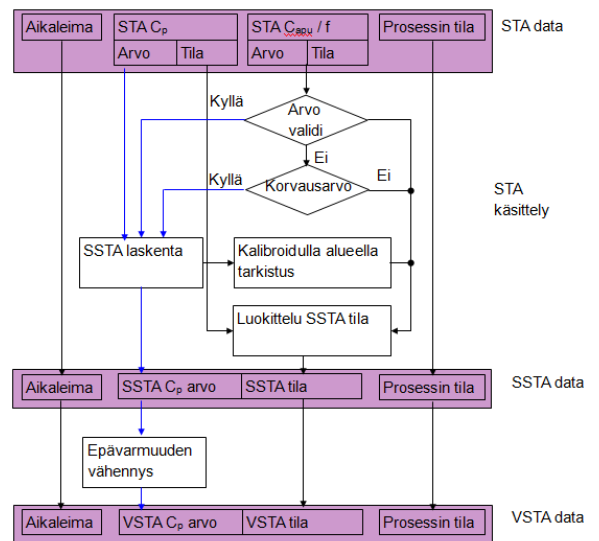


DATAN KÄSITTELYÄ

Standardin laadinta vaiheessaan prEN 00264076-1:2017



STA lyhyen jakson keskiarvo
SSTA lyhyen jakson keskiarvo referenssitilassa



VSTA validoitu lyhyen ajanjakson keskiarvo

OMINAISPÄÄSTÖN LASKENTA

- Käytetään päästömittausten arvoja
- Tilavuusvirtausarvoja
 - Virtausmittaus / laskenta
 - Samassa olotilassa laskentaan käytetyn pitoisuuden kanssa
 - Apusuureet huomioitava: paine, lämpötila, kosteus
- Todellisia toteutuneista tuotantomääriä

MITTAUSTEN EPÄVARMUUSTARKASTELU

Menetelmäkohtaiset epävarmuuden osatekijät on-line mittaukset

- Epälineaarisuus
- Virityksen nollasiirtymä
- Virityksen aluesiirtymä
- Näytevirtauksen vaikutus
- Ilmanpaineen vaikutus
- Ympäristölämpötilan vaikutus
- Jännitteen vaihtelun vaikutus
- Interferenssit
- Toistettavuus
- Kalibrointikaasun epävarmuus

- Osatekijöiden neliöiden summa
- Laajennettu epävarmuus = edellinen x 2
 - $k = 2$

$$S_{int,n} > S_{int,p}$$

$$u(C_{CO,ppm}) = \sqrt{u^2(Corr_{fl}) + u^2(Corr_{0,dr}) + u^2(Corr_{s,dr}) + u^2(Corr_{rep}) + u^2(Corr_{adj}) + u^2(Corr_{s,vf}) + u^2(Corr_{a,pres}) + u^2(Corr_{temp}) + u^2(Corr_{volt}) + S_{int,n}^2}$$

- Uusille mittausjärjestelmille QAL-1 dokumentaation mukana

NOVEL COOKING CONCEPTS

Herbert Sixta
Aalto-yliopisto



Aalto University
School of Chemical
Technology



NOVEL COOKING&BIOREFINERY CONCEPT: Alternative to Kraft Cooking

Soodakattilapäivä 2017

Clarion hotel Helsinki, Tyynenmerenkatu 2, 00220 Helsinki
November-02-2017

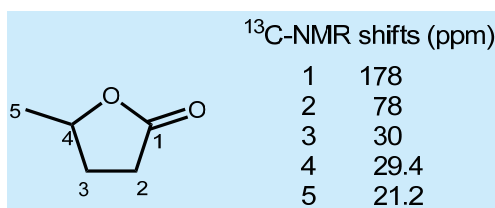
Herbert Sixta, Huy Quang Lê, Juha-Pekka Pokki, Shokoufeh Shokri, Sanna HELLSTEN

School of Chemical Engineering
P.O. Box 16100, 00076 Aalto, FINLAND

Outline

1. GVL(γ -valerolactone) cooking concept
2. GVL pulps vs. Kraft (Sulfite) pulps
3. GVL biorefinery
4. Process concept
5. Chemical recovery
6. Summary

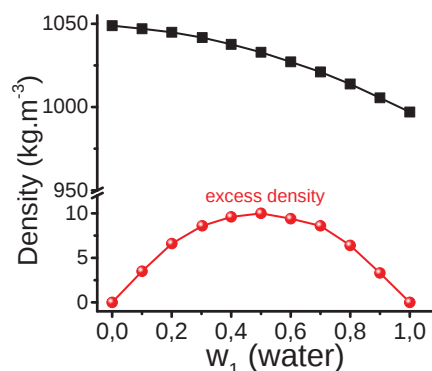
Properties of γ -Valerolactone



Parameter		Ethanol	GVL
MW	g/mol	46.07	100.12
BP	°C	78.3	208
MP	°C	-114	-31
Density	g/ml	0.79	1.05
Flash point	°C	14	96
LD ₅₀ (rat)	mg/kg	7060	8800

- GVL does not hydrolyse in water under neutral conditions
- GVL does not form a measurable amount of peroxides after 35 days

- GVL occurs in fruits
- Molar enthalpy of vaporization at 298.15 K is 54.6 ± 0.2 kJ mol⁻¹ or **545.5 kJ kg⁻¹**.
- The water+GVL binary mixtures shows positive deviation from Raoult's law



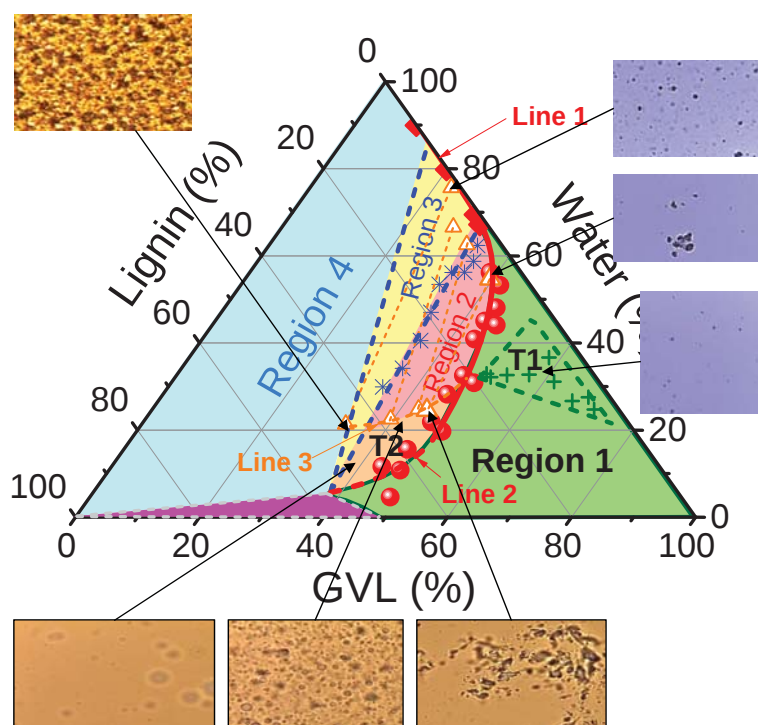
Zaitseva, A.; et al. *J.Chem. Eng. Data* **2016**, 61, 881-890

Viktoria Fabos et al. *Energy Environ. Sci.*, **2009**, 2, 767-769

Horvath, I.T. et al. *Green Chem.*, **2008**, 10, 238-242

High lignin solubility in GVL

Measurements at 20°C



Region 1: Single-phase, up to 50% lignin dissolved

Region 2: Two separate liquid phases: **GVL-bottom high-lignin**; **Aqueous-top low-lignin**

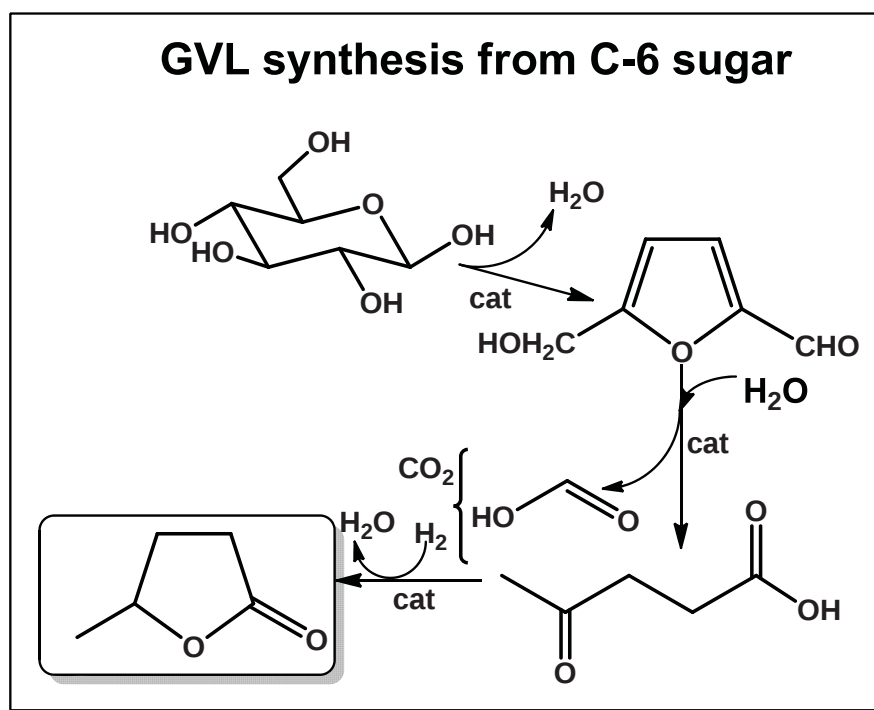
T2: Emulsion with a lignin content >in organic phase, Line 3

Region 3: Increase in lignin or water initiates lignin precipitation: **SLL split**

Region 4: LIGNIN particles at Lignin:GVL ≥ 1.5

T4: SLE region; thick liquid phase of GVL coexists with solid ILIGNIN

Synthesis of GVL

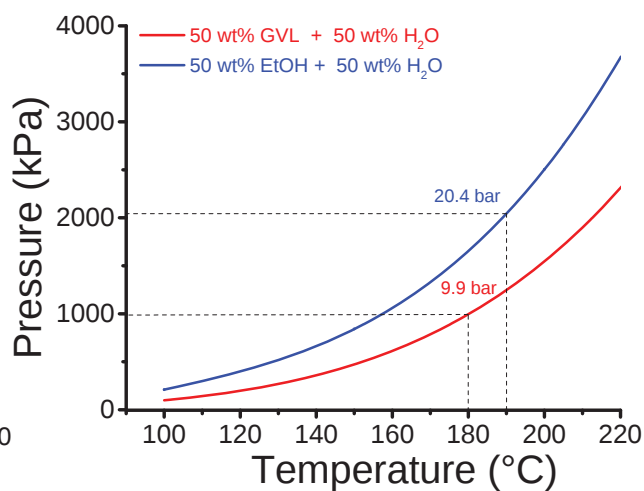
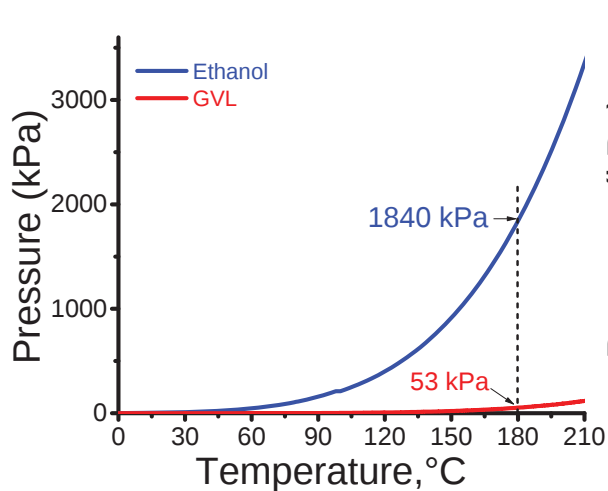


Horvath, I.T. et al. *Green Chem.*, **2008**, 10, 238–242

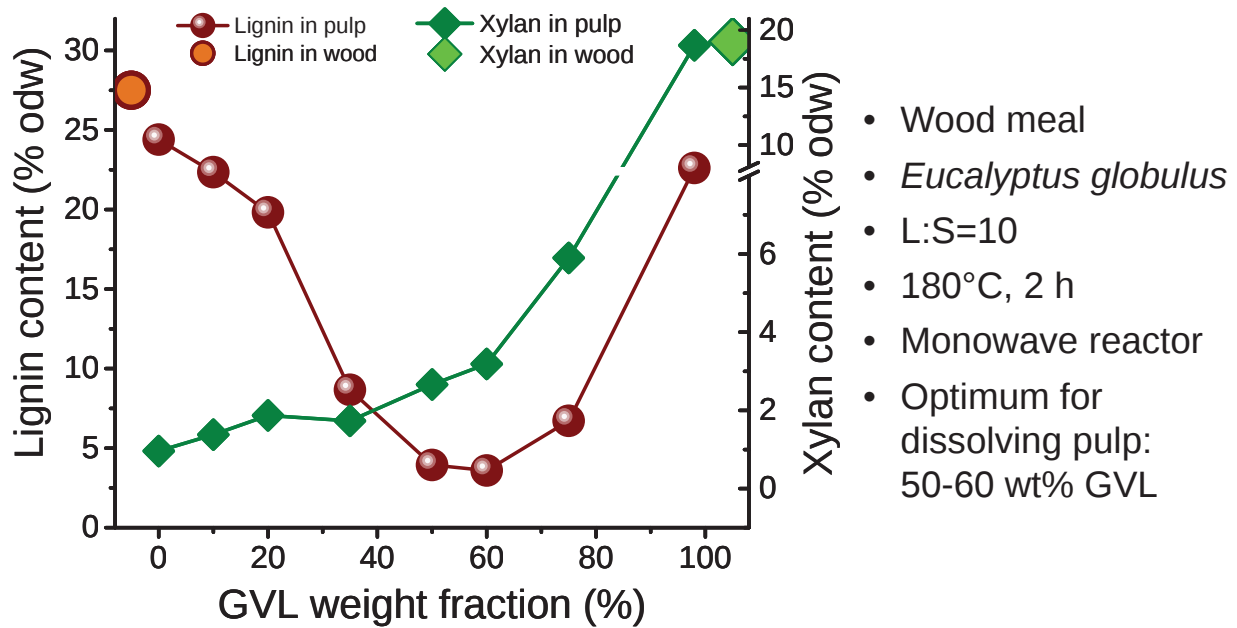
Vapor pressure of GVL

- Very low vapor pressure
- No azeotrope with water

Pressure of organic solvent/water mixtures at reaction temperature



GVL-Fractionation of *E.globulus*

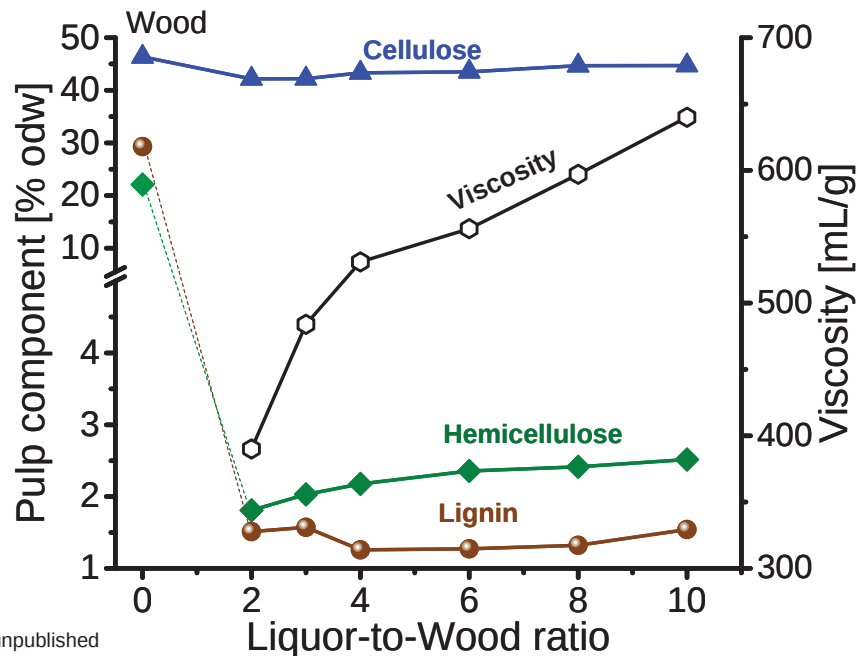


Fang, W.; Sixta, H. *ChemSusChem*, 8, 73-76 (2015)

GVL-Fractionation vs L:S

Wood chips (*E. globulus*)

- GVL:H₂O = 50:50 (w/w), 180°C, 150 min, **L:S= 10 → 4**
- Similar lignin and hemicellulose removal, significant viscosity drop



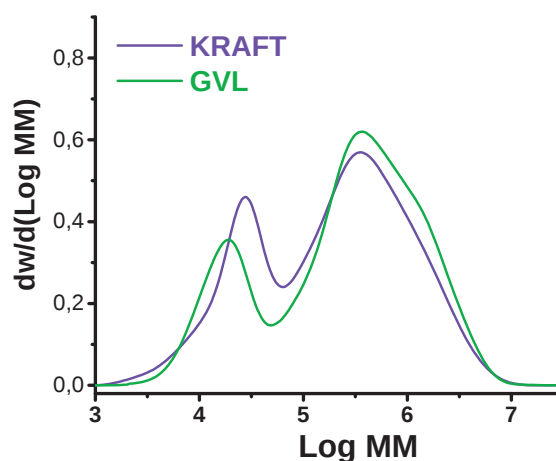
Huy Quang Lê et al., unpublished

Birch Paper pulps: Kraft vs. GVL

	Unit	KRAFT	GVL
Origin		Commercial	Lab*
GVL:H ₂ O	(m/m)		75/25
Temperature	°C	160	180
Time	min		150
Bleaching		O-DEOPDD	OO-DEPQP
Yield	%	°48,9	50,0
Brightness	%ISO	88,2	88,7
Viscosity	mL/g	965	1 168
Cellulose	%	73,1	76,2
Hemicellulose	%	25,6	23,1

*Shokoufeh Shokri: unpublished results (2017)

°Lab results from Lidia Testova (2012)

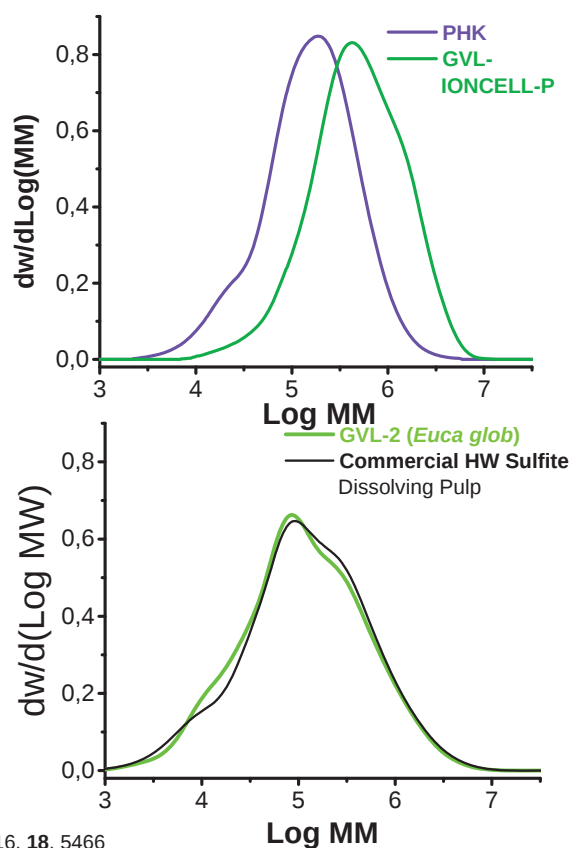


	KRAFT	GVL
DP _n	275	325
DP _w	3 550	4 220
PDI	13	13
DP<100	9,1	10,5
DP>2000	41,6	48,8

Birch Dissolving pulps: Kraft vs. GVL

	Unit	KRAFT	GVL-1	GVL-2
		Birch PHK	Birch GVL IONCELL-P	Euca Glob GVL
Origin		Commercial	Lab*	Lab°°
GVL:H ₂ O	(m/m)		75/25	50/50
Temperature	°C	160	180	180
Time	min		150	150
Bleaching		O-DEOPDP	OO-DEPQP	D-EP-P
Yield	%	34,2	39,7	46,0
Brightness	%ISO		88,7	86,0
Viscosity	mL/g	502	1 200	470
Cellulose	%	92,6	94,1	93,6
Hemicellulose	%	7,4	3,5	5,8

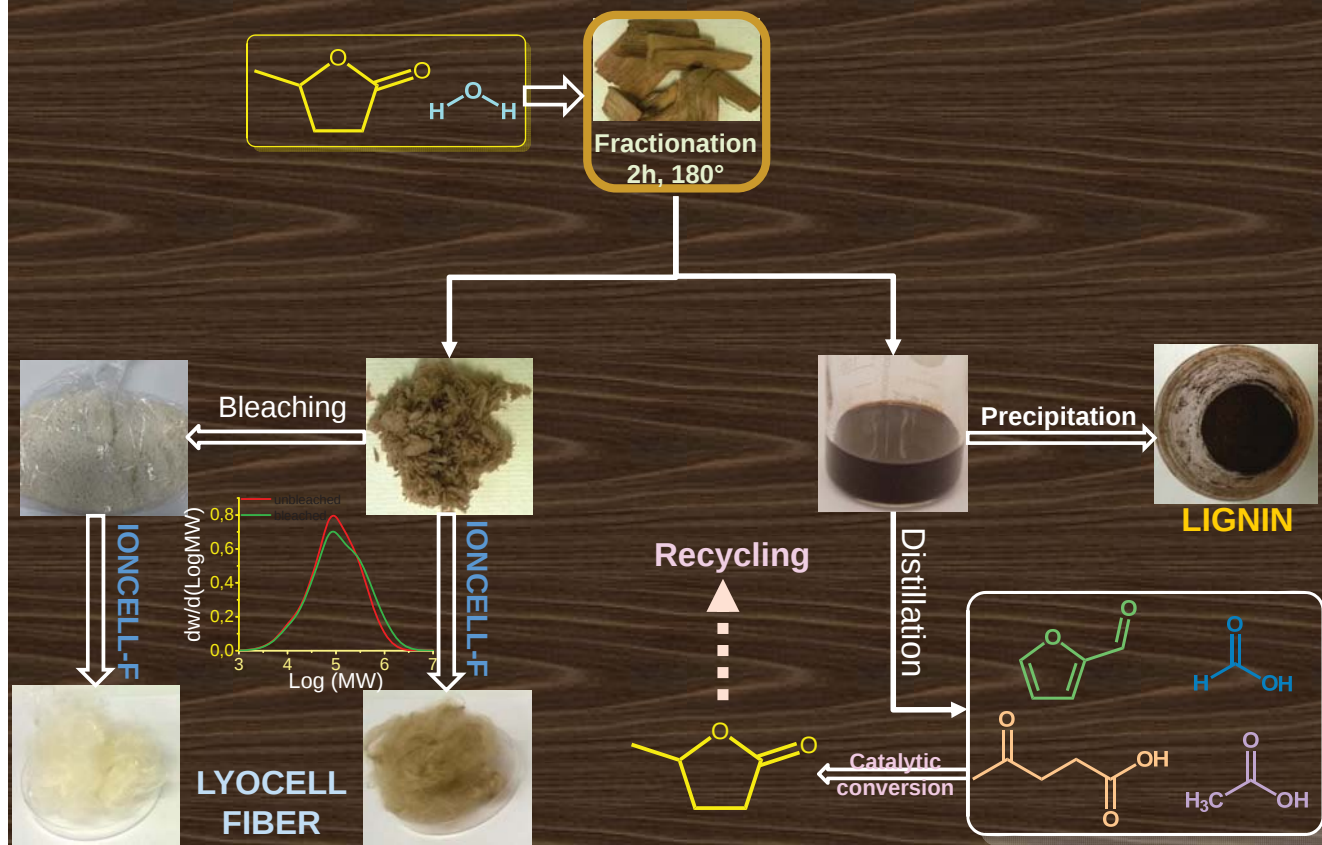
	PHK	GVL-1	GVL-2
DP _n	450	1 465	240
DP _w	1 660	5 025	1 900
PDI	3,7	3,4	8,0
DP<100	4,0	0,4	10,1
DP>2000	25,1	63,8	24,2



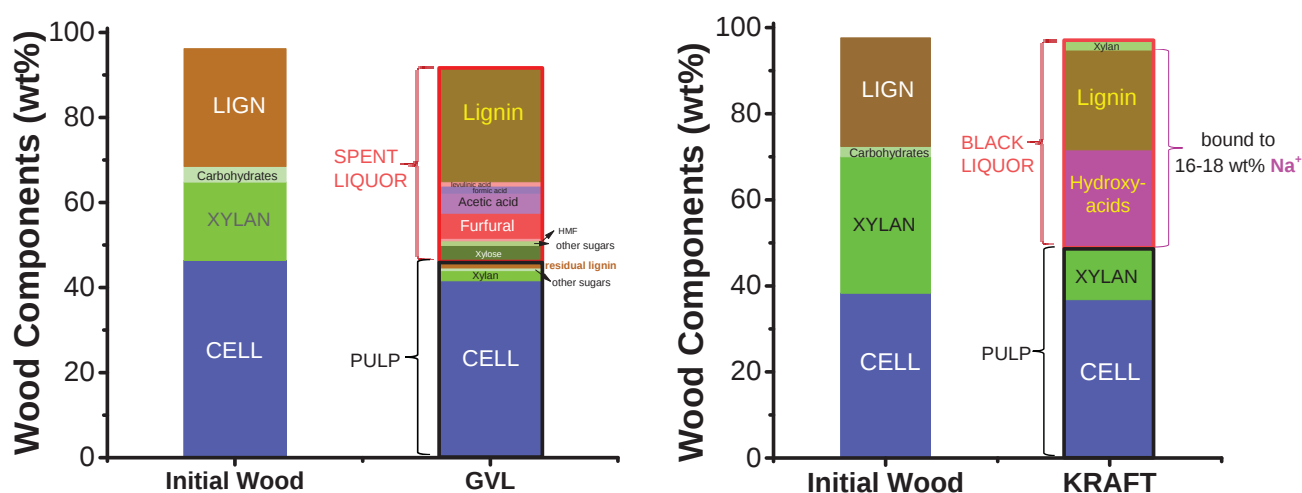
*Shokoufeh Shokri: unpublished results (2017)

°°Huy Quang Le, Yibo Ma, Marc Borrega, Herbert Sixta. *Green Chem.*, 2016, **18**, 5466

GVL-BIOREFINERY



GVL Biorefinery

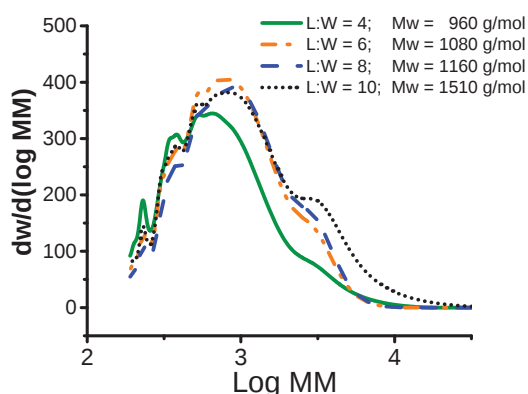


The valorization potential of hardwood components is higher for GVL pulping (65 – 75%) than for Kraft pulping (50 – 60%)

GVL-Lignin (*E. globulus*)



GVL – LIGNIN: $C_{900}H_{598}O_{212}(OCH_3)_{156}$



Sample	T _g onset [°C]
L:W = 10	152
L:W = 8	141
L:W = 6	137
L:W = 4	118

Green Chem., 2016, 18, 5466–5476

Pine Kraft Lignin isolated according to LignoBoost at pH 5 and 10.5

Kraft-Lignin Precip. pH	T _g onset [°C]	Mw [g/mol]
5.5	140	3 550
10.5	153	5 170

J Mater Sci (2015) 50:6395–6406

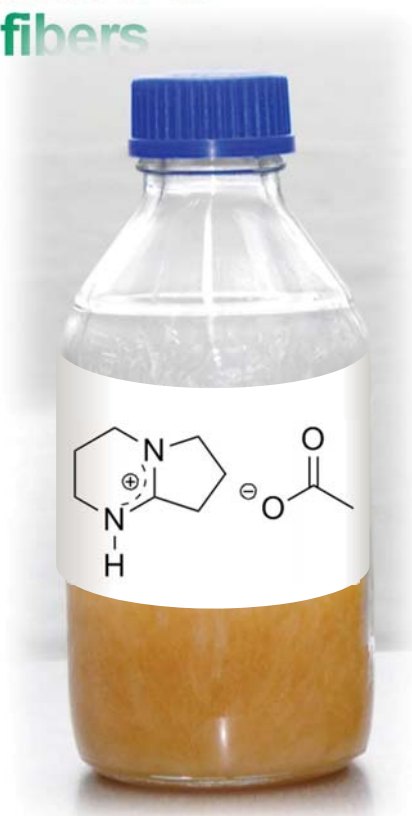
Holzforschung 2015; 69(8): 943–950

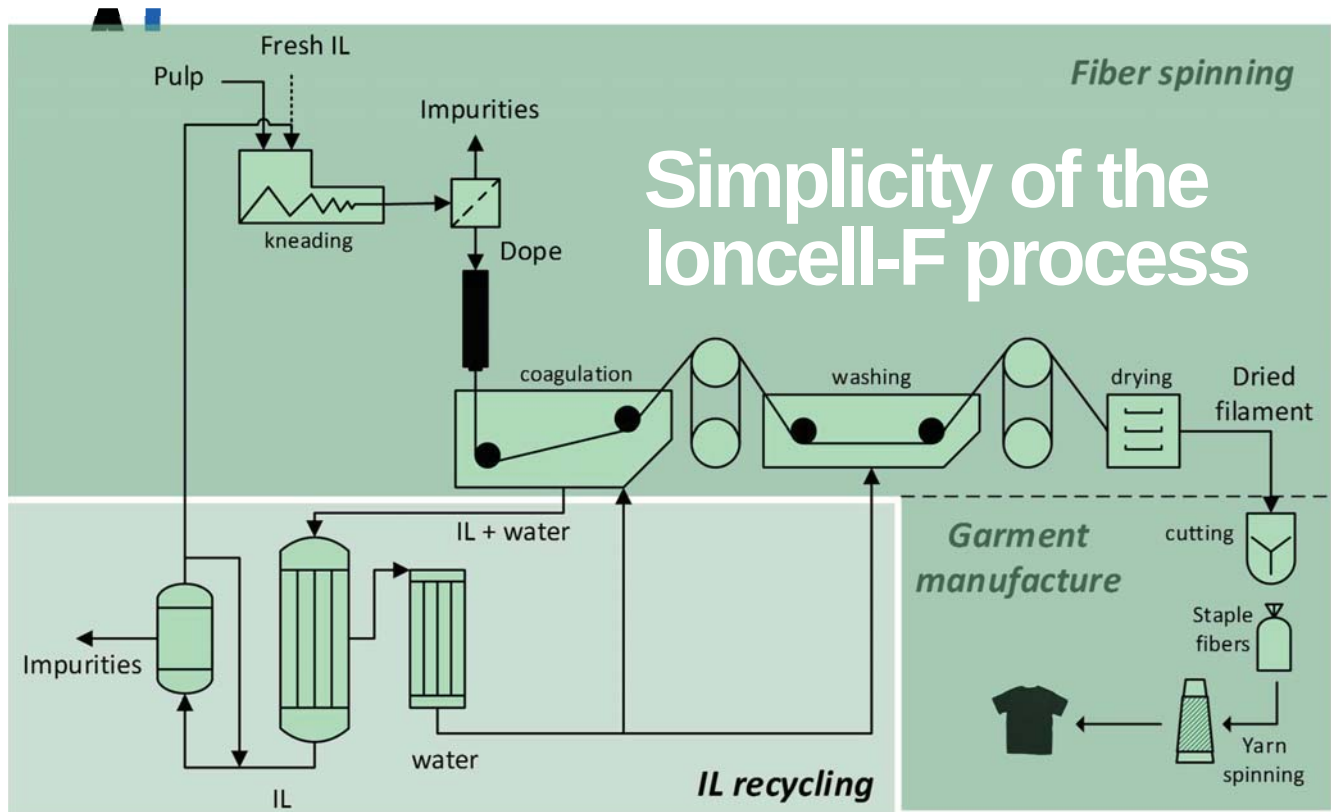
Industrial Crops and Products 66 (2015) 220–228

Valorization of the pulp fraction to Regenerated cellulose fibers

[DBNH][OAc]
1,5-diazabicyclo[4.3.0]non-
5-enium acetate

A superbase-based
ionic liquid



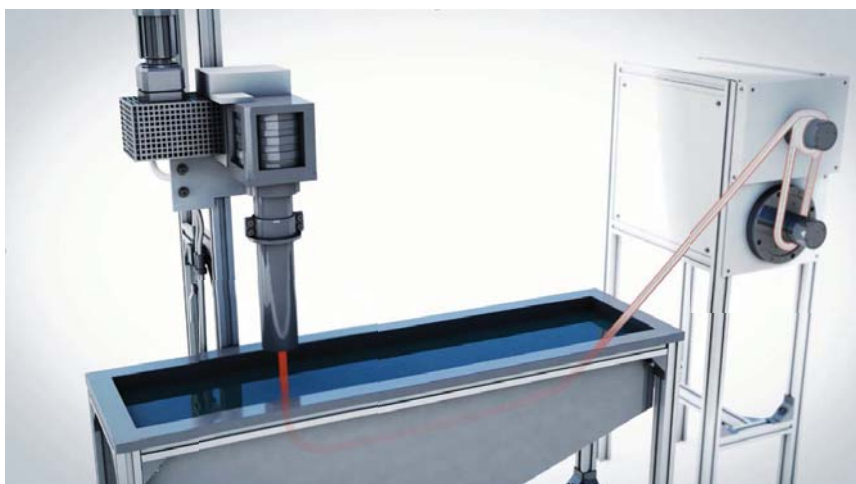


Ioncell-F is a Lyocell-type process



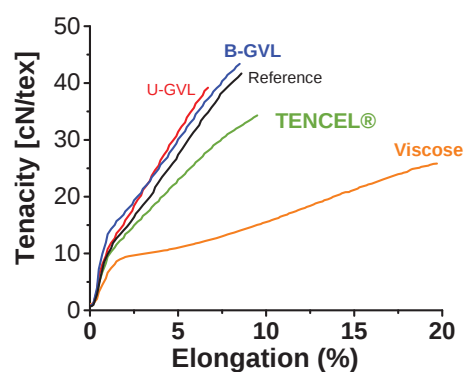
Animation: Mikko Hovi (TRIIDI)

Cellulosic fibers with tunable properties



IONCELL-F fibers made from GVL pulps

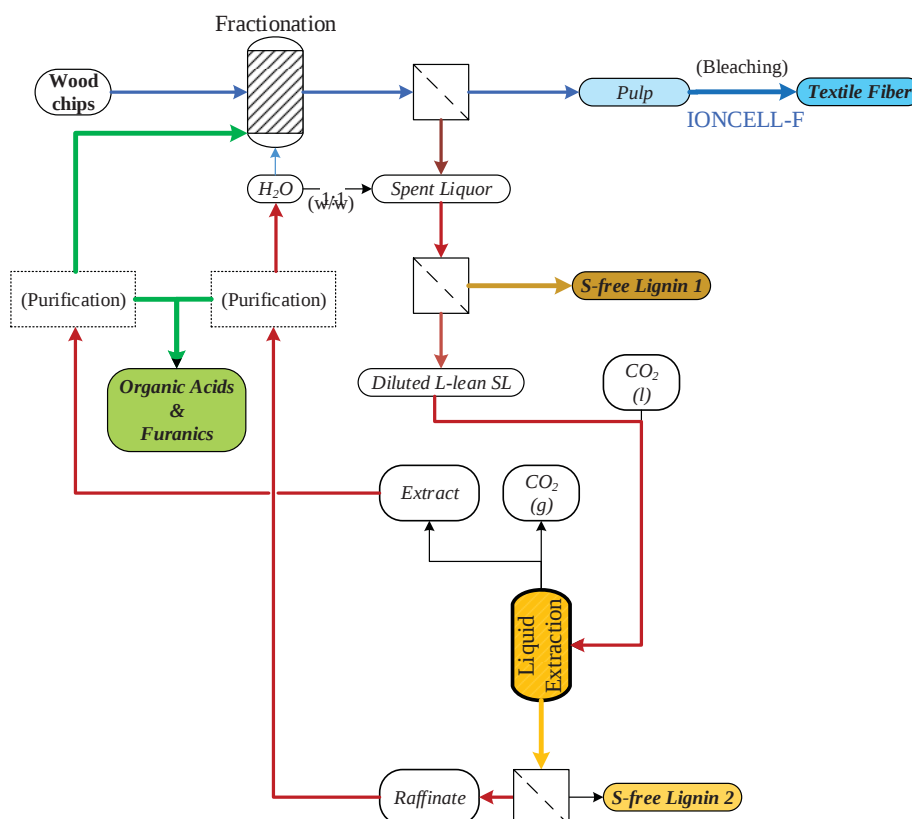
Pulps	Max DR	Titer	Tenacity	Wet Tenacity	Elong	Wet Elong
		dtex	cN/tex	cN/tex	%	%
GVL-unbleached	14.1	1.3 ±0.1	41.3 ±2.6	37.1 ±2.8	8.2 ±0.8	9.5 ±0.7
GVL-bleached	15.9	1.3 ±0.2	43.0 ±4.0	37.2 ±2.4	10.0 ±1.2	11.0 ±0.6
Reference	15.0	1.2 ±0.1	40.1 ±4.0		8.2 ±1.2	



Process Schemes

- GVL fractionation
- GVL Recovery

Process concept of GVL cooking



Fractionation:

50 wt% GVL
180°C, 150 minutes
L:W = 4 L/kg

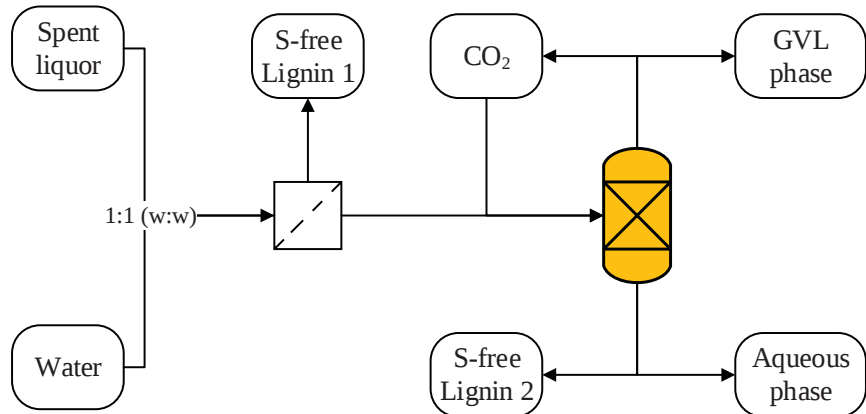
Pulp washing:

25°C
50 wt% GVL
L:W = 4 L/kg

Liquid extraction:

25°C
75 bar
CO₂:GVL = 4 kg/kg

CO₂ Extractor



Huy Quang Lê et al., unpublished results

Conclusions

- **GVL-pulping is a serious alternative to Kraft pulping of hardwood**
- **Pulp properties equal or superior to Kraft pulps (paper pulps not yet tested!)**
- **Green and simple solvent recovery by gas-expanded solvent extraction**
- **Real biorefinery concept comprising almost quantitative S-free lignin recovery, substantial furfural and acetic acid recovery**
- **More work in the lab necessary before a decision for a scale-up can be made**

GVL Pioneers



HAJUKAASUT JA HAJUKAASUTURVALLISUUS

Kirsi Hovikorpi
Lappeenrannan teknillinen yliopisto



UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY AND BUSINESS

Hajukaasut ja hajukaasuturvallisuus

Kirsi S. Hovikorpi

www.lut.fi

Yliopisto Saimaan-rannalla



PROJEKTI

NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi,
syntyvät hajukaasumäärät ja koostumukset,
tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt –
prosessikonseptitarkastelut



MITÄ JA MIKSI?

- Pohjatyö soodakattilayhdistyksen kanssa suositusluonnokseen hajukaasuista ja hajukaasuturvallisuudesta.
- Etsitään analysoitavia onnettomuuksia ja "läheltä piti" tilanteita, jotta voidaan tutkia niiden juurisyitä ja ennaltaehkäistä jatkossa vastaavia.
- Tehdään tehdasauditointeja.



TURVALLISUUS

- Väkevät (CNCG) ja laimeat (DNCG) käsitys: pidettävä niin kaasu- kuin nestejakeet erillään.
- Väkevien keräily täysin suljetuista keräilykohteista, vuotoilma ei sallittua, tilavuusvirrat pieniä vs. laimeat, mutta pitoisuudet (TRS, tärpätti, MeOH) suuria vs. laimeat.
- Laimeiden keräily ei-paineellisista, avoimista/osittain avoimista keräilykohteista, vuotoilma sallittua, tilavuusvirrat suuria vs. väkevät, mutta pitoisuudet (TRS, tärpätti, MeOH) alhaiset vs. väkevät



MITÄ TULLUT JO VASTAAN

- KAADOT, että ovat riittävät ja huomioitu kaasu- ja lauhdevirtauksien suunnat
- LAUHITEIDEN POISTOT, että ovat oikeissa paikoissa, oikein tehtynä ja riittävän suuret poistolinjakoot eri tilanteissa syntyvien nestejakeiden poistoon putkistosta ja kanavistosta tarvittavilla pintaindikoineilla, ja johdettu oikeisiin paikkoihin ja huomioitu ympäristön lämpötilat (sähkösaatto, eristykset)
- MAADOITUKSET: oikeaoppisesti, ja irrotetut myös kytketty takaisin kiinni



MITÄ TULLUT JO VASTAAN

- HÖYRYLINJAT: höyryjen ottokohdat väkevien järjestelmiin, etenkin polttopään paineenpito höyryjen osalta, että ei johdeta väärää faasia paineenpitoon (höyry – lauhde). Lauhteenpoistimien säännöllinen tarkastaminen ja toimivuuden toteaminen. Putkisto layout, prosessieristys.
- LIPEÄN PAISUNTA väärässä paikassa: haihduttamon lipeäsäiliöillä, liika kuumana sarjoilta lipeä säiliöön, josta hönkien keräily laimeiden keräilyyn → TRS-pitoisuudet yli LEL:n



MITÄ TULLUT JO VASTAAN

- ERI OSASTOJEN VÄLINEN KESKUSTELU ja TIEDONSIIRTO:
 - kuka vastaa alipaineen asetusarvoista keräilyissä (ejektorin alipainesäädön asetusarvo, laimeiden puhaltimien alipaineiden säädöt keräilyyn ja soodakattilan alueella).
 - Poikkeamatilanteiden muodostuminen, ennakoivaa tietoa eteenpäin muille tietoa hyödyntäville osastoille.



2000-luvun NCG TAPAUKSIA

- 2004 Sunila (hakesiilo, DNCG)
- 2004 Joutseno (hakesiilo, DNCG)
- 2005 Veracel (hakesiilo, DNCG)
- 2007 Veracel (paineellinen polttolipeäsäiliö)
- 2008 UPM Pietarsaari (paineellinen polttolipeäsäiliö, DNCG)
- 2009 Botnia Uruguay (hakesiilo, DNCG erillispoltto)
- 2011 Värö, Ruotsi (vesi, CNCG)
- 2014 SE Skoghall (vesi, liuottajan höngät)
- 2016 SE Veitsiluoto (altistuminen CNCG kaasuille)
- 2017 SE Imatra (haihduttamon CNCG)



SE Sunila, 19.10.2004

- Laimeiden hajukaasujen keräilyputkistossa tapahtunut räjähdys johdettaessa varapolttopaikalle soihtuun.
- Laimeiden väkevöitymisen yli LEL:n johtui keittämön hakesiilolle johdettavasta paisuntahöyrystä, jossa on korkeat TRS pitoisuudet.
- Nykyään hakesiiloon vain ja ainoastaan tuorehöyryä ja höngät johdetaan ulos ilman erillistä käsittelyä.

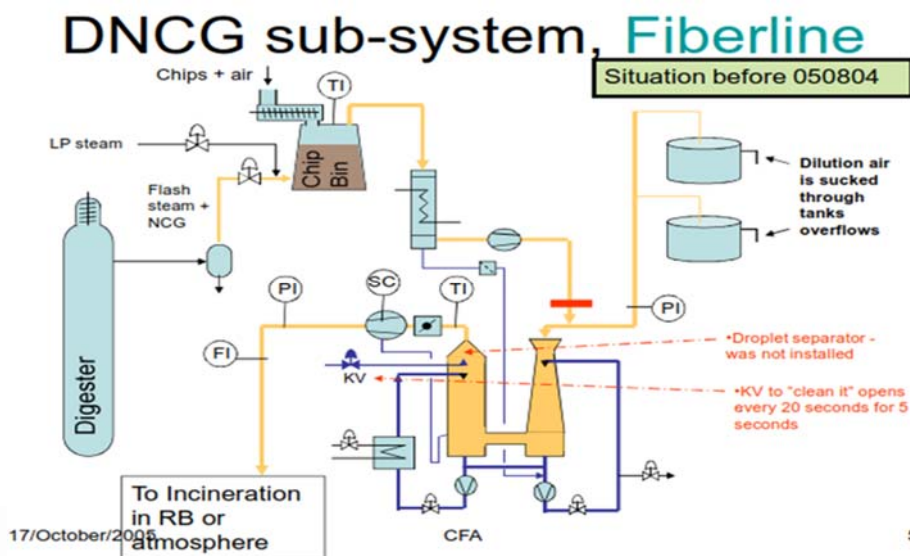


MB Joutseno, 01.04.2004

- Hakesiilolle johdettiin paisuntahöyryjä.
- Hakesiilolla oli häiriöitä, jolloin hönkien määrä ja pitoisuus nousivat voimakkaasti (TRS, tärpätti, metanoli), joka johti laimeiden hajukaasujen väkevöitymisen yli LEL:n ja räjähdykseen soodakattilan tertiääri-ilmajärjestelmässä.
- Hakesiilon höngät kytkettiin pois laimeiden keräilystä.

Veracel Brazil, 04.08.2005

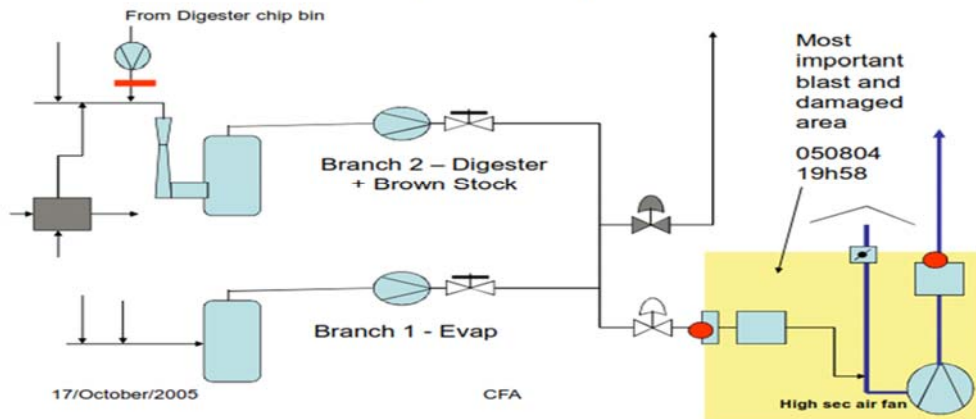
- Hakesiilo käytti paisuntahöyryä hakkeen pasutukseen.



Veracel Brazil, 04.08.2005

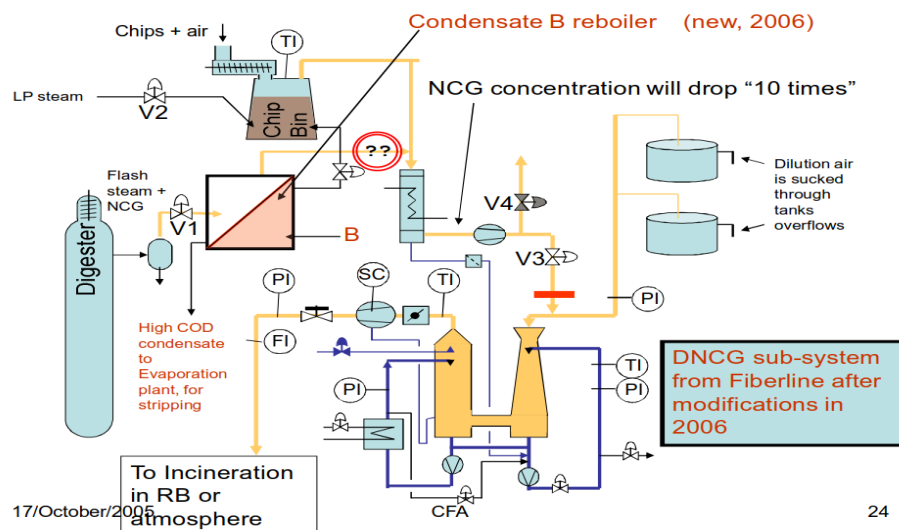
- Mekaaninen asennuspuute kuitulinjan DNCG pesurilla → pisanerotinelementin ajastintoimiset pesuvedet puhaltimelle kaasuvirran mukana aiheuttaen puhaltimelle vesikuormituksen.

DNCG system, Veracel



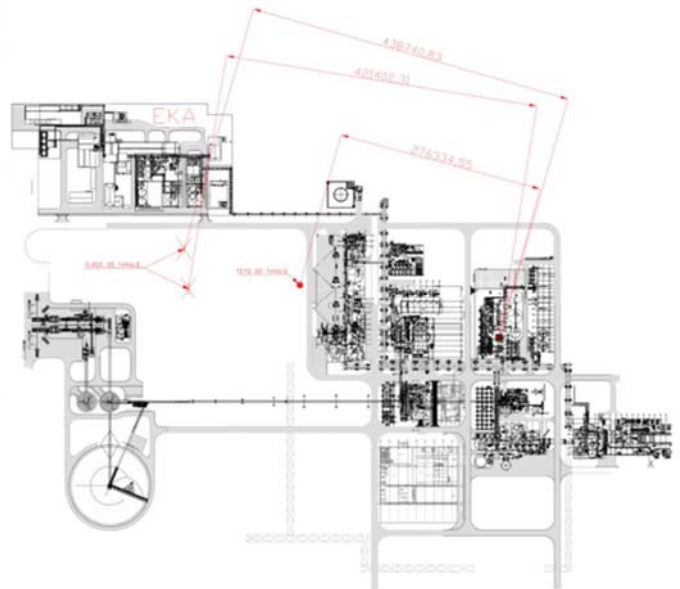
Veracel Brazil, 04.08.2005

- Paisuntahöyry reboilerille puhtaamman pasutushöyryn tuottamiseksi B-lauhdetta höyrystämällä.



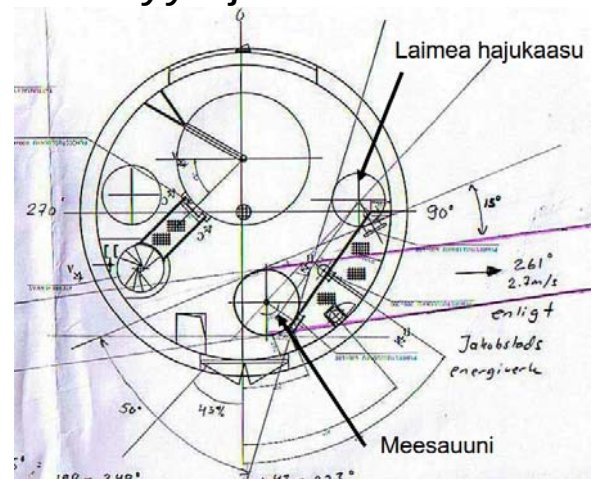
Veracel Brazil, 21.09.2007

- Paineellisen polttolipeäsäiliön paineistuminen ja katon lento rakenteineen yli soodakattilarakennuksen 276 m päähän.



UPM Wisaforest, 28.12.2008

- Seisokissa tapahtunut DNCG kaasujen ohiajopiipun räjähdys (lämmönlähteenä meesauunin savukaasut), paineellisen polttolipeäsäiliön kaasut johdettu seisakin aikana laimeisiin.
- Muutettu säiliön kytkennät CNCG keräilyyn ja haihduttamon sarjalle.



UPM Uruguay, 2009

- Hakesiilolle hakkeen pasutukseen paisuntahöyryä.
- Tehtaan käynnistyksessä erilaisia ongelmia, josta seurasi mm. tilanne, että paisuntahöyry pääsi hakepatjan läpi ja johti laimeiden hajukaasujen väkevöitymiseen yli LEL:n ja lopulta räjähdykseen DNCG erillispolttokattilan alueella.

Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- SULA-VESI räjähdys soodakattilassa



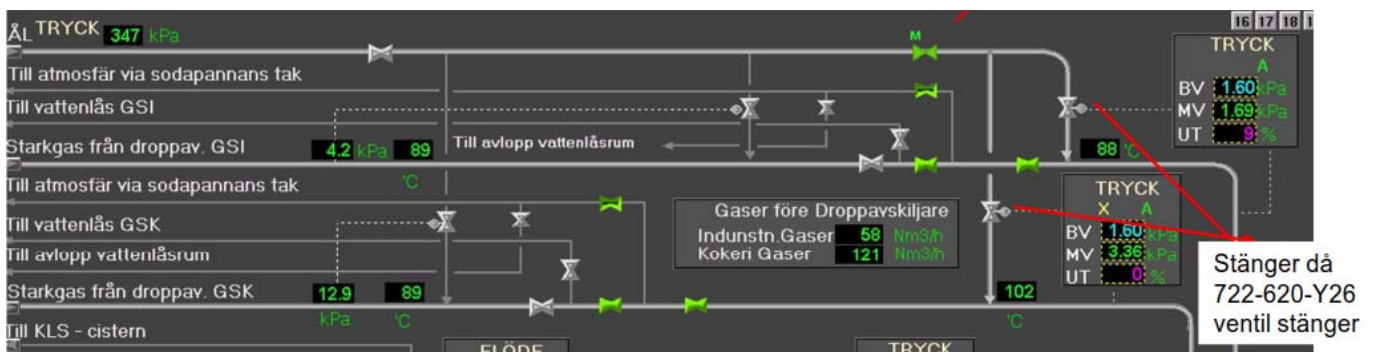
Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- Lauhdetta/syöttövettä matalapainehöyrylinjan kautta CNCG linjojen polttopään paineenpito höyrylinjoja pitkin soodakattilaan 40-50 l/min (1 litra → 1674 litraa höyryä).



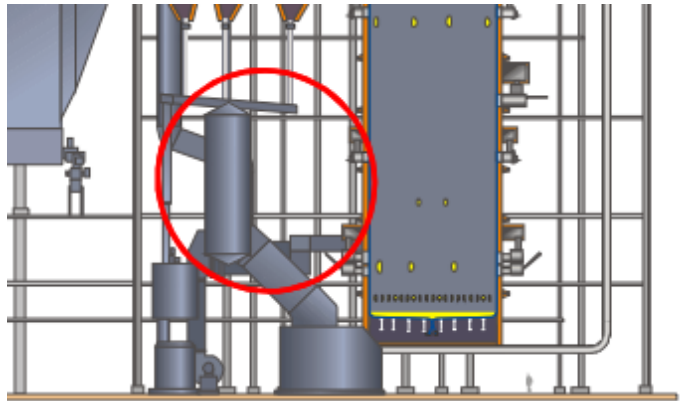
Södra Värö 13.09.2011 klo 14:46

- CNCG linjojen paineenpito höyrylinjan pääsulkuventtiilin lukitus ei toiminut alentuneesta höyrylinjanpaineesta, ja CNCG polttimen ajossa tarvittiin tuolloin paineenpito höyryä, joka ei ollutkaan “höyry” faasissa vaan “neste” faasissa.



SE Skoghall, 21.01.2014 klo 20:41

- Liuottajan hönkäpesurin pisaranerotinelementin pesuvedet kantautuivat soodakattilaan ja aiheutti sulavesi räjähdysksen soodakattilassa.
- Hönkäsystemin tasosijainti vs. ilma-aukkojen korko
- Puutteelliset vesitykset kanavistossa, vesityksiä ei saa yhdistää.



SE Veitsiluoto 07.11.2016 klo 03.14

- Työntekijöiden altistuminen hengenvaarallisesti CNCG hajukaasuille keräilyjärjestelmän putkistossa tapahtuneen räjähdysksen jälkeisten murtolevyjen vaihtotöiden yhteydessä



SE Imatra, 19.07.2017

- CNCG palo
haihduttamalla



MITKÄ NOUSI PINTAAN

- TÄRPÄTTI, MeOH
- Hakesiilo ja paisuntahöyryn käyttö pasutukseen
- Sakan syttyminen kanavistossa
- Laimeiden hajukaasujen laimennukset, suljettu keräily
- Hajukaasujen koostumuksien mittaaminen säännöllisesti
- Kanavien tarkistus ja puhdistaminen säännöllisesti
- Poikkeamatarkastelu (HAZOP) tehtävä aina järjestelmämuutosten yhteydessä yhdessä hajukaasujärjestelmän toimittajan kanssa

YHTEISTYÖTÄ

Otetaan vastaan
onnettomuuskuvauksia
”läheltä piti” tapauksia
hajukaasujen mittausdataa

Projekti jatkuu ehkä keväällä, kun kootaan ryhmä joka laatii ohjeita asioista joita tulee huomioida hajukaasujärjestelmien auditoinnissa.



KIITOS!

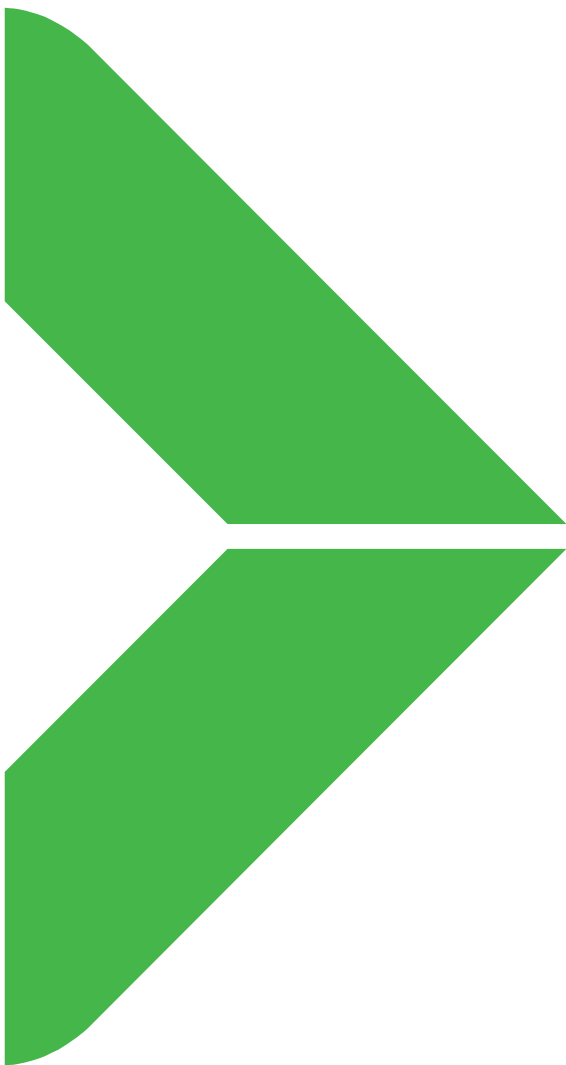
Kirsi S. Hovikorpi
LUT

kirsi.hovikorpi@uwg.fi / puh. 044 324 9004



SOODAKATTILAN REDUKTIOASTEEN SÄÄTÖSOVELLUS

Timo Laurila
Valmet Automation Oy



Valmet Recovery Boiler Optimization

Reduction Rate and Dissolving Tank
TTA Optimization

Timo Laurila
Jarmo Mansikkasalo



Contact information

Timo Laurila

Business Manager,
Recovery Analyzers and APC

Valmet Automation Inc.

Lentokentäncatu 12
33101 Tampere
Finland

Mobile phone: +358 400 922442

Tel: +358 400 922442

Fax: -

E-mail: timo.laurila@valmet.com

Timo Laurila



Valmet

Unique process performance supplier

- 300 complete fiber lines and 350 recovery islands delivered
- Majority of world's pulp is produced with Valmet process solutions
- Customers safety and performance is our primary focus in product development and offering
- Our offering is fully integrated to Industrial Internet



Very wide global process and benchmarking knowledge

Over 330 Advanced Process Controls & over 40 000 Analyzers and Measurements delivered

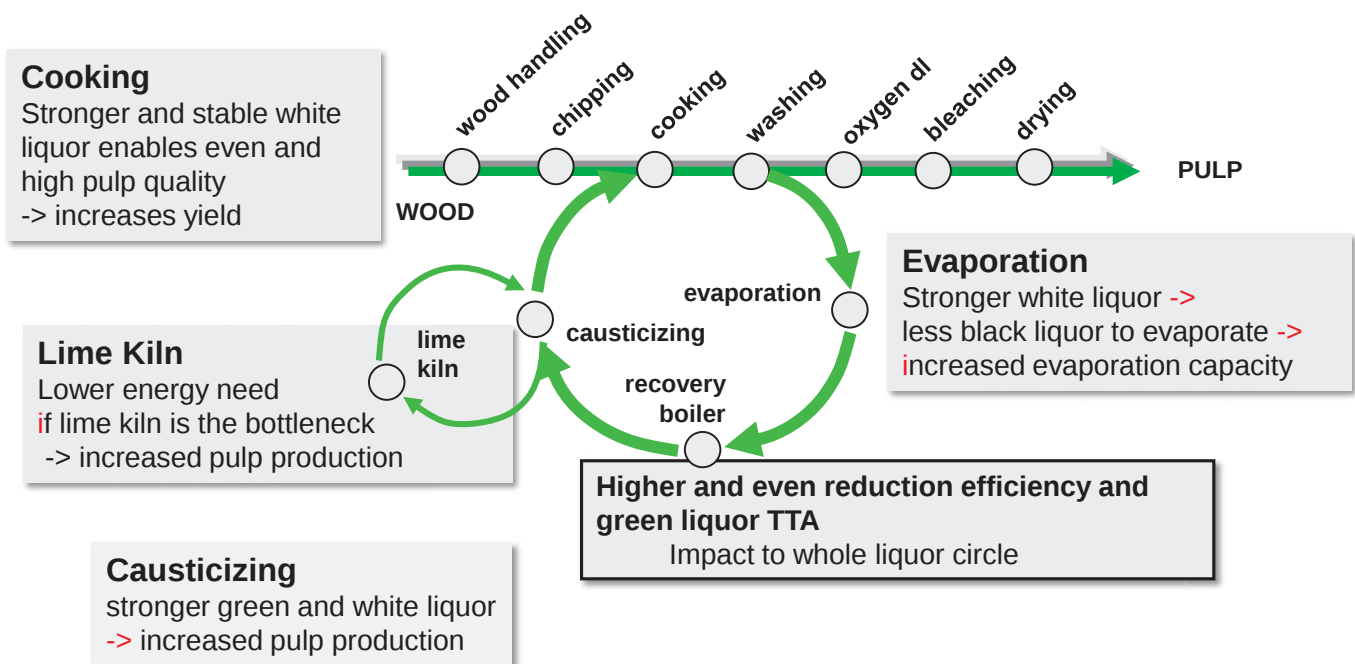
Objectives of Recovery Boiler Optimization

Power Plant and Chemical Reactor

- **Power Plant**
 - Flue gas losses, efficient sootblowing, cleanability, carryover, emissions, superheated steam temperature
- **Chemical recovery**
 - Steady smelt flow and high reduction efficiency
 - High TTA concentration from the dissolving tank

Recovery Boiler Performance Optimization

Benefits & interactions for the entire pulp mill and liquor cycle



5

22 October, 2017

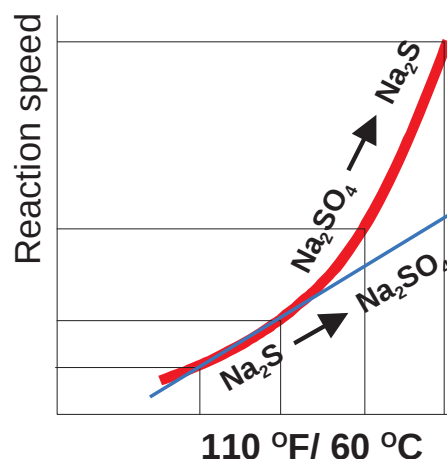
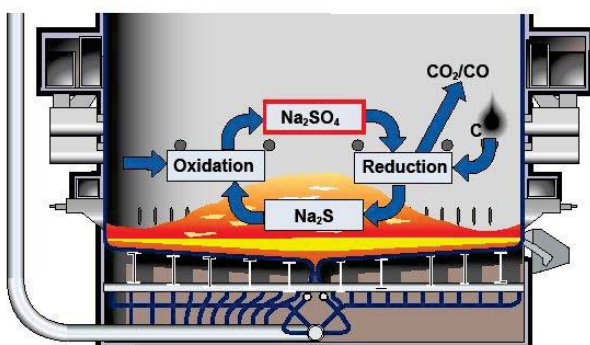
© Valmet | Author / Title



Reduction efficiency

Exothermic Sulfate-Sulfide Cycle

- Reduction reaction is strongly dependent on the bed temperature
- High enough temperature keeps the reaction on the Na_2S side with minor reoxidation
 - Adaptive combustion air distribution control has a key role in reduction rate optimization



6

22 October, 2017

© Valmet | Author / Title



Valmet Recovery Analyzer, Alkali-R

Online measurements available from day one

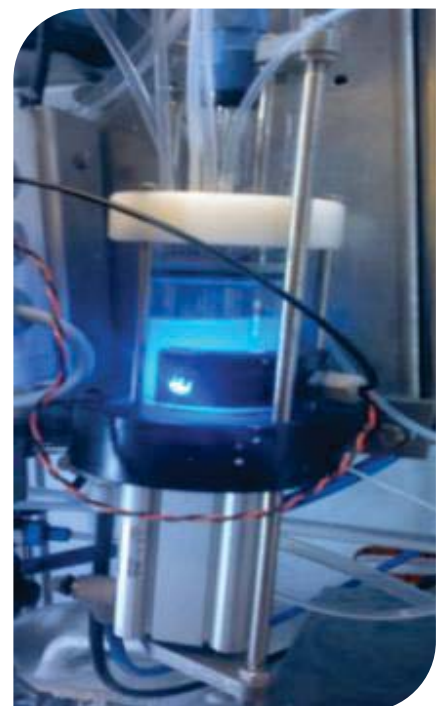
- Safe, no need for manual testing and presence at process environment
- No calibration needed
- Industrial standard ABC-titration/SCAN 30:85 method
- Rugged design ensures high uptime (98%) and low maintenance



Mill proven in over
600 sampling
locations

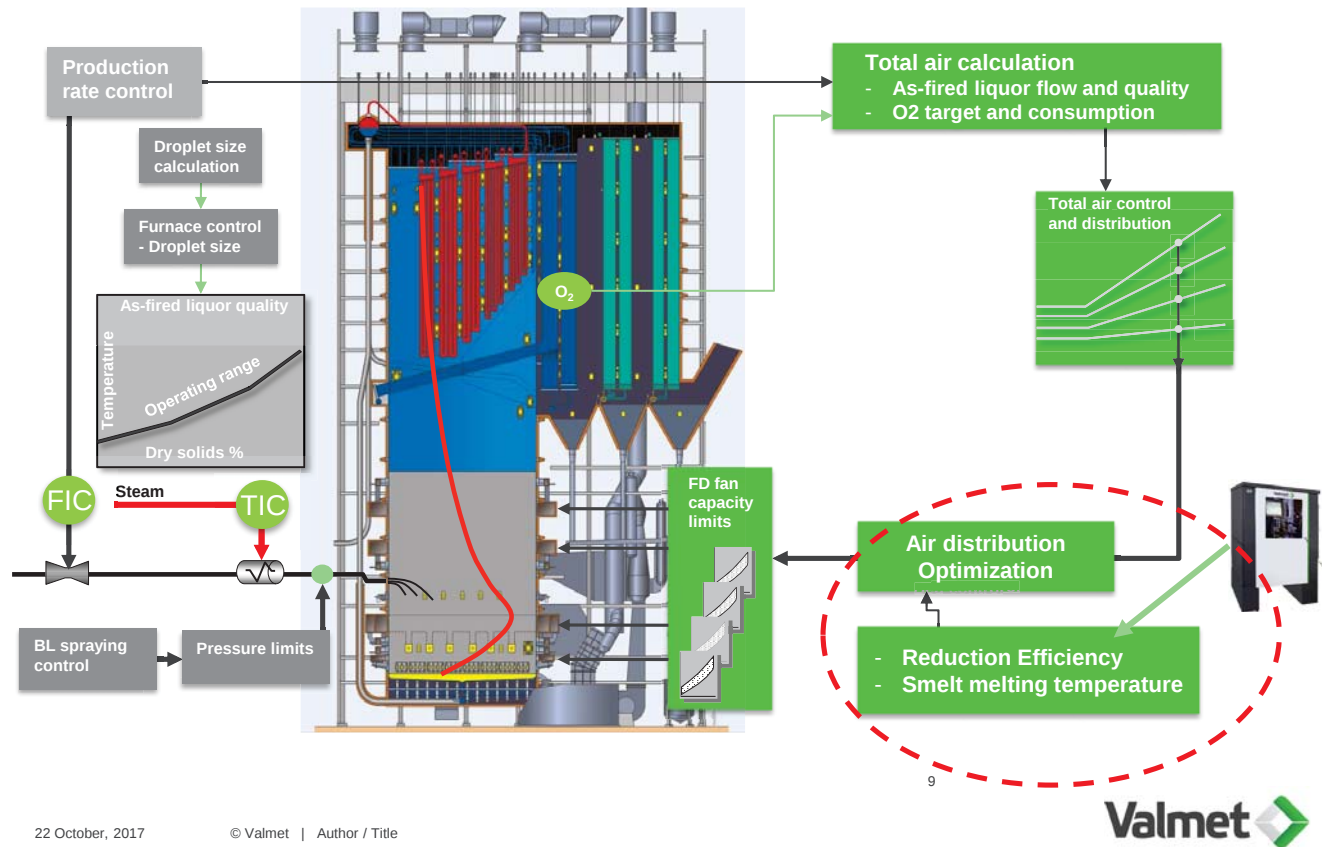
Valmet Recovery Analyzer, Alkali-R

- Na_2SO_4 titration with BaCl and optical inflection point detection
- Na_2CO_3 , NaOH , Na_2S ABC-titration with HCl and calculation of: EA, AA, TTA, CE% and S%
- ~10 ABC titration results per hour and 2-3 Na_2SO_4 results per hour



Recovery Boiler Optimization

Feedback controls



9

22 October, 2017

© Valmet | Author / Title



Char bed Management

Smelt Fluidity

- Steady smelt flow to the dissolving tank is one of the most important operational **safety and availability** conditions of a pulp mill
- Valmet Recovery Boiler Optimizer defines melting temperature of the smelt according to charbed chemistry
 - Ideally all Na_2S and Na_2CO_3 should be molten at the bottom of the furnace
 - Melting temperature is a strong constraint in reduction efficiency optimization

Valmet
Recovery
Liquor
Analyzer



Na_2S
 Na_2SO_4

Mill
laboratory

K
Cl

Smelt melting
temperature
calculation

Temperature
Constraint to
Reduction
Efficiency
Optimization



10

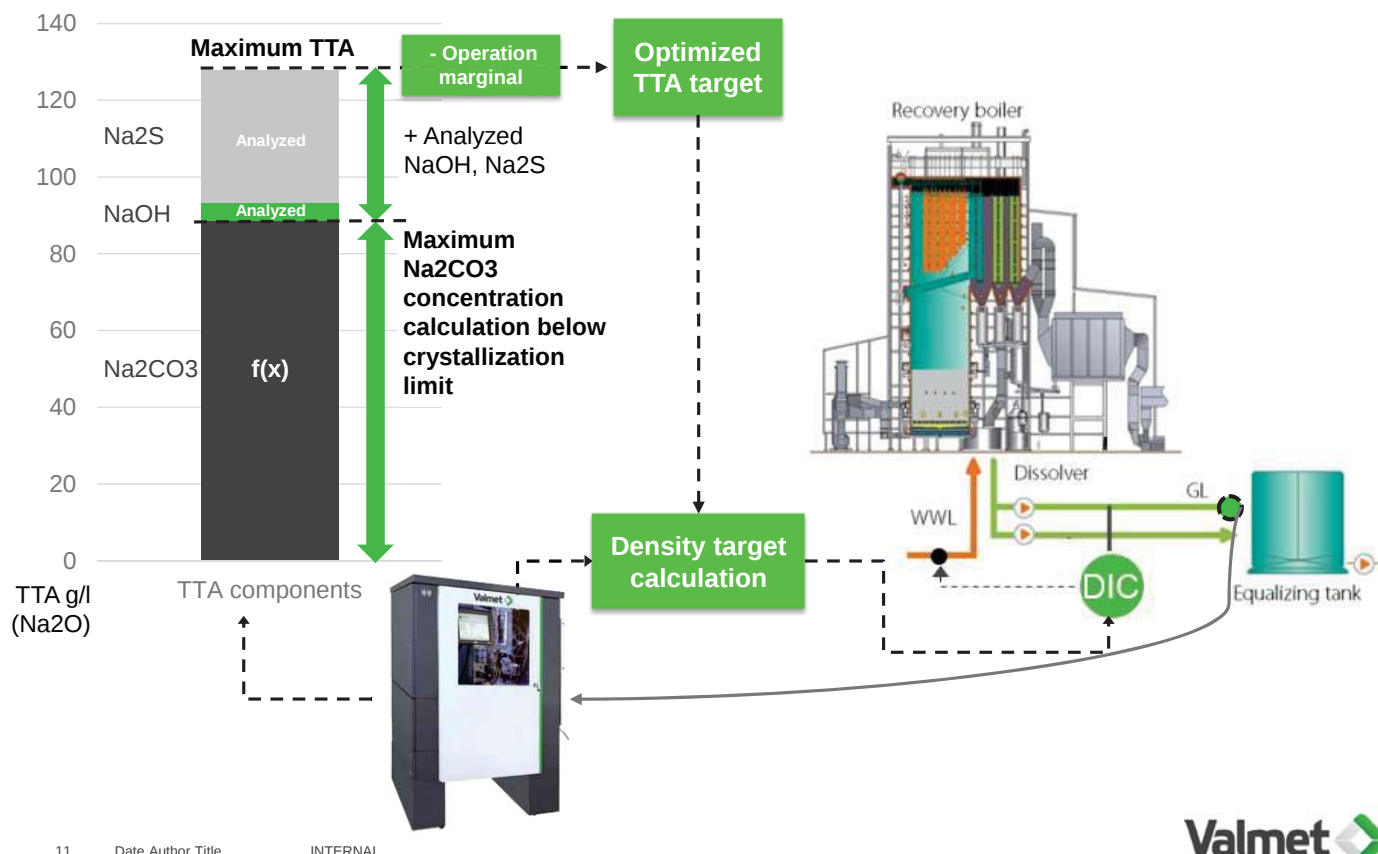
22 October, 2017

© Valmet | Author / Title



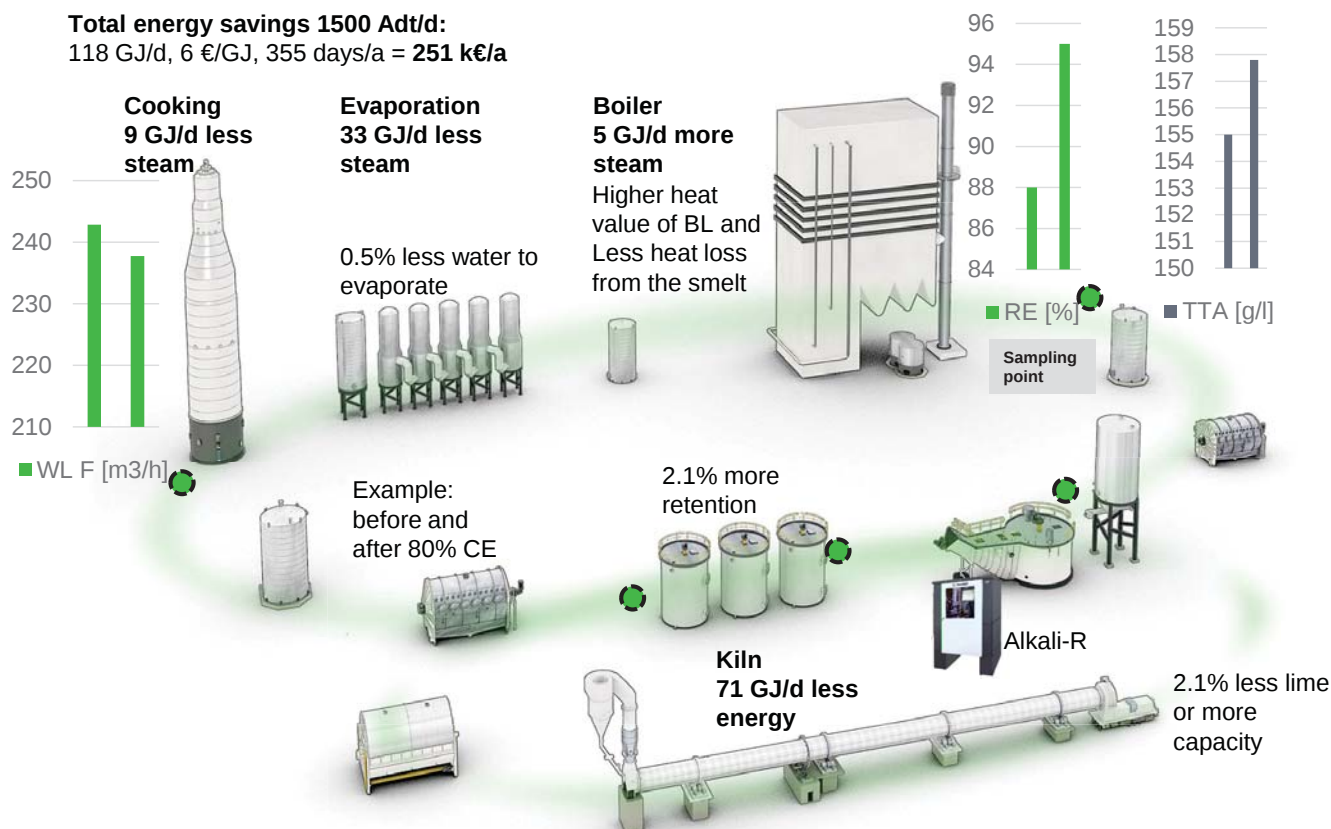
Dissolving tank Na_2CO_3 Optimization

Maximum GL TTA concentration and GL system cleanability



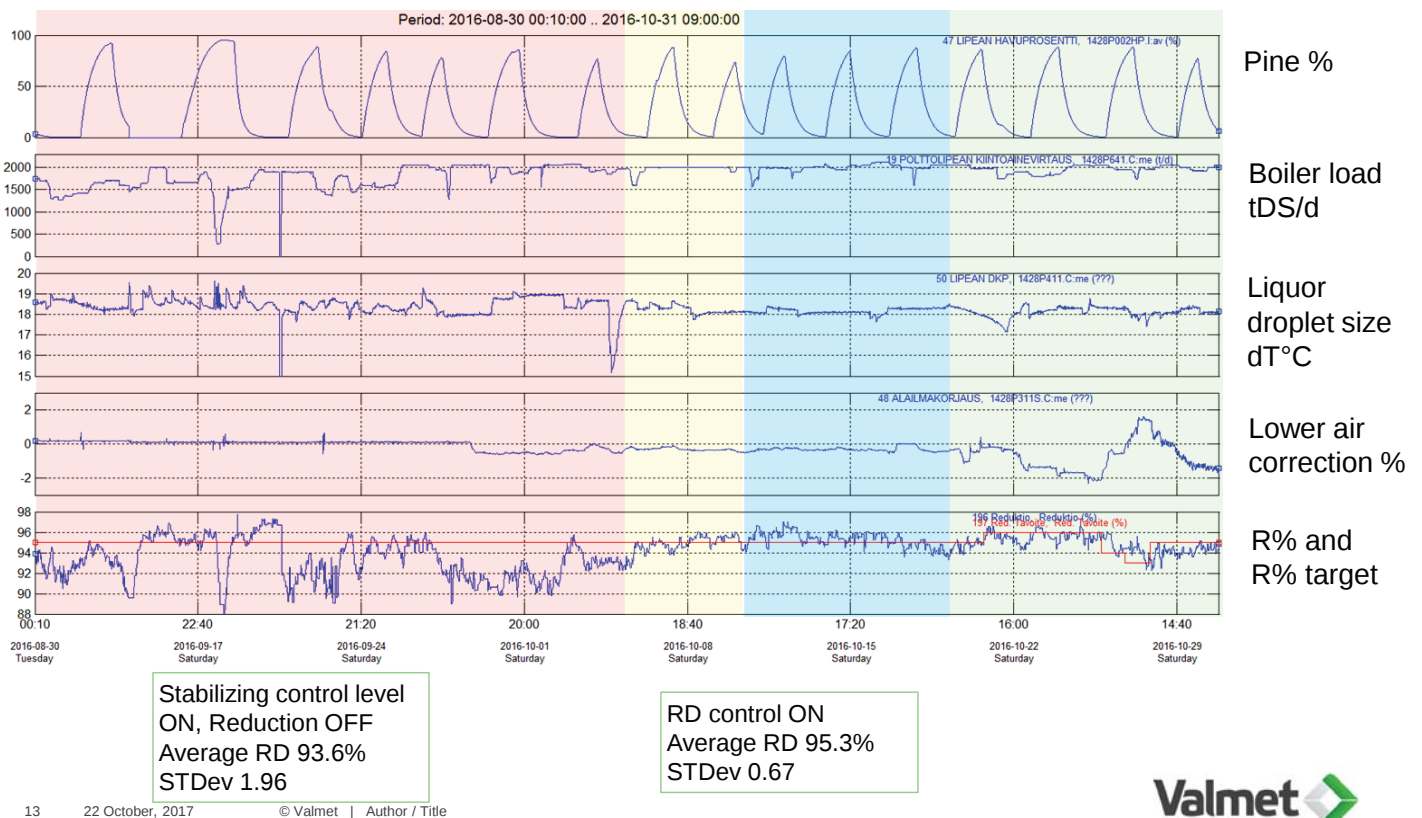
Reduction Rate Increase Example

Total energy savings 1500 Adt/d:
118 GJ/d, 6 €/GJ, 355 days/a = **251 k€/a**



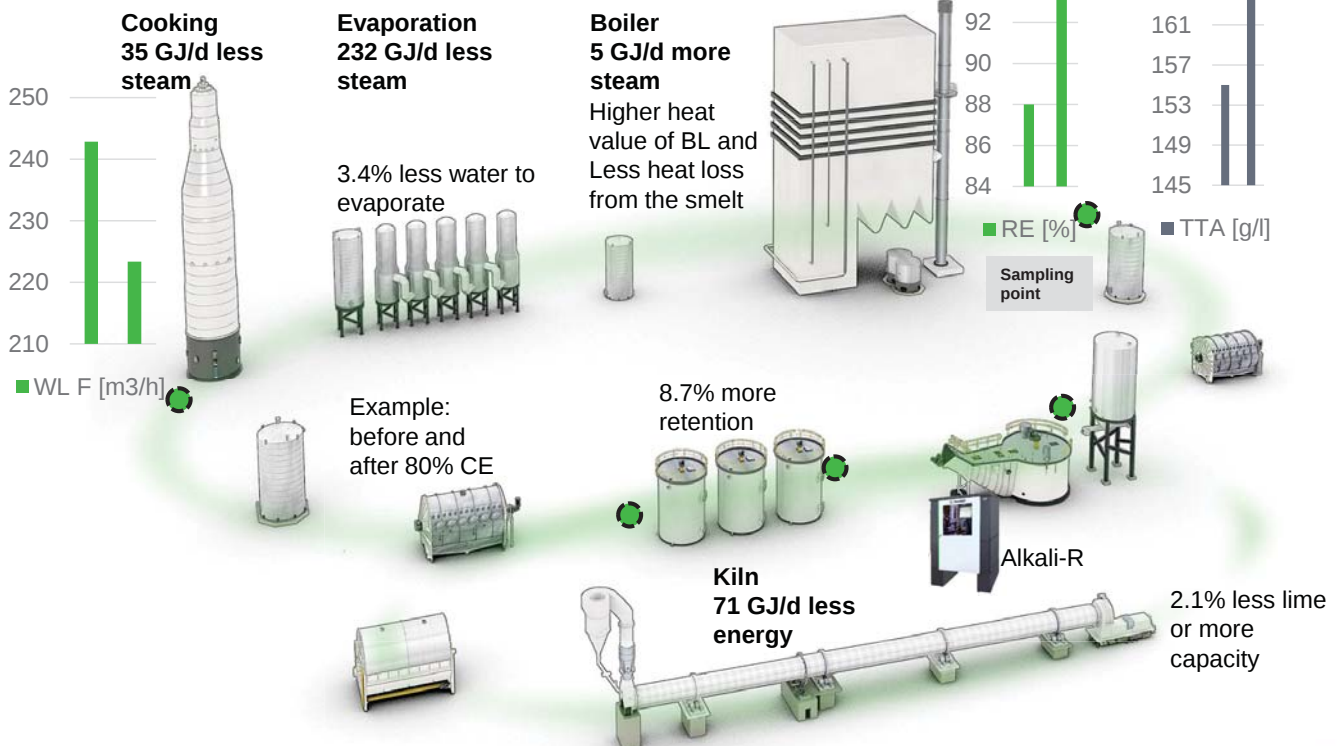
Reduction Rate Optimization

Performance example, 2 months



Reduction rate and TTA increase example

Total energy savings 1500 Adt/d:
343 GJ/d, 6 €/GJ, 355 days/a = 731 k€/a



Conclusions

- Theory of reduction rate process match very well with practice
 - Although boiler characteristics have strong role in finding final operating or control parameters
- Frequent and automated reduction rate feedback is the most practical method for control purposes
- Test run period and further results exceeded the expectations
- High reduction rate support high energy and production efficiency of the pulp mill

ANDRITZ TOIMITTI MAAILMAN SUURIMMAN SOODAKATTILAN

Henrik Wikstedt
Andritz Oy

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Henrik Wikstedt

www.andritz.com

We accept the challenge!

Table of contents

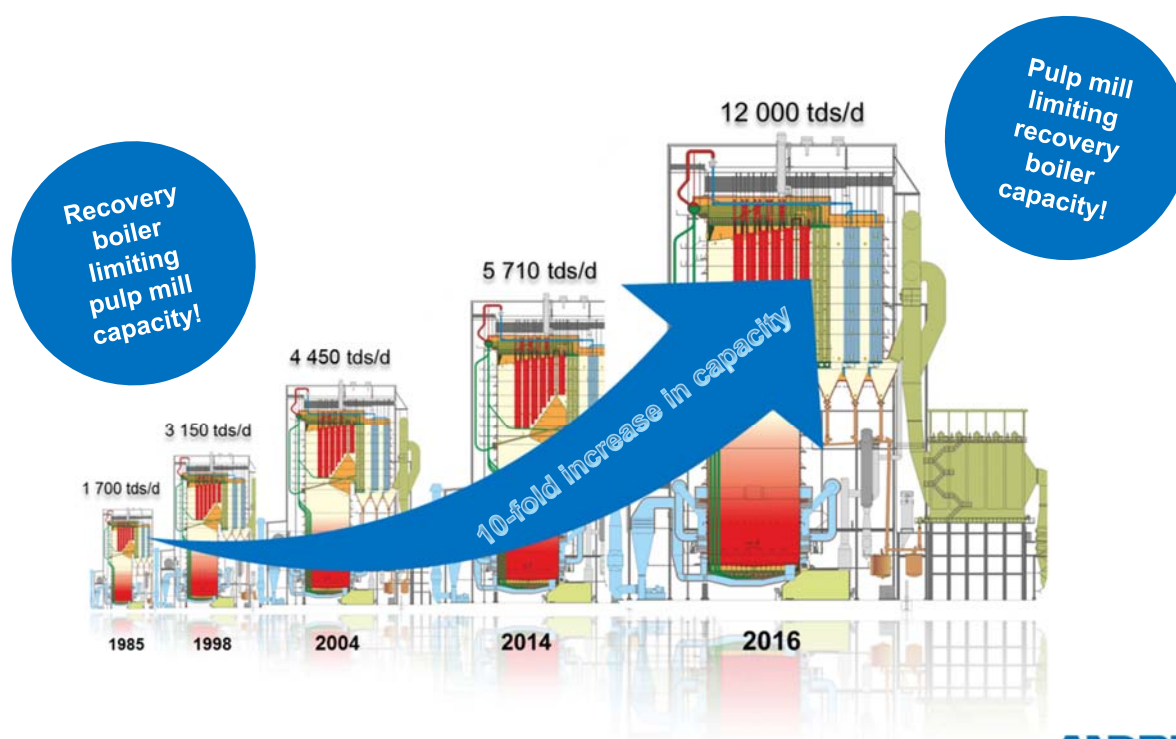
1. HERB® evolution - Installed base
2. Scope and basic data
3. Construction and commissioning
4. Operational experiences
5. Summary

Table of contents

1. HERB® evolution - Installed base
2. Scope and benefits
3. Construction and commissioning
4. Operational experiences
5. Summary

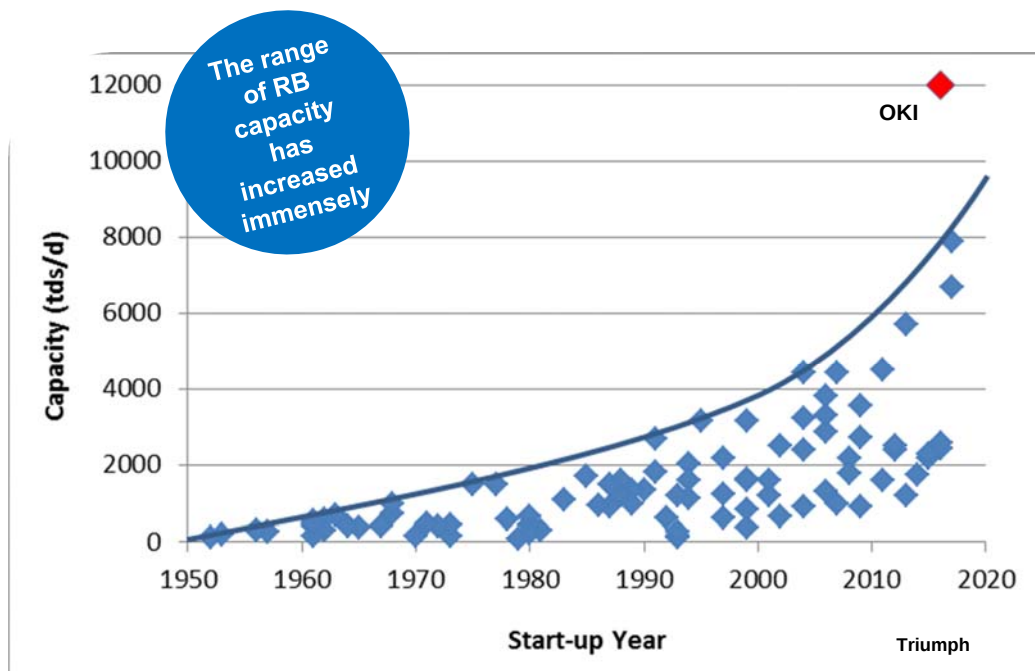
Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

HERB® evolution – Installed base



Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

HERB® evolution – Installed base



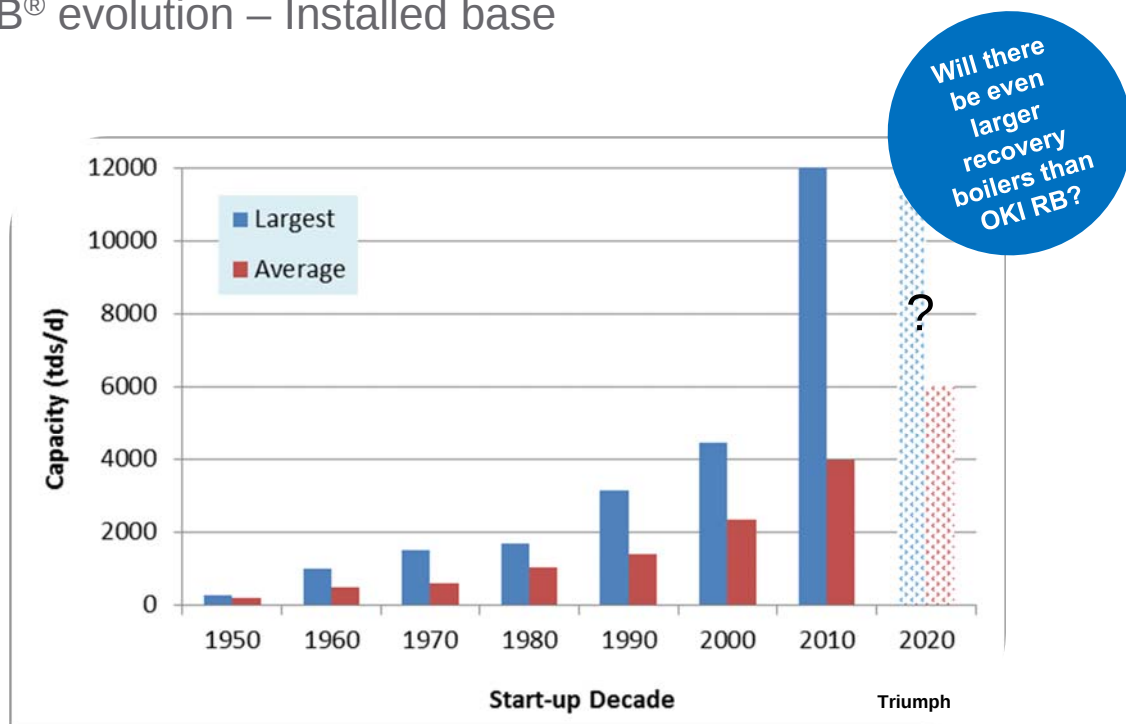
5

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

HERB® evolution – Installed base



6

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

Table of contents

1. HERB® evolution - Installed base
2. **Scope and basic data**
3. Construction and Commissioning
4. Operational experiences
5. Summary

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Scope and basic data

- **Scope of delivery**
 - EPS delivery of main equipment
 - Engineering, equipment, supervision
 - Delivery CFR Mill Site Jetty
 - Partly open book principle
 - Erection and civil completely in customer's scope
 - Pre-engineering started February 2013
 - Effective date November 2013
 - Delivery time 29 months from the effective date



Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Scope and basic data

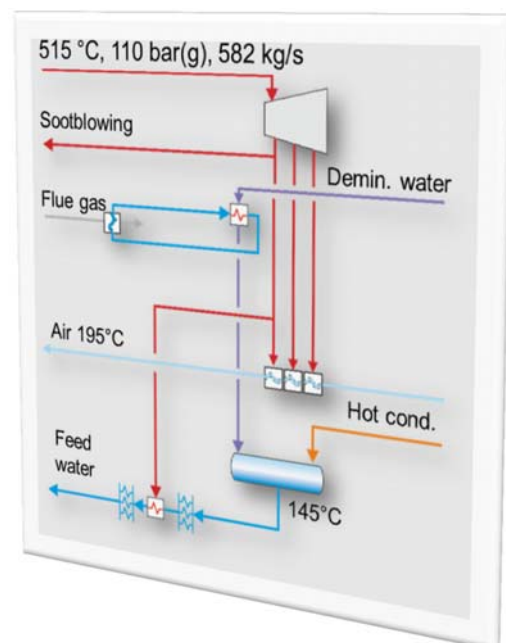
- Design code = ASME, Section I
- Supplier = ANDRITZ Oy, Finland
- Manufacturers:
 - Warkaus Works Oy, Finland
 - Lower part furnace (composite)
 - Superheaters IV & V
 - EU
 - Drum
 - Chinese suppliers
 - Upper part furnace
 - Boiler bank
 - Economizer
 - Superheaters I-III



Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Scope and basic data

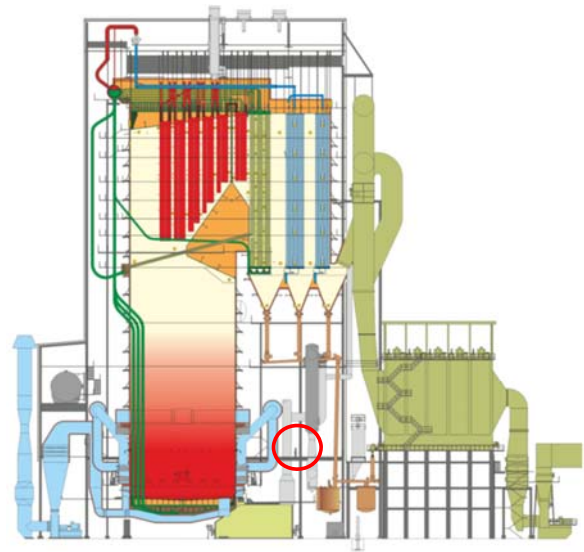
- All HERB features applied
 - World highest steam data
 - FW preheating
 - FW interheating
 - Air preheating
 - Heat from DTVG scrubber recovered
 - Auxiliary equipment size optimized
 - Heat recovery from fluegases (FG Coolers)
- Etc.



Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Scope and basic data

- MCR Capacity: 12,000 tds/d
 - Peak 12,760 tds/d
- Design pressure: 138 bar(g)
- Steam parameters:
 - Temperature 515 °C
 - Pressure 110 bar
 - Steam flow 582 kg/s
- Steaming ratio: 4.2 kg/kgds
- Furnace dimensions:
 - Height ca. 100 m
 - Floor area ca. 500 m²
- HHRR: 3.8 MW/m²
- Load: 24.5 tds/m²d



ANDRITZ
Pulp & Paper

Table of contents

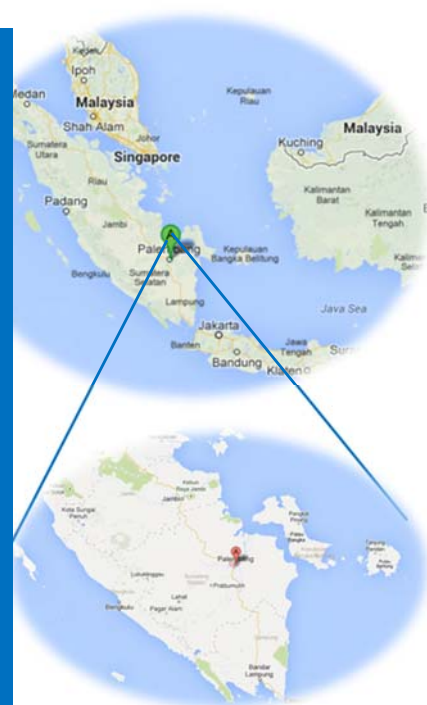
1. HERB® evolution - Installed base
2. Scope and basic data
3. **Construction and commissioning**
4. Operation and experiences
5. Summary

ANDRITZ
Pulp & Paper

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning

- Pre-engineering phase: 2-11/2013
- Contract/start-date of the project 15.11.2013
- Start of boiler building erection: 15.12.2014
- Start of boiler pressure part assembly: 1.9.2015
- Hydro test: 25.5.2016
- Start of liquor firing (start-up date): 15.12.2016
- Hand-over: 15.6.2017
- Guarantee tests 2018/2019



ANDRITZ
Pulp & Paper

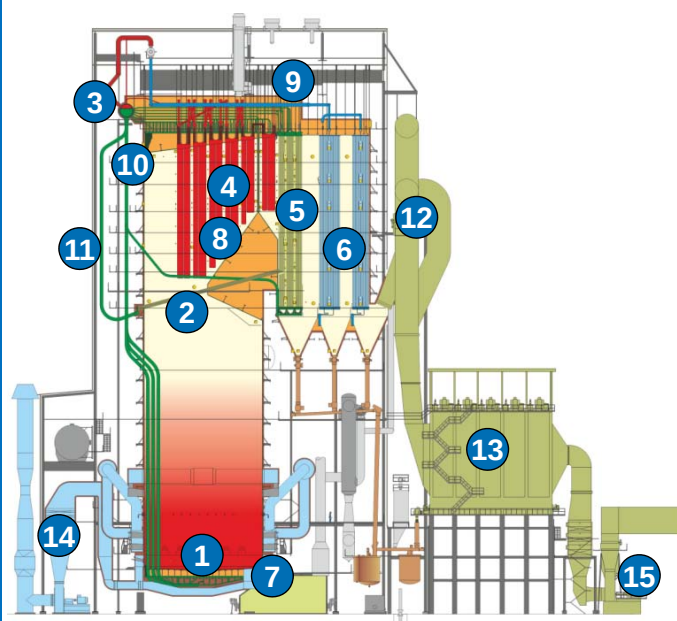
13

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning

1. Furnace
2. Furnace screen
3. Steam drum
4. Superheaters
5. Boiler bank
6. Economizers
7. Smelt spouts
8. Sootblowers
9. Steel structures
10. Boiler support system
11. HP piping and equipment
12. Ducting
13. Precipitator
14. Air fans
15. Fluegas fans



ANDRITZ
Pulp & Paper

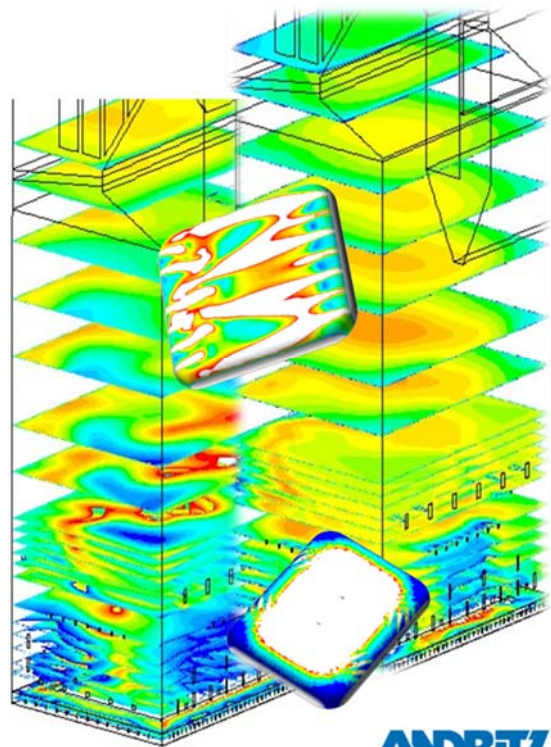
14

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning

- Extensive CFD modeling of
 - Air distribution and flows
 - Black liquor spraying and charbed formation
- Basic design concerns were checked
 - Spout loading and number of spouts
 - Mechanical details (scale-up issues)
- Process wise no major concerns or issues
 - Upgrade during design phase
 - Doubling of some critical components



ANDRITZ
Pulp & Paper

15

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning



ANDRITZ
Pulp & Paper

16

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning

- Steam drum:
 - Inner dia. 2,210 mm
 - Length 23,000 mm
 - Weight 270,000 kg
- Precipitators:
 - Five chambers
 - Five fields
 - Dust 30 mg/m³n (@ 6% O₂)
- Special designs:
 - PA and TA fans doubled
 - Two main steam lines
- Upgraded during the project phase:
 - Original: 11,600 tds/d
 - Upgraded: 12,000 tds/d



ANDRITZ
Pulp & Paper

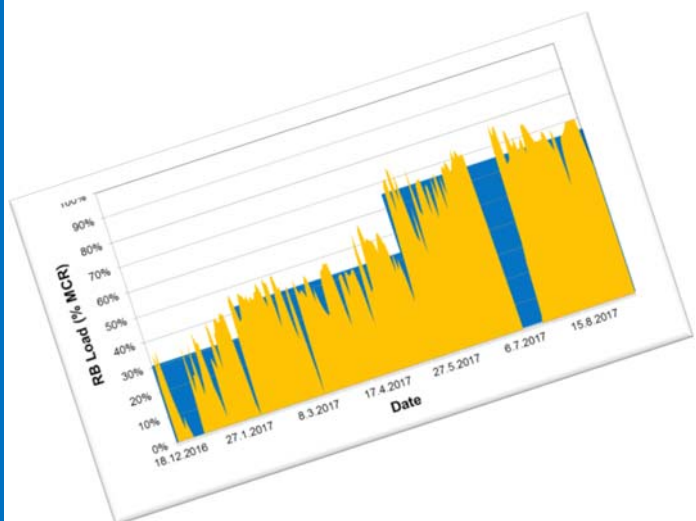
17

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning

- Mill started with only one fiberline in December 2016
- Low load operation for the first six months (% of MCR)
 - 30% end of January, 2017
 - 40-45% beginning of May, 2017
 - 60-70% after the commissioning of the second fiberline in May 2017



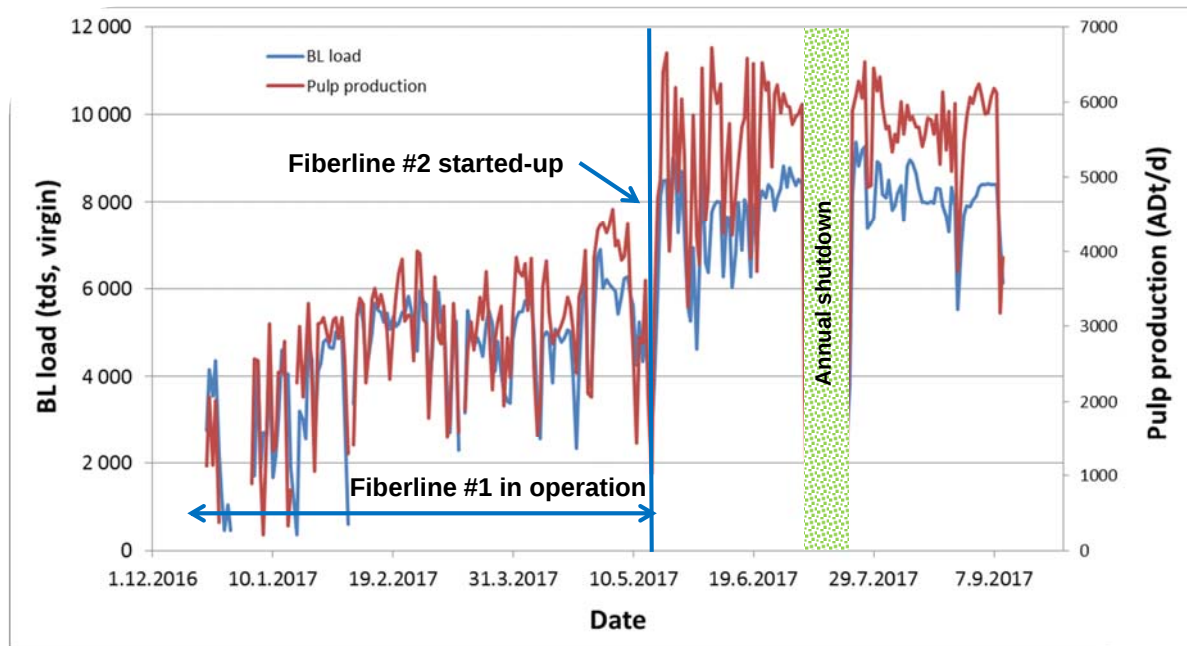
ANDRITZ
Pulp & Paper

18

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning



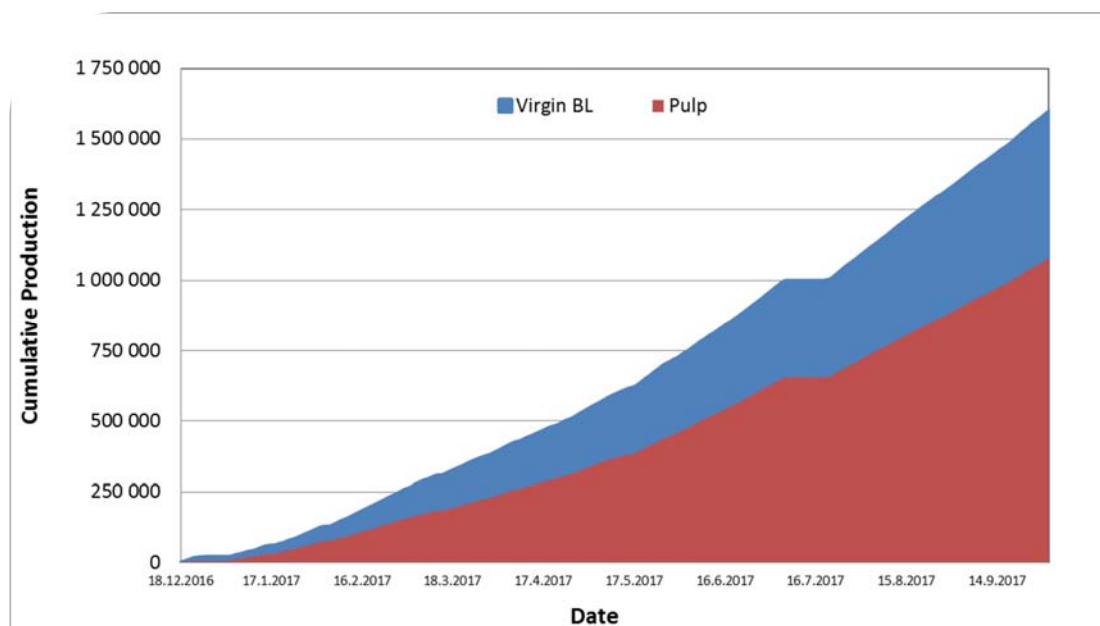
19

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Construction and commissioning



20

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

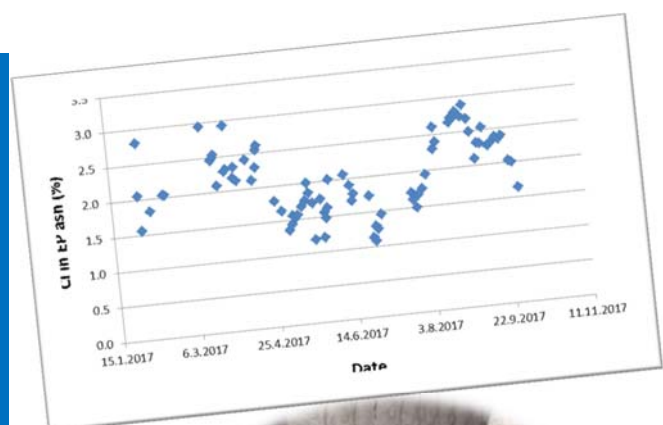
ANDRITZ
Pulp & Paper

Table of contents

1. HERB® evolution - Installed base
2. Scope and benefits
3. Construction and commissioning
4. Operational experiences
5. Summary

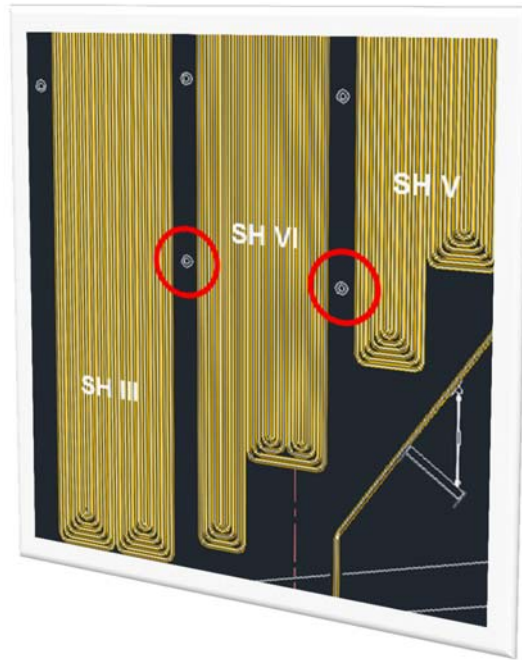
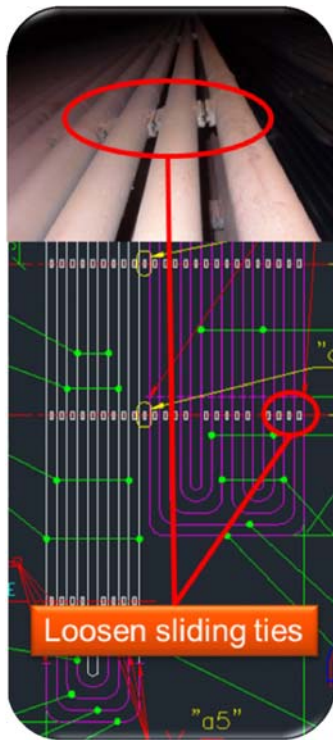
Record breaking OKI HERB® Recovery boiler Operational experiences

- Main concerns during start-up
 - Low load start-up and operation
 - Heavy fuel oil burning
 - Swinging load
 - Mechanical issues
 - Fatigue problems
- Encountered operational issues
 - High K and CI levels
 - Removal system start-up
 - Removal system failure
 - Precipitator operation
 - Superheater bending
 - Loose sliding ties



Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Operational experiences



ANDRITZ
Pulp & Paper

23

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Operational experiences



ANDRITZ
Pulp & Paper

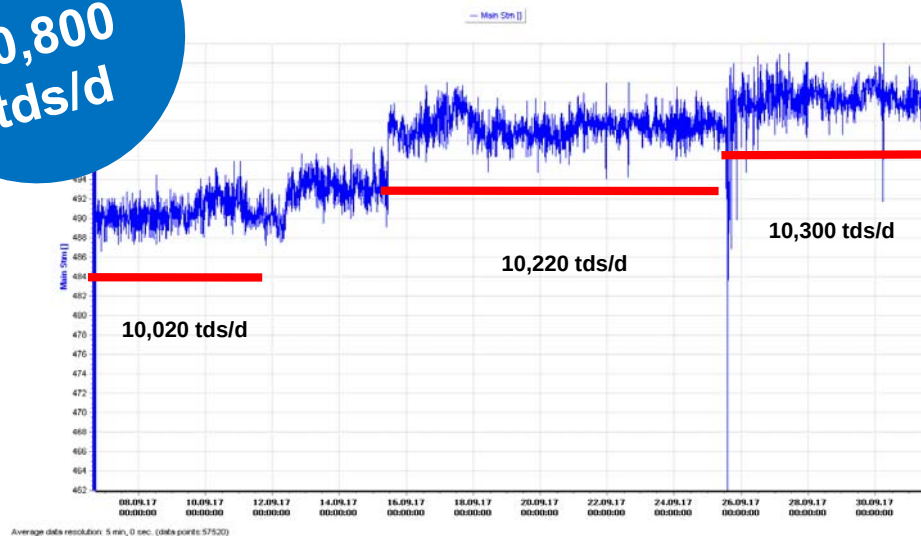
24

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Operational experiences

Record
10,800
tds/d



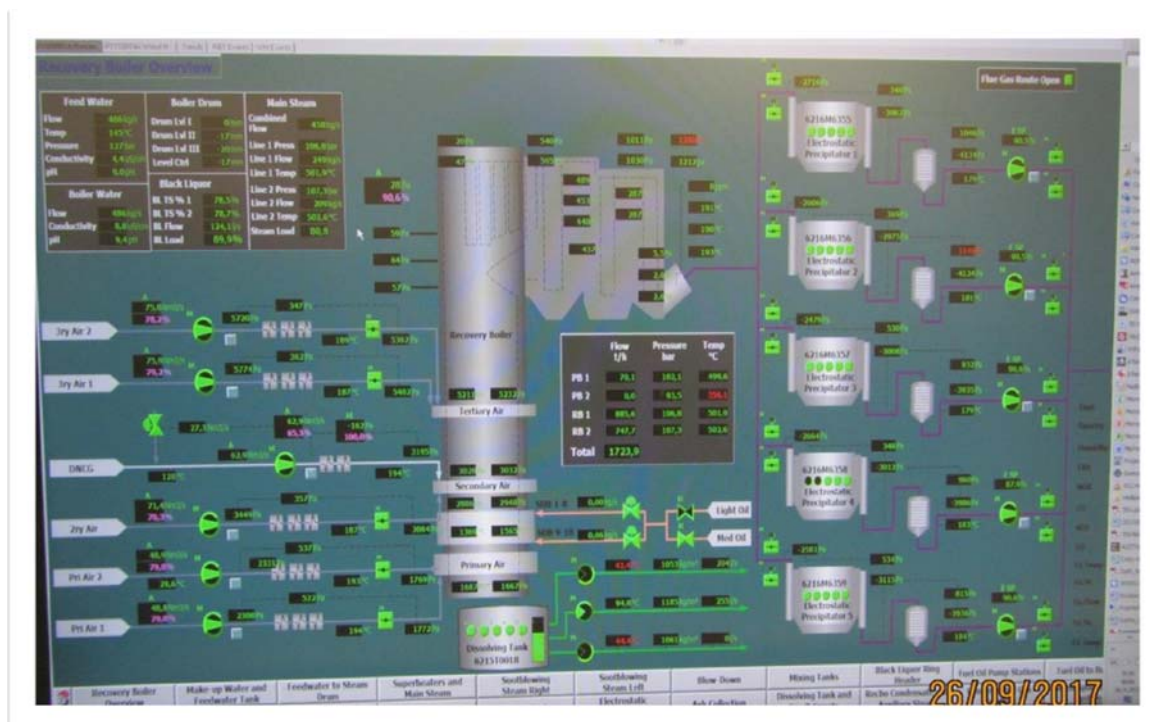
25

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Operational experiences

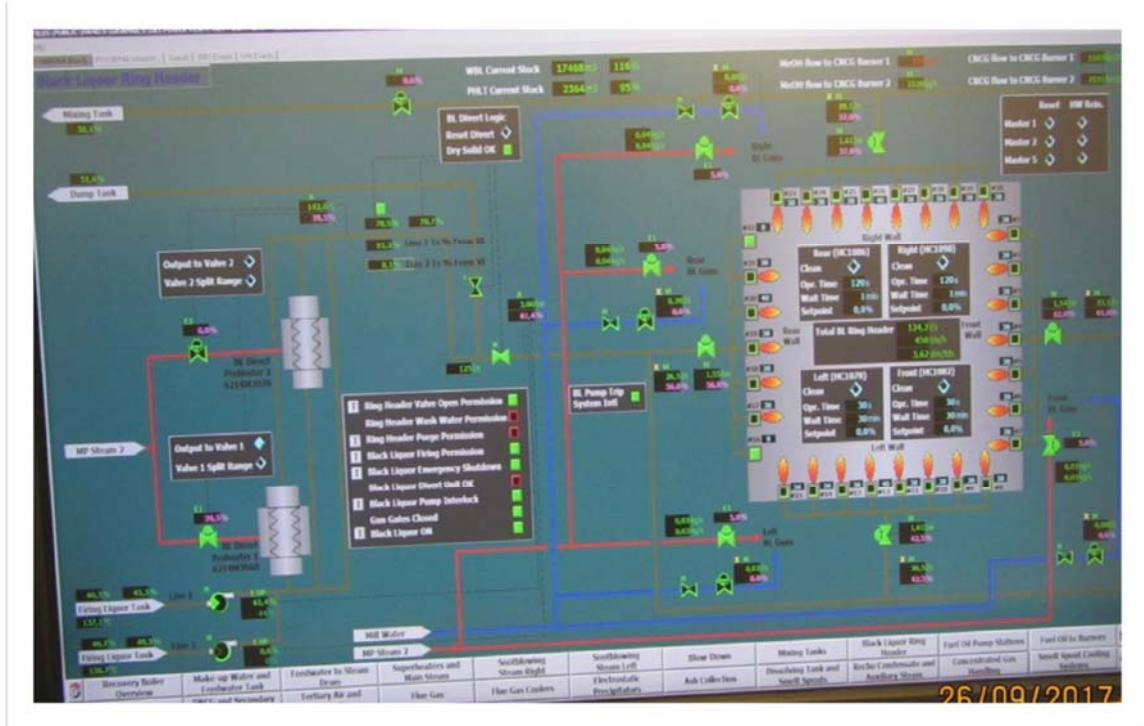


26

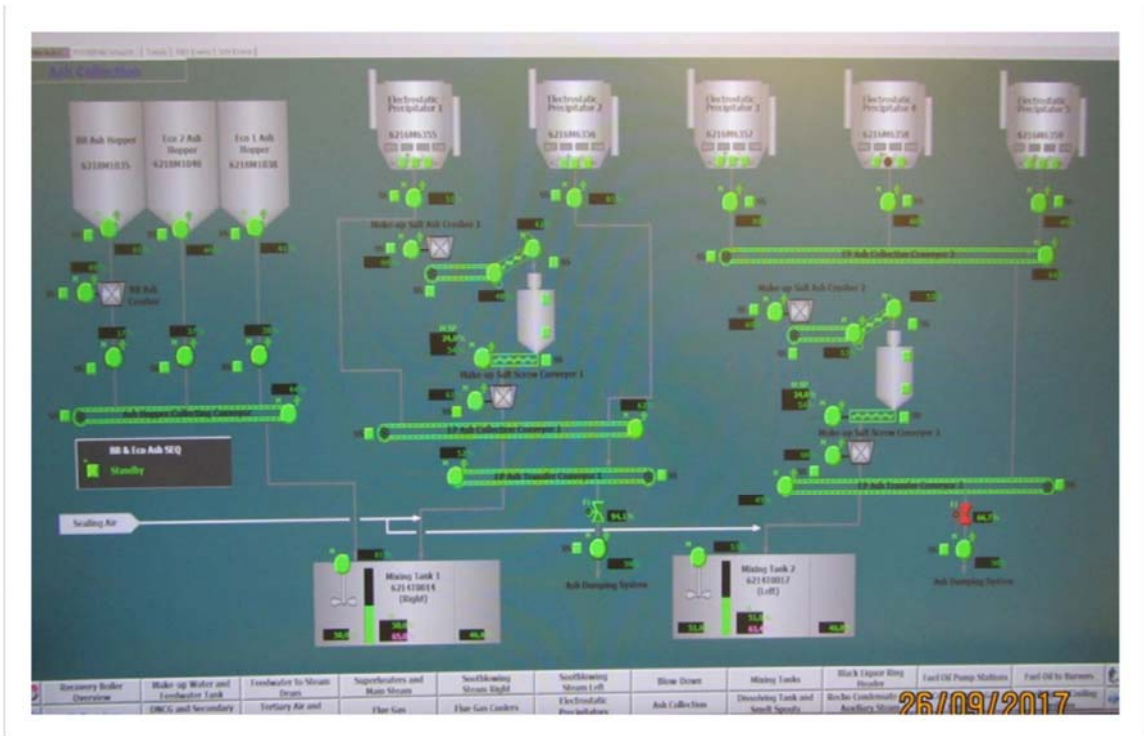
Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

Operational experiences

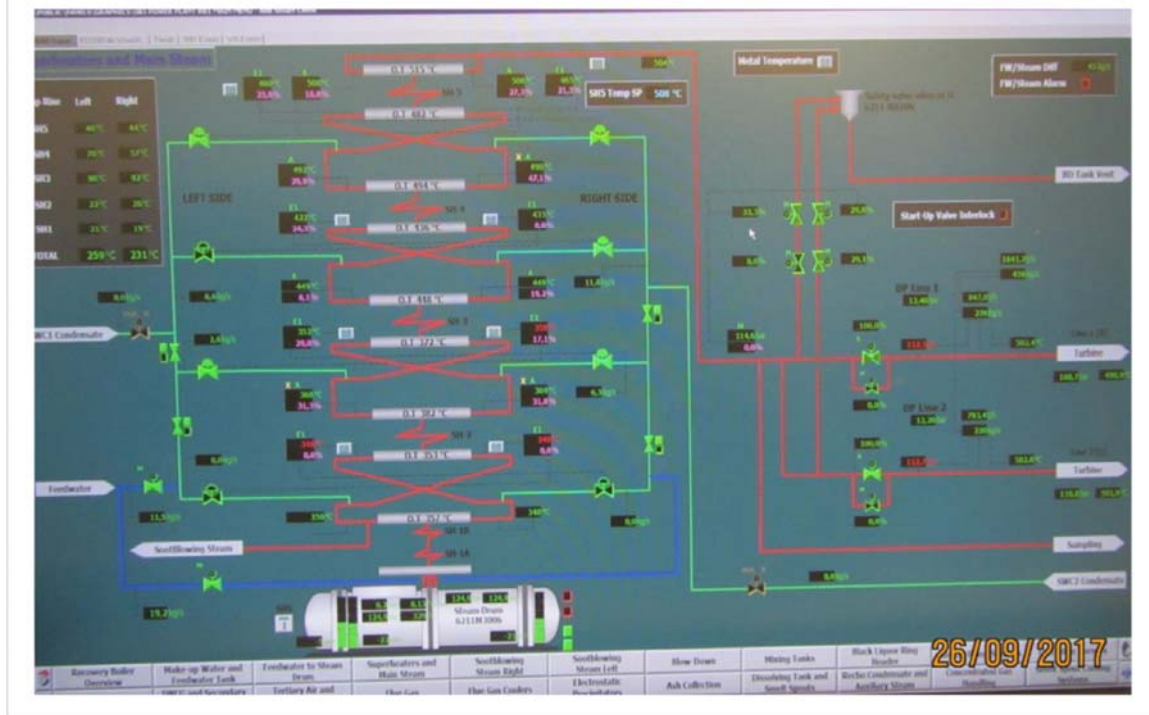


Operational experiences



Record breaking OKI HERB® Recovery boiler

Operational experiences



29

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

Table of contents

1. HERB® evolution - Installed base
2. Scope and basic data
3. Construction and Commissioning
4. Operational experiences
5. Summary

30

Recovery Boiler PG / Soodakattilapäivä OKI, 02.11.2017 Henrik Wikstedt

ANDRITZ
Pulp & Paper

OKI HERB® Recovery boiler breaking world records

Summary

- World's largest recovery boiler (HERB®) has been successfully started-up
- After a low-load start-up, boiler is constantly gaining higher loads
- World record in BL burning 10 800 tds/d
- New records to be seen in near future
- Process wise OKI boiler has been working as expected
- Few mechanical issues encountered, less than expected
- APP considering mill capacity up-grade



ANDRITZ
Pulp & Paper

Legal Disclaimer

All data, information, statements, photographs, and graphic illustrations contained in this presentation are without any obligation to the publisher and raise no liabilities to ANDRITZ AG or any affiliated companies, nor shall the contents in this presentation form part of any sales contracts, which may be concluded between ANDRITZ GROUP companies and purchasers of equipment and/or systems referred to herein.

© ANDRITZ AG 2017. All rights reserved. No part of this copyrighted work may be reproduced, modified or distributed in any form or by any means, or stored in any database or retrieval system, without the prior written permission of ANDRITZ AG or its affiliates. Any such unauthorized use for any purpose is a violation of the relevant copyright laws.

ANDRITZ
Pulp & Paper

ANDRITZ
Pulp & Paper



Thank you!

PROTECTIVE CLOTHING FOR THE PULP AND PAPER INDUSTRY

Jim Ellis, Paul Kieman
W. L. Gore & Associates, Inc.

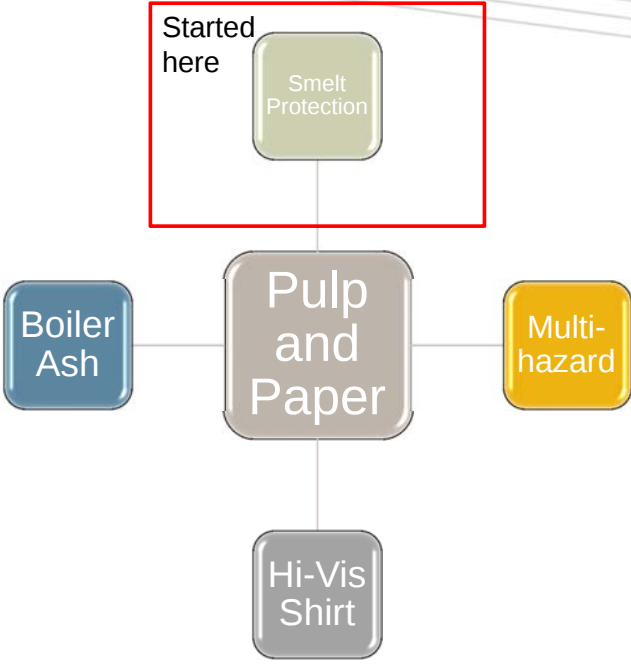
Protective Apparel for the Pulp and Paper Industry

Presented by:
Jim Ellis, Paul Kiernan
When: November 2, 2017
Where: Helsinki, Finland

W. L. Gore & Associates



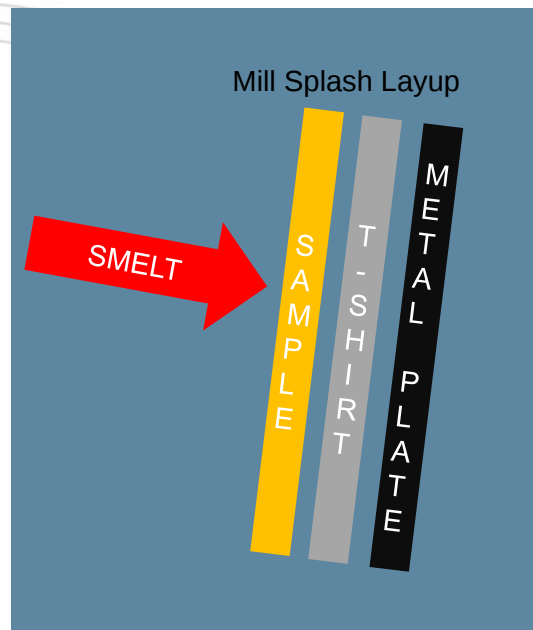
Gore investigating several areas within P&P that might have gaps in protection or unmet needs in comfort



Confidential Gore Technology



Initial Mill Splash Testing



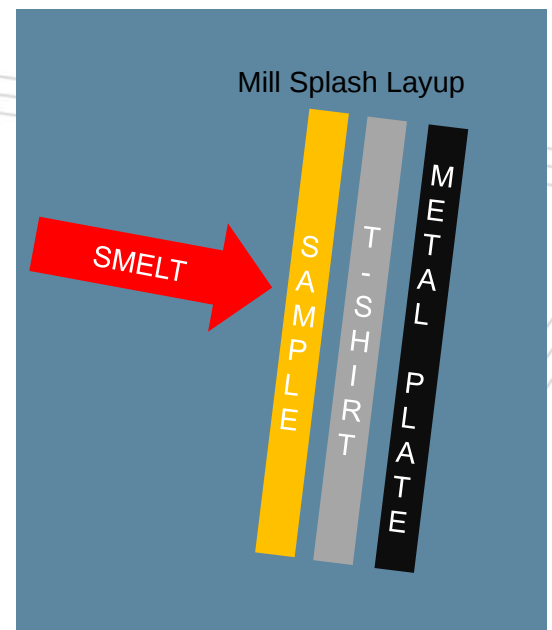
Confidential Gore Technology

Mill Splash Results

Description

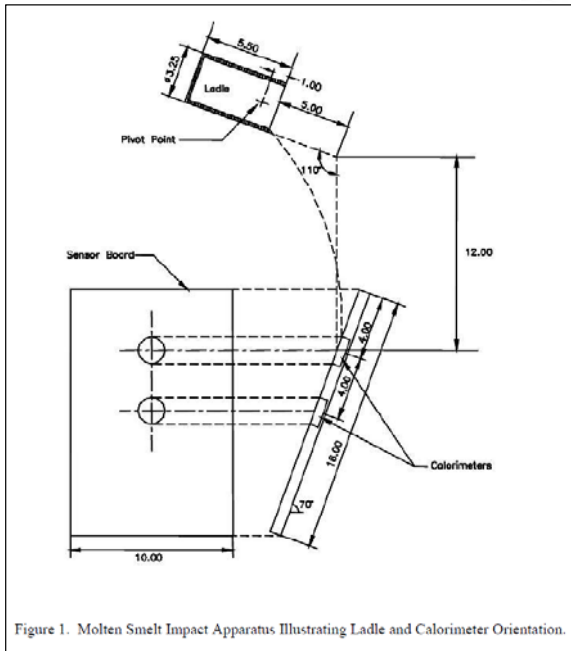
190sy Aluminized
Aramid Blend

8.50sy O-Pan
(Carbon Fiber)

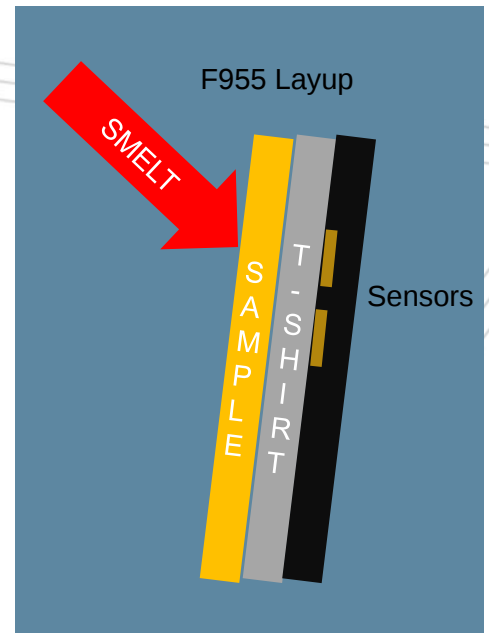


Confidential Gore Technology

ASTM F955 Apparatus



Tests performed with **500g (1.1lb)** of Smelt at 843C (1550F) over new cotton T shirt



Confidential Gore Technology

What we discovered



Confidential Gore Technology



O-Pan (Carbon) Fiber – Back Coated with Silicone

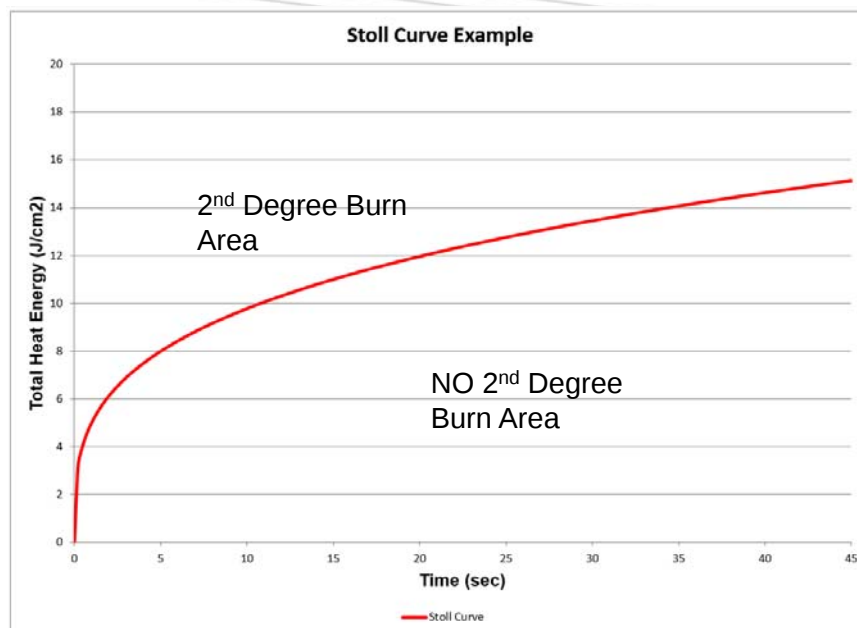


Tests performed with 500g (1.1lb) of Smelt at 843C (1550F) over wet cotton T shirt



Confidential Gore Technology

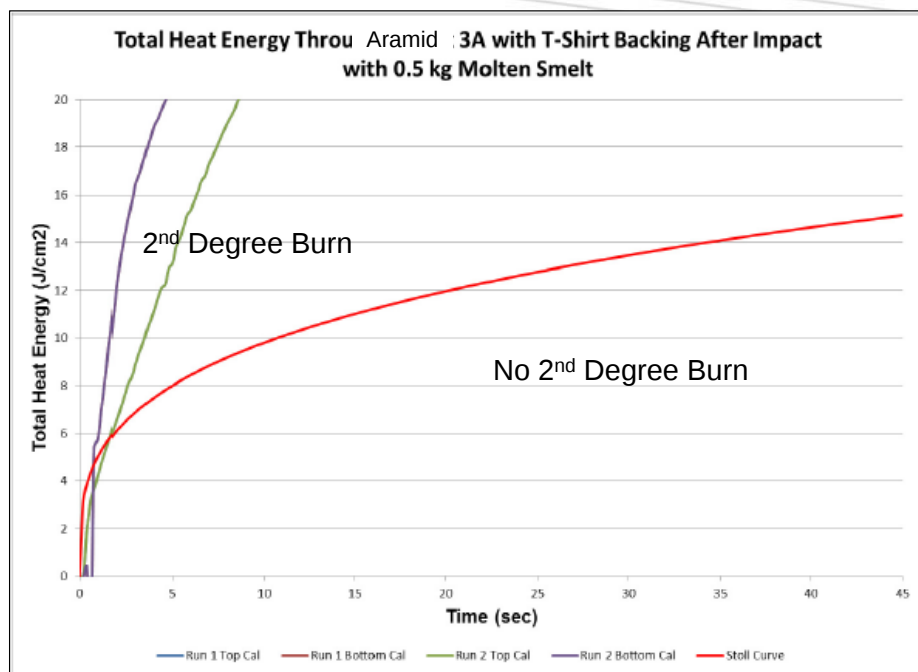
Stoll Curve Explained



Confidential Gore Technology



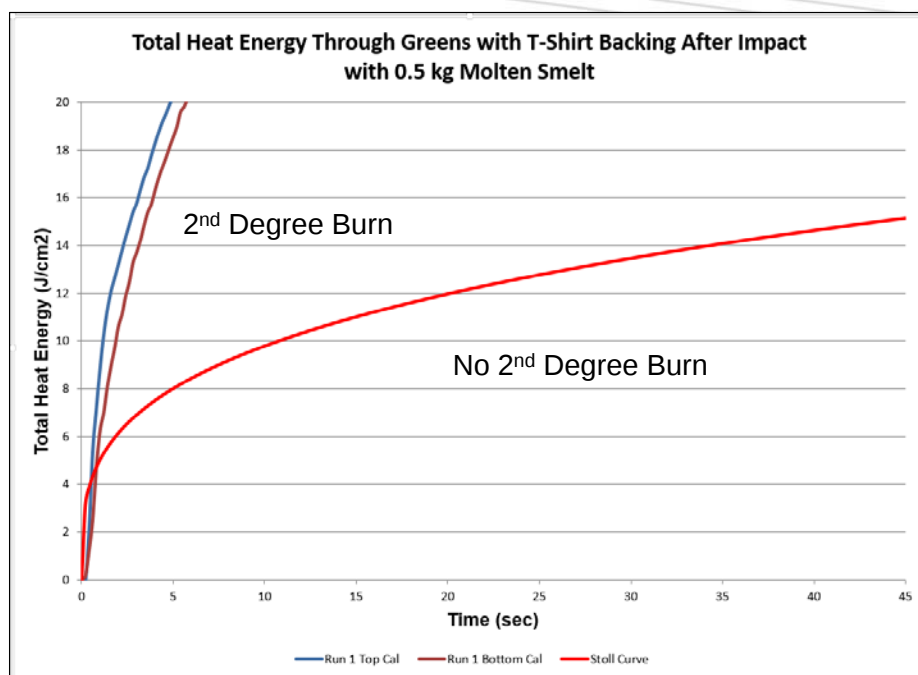
Aramid Blend – 145g/m² (4.3oz/yd²)



Confidential Gore Technology



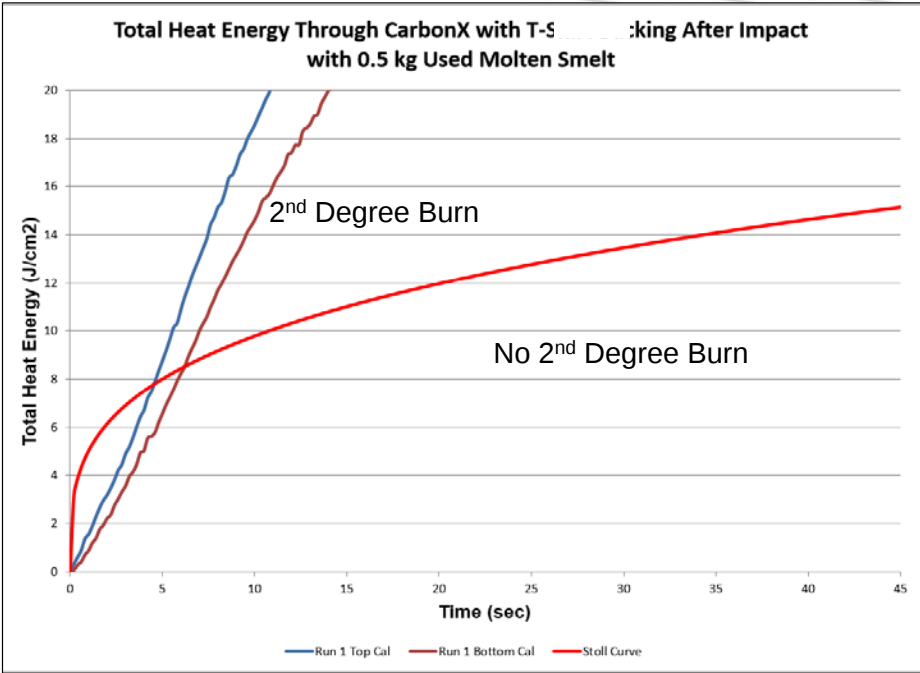
“Greens” – 12oz/yd²



Confidential Gore Technology



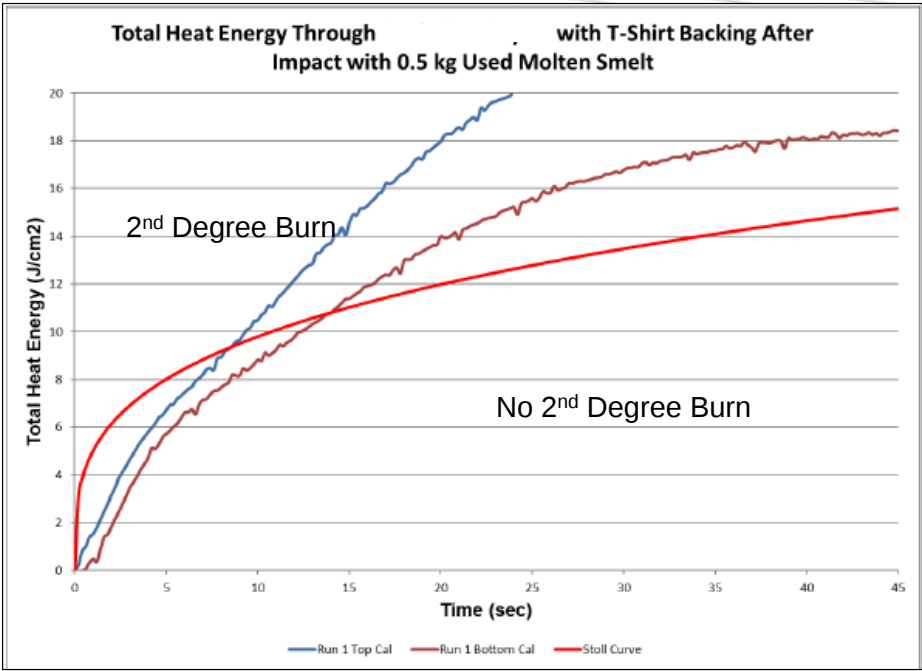
O-Pan Fiber – Silicone Coated 8.5oz/yd²



Confidential Gore Technology



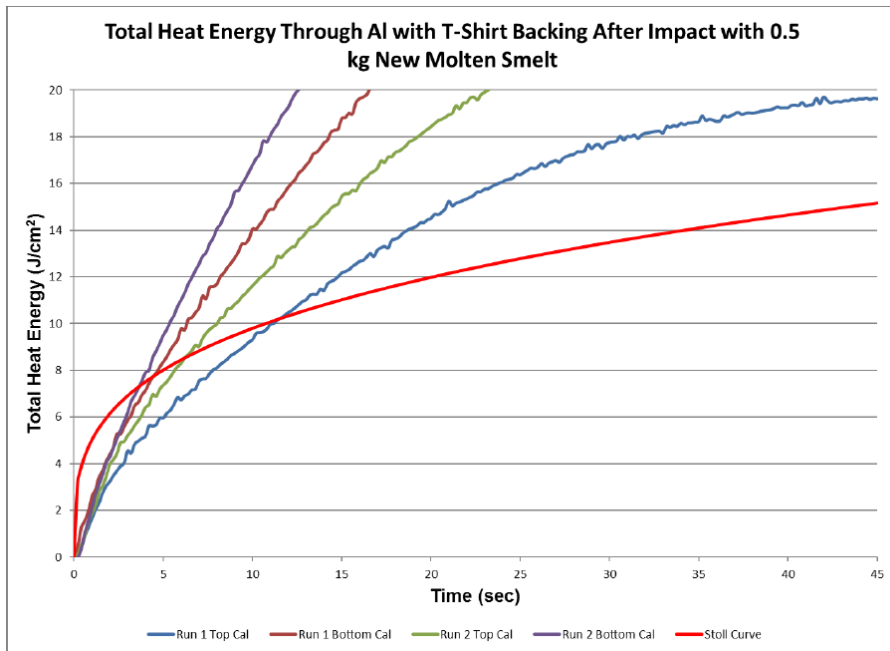
Wool – Double Layer – 15oz/yd²



Confidential Gore Technology



Aluminized Aramid



Confidential Gore Technology



Molten Splash in ASTM F955 – Slow Motion Gore Vulcan Molten Splash Protection



Tests performed with 500g (1.1lb)
of Smelt at 843C (1550F)

Confidential Gore Technology



Wall #1 – Quick Shedding



Confidential Gore Technology



Wall #2 Char Formation



Confidential Gore Technology



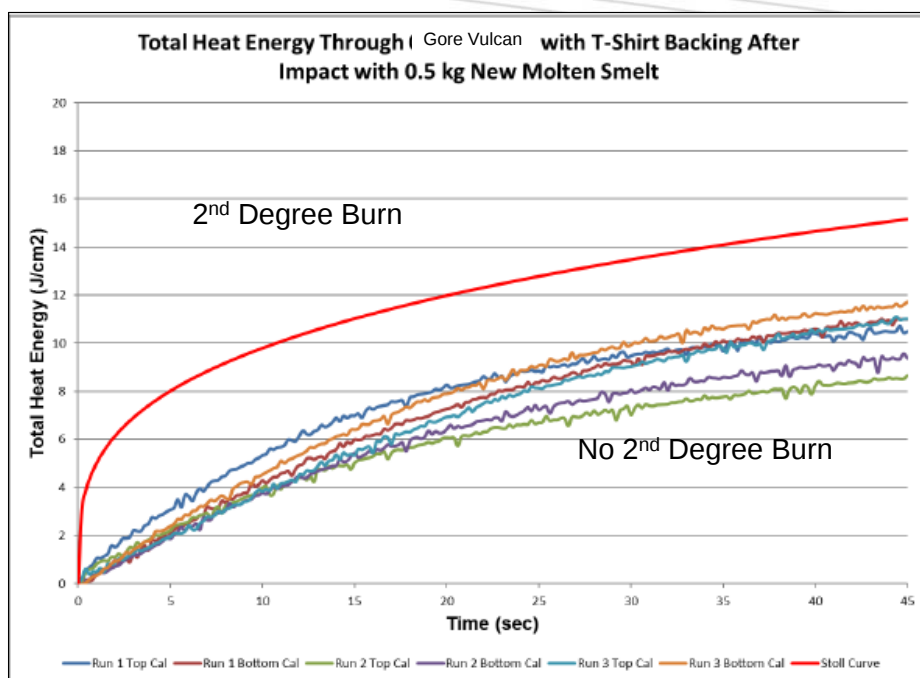
Wall #3 Barrier Integrity



Confidential Gore Technology



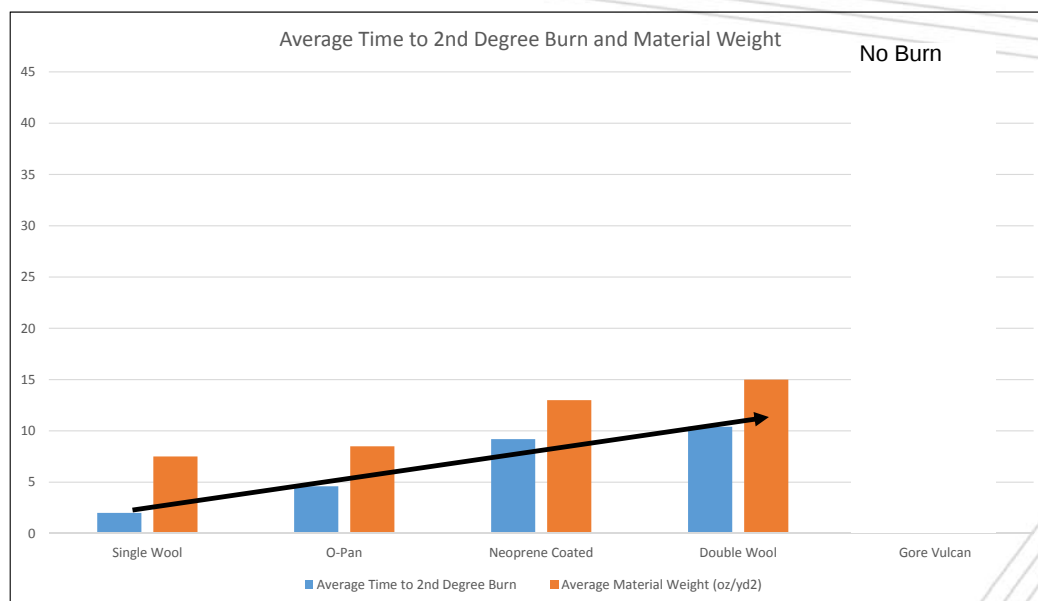
GORE® Vulcan –4.3oz/yd²



Confidential Gore Technology



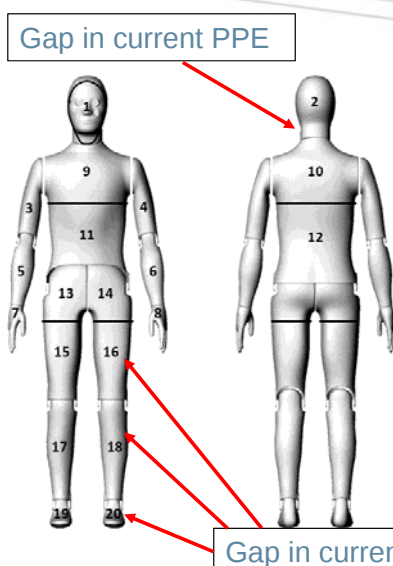
Time to 2nd Degree Burn and Material Weight



Confidential Gore Technology



Overview of “gaps” in molten protective apparel



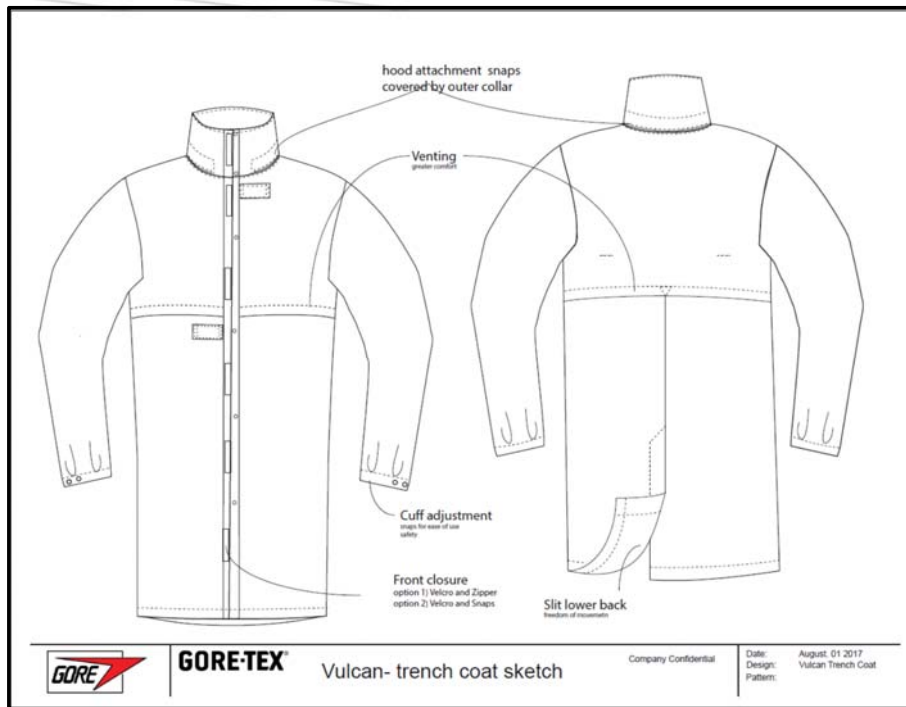
Boiler Worker Burn Prediction Map

Body Point	PPE Used	PPE upgrade
1	Face Shield	None
2	Hard hat	Lower neck protection
3 & 4	Long sleeves	Molten splash protective
5 & 6	Long sleeves	Molten splash protective
7 & 8	Welder Gloves	Molten splash protective
9 & 10	FR Jacket	Molten splash
11 & 12	FR Jacket	Molten splash
13 & 14	Some jackets	Molten jacket (40" min.)
15 & 16	Not protected	Molten jacket (Trench)
17 & 18	Not protected	Molten splash pants
19 & 20	Inconsistent	Dip tested to 1700°F w/metatarsal guard

Confidential Gore Technology



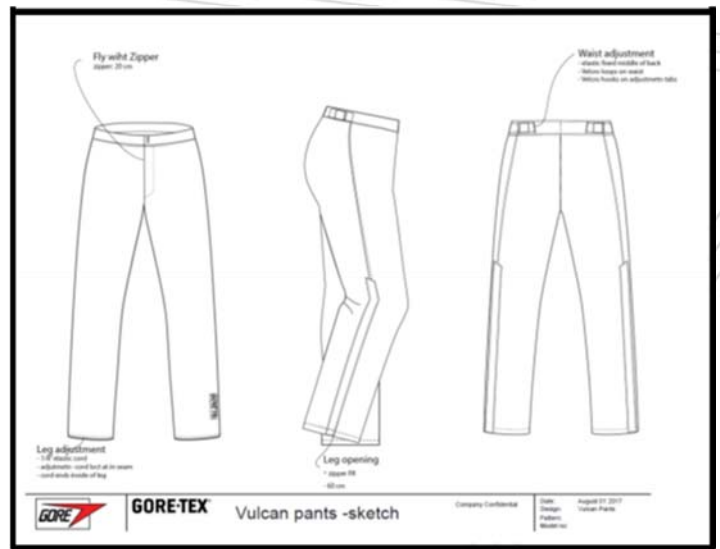
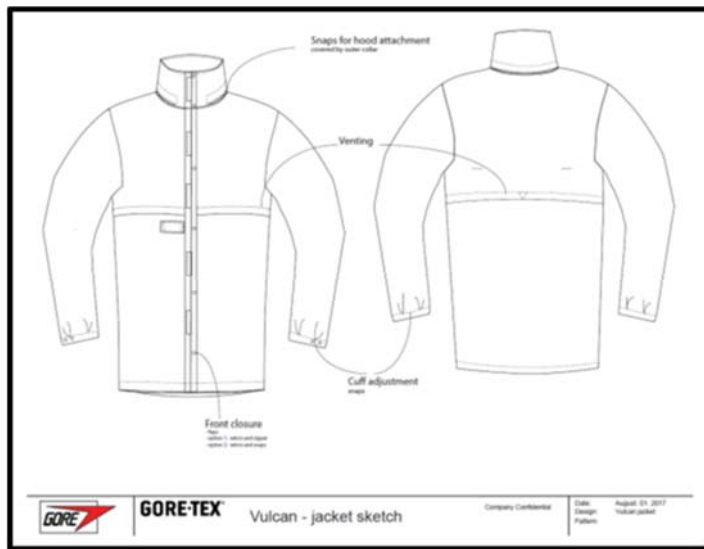
Review of GORE® FR APPAREL designed for boiler workers



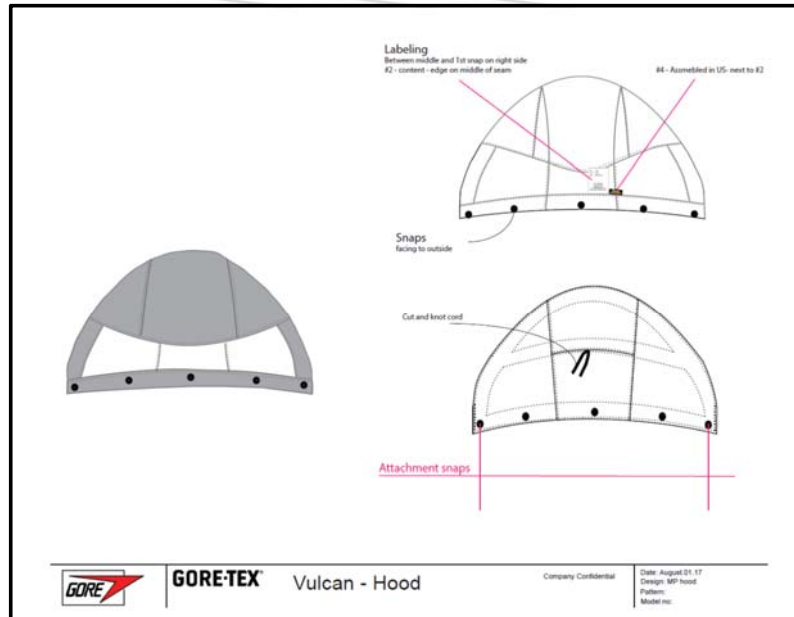
Confidential Gore Technology



Review of GORE® FR APPAREL designed for boiler workers



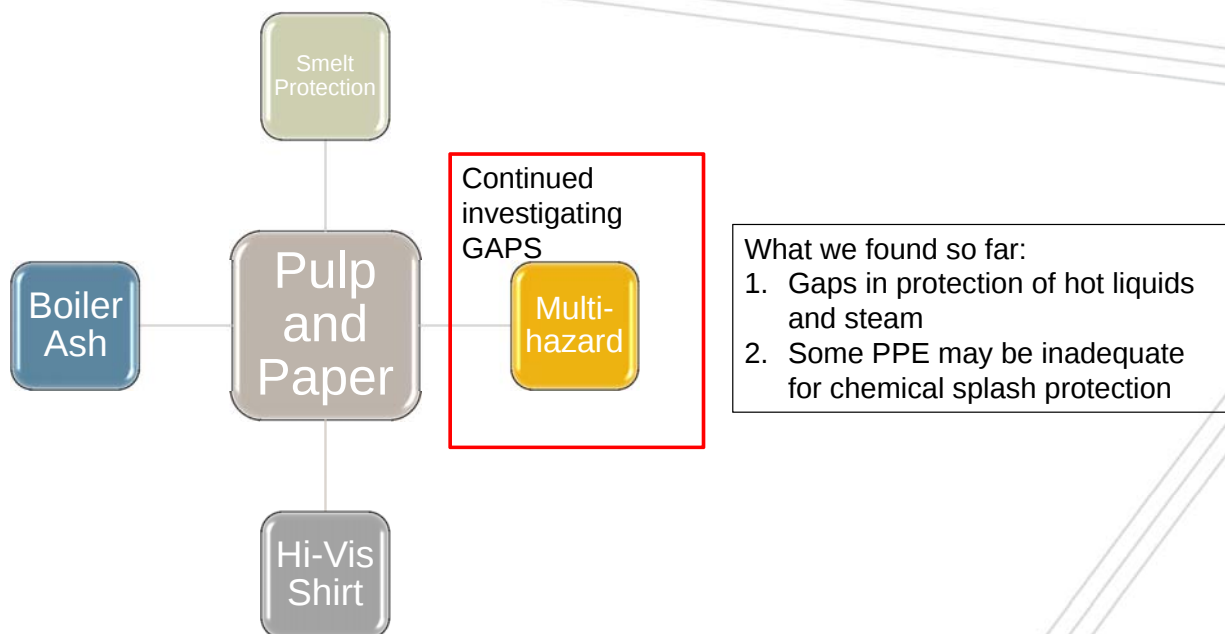
Review of GORE® FR APPAREL designed for boiler workers



W. L. Gore & Associates



Next Investigation: Gore Multi-hazard PPE for P&P, protection from hot liquids and steam



Confidential Gore Technology



Industry Want for Multi-Hazard Garment

- Garments with maximum versatility
 - Chemical Protection
 - Steam and Hot Liquid Protection
 - Flash Fire and Arc Flash
 - Hi-Visibility
- While maintaining maximum comfort

Confidential Gore Technology



Next steps...

- GORE interested in visiting mills to perform comparative molten splash testing
- To participate in molten splash testing and garment wear trials of GORE® FR Apparel, please contact:

Jim Ellis

jellis@wlgore.com

USA: 1 443 907 5751, cell



**SODAHUSKOMMITTÉN - RUOTSALAIS-NORJALAINEN
SOODAKATTILAKOMITEA, VUOSIKATSAUS 2016**

*Kajsa Fougner
Sodahuskommittén*

Report from the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee

Finnish Recovery Boiler Conference 20171102

Kajsa Fougner, ÅF

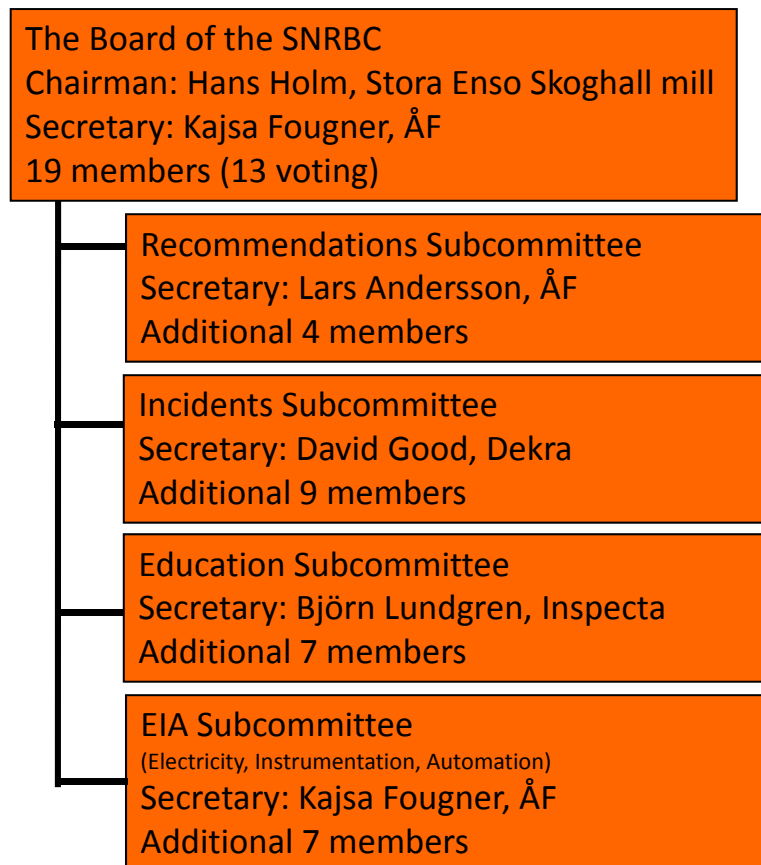
Secretary of the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee (SNRBC)



Topics

- Organization
- Recovery Boilers in Sweden and Norway
- Reported incidents
- Recommendations
- Certification of operators
- Experience sharing day
- Recovery Boiler meeting
- Prioritized projects

Organization



Recovery Boilers in Sweden and Norway

Autumn 2016

- Increased capacity recovery boiler Södra Cell Värö

Autumn 2013

- The boiler in SCA Munksund was converted to single drum
- New evaporator line in BillerudKorsnäs Skärblacka

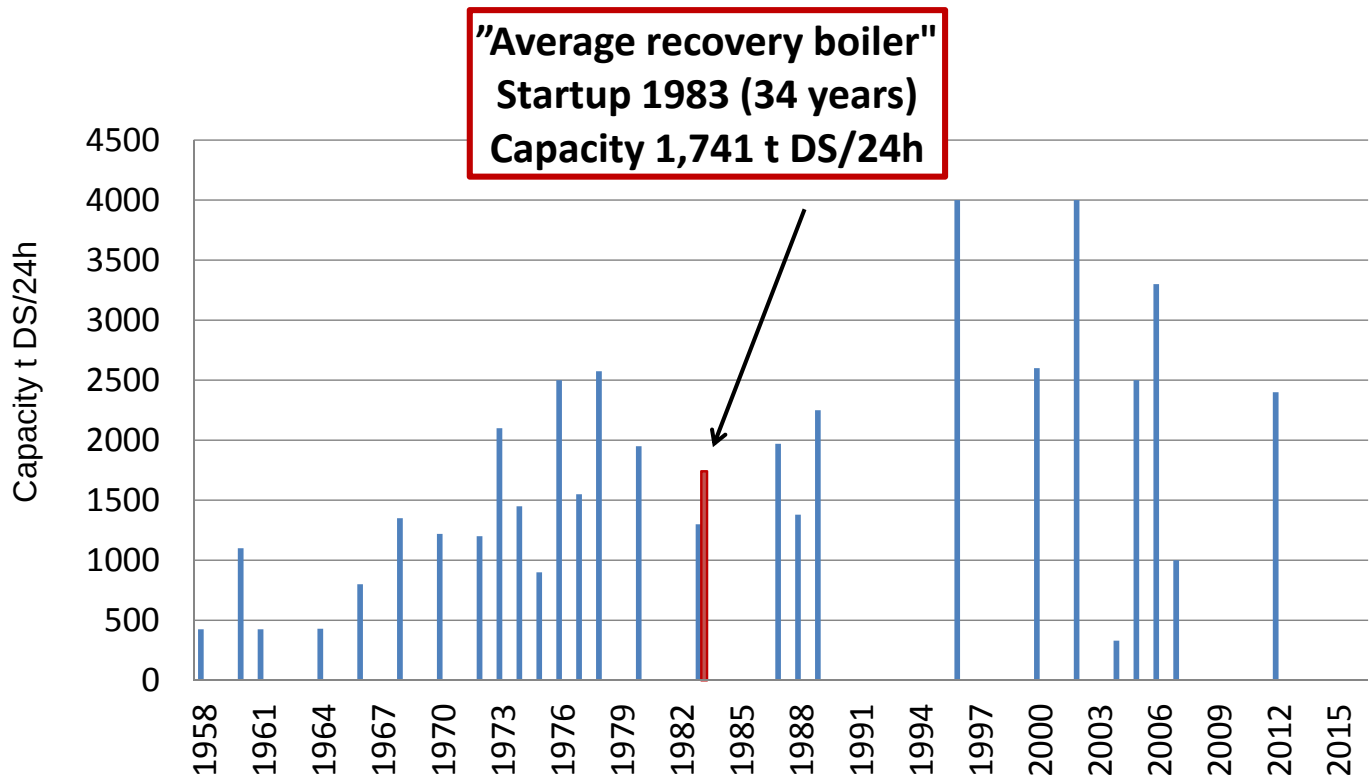
Summer 2013

- Closure of Södra Cell Tofte, Norway

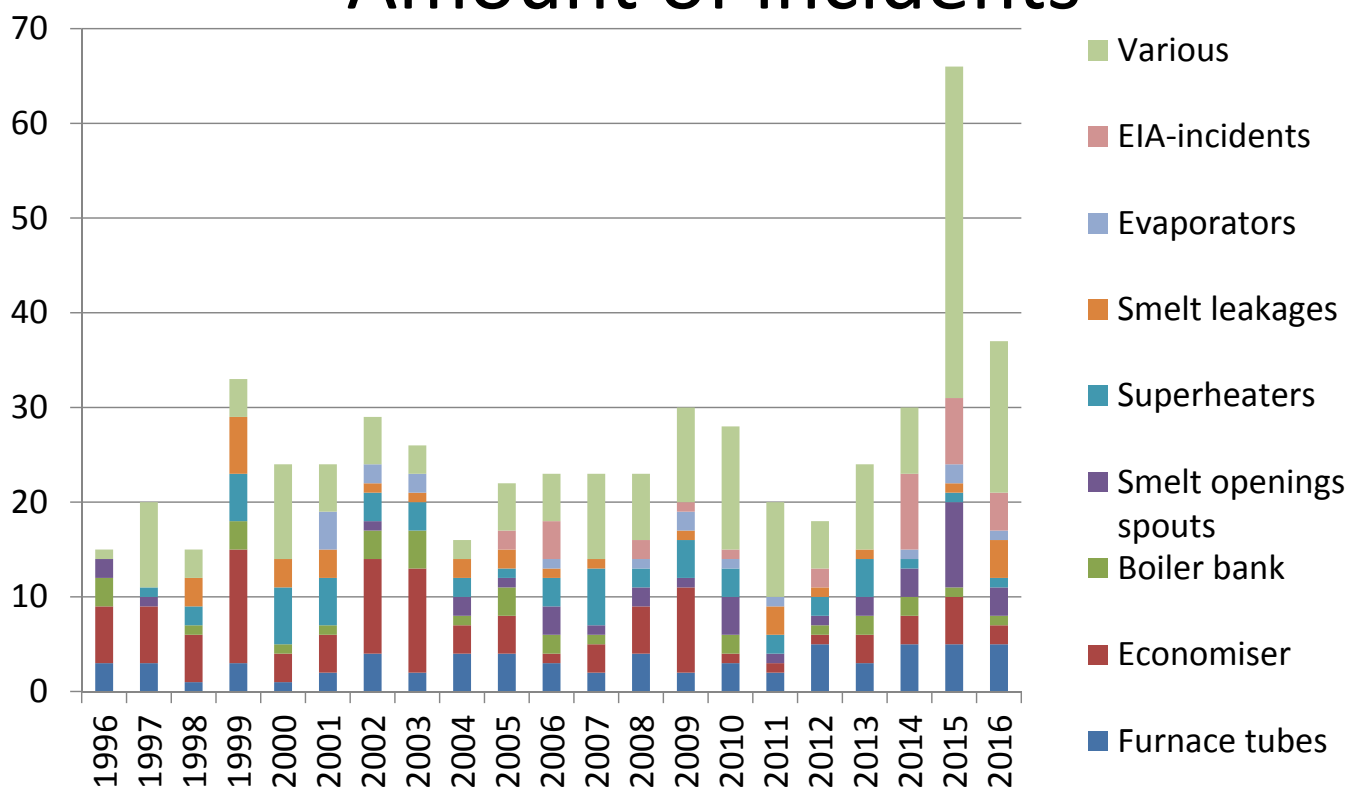
Summer 2012

- Start up of a new boiler in Holmen Iggesund (the two old boilers were shut)

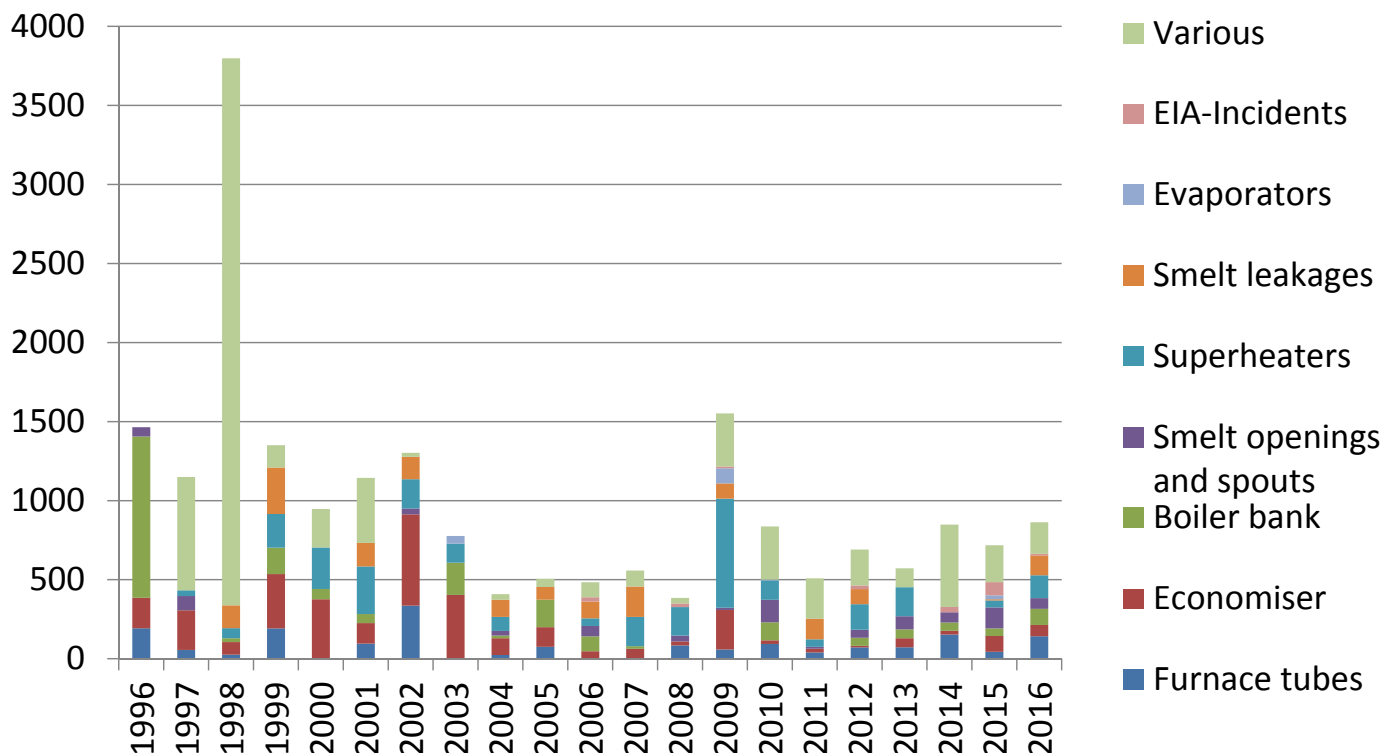
Recovery Boilers in Sweden and Norway



Reported incidents - Amount of incidents



Reported incidents - Down time [h]



Recommendations

The SNRBC has 40 recommendations, divided in areas like:

B: Construction and equipment

C: Operation and operational disturbances

B: Konstruktion och utrustning

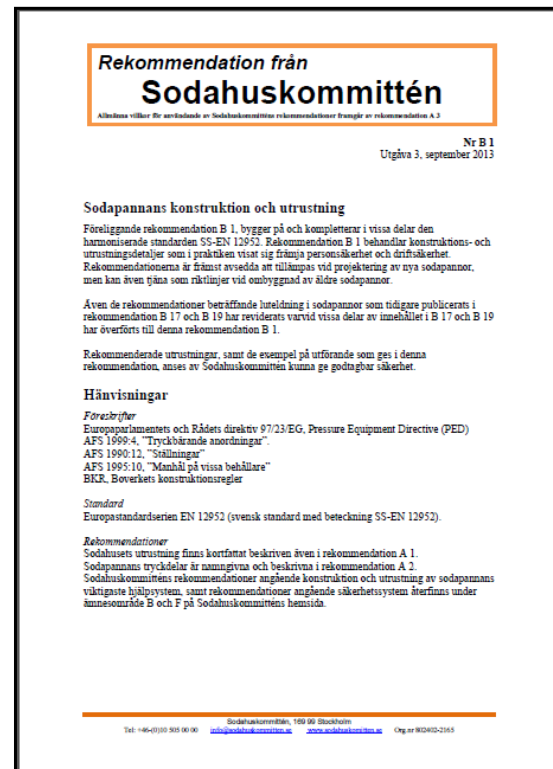
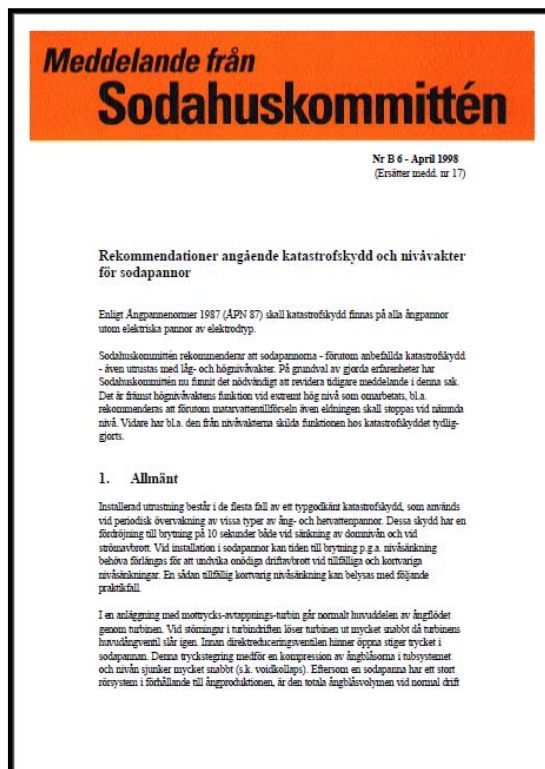
Nr.	Titel	Utgåva	År
B1	Sodapannors konstruktion och utrustning	3	2013
B2	Säkerhet i sodahusbyggnader	1	2001

C: Drift och driftstörningar

Nr.	Titel	Utgåva	År
C1	Information om kritiska tillstånd och händelser i sodahuset.	2	2003
C2	Information om sodapannedrift samt förebyggande och åtgärdande av driftstörningar.	2	2001

Updating of the recommendations every third year

Recommendations



Certification of recovery boiler operators

The education take place during three occasions, one week each.

The minimum accepted recovery boiler experience until examination and certification is 2 years.

All certificates need to be updated/renewed each 7th year.

The “re-examination test” is web-based and divided into three main parts:

- Recovery boiler design
- Combustion optimization
- Safety

Certification of recovery boiler operators

The education take place during three occasions, one week each.

The minimum accepted recovery boiler experience until examination and certification is 2 years.

All certificates need to be updated/renewed each 7th year.

The “re-examination test” is web-b

- Recovery boiler design
- Combustion optimization
- Safety

Reconfiguration ongoing!
Adaption to new swedish regulation
concerning pressure vessels

Experience sharing day 2017

Operators and other persons from member companies meet and discuss important topics.

2017 the topic was

”How do we act during critical situations, how can safe actions be supported?”

- How does it look in our home mills
 - Recent situations, routines, instructions
- Regulations, norms, recommendations
- Discussions

Recovery Boiler Meeting 2017

...was hosted by Södra Cell Värö. Participants went on tour in the heavily invested mill and also in the UNESCO world heritage Grimeton radio station.

Presentations, dinner together, recovery boiler operator certificates!



Prioritized projects 2017/ 2018

PIA – Paper Industry Database

Summary of data in PIA, accidents, incidents, observed risks – focus on risks related to smelt spout openings

Risk Analysis Recovery Boiler (continuation) – SIL classification

Guidelines on risk analysis of recovery boiler incl

- required safety functions in a recovery boiler
- by SNRBC recommended SIL-level (Safety Integrity Level) for each safety function

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYKSEN KUULUMISET

Markus Nieminen
Suomen Soodakattilayhdistys ry

Katsaus soodakattilayhdistyksen toimintaan 2017

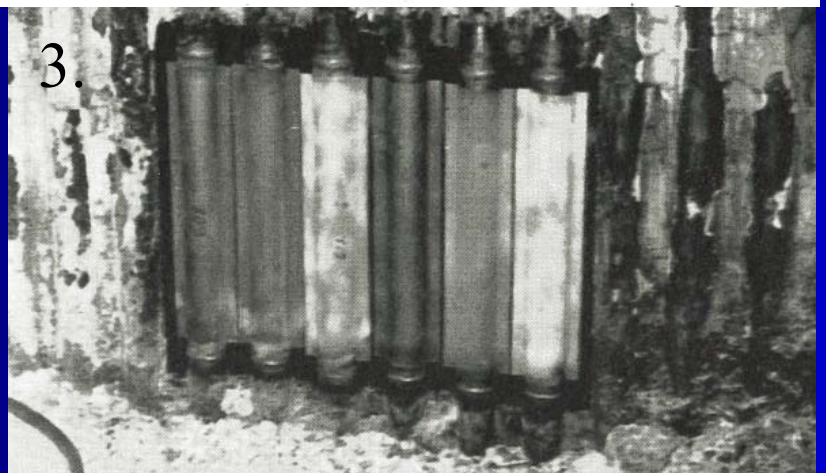
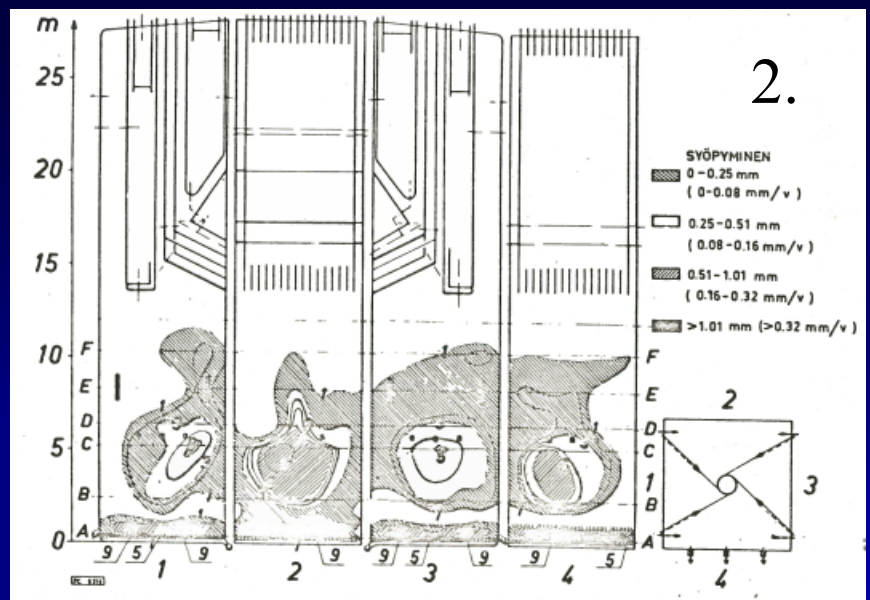
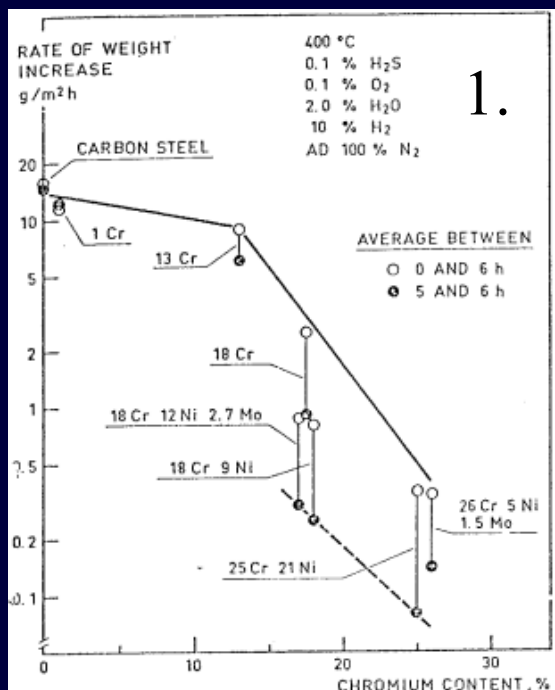
Soodakattilapäivä 2.11.2017

Soodakattilayhdistys perustettu 1964

- 1960-luvun alussa todettiin usean soodakattilan tulipesän alaosassa voimakasta syöpymistä
 - 1 mm syöpymävara kului loppuun 2-4 vuodessa
 - Korjaukset vaativat keskimäärin 46 vuorokauden seisokin
- Tämä johti ajatukseen yhteistoimin rahoitetusta tutkimuksesta ongelmien ratkaisemiseksi
 - Periaatteellinen päätös tutkimuksesta tehtiin Kaukaalla 20.11.1964
 - Rahoittajina olivat kaikki Suomen soodakattiloita käyttävät tehtaat
 - Vuosina 1965 - 1968 suoritetun tutkimuksen kokonaiskustannukset olivat nykyrahassa noin 1 000 000 euroa
 - Tutkimustietoa vaihdettiin ruotsalaisten sekä amerikkalaisten kanssa

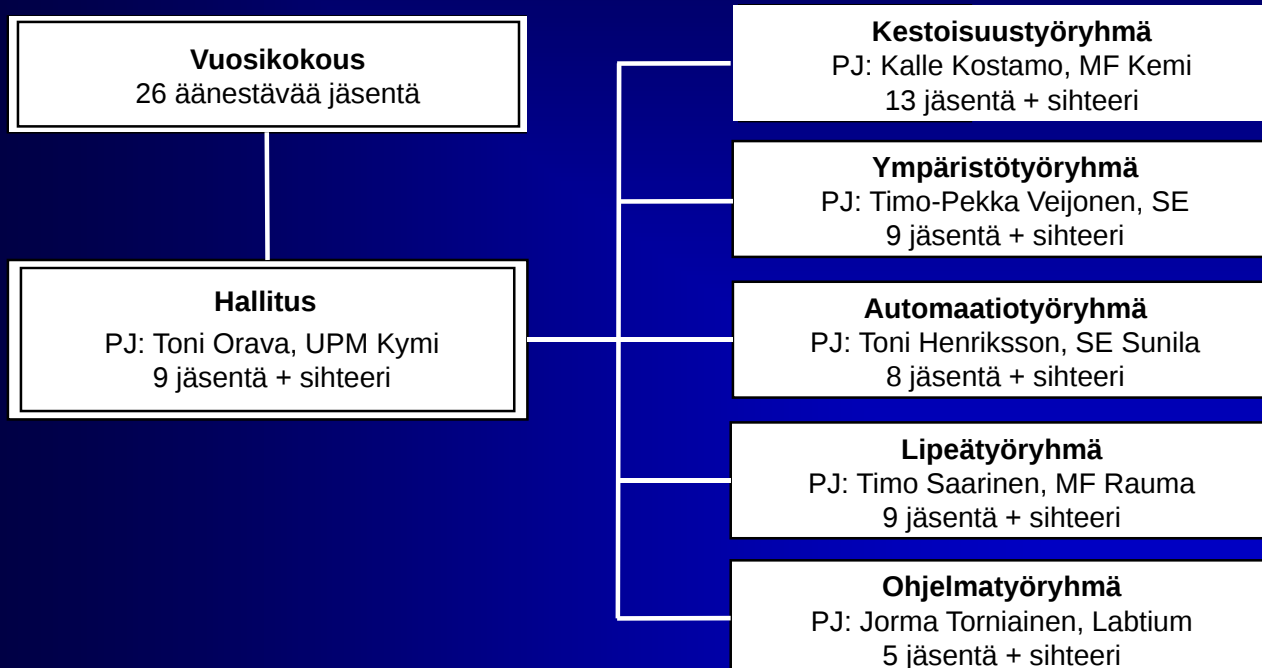
Syöpymistutkimus 1965-1968

- Tavoitteena oli selvittää tulipesäolosuhteet, syöpymän nopeus ja sen esiintymispaikat, syöpymiseen vaikuttavat tekijät sekä syöpymismekanismi ja erilaisten materiaalien kestoisuus
 - Tulipesän olosuhteita selvitettiin mm. kaasukoostumusmittauksien, kerrostuma-analyysien ja lämpömittausten avulla.
 - Hiiliteräksen korroosiomekanismia selvitettiin kattiloista otetuista putkinäytteistä ja koeputkista
 - Materiaalien kestoisuustutkimuksia suoritettiin laboratorioissa sekä soodakattiloiden yhteyteen rakennetuissa koeuuneissa sekä todellisissa käyttöolosuhteissa soodakattilan paineenalaisina seinäputkina
- Syöpymisen todettiin johtuvan sulfidikorroosiosta
- Julkaistiin ensimmäinen tulipesän seinäputkien suojaussuositus



- Kromipitoisuuden vaikutus korroosionopeuteen
- Syöpymäkartta
- Erilaisia seinäputkia kattilassa

SKY organisaatio 2017



Yhdistyksen nettisivut

- <http://www.soodakattilayhdistys.fi/>
- Uudistettu vuonna 2014
- Vain jäsenille saatavana:
 - Pöytäkirjat kokouksista
 - Vauriotietokanta (raportoidut soodakattilavauriot vuodesta 1972)
 - Tutkimusraportit (raportit ja suositukset vuodesta 1990)
 - Projektit (tietoa meneillään olevista projekteista ja ehdotuksista)



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Edistämme soodakattiloiden käyttö-
varmuutta, turvallisuutta, ympäristö-
ystävällisyyttä ja taloudellisuutta.

Omat tiedot

Briefly in English

Kirjaudu ulos

Yhdistys

Ajankohtaista

Kokoukset

Jäsenet

Ajankohtaista

31.10.2016

[Konemestaripäivän 2017 ohjelma
julkaistu](#)

15.10.2016

[7th Nordic Wood Biorefinery
Conference 2017](#)

14.10.2016

[International Chemical Recovery
Conference \(ICRC 2017\)](#)

Kokoukset

18.1.2017 | 14.00 | Skype-kokous
[Automaatioyöryhmän kokous](#)



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Soodakattilapäivä 2016 palautekyselyn tuloksia

Uusi kysely seminaarimateriaalin
mukana

Neljä kysymystä, yhteenveto

1. Missä asioissa yhdistys on onnistunut:

- + Yhdistys on saanut porukan kokoontumaan ja keskustelemaan omista kokemuksista ja ongelmista.
- + Seminaareissa hyviä esitelmiä ja tapaamisia kollegoiden, asiakkaiden ja kilpailijoiden välillä

2. Missä asioissa olisi parantamisen varaa:

- Tulosten / tutkimusten tiedottaminen
- Paremmiin esille yhdistyksen jäsenten tiedot, yritykset ja laitosten yhteyshenkilöt
- Tutkimusaiheita myös käytännön tehdastyön kannalta
- Työryhmien työskentely ei ainakaan ulospäin näy mitenkään tuloksekkaana

3. Mitä aihepiiriä yhdistyksen tulisi jatkossa erityisesti kehittää:

- ± Soodakattiloiden pitkät ajojaksot -> huomioitavat asiat
- ± Vuodonvalvonta, vesipuolen kerrostumat
- ± Hajukaasujärjestelmien turvallisuus
- ± Selluteollisuuden toiminnan jatkuvuutta ja kehittää edelleen alan toimijoiden osaamista sekä siirtää eläköityvän sukupolven tietotaitoa nuoremmalle sukupolvelle

4. Yleisarvosana 8,6

9

Hallituksen tavoitteet vuodelle 2017

1. Aktiivisuus:

- Työryhmillä vähintään 3 kokousta vuodessa
- Seminaarien osallistujamäärä yhteensä > 200 henkilöä.
- Työryhmillä 2 uutta projektia toteutettu 2017

2. Toiminnan laatu:

- Jäsenistön palautteen keskiarvo vähintään 8.5
- Valittu palautteen kohteista oleelliset kehityskohteet jotka toteutettu/hoidettu

3. Taloudelliset edellytykset:

- Pysytään budjetissa ja rahoitus terveellä pohjalla

4. Tuloksellisuus:

- Vuoden lopussa kirjataan mitä on saavutettu ja miten saavutukset toteuttaa yhdistyksen päätehtävää
- Korostetaan seuraavia teemoja:
 - hajukaasujärjestelmien turvallisuus
 - pitkät ajojaksot

Tulevia tapahtumia

- Konemestaripäivä 25.1.2018
 - Paikka: Park Hotel Tornio
 - Tehdasvierailu SE Veitsiluoto
 - Kutsu ja alustava ohjelma tulossa marraskuussa
- Soodakattilaoperaattoreiden kokemustenvaihtopäivä
 - Aika 14-15.3.2018
 - Paikka Sokos Hotel Flamingo, Vantaa
 - Tilaisuuden kohderyhmänä on soodakattilan operaattoritason henkilöt
 - Seminaarin aikana käydään läpi käytännön esimerkkien avulla soodakattiloissa tapahtuneita vaurioita sekä ajossa syntyneitä ongelmatilanteita. Käytön ongelmiin paneudutaan osallistujien ja asiantuntijoiden avoimen keskustelun kautta.

Yhdistyksen projekteja 2017

Projekteja 2017

- Sularänniohje
- Selvitys sularännien toiminnasta vaihtelevalla kuormalla
- Hitsauspinnoitettujen putkien käyttö soodakattiloissa
- Soodakattiloiden käynninaikaiset tiiveydenvalvontajärjestelmät – katsaus
- Black Liquor Evaporation Book - haihduttamokirja
- Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion – Phase 3

Projekteja 2017 jatkuu

- Soodakattilan päästömittausten menetelmät
- Nitrogen in wood and its fate in kraft pulping – a review
- NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi, syntyvät hajukaasumäärät ja koostumukset, tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt - prosessikonseptitarkastelut
- SKY Historiikki

Sularänniprojektit

- Yhdistyksen vauriotietokantaan on raportoitu useita sularännivauriota viimeisen kahden vuoden aikana. Sularänneihin liittyviin häiriöihin ja vuotoihin liittyy henkilövahinkoriski.
- Henkilövahinkoriskin lisäksi rännialueen häiriöt ovat aiheuttaneet ylimääräisiä seisokkeja ja siten taloudellisia menetyksiä.
- Sularännien kestävyys onkin korostunut sellutehtaiden pidentyneiden ajoaikojen seurauksena.

Sularännisuositus

- Sisällysluettelo:
 1. Yleistä
 2. Sularänneihin liittyvät riskit
 3. Sularännien puhdistus ja työvälineet
 4. Sularännien materiaalit ja tarkastukset
 5. Sularännien jäähdytysjärjestelmä
 6. Sularännien vauriot
- Alustava suositus nähtävänä yhdistyksen nettisivuilla



Selvitys sularännien toiminnasta vaihtelevalla kuormalla

- Diplomityössä tarkastellaan sularänniin kohdistuvaa lämpörasitusta, sulavirran ajallista vaihtelua ja sen riippumista eri toimintaparametreista.
 - DCS-järjestelmästä saatavan mittausdatan analysointi
 - Lämpökamerakuvaus

Soodakattiloiden käynninaikaiset tiiveydenvalvontajärjestelmät – katsaus

- Tarkoitus koota yhteen saatavilla olevat tiedot ja kokemukset käytössä olevista vuodonvalvontajärjestelmistä ja verrata tilannetta vuonna 2001 tehtyyn selvitykseen
 - Massataseesta laskettava ”syöttövesi-höyryero”
 - kemikaalitaseesta laskettava ”kattilavesivuoto”
 - akustinen emissio
- Alustava raportti saatu Timo Karjuselta, Varo Oy

Hitsauspinnoitettujen putkien käyttö soodakattiloissa

- Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää hitsauspinnoitettujen putkien käytettävyyttä / soveltuvuutta soodakattilan tulipesämateriaaliksi
- Vaihtoehto compound-putkelle
- Yleisesti käytössä jätteenpolttokattiloissa, soodakattiloissa lähinnä Etelä- ja Pohjois-Amerikassa
- Tekijänä VTT

Black Liquor Evaporation Book - haihduttamokirja

- Kirjan tarkoituksena on perehdyttää nuoria insinöörejä mustalipeän haihdutukseen sellutehtaalla sekä tarjota yksityiskohtaista tietoa muun muassa mustalipeän ominaisuuksista ja haihduttamon likaantumisesta.
- Kirjan kirjoittajia ovat Jim Frederick (Table Mountain Consulting LLC) ja Nikolai DeMartini (Åbo Akademi)
- Alustava versio löytyy yhdistyksen sivuilta

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion – Phase 3

- Jatkoprojekti aikaisemmille matalalämpötilakorroosio tutkimusprojekteille
 - Työn tarkoitus on saada varmistus toisen osan saaduille tuloksille (24 tunnin kokeet) suorittamalla 1000 tunnin koe.
 - Projektin aiemmissa osissa on selvinnyt, ettei rikkihapolle löydy kastepistettä soodakattiloissa ja alin mahdollinen savukaasujen lämpötila määräytyy teräspinoilla korroosiota aiheuttavien suolojen hygroskooppisen luonteen mukaan
 - Erillinen esitys tänään

Soodakattilan päästömittausten menetelmät

- Käydä läpi kattavasti päästömittaussasioita päästötiedon tuottamisesta aina päästöjen raportointiin asti. Tuloksena kattava tietopaketti savukaasupäästöistä.
- Alustava sisällysluettelo:
 - Lainsäädäntö ja standardointi tiivistetysti
 - Laskentaperiaatteet, laskennan ongelmakohdat, mittausepävarmuus
 - Mitattavat päästökomponentit, mitkä tarvitsee mitata ja milloin
 - Mittalaitteet ja niiden käyttökokemukset
 - Raportointi
- Erillinen esitys tänään

Nitrogen in wood and its fate in kraft pulping – a review

- Yhteenveto vuosien aikana tehdyistä tyypitutkimuksista:
 - eri puulajien typpipitoisuudet iän, kasvupaikan, kasvuympäristön, puun eri osien ym. tekijöiden suhteen. Onko havupuu/lehtipuu eroja
 - Typen esiintyminen puussa eri yhdistemuodoissa
 - Typen käyttäytyminen puun sulfaattikeitossa
 - Typen kiertokulku/käyttäytyminen talteenotossa ja sitä kautta NO_x-päästöjen muodostuminen

NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi, tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt

- Projektissa pyritään luomaan yleisesti käytettävä tapa, jolla suoritettaisiin sulfaattisellutehtaiden hajukaasujärjestelmien turvallisuusauditointi, samalla selvittäen tehtaan sen hetkisen hajukaasujen keräilyn, käsittelyn ja polttoon johtamisen nykytila.
- Erillinen esitys tänään

**SOODAKATTILAYHDISTYKSEN OPINNÄYTETYÖPALKINNON ESITTELY:
FEASIBILITY OF FABRIC FILTERS IN REDUCING DUST EMISSIONS
FROM KRAFT RECOVERY BOILERS**

*Pauliina Sjögård
Aalto-yliopisto / Andritz Oy*

Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers

Pauliina Sjögård

Advisor: Jukka Röppänen
Supervisor: Mika Järvinen



www.andritz.com

We accept the challenge!

Contents of the presentation

- Introduction
- Fabric Filters
- Recovery Boiler Dust
- Methods
- Results
- Conclusions

Introduction

- Tightening dust emission permits increases the demand for highly efficient dust reduction equipment

Parameter	Dust abatement system	Yearly average mg/m ³ n at 6% O ₂	Yearly average kg dust/ADt
Dust	New or major refurbishment	10 – 25	0.02 – 0.20
	Existing	10 – 40 ⁽¹⁾	0.02 – 0.3 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ For an existing recovery boiler equipped with an ESP approaching the end of its operational life, emission levels may increase over time up to 50 mg/Nm³ (corresponding to 0.4 kg/ADt).

Suhr et al. 2015, p. 795. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board

- Electrostatic precipitators (EP) and scrubbers are currently used in recovery boilers applications
- Fabric filters (FF) are used as an alternative to electrostatic precipitators in other applications

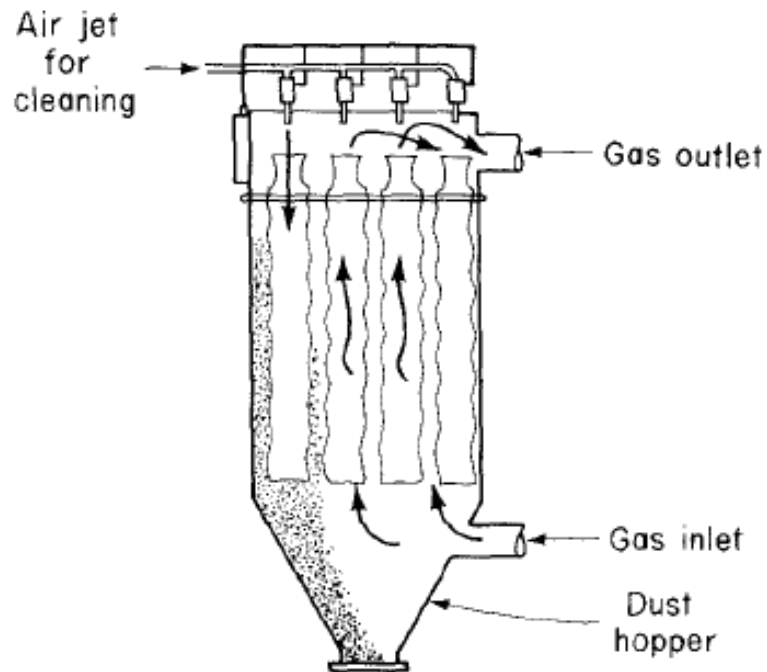
ANDRITZ
Pulp & Paper

Introduction

- Would fabric filters be a feasible option for electrostatic precipitators in kraft recovery boilers?
 - <10 mg/Nm³ @ 6 % O₂

ANDRITZ
Pulp & Paper

Fabric Filters



Source: Flagan & Seinfeld, 1988, Fundamentals of air pollution engineering

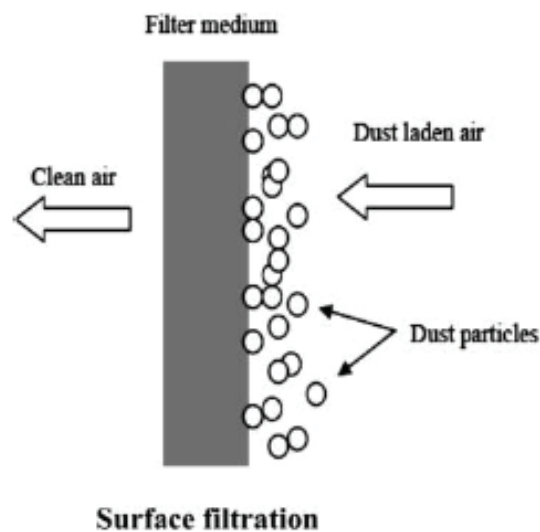
5

Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

ANDRITZ
Pulp & Paper

Fabric Filters

- The dust cake important for the filtration



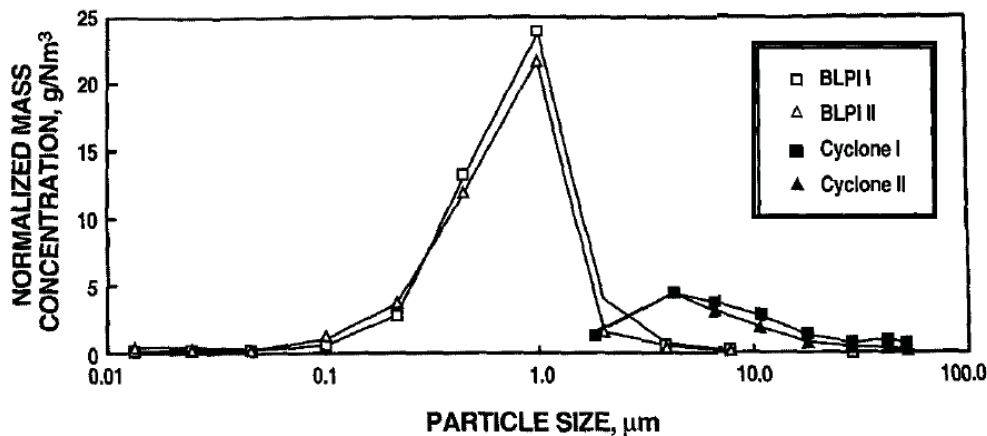
Source: Mukhopadhyay, 2010, Textile Progress, 42(1), 1-97

6

Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

ANDRITZ
Pulp & Paper

Recovery boiler dust

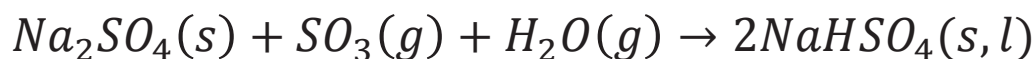
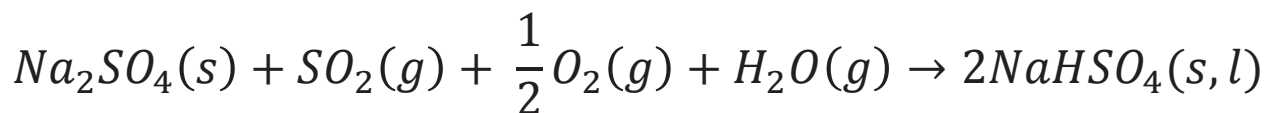


Source: Mikkanen et al, 1995, Tappi Journal, 77(12), 81-84

- Consists mainly of Na_2SO_4
- Other compounds: Na_2CO_3 , NaCl , K_2SO_4 , K_2CO_3 , KCl

Recovery boiler dust

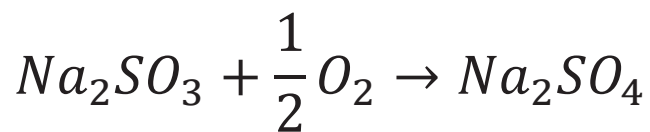
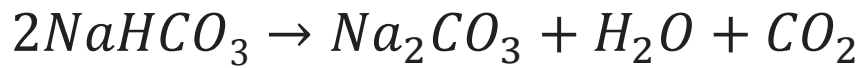
- Sticky dust may be formed if there is excess SO_2/SO_3 present in the flue gases



- SO_2 emissions not a problem in moderns recovery boilers
 - Sticky dust could however be a problem during abnormal operation

Recovery boiler dust

- Binding SO_2 from the flue gas with a sorbent could prevent sticky ash from forming
- E.g. Sodium bicarbonate (NaHCO_3)

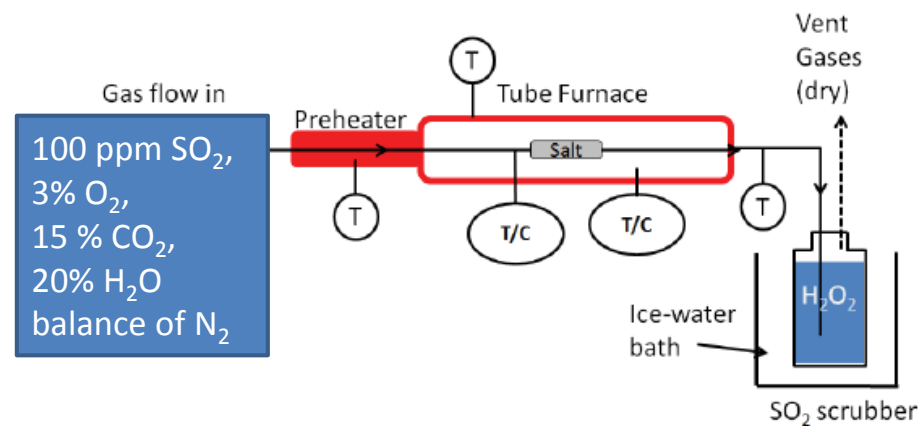


Methods (1/3)

- Technical feasibility:
 - Literature review and discussions with vendors

Methods (2/3)

- The reactivity of NaHCO_3 was tested at Åbo Akademi University



Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

ANDRITZ
Pulp & Paper

Methods (3/3)

- Estimation of life cycle costs for FF and EP for three different boiler sizes:
 - 4000 tds/d, 6000 tds/d, 11000 tds/d

$$LCC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

	EP	FF
Life time of system	20 years	20 years
Life time of bags	-	3 years
Interest rate	7 %	7 %
Electricity price	50 €/MWh	50 €/MWh
Compressed air cost	-	0.03 €/Nm ³
Sales tax	3 %	3 %
Freight	5 %	5 %

Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

ANDRITZ
Pulp & Paper

Costs included in LCC estimation

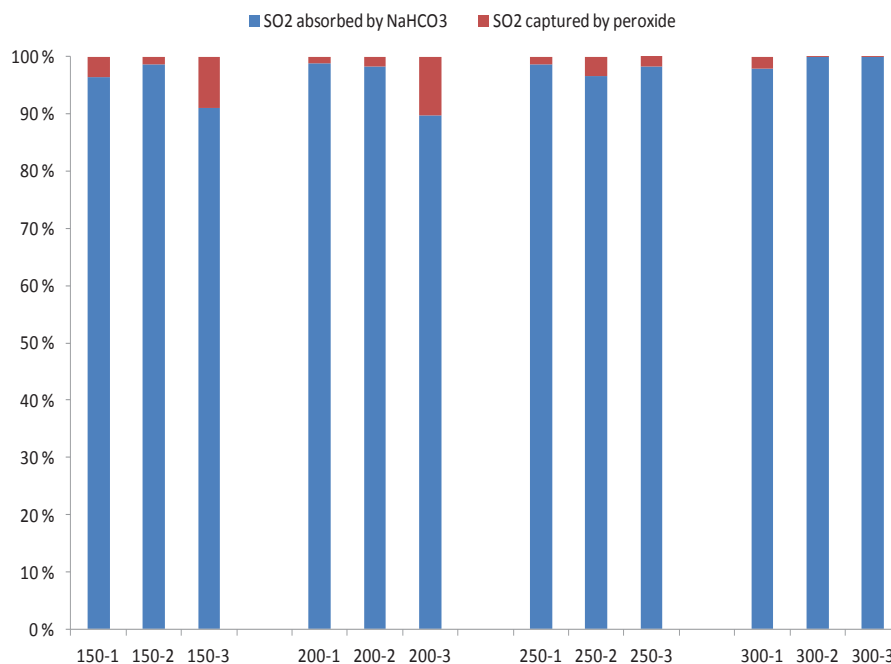
Total Capital Investment (TCI)		Annual Costs	
Purchased equipment costs		Direct Annual costs	
	EP/FF		Operating labor
	Ducts, expansion joints, dampers		Operating material
	Instrumentation		Supervisory labor
	Supports		Maintenance labor
	Flue gas fans and fan motors		Maintenance material
	Compressor station for FF		Replacement parts
			Utilities (electricity and compressed air)
Direct Installation Costs		Indirect Annual Costs	
	Foundation and supports		Overhead
	Handling and erection		Administrative charges
	Electrical		Property tax
	Piping		Insurance
	Insulation and cladding		
	Painting		
Indirect Installation Costs			
	Engineering		
	Construction and field expense		
	Contractor fees		
	Start-up		
	Performance test		
	Contingencies		

Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

Potential problems caused by recovery boiler dust

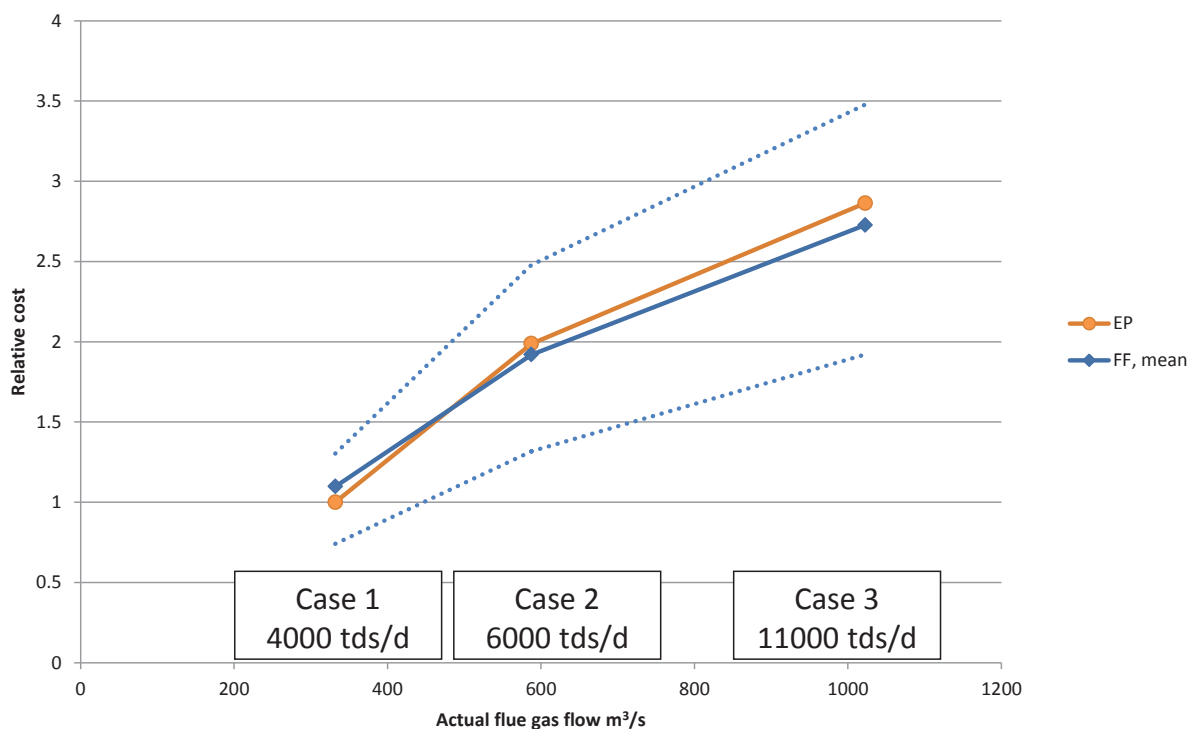
- Fine and monodisperse particle size distribution
 - High pressure drops
 - Difficulties in regeneration of the bags
- Possible solution:
 - Adding a coarser material to the flue gas stream (e.g. lime, hydrated lime, sodium bicarbonate)
 - 1:1 ratio of additive to dust suggested

Reactivity of NaHCO_3 in simulated RB flue gas

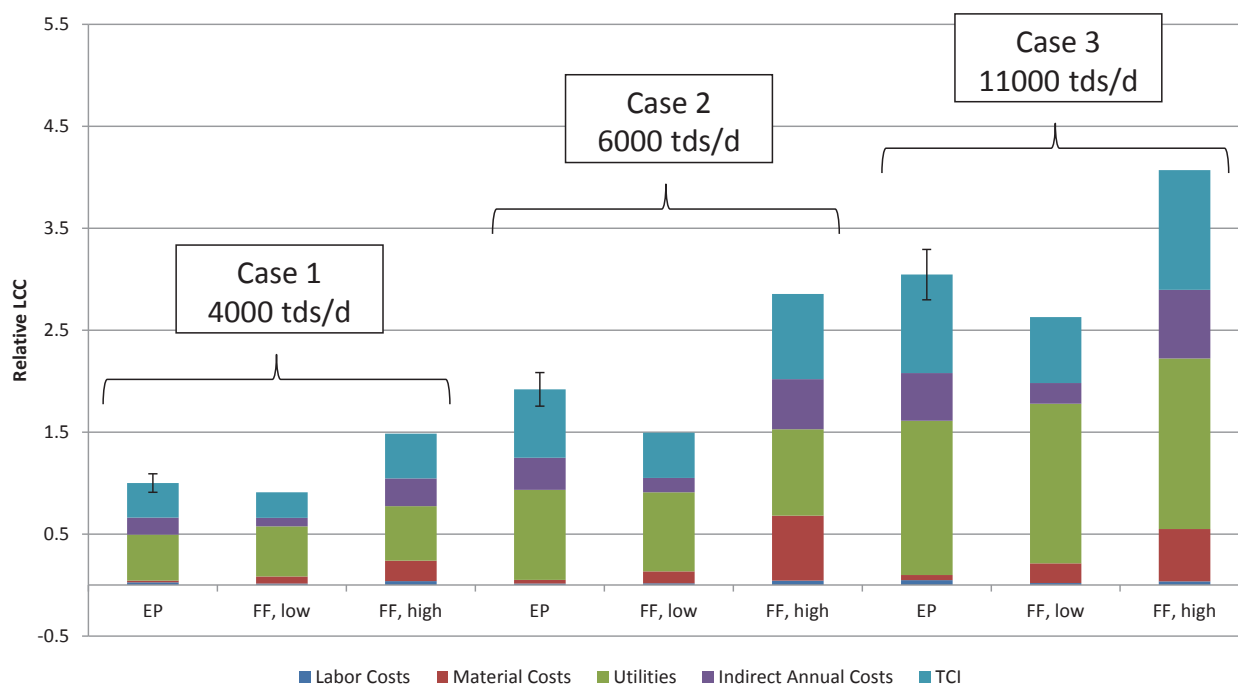


- >90 % of the SO_2 was absorbed by the NaHCO_3

Total Capital Investment



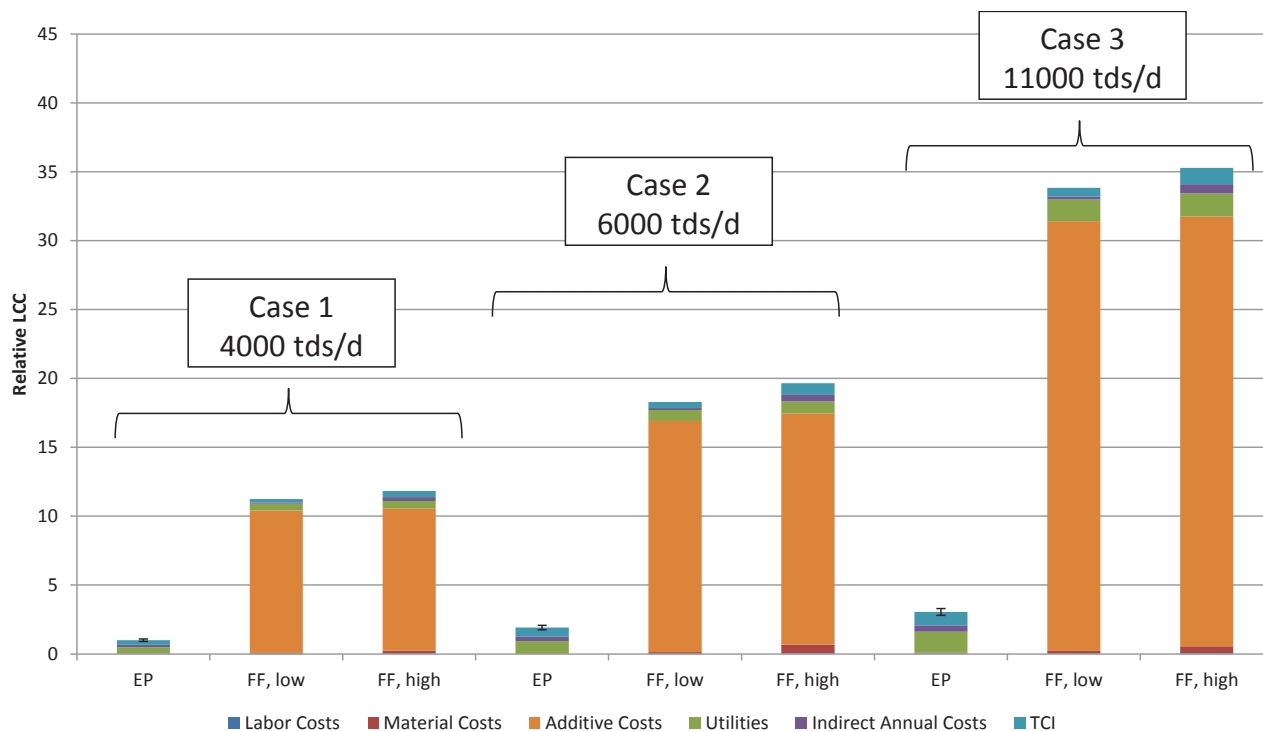
Life cycle costs, no additive



Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

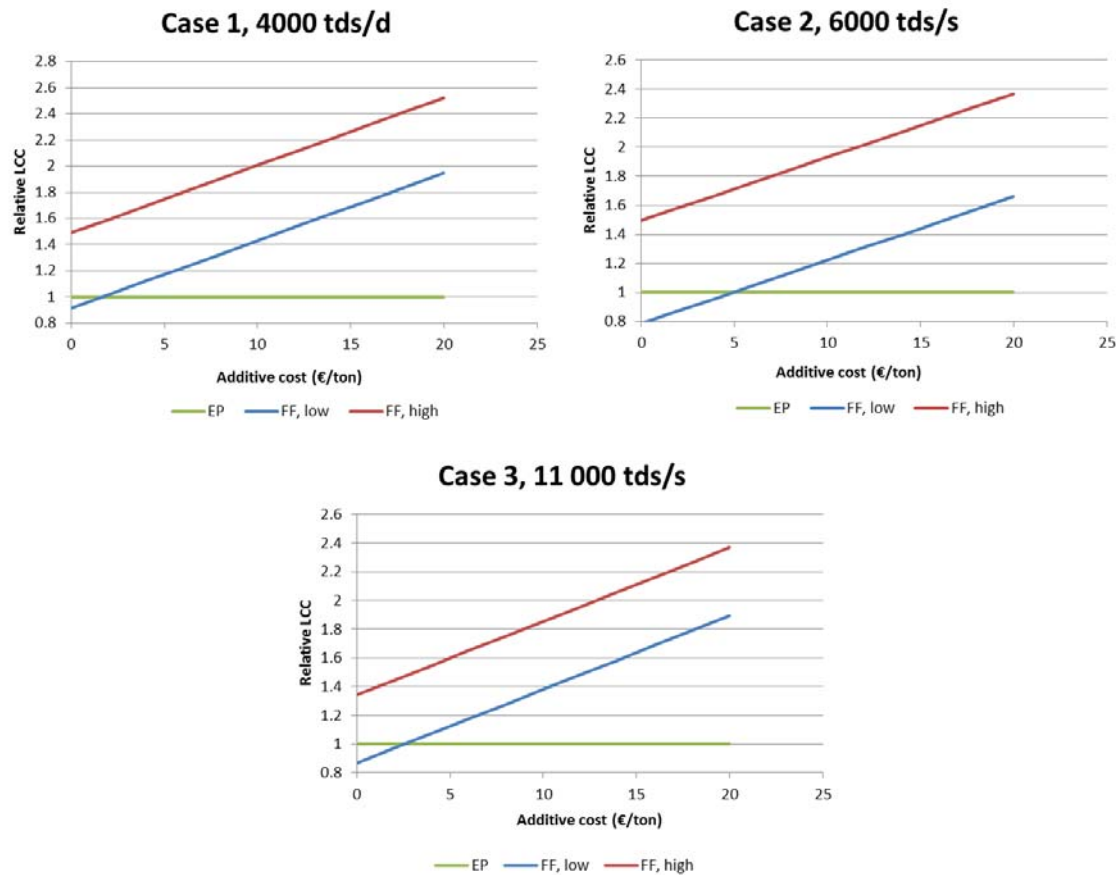
ANDRITZ
Pulp & Paper

Life cycle costs, additive cost 200 €/t, 1:1 additive to dust ratio



ANDRITZ
Pulp & Paper

Life cycle costs, effect of additive cost



Feasibility of Fabric Filters in Reducing Dust Emissions from Kraft Recovery Boilers 2.11.2017/ Pauliina Sjögård

ANDRITZ
Pulp & Paper

Conclusions

- FF could be feasible if:
 - Additive not needed or
 - Additive received free of charge
- Effect of the additive on the rest of the recovery process need to be evaluated

ANDRITZ

Pulp & Paper

Recovery and Power Division

Any questions?

For further information
please contact:

ANDRITZ Oy – Finland
+358 20 450 5555

pulpandpaper.fi@andritz.com

www.andritz.com

We accept the challenge!

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Syöttövesipumppujen optimaalinen valinta
Optimal design of boiler feed water pumping system
Esa Vakkilainen ja Bahnam Zakri , Lappeenrannan teknillinen yliopisto
(16A0913-E0163) 13.1.2016
- 2/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Understanding Low Temperature Corrosion in Black Liquor Combustion, Phase 2
Nikolai DeMartini, Henri Holmblad, Emil Vainio, Patrik Yrjas ja Leena Hupa, Åbo Akademi
(16A0913-E0164) 13.1.2016
- 3/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion, Phase 2
Markus Engblom ja Nikolai DeMartini, Åbo Akademi
(16A0913-E0165) 13.1.2016
- 4/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 28.1.2016, esitelmät
Sokos hotelli Koli, Lieksa, Stora Enso Oyj, Enocellin tehdas
(16A0913-E0166) 28.1.2016
- 5/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Viherlipeäsakan syrjäytyspesu
Kurt Sirén, Oy Sirra Ab
(16A0913-E0167) 28.1.2016
- 6/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Hyvät hälytyskäytännöt - yhteenveto
Automaatiotyöryhmä, (16A0913-E0168) 23.3.2016
- 7/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2015
(16A0913-E0169) 20.4.2016
- 8/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 20.4.2016, Radisson Blu Plaza hotelli, Helsinki
(16A0913-E0170) 20.4.2016
- 9/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan materiaalit ja tarkastukset
Kestoisuustyöryhmä, (16A0913-E0171) 14.4.2016
- 10/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Mustalipeän ei-Newtonilaisuus
Ari Kankkunen, Jorma Torniainen, Mika Järvinen
Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Energiatekniikan laitos, Labtium Oy
(16A0913-E0172) 2.9.2016
- 11/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Hitsauspinnoitetut putket soodakattiloissa
Satu Tuurna, Pekka Pohjanne, Sanni Yli-Olli,
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
(16A0913-E0173) 2.9.2016
- 12/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 27.10.2016
Sokos hotelli Torni, Tampere, (16A0913-E0174) 27.10.2016
- 13/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Viherlipeäsakan syrjäytyspesu, osa 2
Kurt Sirén, Oy Sirra Ab, (16A0913-E0175) 31.10.2016

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 26.1.2017, esitelmät
Scandic hotelli Oulu, Stora Enso Oyj, Oulun tehdas
(16A0913-E0176) 26.1.2017
- 2/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2016
(16A0913-E0177) 27.4.2017
- 3/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 27.4.2017, Holiday Inn Helsinki City Centre, Helsinki
(16A0913-E0178) 27.4.2017
- 4/2017 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2.11.2017
Clarion hotelli, Helsinki, (16A0913-E0179) 2.11.2017