SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattilapäivä 2021

Sokos hotelli Presidentti, Helsinki

4.11.2021

Raportti 3/2021

(16A0913-E0210)

Raportti 3/2021, Soodakattilapäivä 2021

SOODAKATTILAPÄIVÄ 4.11.2021
Sokos Hotel Presidentti, Helsinki
OHJELMA

09.30-09.55	Ilmoittautuminen ja aamukahvi *Sokos Hotel Presidentti, auditorio*
09.55-10.00	Tilaisuuden avaus
10.00-10.30	Suomen Soodakattilayhdistys, vuosikatsaus 2020-2021 *Antti Tikkanen, Suomen Soodakattilayhdistys ry*
10.30-11.00	Soodakattilayhdistyksen hajukaasusuositus *Risto Honkanen, Soodakattilayhdistyksen hajukaasutyöryhmä*
11.00-11.30	Kahvitauko
11.30-12.00	Lietteiden käsittely (jäteveden ja raakaveden käsittely) *Esa Vakkilainen, LUT-yliopisto*
12.00-12.30	Mäntyöljyn talteenotto ja hyödyntäminen *Keijo Ukkonen, Nopek Oy*
12.30-13.30	Lounas *Presidenttisali*
13.30-14.00	Soodakattiloiden etämyynnistä kohti uutta normaalia *Kari Liukko, ANDRITZ*
14.00-14.30	Ash Balance Optimization *Timo Laurila, Valmet Technologies Oy*
14.30-15.00	Kahvitauko
15.00-15.30	Char Bed Modernization system *Gene Sullivan, SHB Power Plant Engineering*
15.30-16.00	Sisaryhdistysten kuulumiset *Antti Tikkanen, Suomen Soodakattilayhdistys ry*
16.00-16.30	Yhdistyksen opinnäytetyöpalkinnon esittely: ”Soodakattilan savukaasujen jäähdyttimen suorituskyvyn arviointi” *Juho Hiltunen, LUT-yliopisto*
17.00-18.00	Cocktailtilaisuus *Tapahtumatila Forum Pressa*
19.00-	Illallinen *Presidenttisali*

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE
P.O. BOX 4 (Jaakonkatu 3)
FIN-01621 VANTAA

Puhelin Telephone
+358 10 3311

Internet
http://www.soodakattilayhdistys.fi

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS, VUOSIKATSAUS 2020-2021

Antti Tikkanen
Suomen Soodakattilayhdistys ry

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Katsaus soodakattilayhdistyksen toimintaan 2020-2021

Soodakattilapäivä 2021
4.11.2021

Antti Tikkanen

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Sisältö

- SKY esittely ja kuulumiset
- Suomen soodakattilat
- Projektikatsaus

SKY organisaatio 2021

Vuosikokous
25 äänestävää jäsentä

Hallitus
PJ: Ville Korhonen, SE Sunila
10 jäsentä + sihteeri

Sihteeristö
Antti Tikkanen,
Päivi Lampinen

Kestoisuustyöryhmä
PJ: Kalle Kostamo, MF
12 jäsentä + sihteeri

Ympäristötyöryhmä
PJ: Kari Saari, UPM
8 jäsentä + sihteeri

Automaatiotyöryhmä
PJ: Heikki Lappalainen, Andritz
7 jäsentä + sihteeri

Lipeätyöryhmä
PJ: Toni Orava, UPM
11 jäsentä + sihteeri

Ohjelmatyöryhmä
PJ: Ari Kankkunen, Aalto
5 jäsentä + sihteeri

Tulevia tapahtumia

- Konemestaripäivä 17.2.2022
  - Paikka: Kokkola ja Pietarsaari
- Soodakattilaoperaattoreiden kokemustenvaihtopäivä 2022
  - Helsingissä maaliskuussa 2022
  - Tilaisuuden kohderyhmänä on soodakattilan operaattoritason henkilöt
  - Käydään läpi käytännön esimerkkien avulla soodakattiloissa tapahtuneita vaurioita sekä ajossa syntyneitä ongelmatilanteita.

Opinnäytetyöpalkinto

- Jaetaan vuosittain parhaasta maisterivaiheen opinnäytetyöstä (laajuus 30 op) sulfaattisellutehtaan talteenottoalueella
- Palkinto jaettiin ensimmäisen kerran vuonna 2009
- Palkinnon arvo on 2.000 €
- Palkintoa voi hakea Suomessa korkeakoulussa tai yliopistossa tutkintonsa suorittavat opiskelijat, joiden opinnäytetyö liittyy sulfaattisellutehtaan kemikaalien talteenottoon
- Tarkemmat tiedot yhdistyksen nettisivuilta
  - http://www.soodakattilayhdistys.fi/yhdistys/opinnaytetyopalkinto

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen soodakattilat

Soodakattilapäivä 2021

Suomen soodakattilat

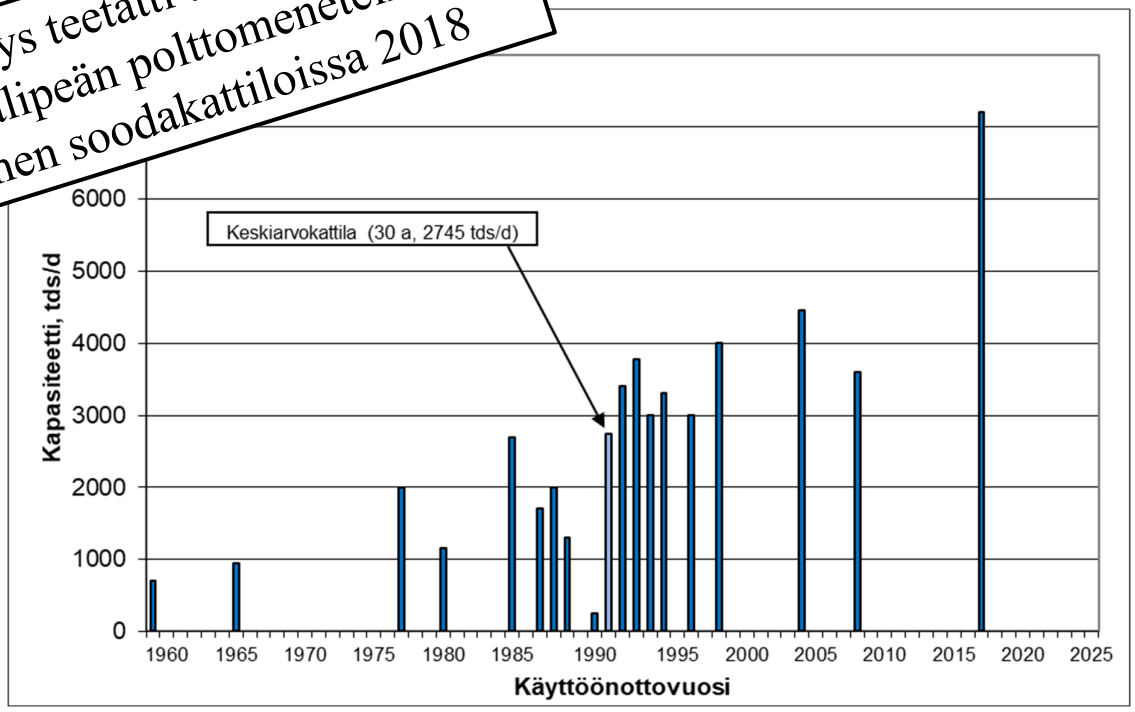
- Kattiloita 17 kappaletta
  - Vanhin vuodelta 1959 (62 vuotta)
  - Uusin vuodelta 2017 ja suurin (7200 tka/vrk)
  - Pienin 250 tka/vrk

- Tehtaita 15 kappaletta
- Keskimääräinen kattilan ikä 30 vuotta (1989)
- Keskimääräinen kapasiteetti 2745 tka/vrk
- Yhdistetty kapasiteetti 46 660 tka/vrk

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen soodakattilat

Yhdistys teetätti tutkimuksen:
Mustalipeän polttomenetelmät
Suomen soodakattiloissa 2018

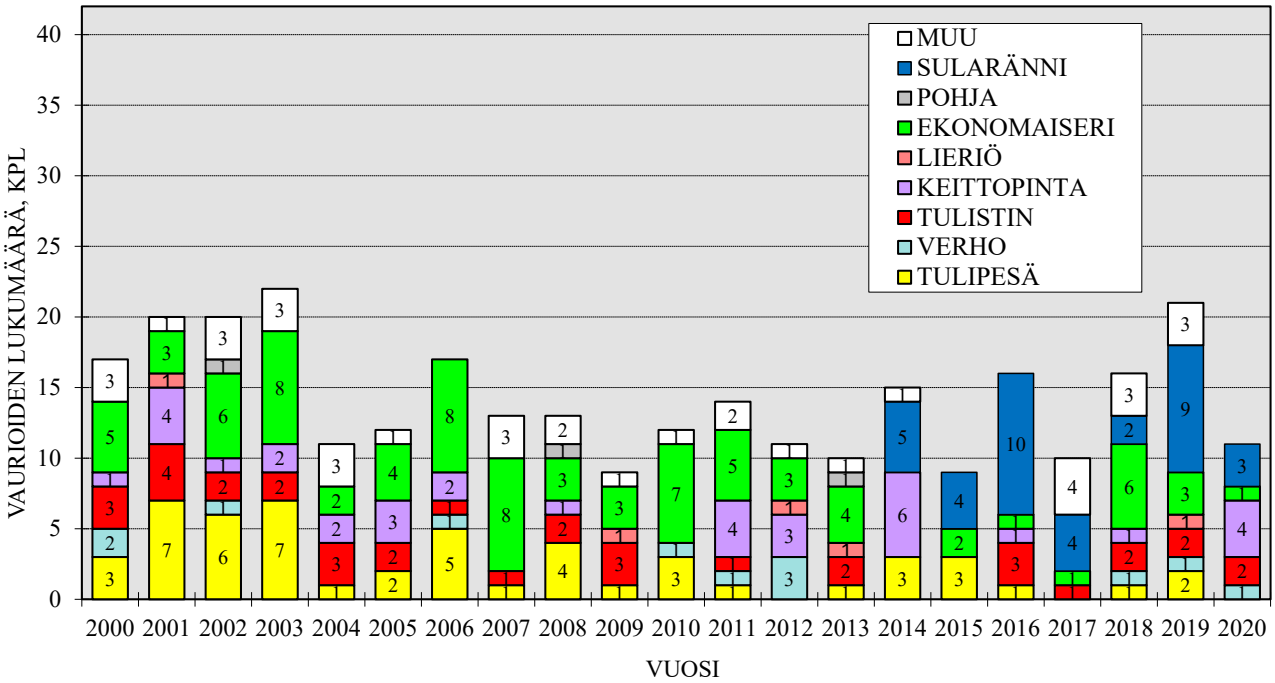


Soodakattilapäivä 2021

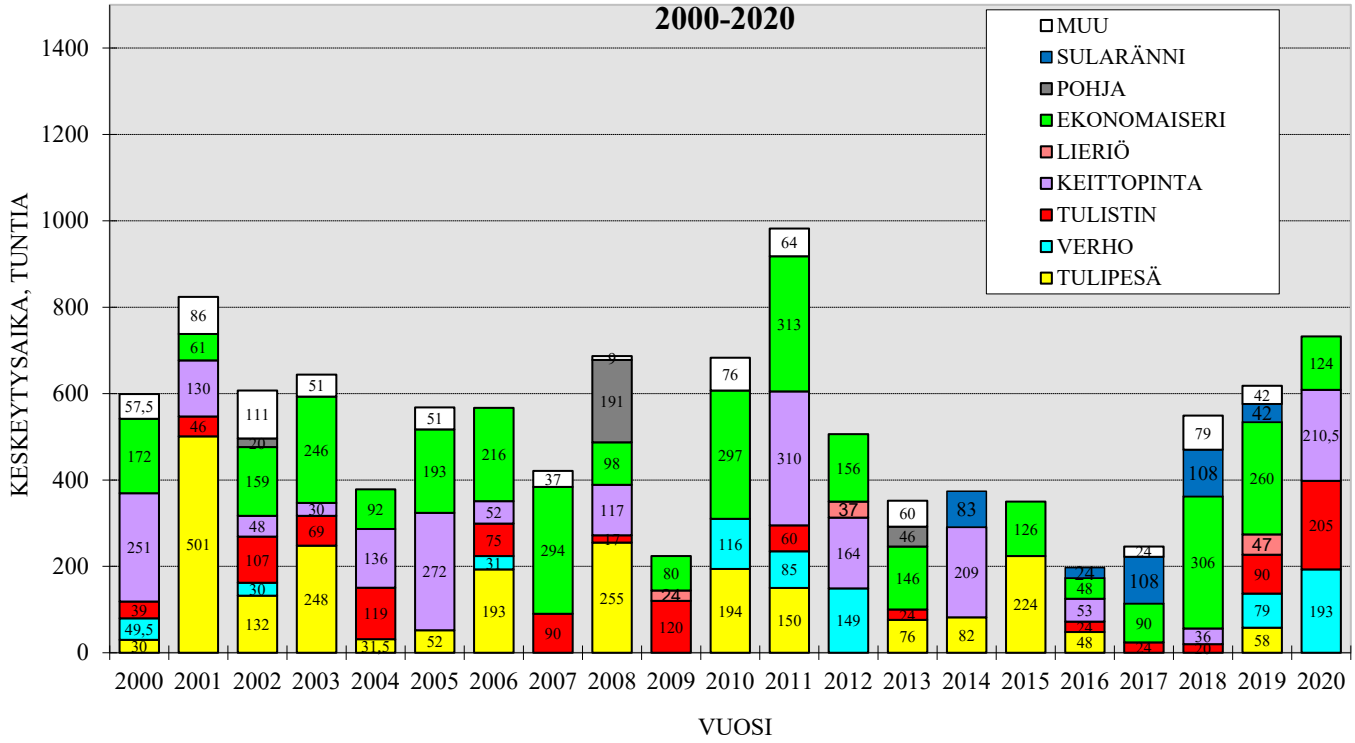
Vauriotietokanta

- Kestoisuustyöryhmä ylläpitää vauriotietokantaa raportoiduista soodakattilavaurioista
- Jäsenet ilmoittavat vauriosta tai onnettomuudesta vapaaehtoisesti yhdistykselle. Kestoisuustyöryhmä käsittelee kokouksessa ilmoituksen ja laatii tapahtuneesta lausunnon.
- Lausunnoilla pyritään jakamaan tietoa hyvistä käytännöistä ja edistämään yleistä turvallisuutta

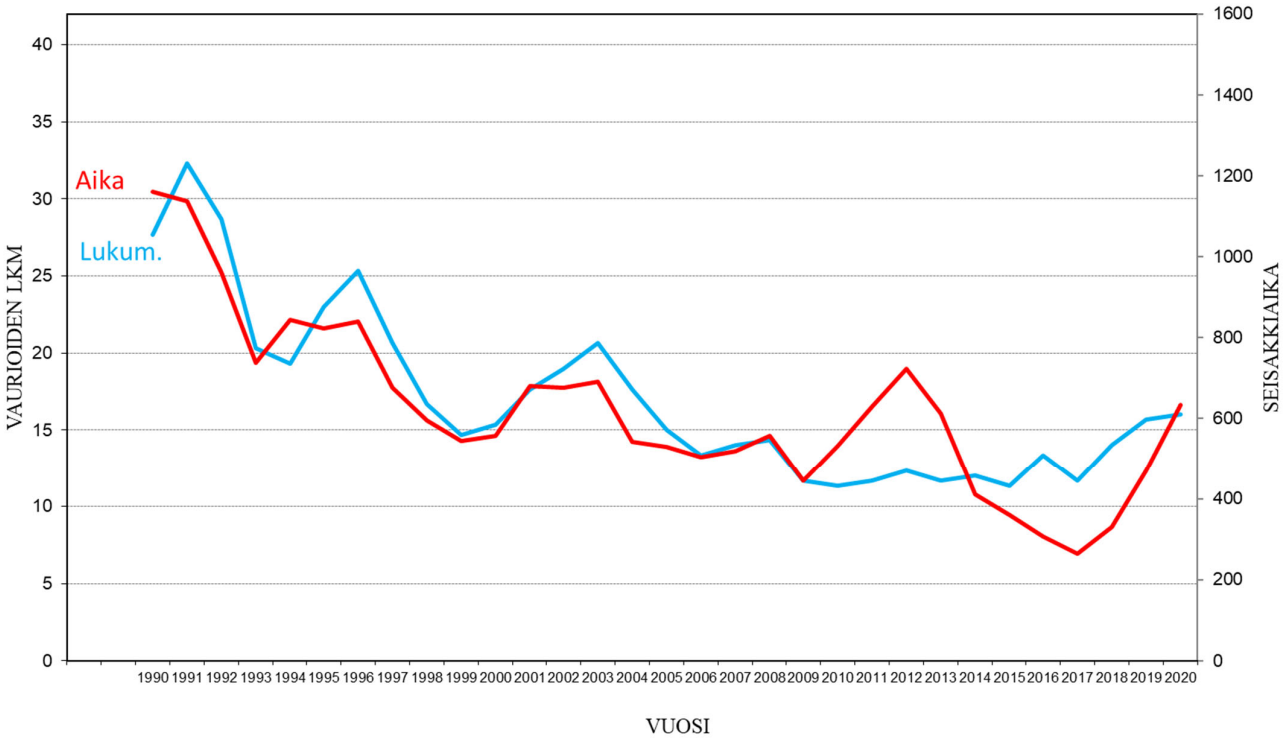
YHDISTYKSEN TIETOKANTAAN RAPORTOITUJEN VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ VAURIOTYYPEITTÄIN VUOSINA 2000-2020



YHDISTYKSEN TIETOKANTAAN RAPORTOITUJEN VAURIOIDEN LIPEÄN POLTON KESKEYTYSAIKA VAURIOTYYPEITTÄIN VUOSINA 2000-2020



VAURIOT ja SEISAKKIAIKA
3-vuotinen keskiarvo



Yhdistyksen projektit

Projekteja 2020-2021

- Ioninvaihto metsäteollisuuden vedentuotannossa – hallinta, seuranta ja toimenpiteet
- Pulp mill deposit formation and aging – role of intra-deposit alkali chloride transport, Phase 2, ÅA
- Meesauunin päästöt erilaisilla polttoaineilla
- Putken kuorinta ja S0-linjaus
- Soodakattilatyöntekijän suojavaatetuksen kehittäminen

Suositukset

- Hajukaasusuosituksen päivitys (julk. 12/2021)
- Turva-automaatiosuosituksen päivitys (julk. 12/2021)

Turva-automaation suositus

- Automaatiotyöryhmä on päivittänyt yhdessä MH Safetyn kanssa vuonna 2009 edellisen kerran päivitetyn suosituksen soodakattilan turva-automaatiosta
  - Julkaistaan vuoden 2021 lopulla
- Yleinen päivitys nykyaikaan:
  - Huomioitu päivittyneet standardit, mm. IEC 61508 ja 61511
  - Tekniikan kehitys taajuusmuuntajien osalta
- TAJ:n vaatimusmäärittelyä täydennetty mm. esimerkkidokumentein
- Hajukaasusuosituksen päivityksen mukaiset mallilukitukset

Pulp mill deposit formation and aging – role of intra-deposit alkali chloride transport

- Sonditutkimuksen seuraava osa, jossa näytteiden keräilyaikaa pidennettiin kehittyneemmällä näytesondilla
  - Keräilyajat 4 ja 8 viikkoa
- Tavoitteena täydentää tulistin-alueen tuhkan tutkimusta ja kasata yhteen pakettiin tähänastinen tieto aiheesta
  - Tuloksia on verrattu brasilialaisiin tuhkakerrostumiin

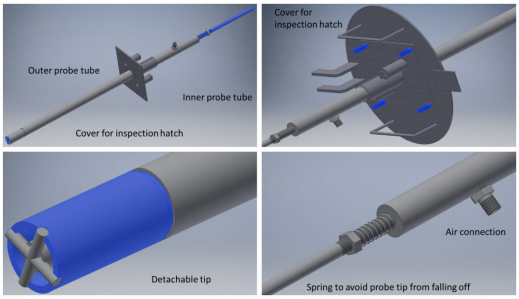


Figure 24: Key-features of probe design

- Suomalaisessa tuhkakerrostumassa haihtumis-lauhtumistyyppinen ja kaasumainen kloridien kulkeutuminen vaikuttaa olevan pääasiallinen alkalikloridien kulkeutumismuoto tuhkassa

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Lisätietoa toiminnasta yhdistyksen nettisivuilta

www.soodakattilayhdistys.fi

Antti Tikkanen
antti-einari.tikkanen@afry.com

SOODAKATTILAYHDISTYKSEN HAJUKAASUSUOSITUS

Risto Honkanen
Soodakattilayhdistyksen hajukaasutyöryhmä

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Soodakattilayhdistyksen hajukaasusuositus

4.11.2021

Risto Honkanen

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Yleistä

- Hajukaasusuosituksen tarkoitus on ohjeistaa hajukaasujen käsittelyn ja polton suunnittelua ja turvallista käyttöä

Työryhmä

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

MetsäFibre

UPMBIOFORE BEYOND FOSSILS

storaenso

Valmet FORWARD

ANDRITZ

LUT University

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Päivityshistoria

- 30.5.2002 Ensimmäinen versio
- 16.12.2005, rev A
- 29.10.2013, rev B
- 2021, rev C

Uutta sisältöä

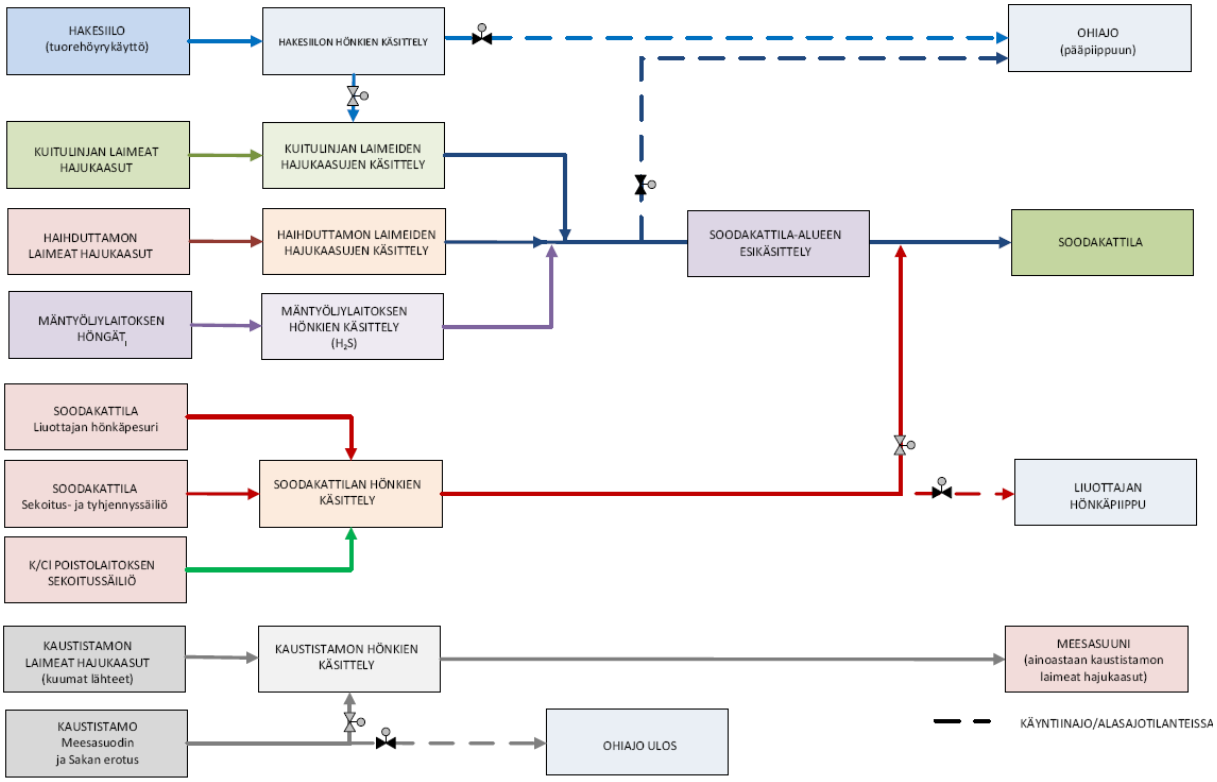
- Hajukaasujen keräily
- Muut polttopaikat ja yhteistoiminta
- Vaaranarvioinnissa huomioitavaa
- Parhaat käytettävissä olevat tekniikat (BAT)

Päivityksiä

- Laimeiden hajukaasujen polton ehdot
- Väkevien hajukaasujen polton ehdot
- Esimerkkejä vaurioista

Uutta sisältöä

Hajukaasujen keräily



Hajukaasujen keräily

- Tyypilliset hajukaasujen keräilykohteet ja kohteet, joista tyypillisesti ei kerätä hönkiä
  - Kuitulinja
  - Haihduttamo
  - Valkolipeälaitos
  - Muut kohteet
    - Jätevedenkäsittely, mäntyöljylaitos, kloridinpoisto, rikkihapon valmistus, ligniinin erotus, biohiililaitos

Hajukaasujen keräily

- Turvallisuuteen liittyviä huomioita keräilykohteista
  - Hakesiilon toiminta häiriötilanteessa
  - Likaislauhteen varastosäiliön ylikaato
  - Lipeän paisuminen varastosäiliössä
  - Paineellinen polttolipeäsäiliö

Muut polttopaikat ja yhteistoiminta

- Vaihtoehtoiset polttopaikat
  - Soihtu
  - Hajukaasukattila
  - Rikkihappolaitos
  - Meesauuni
  - Voimakattila

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Muut polttopaikat ja yhteistoiminta

- Polttopaikan valinta
  - Operaattori aina hyväksyy hajukaasujen polton soodakattilassa
  - Kääntö varapolttopaikkaan voi olla automaattinen
  - Hajukaasut varapolttopaikkaan ilman ohiajolinjan avautumista

Muut polttopaikat ja yhteistoiminta

- Väkevien hajukaasujen pullotus
  - Hajukaasut pidetään putkistossa kunnes varapolttopaikka on valmis
  - Paineen nousu hidastetaan sulkemalla höyrysyötöt
  - Pullotuksen pitkittyessa hajuhaitat estetään ajamalla prosessit alas

Vaaranarvioinnissa huomioitavaa

- Tyypillisiä vaaranpaikkoja ja -tilanteita
  - Hajukaasujen keräily
  - Hajukaasujen poltto
  - Tärpätti hajukaasuissa ja tärpätin käsittely
  - Metanoli hajukaasuissa ja metanolin käsittely
  - Haihduttamon käyntiinajo
  - Varapolttopaikat
  - Muutostyöt

Parhaat käytettävissä olevat tekniikat (BAT)

- BAT BREF:n velvoittavat päätelmät
- Huomioita prosessikohtaisiin BAT-päätelmiin
  - Huomioita ja täsmennyksiä hajukaasuihin liittyvistä BAT-päätelmistä

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Päivityksiä

4.11.2021 Hajukaasusuositus Rev C

Laimeiden hajukaasujen polton ehdot

Ehto

1. Kattilan höyrykuorma / syöttövesivirtaus on yli 15 % kattilan nimelliskuormasta. **Tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti**
2. Laimean hajukaasun puhallin päällä
3. Paine kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä
4. Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä
5. Lämpötila jäähdytyksen jälkeen (ennen lämmityspatteria) alle lämpötilarajan
6. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan / lämmityspatterin jälkeen yli lämpötilarajan
7. Tuuletus katolle (ohitus) on ollut käynnissä riittävän ajanjakson
8. Hajukaasujärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitaskun pinta alle ylärajan

Ehto

1. Tulitieto kattilassa; esimerkiksi vähintään yksi käynnistyspoltin käynnissä ja/tai lipeänpoltto päällä.
2. Kattilan tuliteho suurempi kuin 0,3 MW/m^2, mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 15 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta **tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.**
3. Laimeiden hajukaasujen tulipesään syöttävä puhallin on päällä.
4. Lämpötila jäähdytyksen jälkeen (ennen lämmityspatteria) alle lämpötilarajan.
5. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan yli lämpötilarajan.
6. Hajukaasujärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitaskun pinta alle ylärajan.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Väkevien hajukaasujen polton ehdot

Ehto

1. Kattilan tuliteho suurempi kuin 0,7 MW/m^2 **Tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.**
2. Polttimen tukiliekki on päällä
3. Liekinvartija näyttää tukiliekin olevan päällä
4. Polttimen polttoilman tulopaine sekä virtaus on yli minimiarvon
5. On tarkistettu, että poltinaukko ei ole tukossa

Ehto

1. Kattilan tuliteho on suurempi kuin 0,7 MW/m^2, mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 30 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta **tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.**
2. Polttimen tukiliekki on päällä.
3. Polttimen polttoilman tulopaine tai virtaus on yli minimiarvon.
4. Väkevien hajukaasujen linjat ennen pikasulkuventtiileitä ovat auki.
5. Pikasulkuventtiileissä ja tuuletusventtiilissä ei ole häiriöitä.
6. Soodakattilan polttimen likaislauhteen keräilysäiliön ja pisaranerottimen pinta ei ole korkea.
7. Räjähdyslevy tai murtotappiventtiili on ehjä.
8. Väkevien hajukaasujen linjassa ennen pikasulkuventtiileitä on oltava riittävä paine.
9. Väkevien hajukaasujen lanssi on polttoasennossa.

4.11.2021 Hajukaasusuositus Rev C

Esimerkkejä vaurioista

- 2 esimerkkiä lisää
  - Esimerkki 10. Hajukaasumyrkytys murtolevyn vaihdon yhteydessä
  - Esimerkki 11. Voimakas tärpättiräjähdys valkolipeän mittasäiliössä
    - Käytöstä poistettu säiliö oli yhteydessä väkevien hajukaasujen järjestelmään jäljelle jätetyn putkiston kautta

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Kiitos!

4.11.2021 Hajukaasusuositus Rev C

LIETTEIDEN KÄSITTELY
(JÄTEVEDEN JA RAAKAVEDEN KÄSITTELY)

Esa Vakkilainen
LUT-yliopisto

LUT University

Soodakattilapäivä Helsinki 4.11.2021

Lietteiden käsittely (jäteveden ja raakaveden käsittely)

Esa Vakkilainen & Katja Kuparinen, LUT-yliopisto

Raportti 7/2020 (16A0913-E0207)

Lietteitä syntyy

Lietteiksi päätyy likaisen veden orgaaninen aines

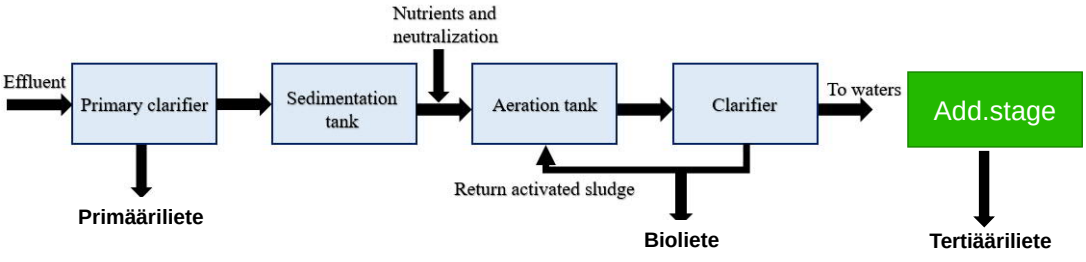
- Kuorinnasta
- Keitto & pesu
- Haihduttamolta
- Valkaisusta
- ”Hukkalipeä ja pesuvedet”

Jos orgaaninen saadaan lietteiksi ja kiintoaine erotettua = puhdas vesi

Millaisia lietteitä syntyy

Raakaveden valmistus

Sellutehdas
Paperitehdas
Siistaus
Kuorimo
CTMP



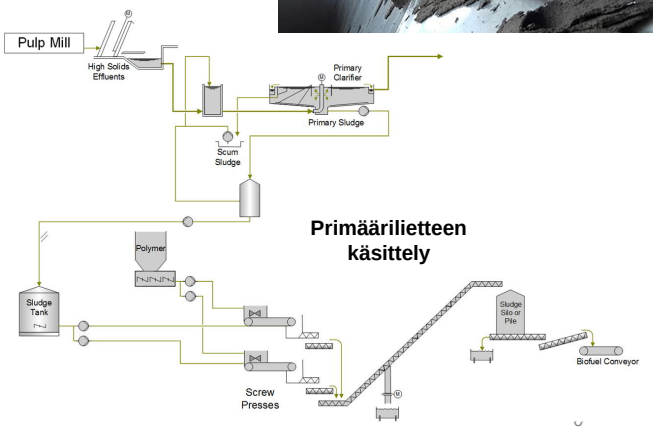
Esimerkkejä lietteiden koostumuksesta

		Sellutehdas lietesekoite	Primääriliete Kuituliete	Paperitehdas liete	Bioliete Sekund.liete	Siistausliete	Kuorimoliete	Tertiääriliete
Kosteus	m-%	75-80	70		85	60	70	
Tuhka	m-%	13-21	25-60	12-20	16	30-60	2.5	
C	m-%	40-42	44	44-46	47	25-45	50	46-58
H	m-%	4.5-5.0	6	5.5-6.0	5.2	4-5.5	6	6.4-7.2
S	m-%	0.4-1.3	0.1	0.05-0.1	1.2	0.1-0.3	0.02	0.5-2.4
N	m-%	1.3-2.9	0.4	0.5-0.7	1.6	0.1-0.3	0.8	0.3-2.3
O	m-%	25-29	25		30	22	34	
Cl	m-%	0.1-0.8		0-0.1	0.04-1.5	0.2-0.6		0.01-0.12
Lämpöarvo	MJ/kgka*	14-18	2.3		17.4	8-13		16.8-22.3

***Poltossa lämpöarvo onneton, kun vettä on niin paljon**

Primääriliete – haste että kuituja ja tuhkaa

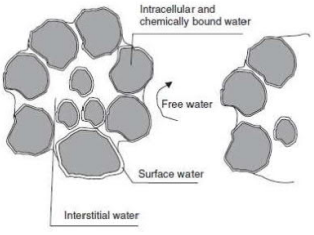
	Faubert et al.	Lohiniva et al.	Strömberg & Herstad Svärd	Zhang et al.
C		44	47.5	40.3
H		6	6.6	5.17
N	0.045–0.28	0.4	0.44	3.28
S		0.1	0.24	0.252
Na				0.241
Cl			0.02	
K	0.02–0.09			0.340
Ash	10–15	25–60	14.0	21.5



Primääriliitteen käsittely

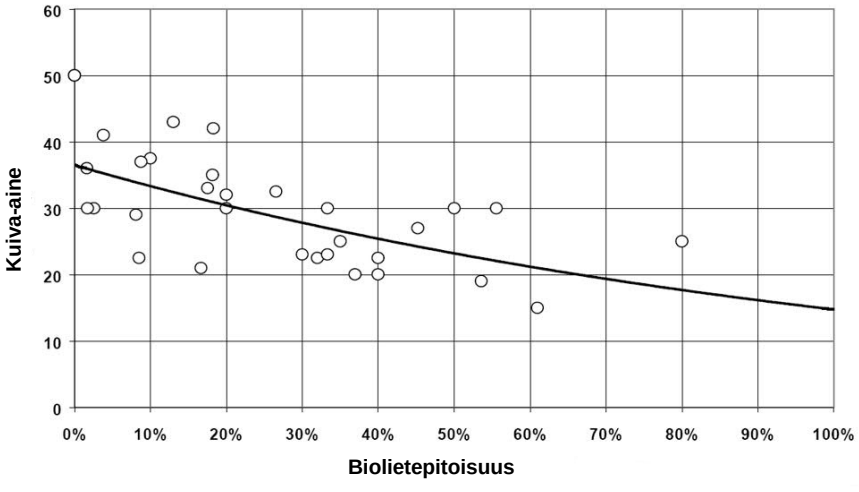
Bioliete – haaste että kuivaus on tosi vaikeaa

	Vakkilainen & Pekkanen	Liimatainen	Harila & Kivilinna	Lohiniva et al.	Strömberg & Herstad Svärd	Zhang et al.
C	50.4	45-47	47	47	53.0	41.2
H	6.0	5.4-6.5	6-6.5	5.2	7.0	4.51
N	0.7	1.5-4.7	3.4-4.3	1.6	4.4	4.18
S	3.7	1.2-3.8	1.2-2.2	1.2	1.8	2.33
Na	9.7	0.4-1.6	0.43-0.50	-		
Cl	2.5	0.1-0.7	<0.0002	0.04-1.5	0.1	
K	0.16	0.1-0.3	0.16-0.32	-		
Ash	-	10-20	10-15	16	2-60	24.4



Iso epäorgaaninen kuorma biolietteen vedestä
Voi sisältää myös paperitehtaan jätettä

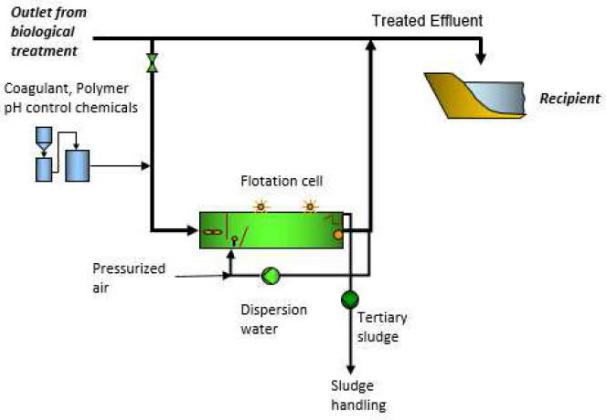
Optimaalisissa oloissa voidaan bioliete saada 15% kuiva-aineeseen – primäärilietteen kuiva-aine laskee



Dahlbom. & Wadsborn. 2005

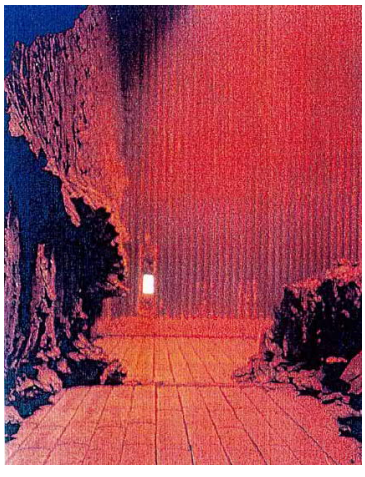
Tertiääriliete – ”kun mikään ei riitä”

		Strömberg & Herstad Svärd, 2012
C	m-%	45.8-58.0
H	m-%	6.4-7.2
N	m-%	0.31-2.3
S	m-%	0.51-2.4
Cl	m-%	0.01-0.12
Ash	m-%	7.3-22.2
LHV	MJ/kg	16.8-22.3



Usein kun orgaanisen erottuminen vanhassa tehtaassa heikkoa, niin lisävaihe
Vaara että viranomainen uskoo kolmivaiheisen olevan aina parempi

Lietteiden käsittelystä kattiloissa ei ole kuin harmia



NOx ↑

H_2O ↑ **NPE ↑**

Höyry ↓

Leijupeti sintraa

Päästöt kasvaa
Lämpöhäviöt nousee
Vähemmän höyryä

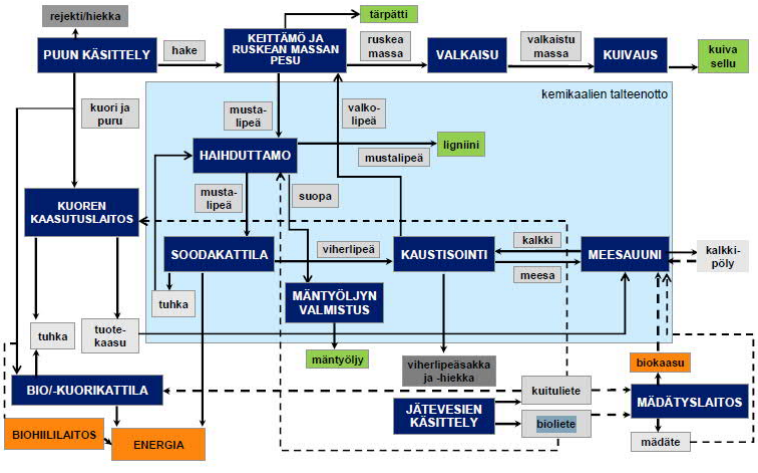
Lisää ongelmayhdisteitä

Tulistinkorroosio

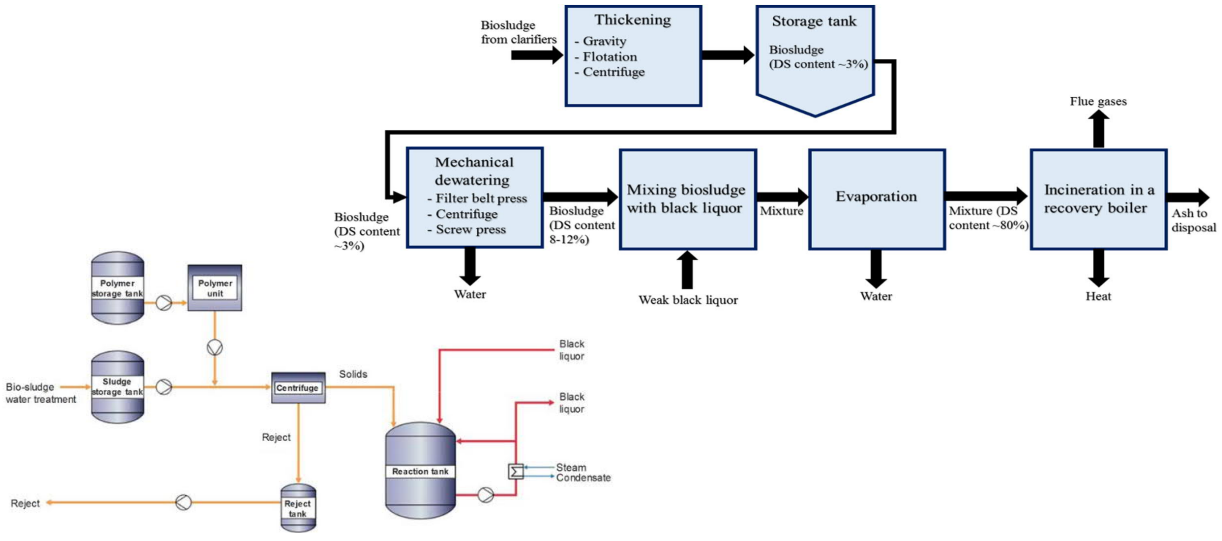
Uusia mahdollisuuksia

- Biolietteen terminen käsittely, HTC on kokeilussa Heinolassa
- Biolietteen käyttö biokaasun tuotantoon ollut käytössä Äänekoskella

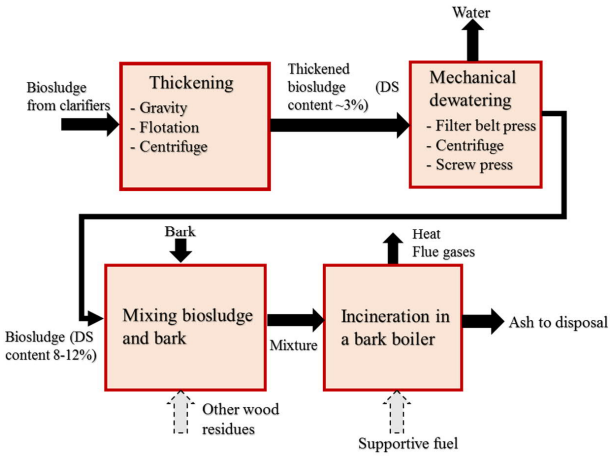
Finpulp – bioliete soodakattilaan, kuituliete voimakattilaan, mädätyslaitos



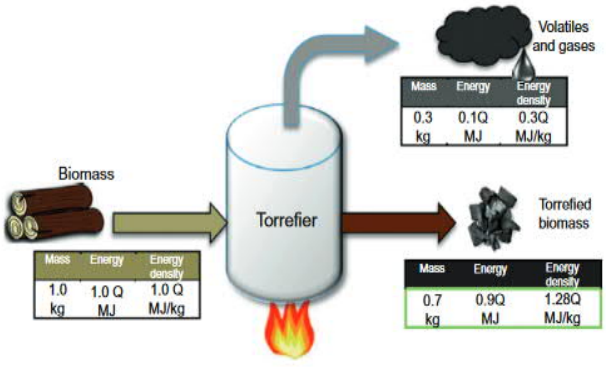
Tapa 1: Bioliete sekoitetaan mustalipeään ja poltetaan soodakattilassa

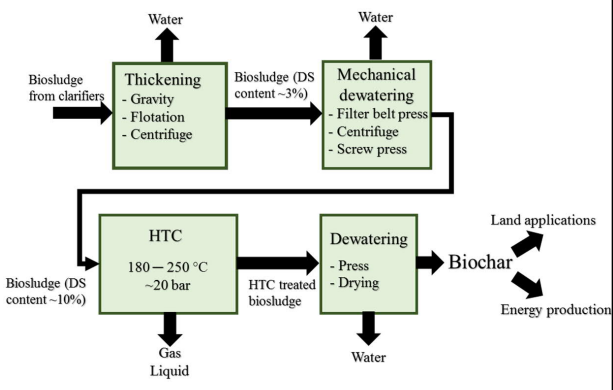


Tapa 2: Biolietteen poltto kuorikattilassa sekoitettuna kuoreen



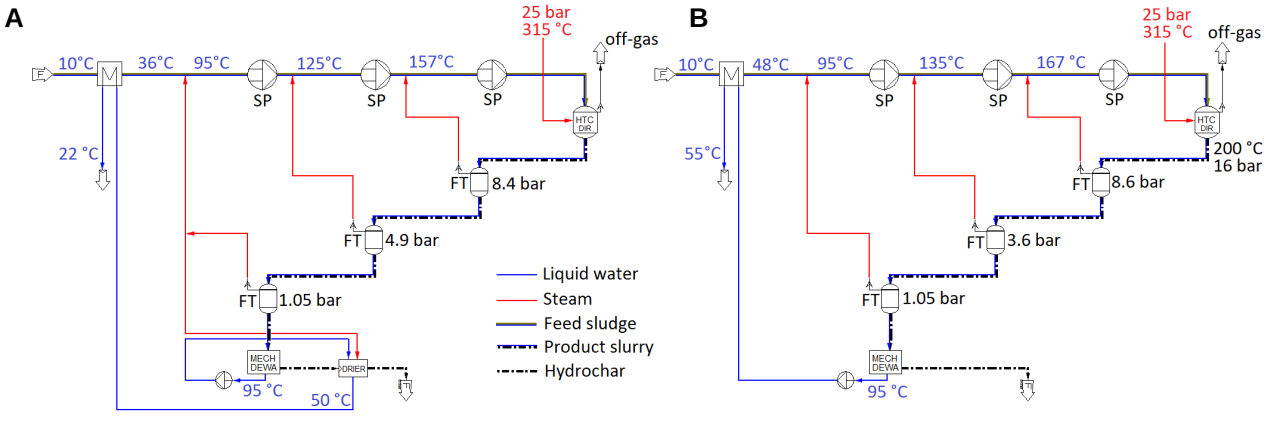
Tapa 3: Heinola – Biolietteen HTC käsittely





Jos kuumennetaan kuivana, niin torrefiointi, jos märkänä HTC

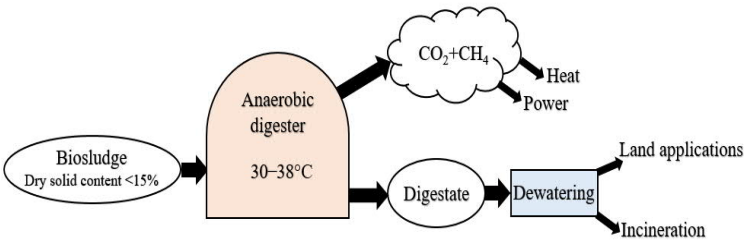
Mallitus - Kaksi eri kytkentää – kuivaimella ja ilman



Vasemmalla HTC jossa kuivain lämmöntalteenotolla; Oikealla HTC pelkällä mekaanisella puristuksella

SP = lietepumppu, FT = paisuntasäiliö

Tapa 4: Äänekoski – Biokaasun tuotanto mädätys

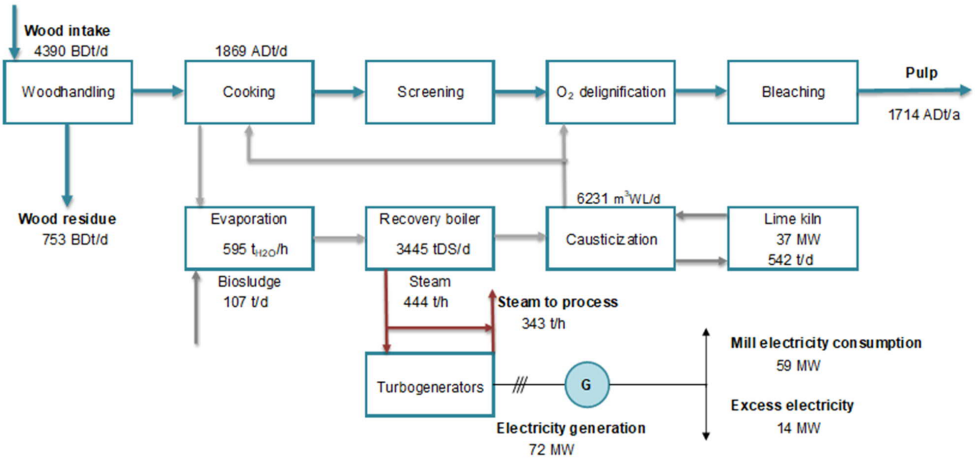


Biolietteessä hyvää orgaanista vähän, vaatii isot viiveajat
Lietteellekin pitäisi tehdä jotain. Vaatiiko lisänurmea?

Kolme vertailutapausta

	Unit	Euca	NorPulp	NorInt
Production				
Operating hours	h/a	8400	8400	8400
Pulp production	ADt/d	4286	1714	4000
Paper production	t/d	-	-	4224
Wood handling				
Wood income	BDt/d	8405	4390	10 007
Wood type		eucalyptus	softwood	softwood
Residue	BDt/d	638	753	1541
Wood moisture	-	45%	50%	50%
Recovery boiler				
Dry solids to boiler	tds/d	6783	3445 / 3454	7997
Net steam flow	t/h	873	444 / 445	1050
Biomass boiler				
Biomass fuel use	BDt/d	-	-	1514
Net steam flow	t/h	-	-	309 / 308
Biosludge				
Production	BDkg/ADt	11	5 / 10	5 / 10
Production	tds/d	48	8.6 / 17.1	20 / 40
Energy				
Steam use, pulp mill	t/h	662	343 / 344	781
Steam use, paper mill	t/h	-	-	401
Power generation	MW	160	72	233 / 232
Power consumption, pulp mill	kWh/ADt	501	59	552
Power consumption, paper mill	kWh/t	-	-	681

Laskettu tehdastaseet eri tavoille



Raportissa paljon laskelmia

HTC taseet – kolme eri loppukuiva-ainetta

NorPulp2, bioliete 10 BDkg/ADt		0-tapaus	HTC	Lisäkuivaus	
Biolietteen kuiva-aine	%	8.0%	16.5%	35%	90%
Höyryä HTC	t/h	-	1.24	0.74	0.96
Sähköä HTC	MW	-	0.05	0.05	0.10
SK höyryn tuotanto	t/h	445	452	452	452
Muutos höyryn tuotannossa	t/h	-	5.4	6.0	6.2
Sähkön tuotanto	MW	72.4	74.0	74.1	74.2
Muutos sähkön tuotannossa	MW	-	1.58	1.74	1.72

Johtopäätös; höyryä lisää ja sähköä lisää

Biokaasun tuotanto mädättämällä taseet

NorInt2, bioliete 10 BDkg/ADt		0-tapaus	AD
Höyryn lisäkulutus AD	t/h	-	0.22
Höyryä kuorikattilasta	t/h	308	311
Muutos höyryn tuotanto	t/h	-	3.37
Sähkön tarve AD	MW	-	0.33
Sähkön tuotanto	MW	232	233
Muutos sähkön tuotannossa	MW	-	0.65

Johtopäätös; höyryä lisää ja sähköä lisää

Johtopäätökset

- Biolietteen uudet prosessointitavat HTC ja biokaasu lisäävät höyryn tuotantoa ja siten tuotetun sähkön määrää.
- Mitä isompi laitos sen kannattavampi.
- Kuivaimen lisäys HTC laitokseen ei juurikaan paranna kannattavuutta.
- Uudet prosessointitavat lisäävät kattilakapasiteettia.
- Käyttökokemuksia vähän.
- Varsinkin integrointimahdollisuuksia kannattaa pohtia lisää.

Kiitos

MÄNTYÖLJYN TALTEENOTTO JA HYÖDYNTÄMINEN

Keijo Ukkonen
Nopek Oy

Mäntyöljyn talteenotto ja hyödyntäminen

Keijo A. Ukkonen

4.11.2021

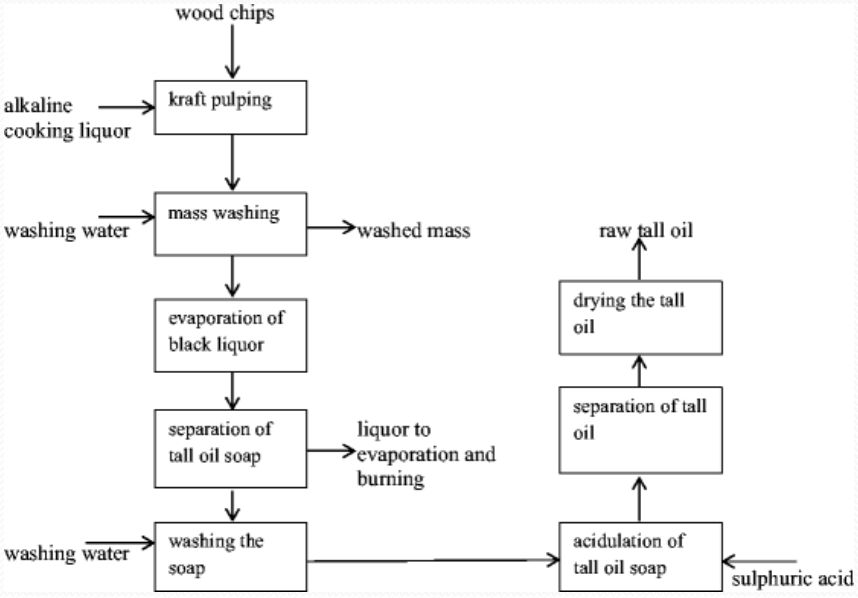
Taustatietoa
Keijo A. Ukkonen

- Nopek Oy:n toimitusjohtaja
- Fintoil Oy:n hallituksen jäsen
- Aiemmin toiminut Finnish Peroxides Oy:ssä, Veitsiluoto Oy:ssä, Raisio Oyj:ssä, Oy Kaukas AB:ssä ja Farmos-Yhtymä Oy:ssä
- Nopek Oy välittää mäntyöljyä, mäntypikeä ja raakatärpättiä
- Fintoil Oy rakentaa Haminaan mäntyöljyn tislaamoa

Suopa, mäntyöljyn raaka-aine

- Havusellun keitossa saadaan talteen mäntysuopaa, joka on puun uuteaineiden rasva- ja hartsihappojen natriumsuolaa. Suopa sisältää myös raakatärpättiä ja neutraaliaineita kuten steroleita ja stilbeeniyhdisteitä.
- Lehtipuut sisältävät vaihtelevia määriä uuteaineita ja niistä saatava suopa ei sisällä hartsihappoja. Usein esim. koivukeitossa käytetään joko hartsisaippuaa tai raakamäntyöljyä uuteaineiden paremmaksi erottamiseksi sellusta pesemällä ja myöhemmin haihduttamolla paremman suovanerotuksen aikaansaamiseksi.

Suovan ja mäntyöljyn synty sellutehtaassa



Suovan erotus

- Sellutehtaalla puun uuteaineet halutaan poistaa sellusta mahdollisimman tarkoin
- Mustalipeästä taas suopa halutaan erottaa mahdollisimman tehokkaasti haihduttamon paremman toimivuuden varmistamiseksi, sekä soodakattialan orgaanisen kuorman vähentämiseksi
- Mäntyöljyn korkea hinta motivoi pyrkimään mahdollisimman hyvään suopasaantoon
- Jätevesien toksisuuden vähentämiseksi

Suovan erotustavat

- Gravimetrinen erotus suopasäiliöissä
- Paras erotus tapahtuu laihassa mustalipeässä
- Erottumista tapahtuu myös välilipeäsäiliöissä
- Lipeäsäiliön rakenteella on merkitystä
- Rasvahappo ja hartsihapposuhteella on merkitystä
- Ilmalisäyksellä voi parantaa suovanerotusta
- Sentrifugaalinen erottaminen, BLiSS

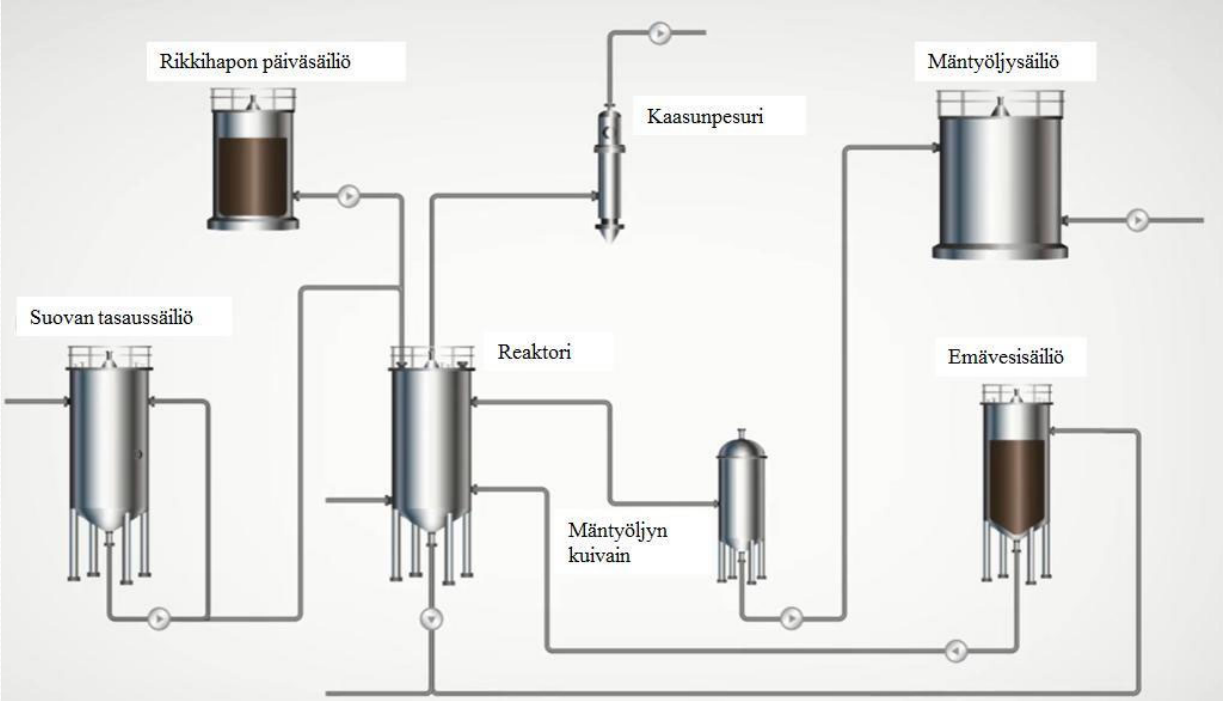
Suopasaannot

- Suovan määrään vaikuttavat tietysti puulajit ja puun kasvupaikka
- Pohjoisella mäntypuulla mäntyöljysaanto voi olla 75 kg/Adt sellua
- Koivu mäntysekaöljyä Etelä-Suomessa saadaan saannoksi 20-30 kg/Adt sellua

Mäntyöljyn keitto

- Suopa hapotetaan rikkihapolla tai muilla hapoilla mäntyöljyksi; sivutuotteena tulee natriumsulfaatti-pitoinen suolaliuos, joka palautetaan lipeäkiertoon
- Keiton jälkeen suolaliuos dekantoidaan tai sentrifugoidaan eroon mäntyöljystä
- Keitto-olosuhteilla voidaan vaikuttaa mäntyöljyn laatuun

Mäntyöljyn keitto



Mäntyöljyn koostumus

- Mäntyöljy koostuu:
- Mäntyöljyn rasvahapoista
- Mäntyhartsista
- Mäntypiestä
- Raakatärpätistä
- Neutraaliaineista tai saippuoitumattomista yhdisteistä, Steroli, prenolit, skvaleeni, triterpeenialkoholit jne.

Mäntyöljyn maailmanmarkkinat

- Raakamäntyöljyä tuotetaan maailmassa noin 2,2 milj. tonnia vuodessa
- Teoriassa paremmalla suovan talteenotolla saantoa voisi nostaa noin 15%:lla
- Mäntyrasvahapon tuotanto on n. 600 000MT/a
- Mäntyhartsin tuotanto on n. 450 000MT/a
- Mäntypikeä tuotetaan noin 450 000 MT/a
- DTOta ja tärpättiä saadaan noin 150 000 MT/a

Mär sa

Pine Chemical- Global sources

- Crude tall oil production in 2015 is estimated as follows:

North America (USA & Canada)	980 000 MT
Europe	890 000 MT
Asia	90 000 MT
South America	65 000 MT
Australia & New Zealand	15 000 MT
Rest of the world	20 000 MT
World total CTO production	2 100 000 MT

Pine Chemicals Association, Inc.

Mäntyöljyn tislaus

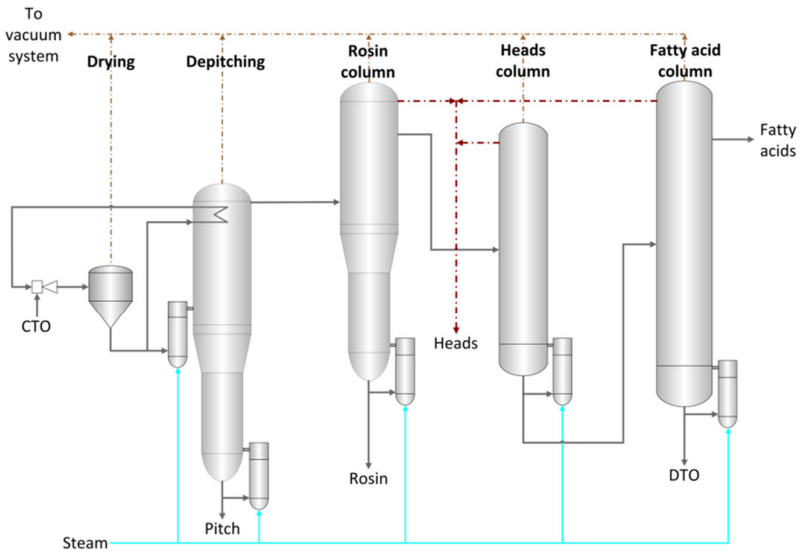
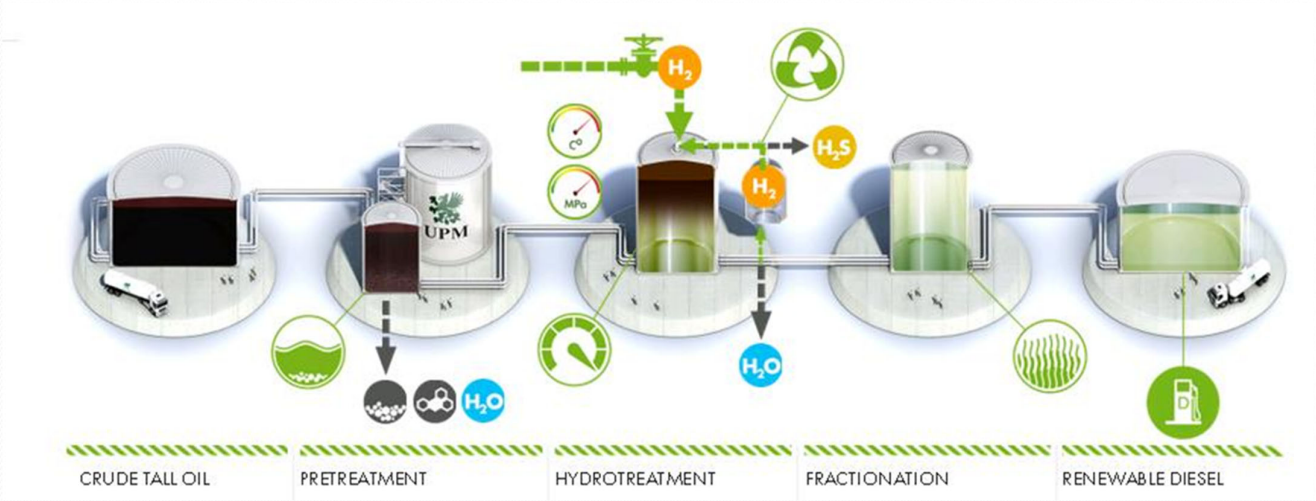


Figure 11. Steam distillation, also called wet distillation of crude tall oil, adapted from (Bress, 1982).

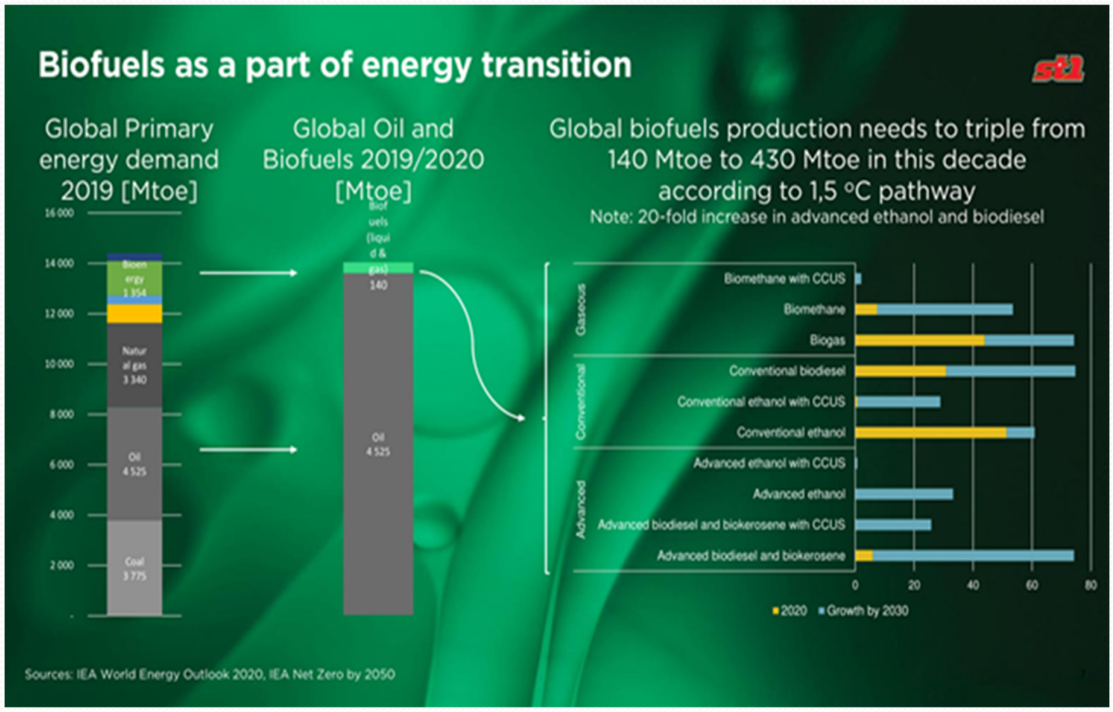
Mäntyöljy biopolttoaineiden raaka-aineena

- EU:n nk. RED II direktiivi astui voimaan 1.7.2021 ja se jatkuu ainakin vuoden 2025 loppuun saakka.
- EU:n komissio julkisti kesällä 2021 uudet tavoitteet ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja osana sitä myös RED II direktiiviä tullaan tiukentamaan
- Mäntyöljy kuuluu direktiivin mukaisiin Advanced biofuel raw materials" kategoriaan
- Mäntyöljystä tulee lähivuosina kova kysyntä

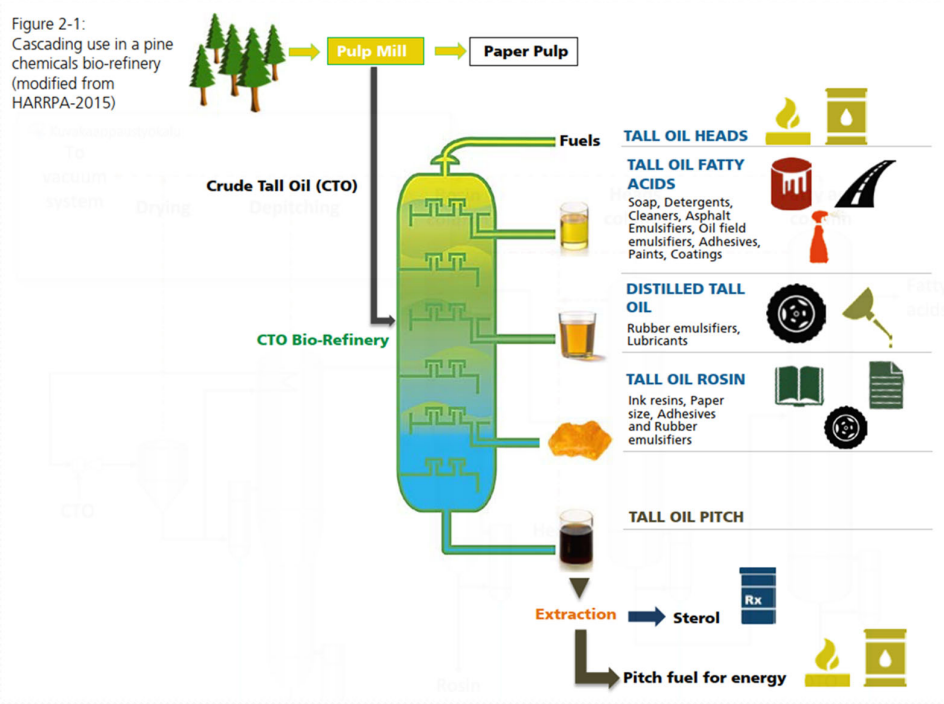
Mäntyöljy biodieselin raaka-aineena



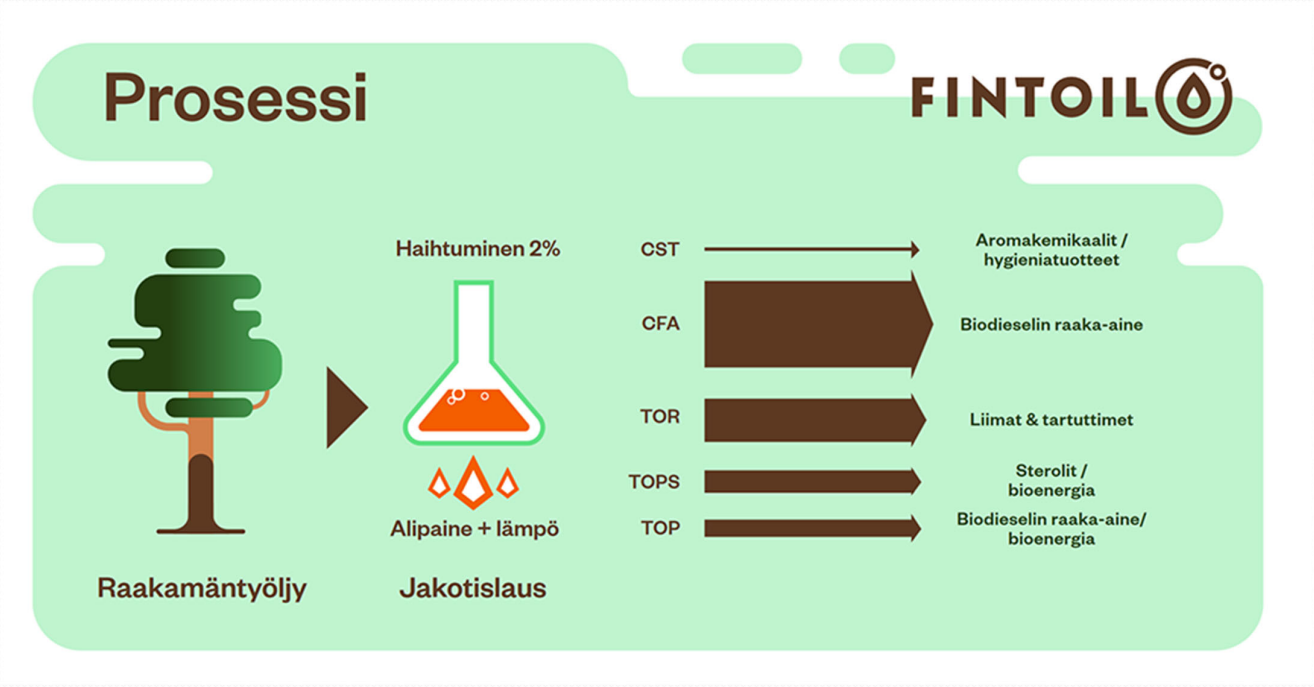
Biopolttoaineiden käyttötavoitteet



Mäntyöljy biokemikaalien raaka-aineena



Fintoilin mäntyöljylaitos



Mäntyöljyn talteenotto ja hyödyntäminen

- Kiitos!

SOODAKATTILOIDEN ETÄMYYNNISTÄ KOHTI UUTTA NORMAALIA

Kari Liukko
ANDRITZ

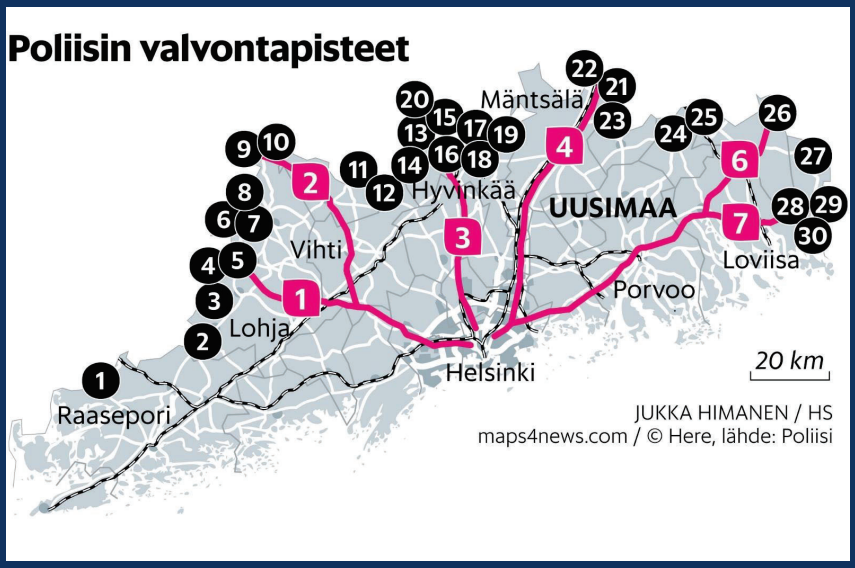
SOODAKATTILOIDEN ETÄMYYNNISTÄ KOHTI UUTTA NORMAALIA

KARI LIUKKO

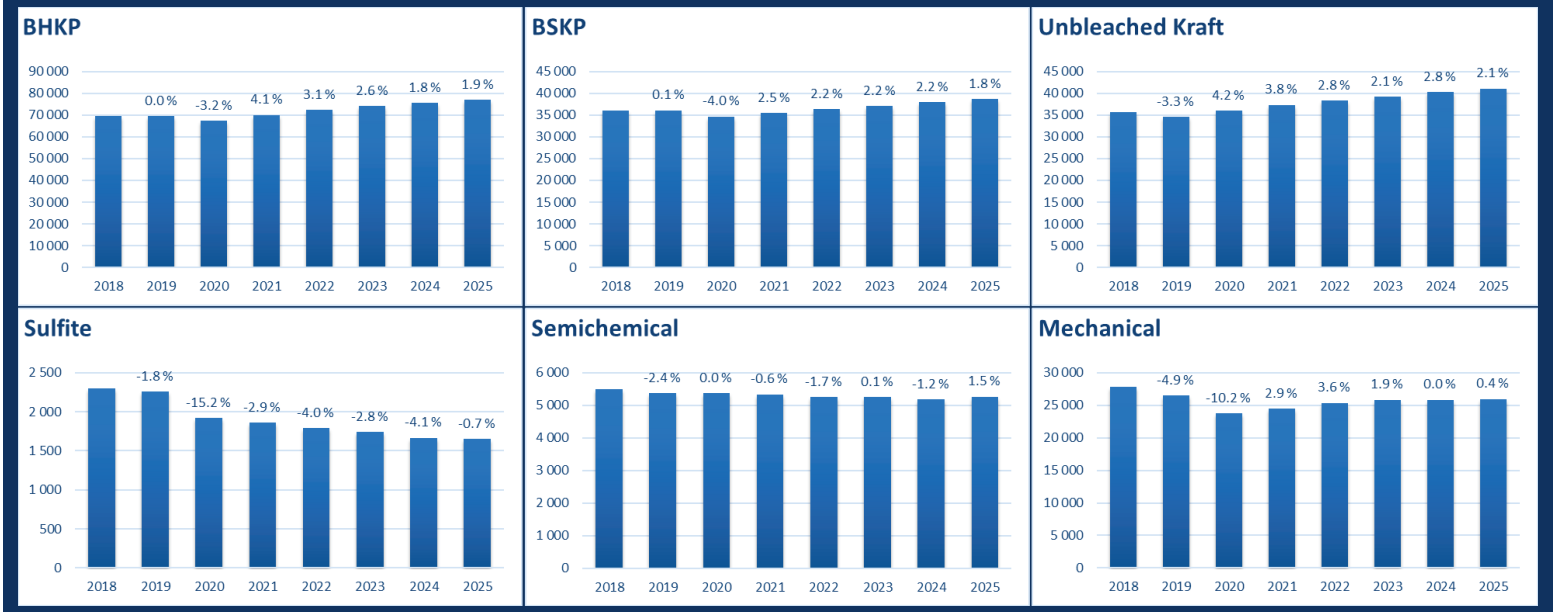
ANDRITZ

ENGINEERED SUCCESS

TÄSTÄ LÄHDETTIIN VUOTEEN 2020

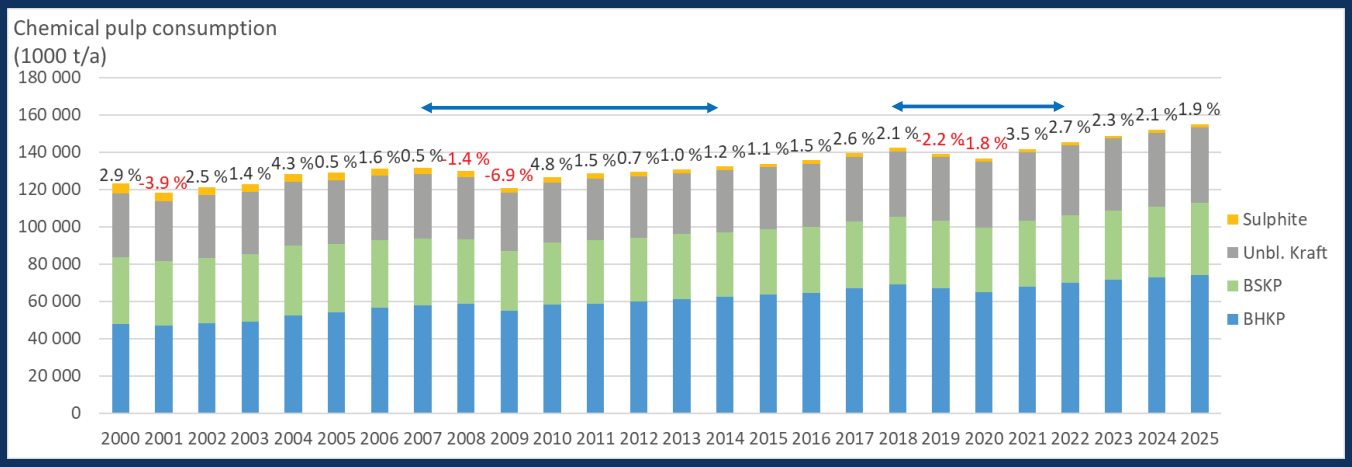


PULP DEMAND PER MAIN GRADE 2018-2025

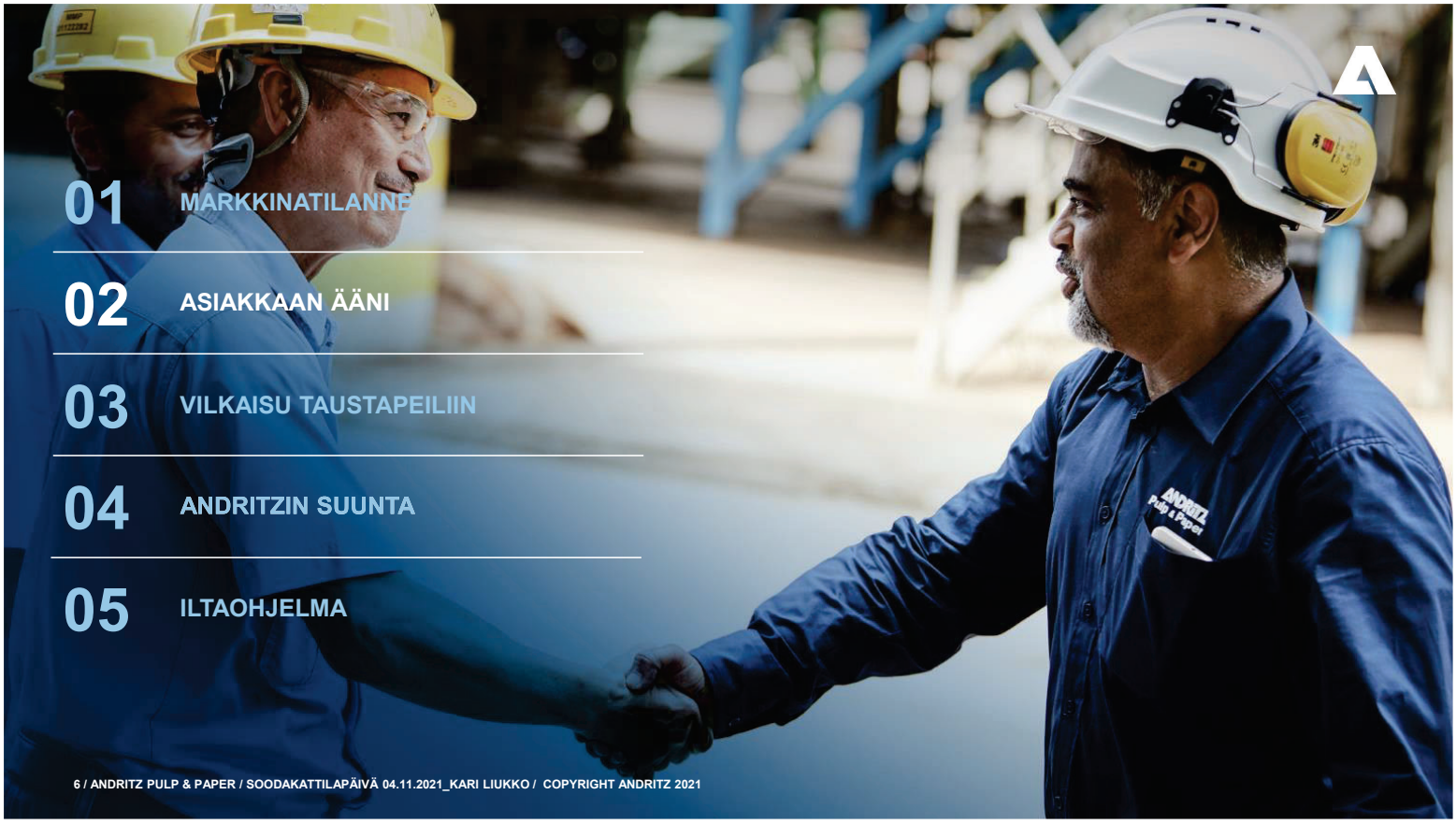


Data source: RISI

CHEMICAL PULP CONSUMPTION 2000-2025



Data source: AFRY/RISI



MITÄ ASIAKKAAMME KERTOVAT?

Production volume & efficiency are the most important parameters

We want to differentiate with new technologies to compete in the market

We expect high quality, reliable processes & products to meet our ESG targets

We expect technology that will reduce our OPEX

THREE MEGATRENDS DRIVING ALL INDUSTRIES – CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

ESG – environmental, social and governance targets

- Safe and sustainable products and projects
- Predictable ROI and life cycle management

Demographic developments

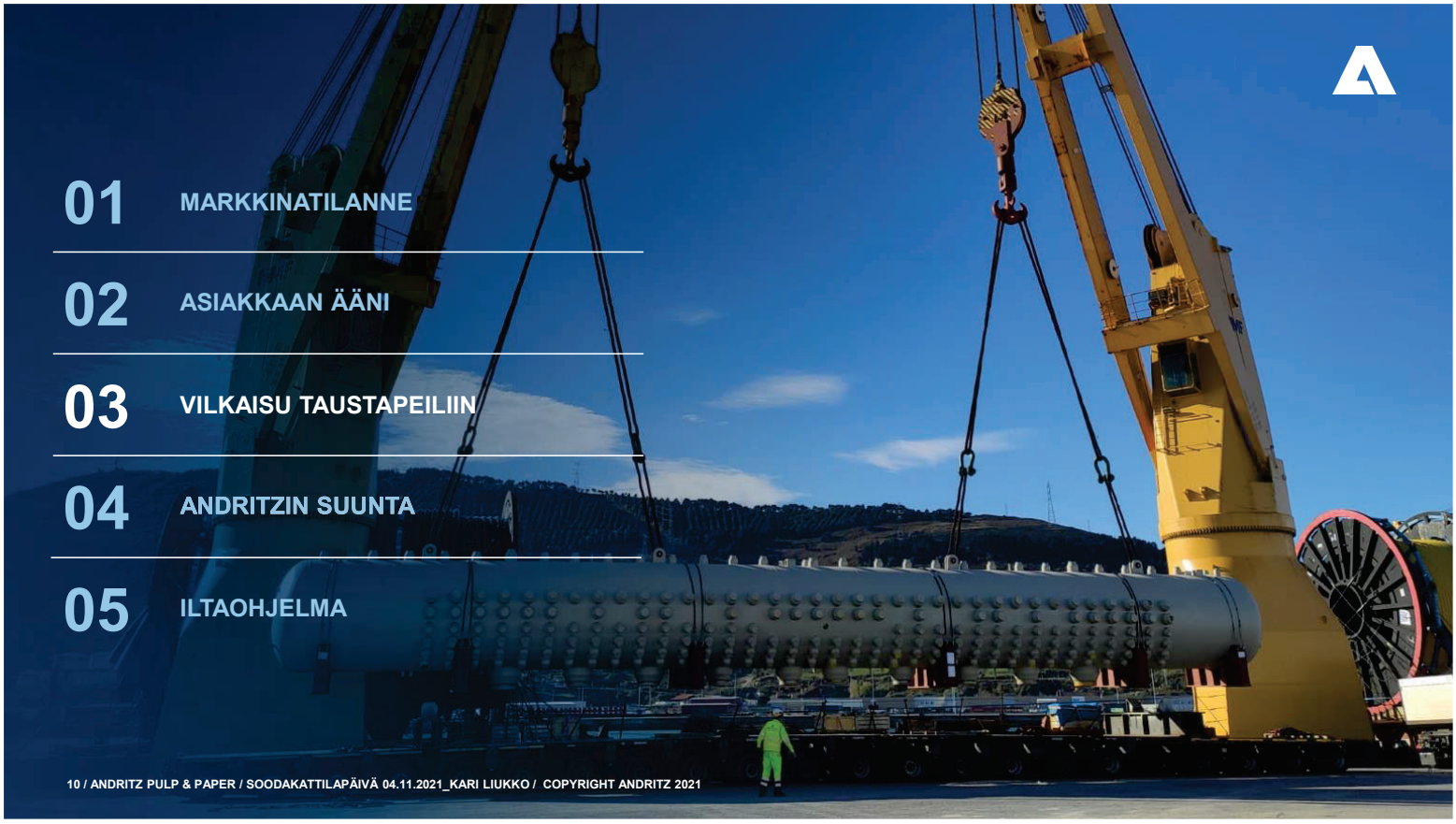
- Aging societies
- Diversification

Emerging technologies

- Digitalization
- AI – technology embeds into everything

NEW DEMANDS ON PULP INDUSTRY AND RECOVERY BOILERS

	Environmental, social and governance targets	Demographic developments	Emerging technologies
PULP MARKET	• Hygiene, packaging & textile fibers • Replacing oil & plastics • Resource & energy efficiency	• New generation of customers & labor • New regions & countries • Availability of skilled labor	• Tracking & tracing • Robotics • Machine vision • AI & machine learning
PULP MILL – **Pulp Mills**	• Safety & sustainability • Swing mills/Flexible production • High capacity • Process efficiency	• Industry expertise • Easy operation • E-learning • Life cycle support	• Enablers of autonomous processes • Less human interaction • Increased safety • Side stream utilization
PULP MILL – **Recovery Boilers**	• High power production • Chemical recovery efficiency • Low emissions & noise • Low OPEX	• Reliable process • Operator decision support • Project delivery & training • Local presence • Remote service	• Availability • Autonomous recovery boiler • New technologies • Cyber security



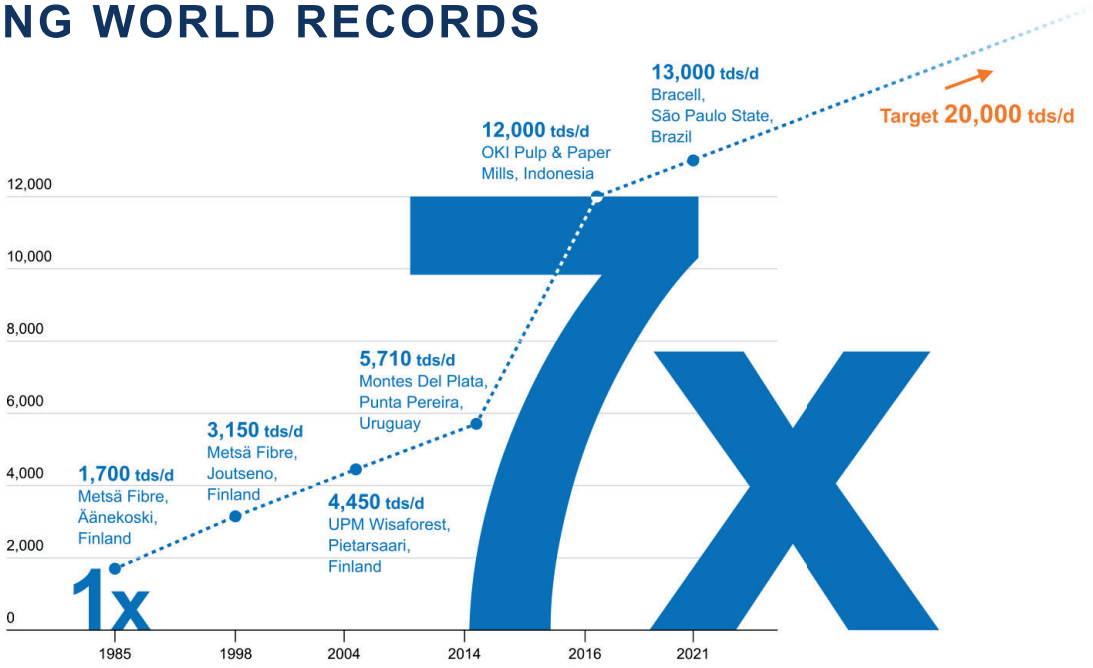
STARTTEJA 2019 SOODAKATTILAPÄIVÄN JÄLKEEN

- Smurfit Kappa Nettingsdorf, Austria, 972 tds/d
- Daio Paper Corporation, Japan, 1,330 tds/d
- Papelera Guipuzcoana de Zicuñaga, Spain, 990 tds/d
- Kuantum Papers Limited, India, 500 tds/d
- Klabin Ortigueira, Brazil, 3,300 tds/d
- Bracell SP, Brazil, 13,000 tds/d
- Naini Paper & Tissue, India, 550 tds/d
- KR Pulp & Paper, India 700 tds/d
- Södra Cell, Sweden, MeOH Plant 5,000 t/a

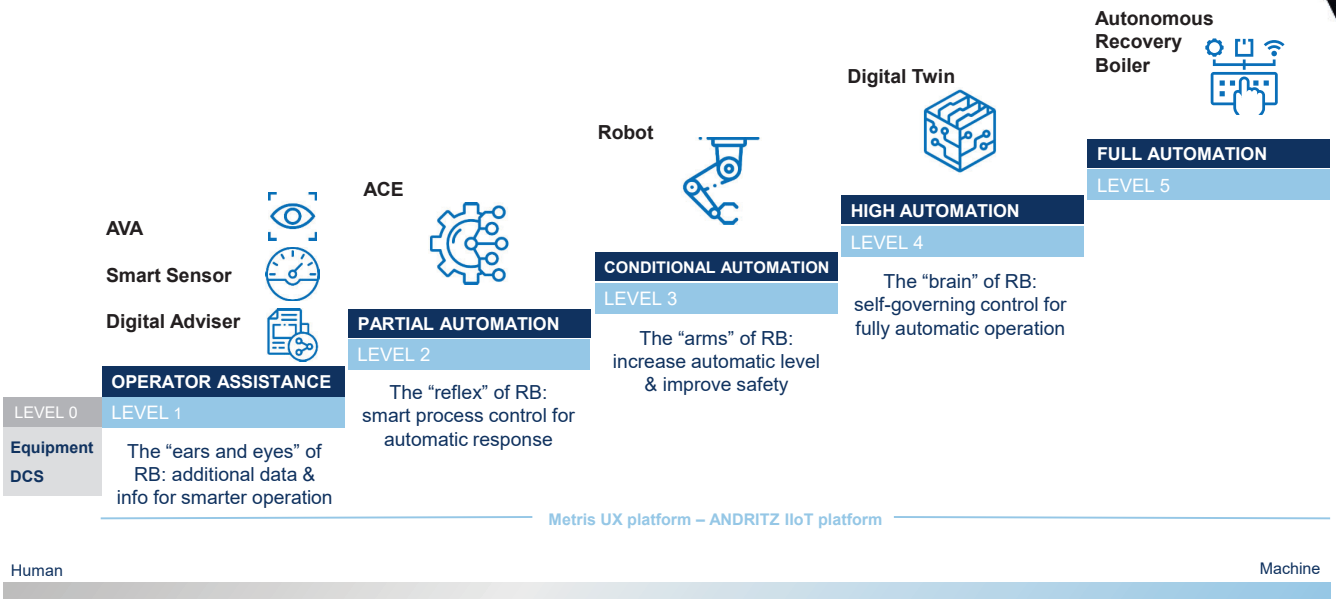
TYÖN ALLA

- UPM Paso de los Toros, Uruguay, 9,000 tds/d
- BillerudKorsnäs Frövi, Sweden, 1,670 tds/d
- Undisclosed, Asia, 4,000 tds/d
- JKC Paper Mills, India, 950 tds/d
- JSC Ilim Group, Ust-Ilimsk, Russia, 1,950 tds/d
- Tamil Nadu Newsprint and Papers, India, 950 tds/d
- Orient Paper & Industries, India, 600 tds/d
- Klabin Ortigueira, 98 w-% H_2SO_4 Plant, 150 t/d

ANDRITZ RECOVERY BOILERS BREAKING WORLD RECORDS



A SELF-GOVERNING RECOVERY BOILER



PATENTED SMART SOLUTIONS

Product list by sub-technology group

Advanced Visual Analysis (AVA) ®

- Carryover Tool
- Spray Orientation Tool
- Smelt Flow Tool
- Charbed Tool
- Smelt Reduction Tool

Smart Sensor

- HEWI ®: Weight Indication System

Digital Adviser

- WLA Leakage Advisor
- Decision Support Wall

Advanced Control Expert (ACE)

- Combustion ACE
- Sootblowing ACE

Robotics

- Smelt Spout Robot
- Carryover Robot
- Black Liquor Robot*
  (* coming soon)

Digital Twin

- Offline Simulator (OTS)
- Online Digital Twin

AUTONOMOUS RECOVERY BOILER SOLUTIONS BENEFIT OVERVIEW

Bringing Added Value

Metris
ANDRITZ Digital Solutions

INCREASE	IMPROVE	REDUCE
Safety	Data	OPEX
Availability	Recovery	Emission
Productivity		
Stability		

SOODAKATTILAPÄIVIEN JATKOT

PRESIDENTTI-SALI, KLO 21

TERVETULOA!

ANDRITZ RECOVERY BOILER

Safe | **Smart** | **Sustainable**

ASH BALANCE OPTIMIZATION

Timo Laurila
Valmet Technologies Oy

Valmet Recovery Ash Analyzer and Valmet Ash Balance Advisor

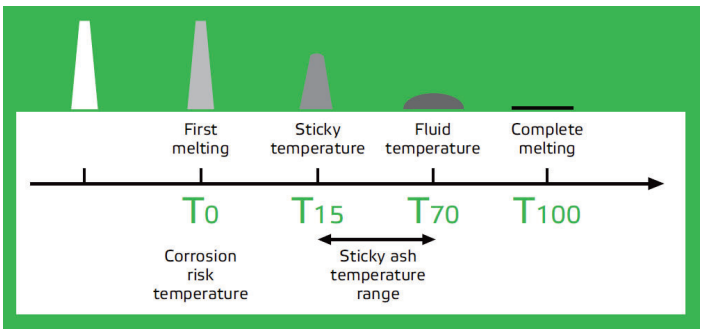
Timo Laurila

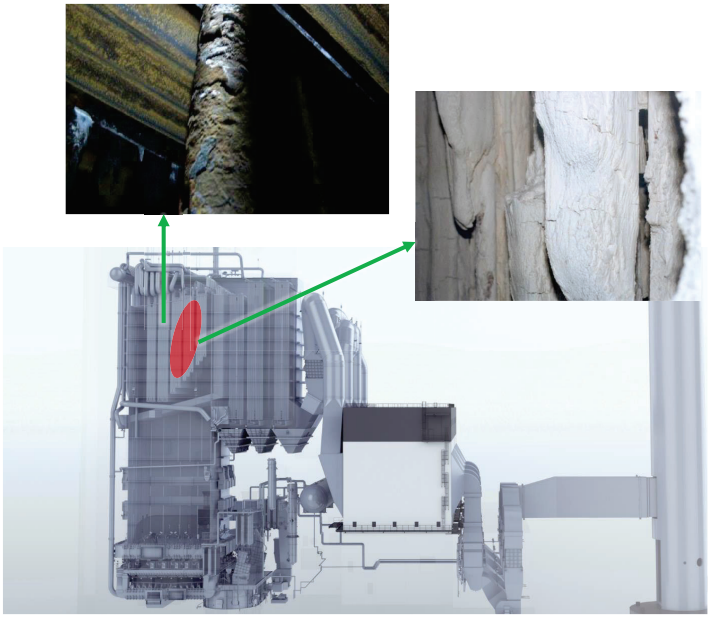
Business Manager, Pulp Analyzers and Advanced Process Controls

Valmet, Finland

Contents

Ash composition and recovery boiler operation



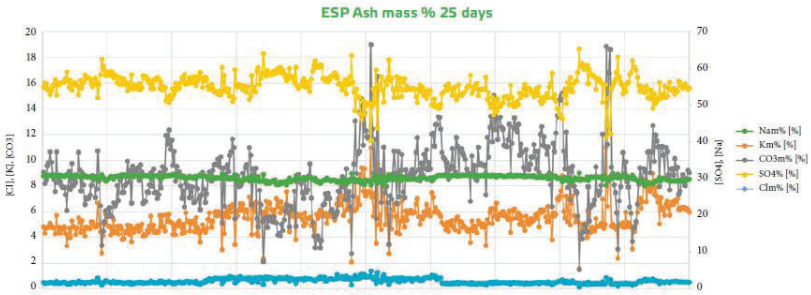


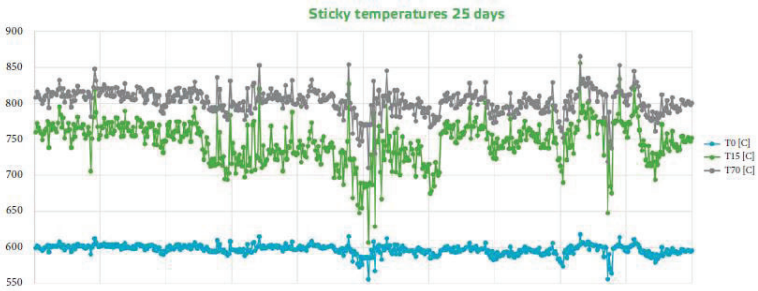
- Ash chemistry defines ash melting temperatures* (T0, T15, T70)
  - General rule is the higher the Cl and K concentration, the more difficult boiler operation becomes, eventually leading to boiler plugging and to an unplanned shutdown

Source: Reeve, Tran, and Barham (1981), and Backman, Hupa, and Uppstu (1987).

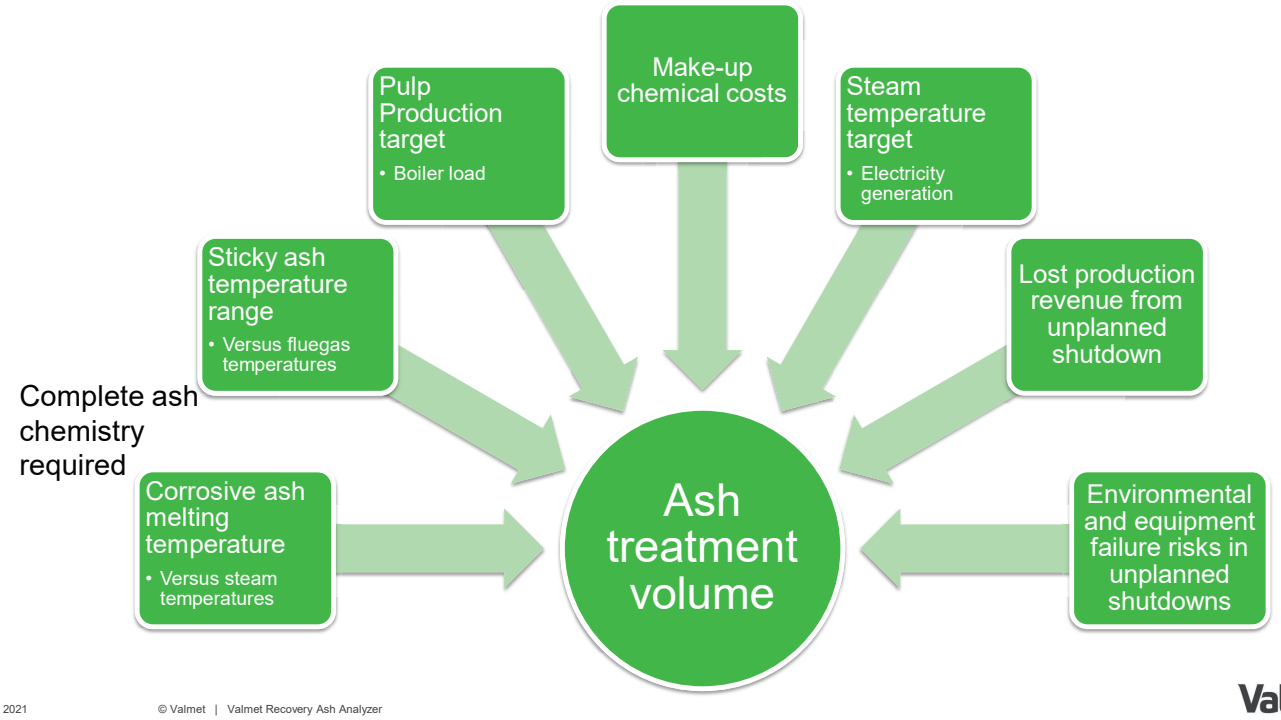
Complex task to define correct ash treatment or dumping volume

- No real-time information about ash chemistry
  - The laboratory analysis is inaccurate, slow, expensive, and rarely done
  - Ash chemistry and boiler operation temperatures are changing, and in the best case the operators are running on outdated information
- Options without real-time information
  - Treat more ash than necessary, losing valuable cooking chemicals
  - Have an unplanned boiler wash shutdown, losing approx. 3 days of production per shutdown
  - Corrode the super heater piping, leading to rebuild much sooner than anticipated or run at low steam temperature and lose electricity





Complex task to define correct ash treatment or dumping volume

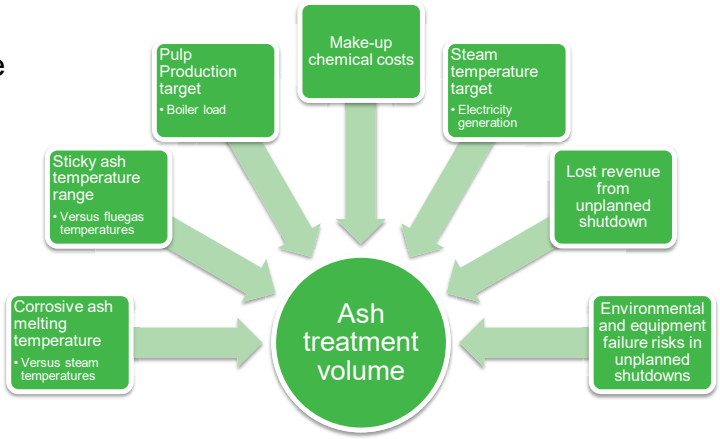


Valmet

New solutions to optimize ash balance

- **Valmet Recovery Ash Analyzer**
  - Measures complete ash chemistry and calculate ash melting temperatures
  - Na, K, Cl, CO3 and SO4

- **Valmet Ash Balance Advisor**
  - Real time information of corrosion risk, sticky area and target volume for ash treatment
  - Treat ash only as much as is needed, don't waste valuable cooking chemicals (Na, S)
  - Maximize availability and power generation



Valmet

Valmet Recovery Ash Analyzer and Valmet Ash Balance Advisor

Valmet

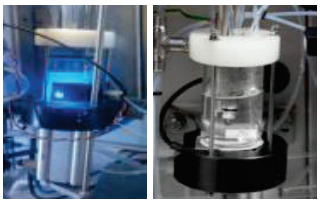
Operating principle

Sampler

- Robust stainless-steel sampler based on Valmet's pulp sampling technology.
- Automatic diagnostics for movement and sample flow
- 2 samples per hour

Sample handling

- The ash sample is dissolved in water at the sampler and transferred to the titrator by pressurized air
- Sample is taken from stabilization tank at the titrator
- Automatic flushing and cleaning sequences



Measurements

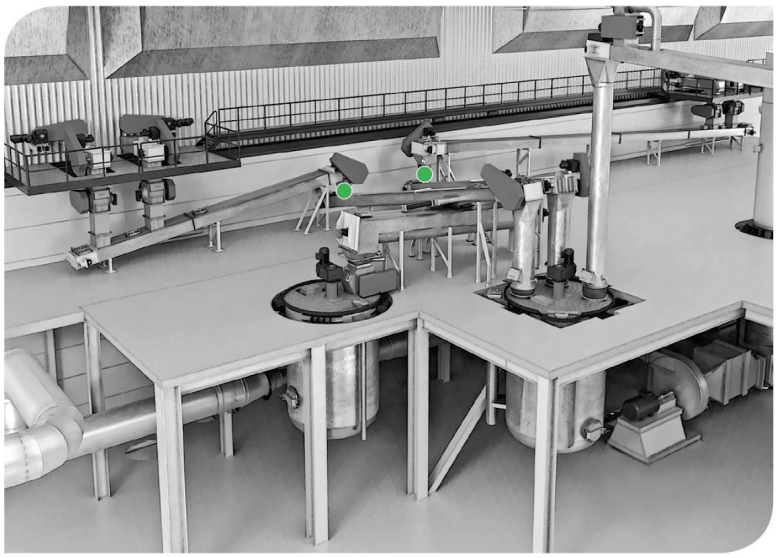
- Cl and K: Analyzed by ion selective electrode
- CO_3: Analyzed by HCl titration
- SO_4: Analyzed by $BaCl_2$ titration
- Na: Calculated from mass & ion balance

- Ash melting temperature calculations
- T0, T15, T70

Valmet

Sampling and analyzer installation

- The ash sample is taken from the dropping ash flow between the ash conveyors.
- Analyzer is installed close to the mixing tank, maximum sample line (3/4” FEP) length is 50 m.



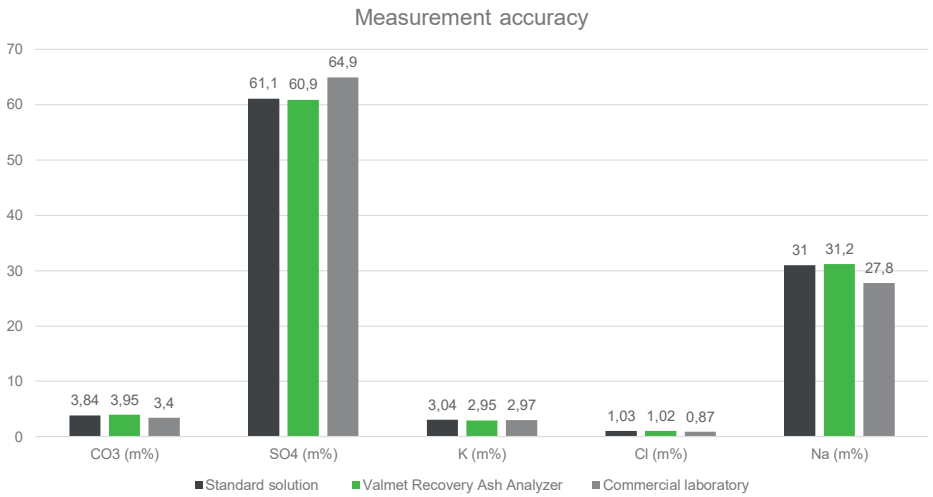
Recovery Ash Analyzer performance

Guaranteed accuracy

- Accuracy is determined by analyzing standard solution
  - Accuracy guarantee for standard solution
    - Cl ± 0,2 m%
    - K ± 0,5 m%
    - CO3 ± 0,5 m%
    - SO4 ± 2 m%
    - Na ± 3 m%

Guaranteed repeatability

- Repeatability guarantee RSD 5.0%
- Dry ash repeatability test examples:
  - K Relative Standard deviation 1.2 %
  - Cl Relative Standard deviation 2.0 %



Laboratory uncertainty was 10 % for CO_3 ,SO_4, K, Cl and 15 % for Na
Standard solution test show the analyzer performance against the laboratory

Valmet Ash Balance Advisor

Operator's view in Valmet DNA DCS User Interface

Current ash treatment is 22% and advised target is 34%

Avoiding of 1 boiler wash/a 2.0 MEUR/a

Make-up and Electricity revenue balance 400 kEUR/a

Advisor calculates the online status of:

- Corrosion risks
- Steam temperature targets
- Sticky area
- Scaling speed
- Advised change to ash treatment amount

After advised change:

- New ash chemistry
- Operation costs change
- New sticky area
- New maximum steam temperature targets

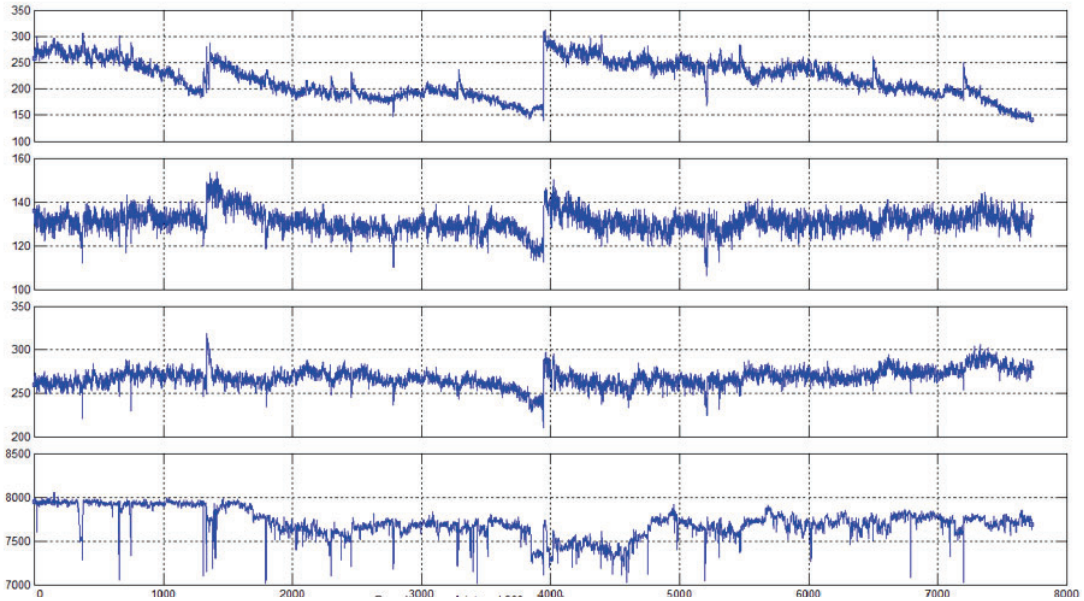
Valmet

Ash balance optimization ROI example

Valmet

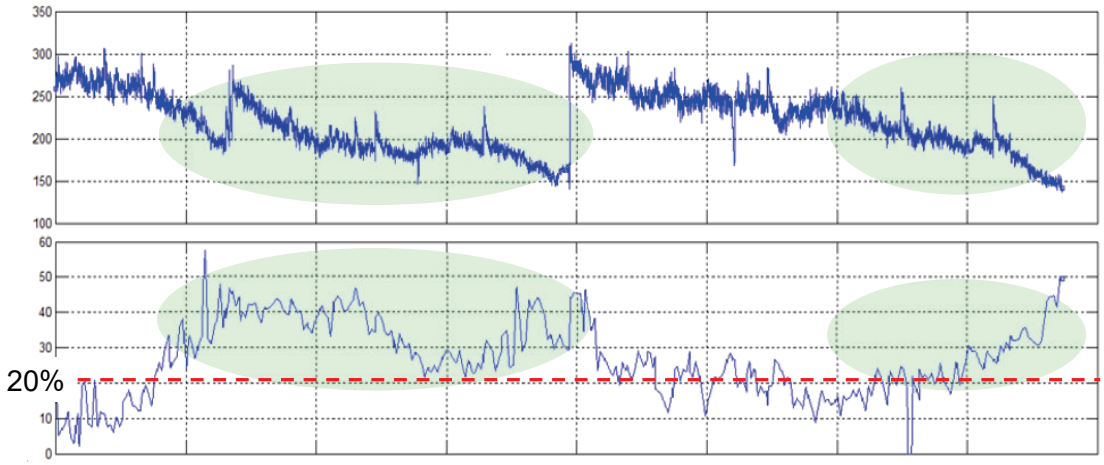
Ash balance optimization ROI example

Superheaters are scaling in 4-6 months



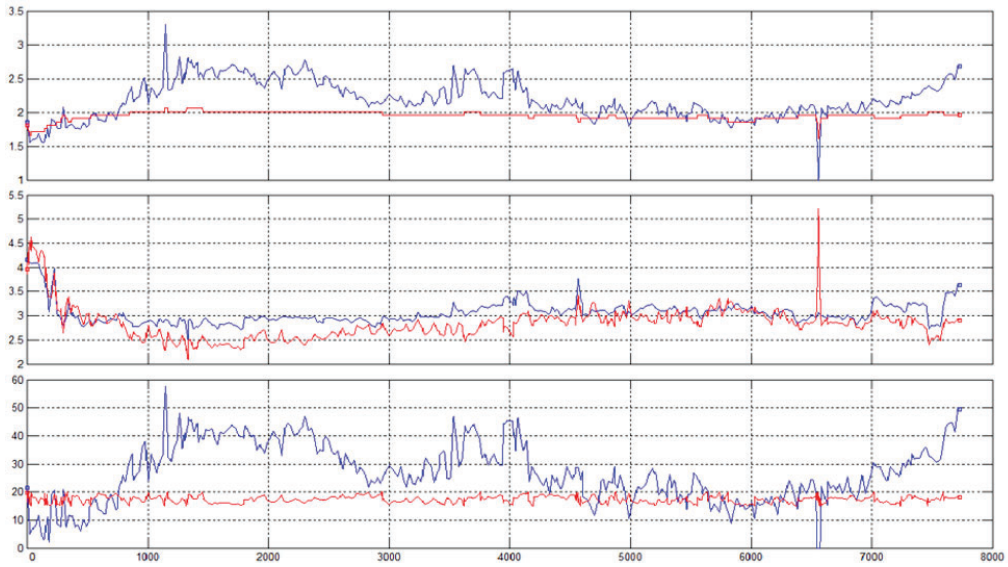
Ash balance optimization case example

SH1 fouling



Ash balance optimization case example

Sticky area target ~ 20% from SH1



Variables:

Actual Cl content

New Cl target when keeping Ash sticky area below 20%

Variables:

Actual K content

New K target when keeping Ash sticky area below 20%

Variables:

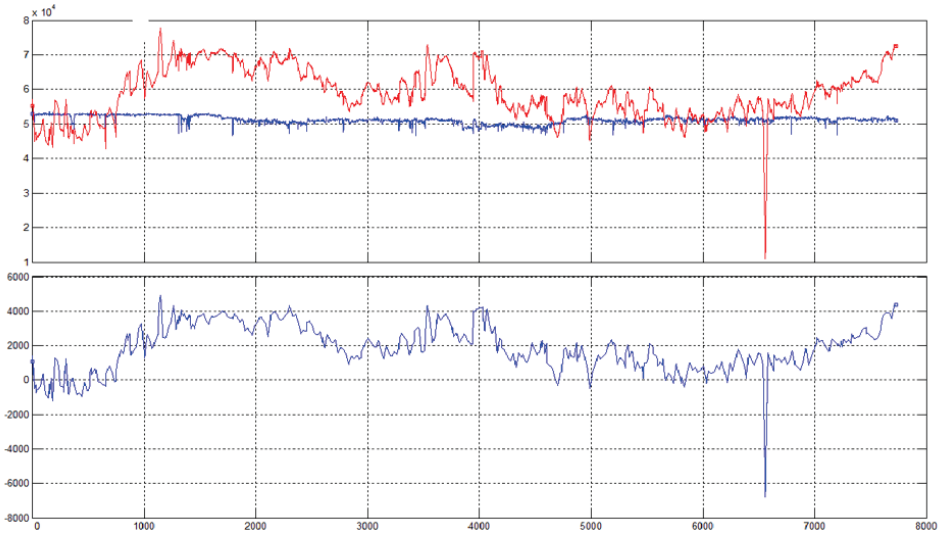
Actual Sticky area %

Sticky area % with new K and Cl targets

INTERNAL

Ash balance optimization case example

Cost calculation of better ash chemistry



Variables:

Ash dumping amount

Ash Balance calculation:
New ash dumping target by keeping Sticky ash area below 20%

Variables:

Change in Sodium make-up cost EUR/d

Cost of improving boiler cleanability

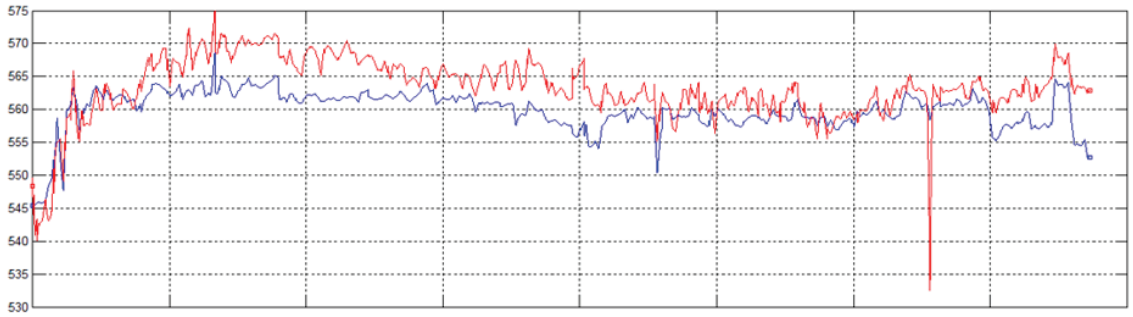
1 wash shutdown less

- 1 wash shutdown less, pulp production profit + 3 000 000 €/a (4200 ADT/d)

- Na2SO4 make-up 5.4 ton/d
- NaOH make-up 2.6 ton/d
- Costs 1863 €/d ~ 652 000 €/a

Optimized electricity generation

T0 allow steam target to be increased to level 505 degrC



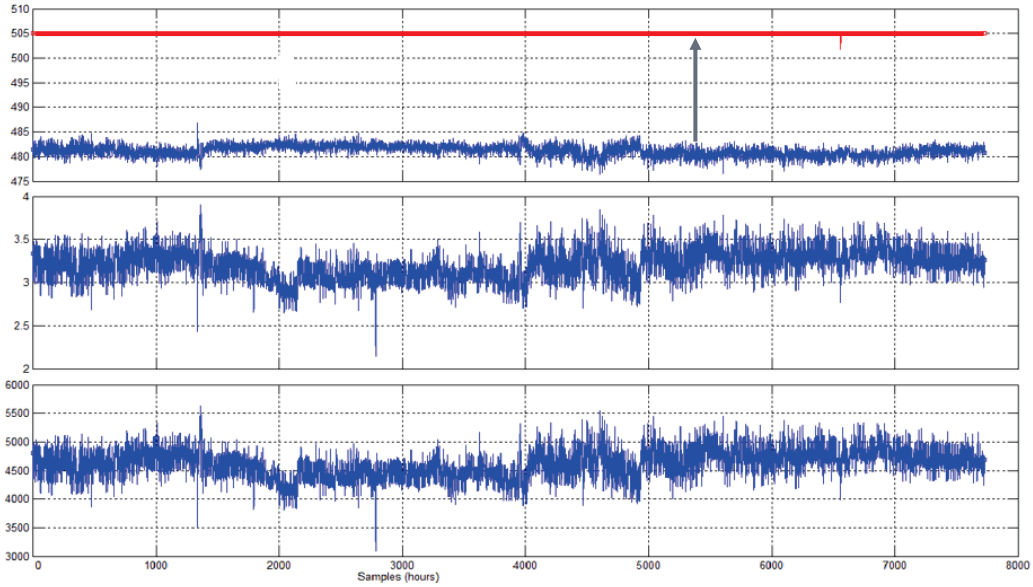
Variables:

Ash T0, at present chemistry

New Ash T0

Optimized electricity generation

Increased generation when superheated steam target is increased to level 505 degr



Variables:
Present steam temperature

New live steam target

Variables:
Electricity generation increase MW

Variables:
Electricity generation increase EUR/d

INTERNAL

Total savings / Costs

Superheated steam temperature 505 degr C

- Generation increase average 3.2 MW
- With 60 €/MWh price ~ 4614 €/d ~ 1 615 000 €/a
- Make up costs ~ 652 000 €/a

- Total ROI 1 614 900 €/a - 652 000 €/a = **962 900 €/a**
- + At least 1 water wash less/a (value ~ 3 000 000 €)

Summary

Recovery ash analyzer and Ash Balance Advisor

- Unique solution to measure ash chemistry and advise boiler owner to optimize ash treatment
- Operational precision of ash treatment defines:
  - Operational period of pulp mill
  - Operational costs of cooking make-up chemicals
  - Maximum level of electricity generation
  - Lifetime of superheaters

Typical Annual savings with Valmet Recovery Boiler Optimizer
1000 – 3000 k€ / year

- Product launch in April 2021
- Pilot in production use since 2019

Valmet

Valmet FORWARD

CHAR BED MODERNIZATION SYSTEM

Gene Sullivan
SHB Power Plant Engineering

CHAR BED MODERNIZATION IN OPERATION!

WHY CHANGE THE PRIMARY AIR SYSTEM?

- STABILITY
- SIMPLICITY
- SAFETY
- VISIBILITY
- DISTURBANCE REJECTION
- IMPROVE CIRCULATION RATIO (CAPACITY)
- REDUCED MAINTENANCE

PRIMARY AIR OPENINGS ARE THE MOST IMPORTANT TARGET

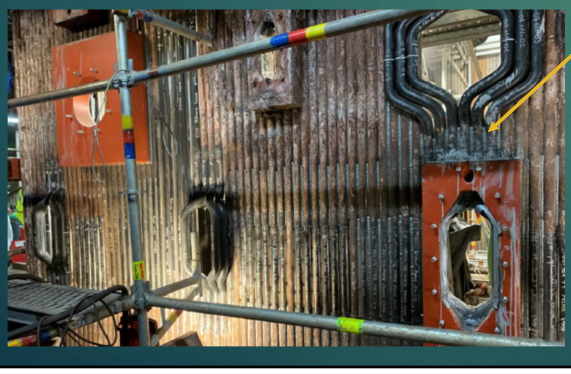
- Capacity
- Emissions
- Run Time
- Energy Consumption

The #1 Risk is the Char Bed. Primary air bent tubes (openings) are the #1RISK area.

CBM improves RB Capacity

First improve "High Risk Areas"

- ❑ Primary Air System – high complexity, low effectiveness, highly susceptible to bed problems
- ❑ Smelt Drainage – center floor tubes have better cooling, versus at perimeter.
- ❑ Char Bed Inventory – no advantage to high bed height – only more risk
- ❑ Higher turbulence – converts spray to smelt quicker, reduces bed inventory & burn more liquor



New CBM Port Openings

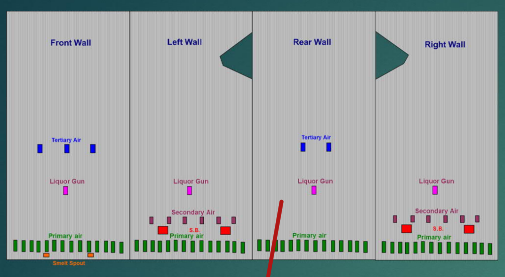
- ➢ Fewer but larger primary level port openings
- ➢ Stronger air jets keep center bed lower
- ➢ Less cleaning & management requirements
- ➢ Improves effectiveness and lowers risk to failure
- ➢ Allows more spray to burn lower
- ➢ Control room CBM port visibility with cameras (visual light)

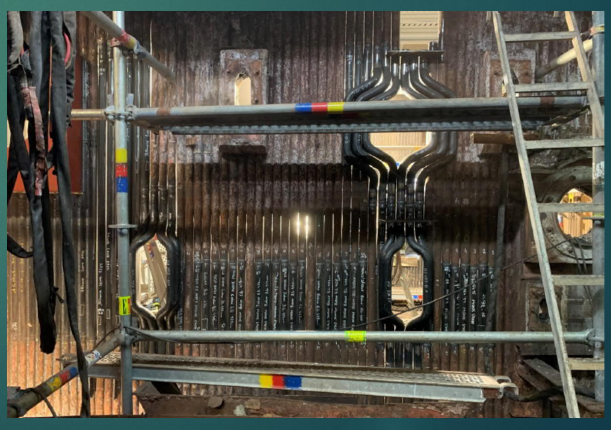
CBM turbulence speeds burning! No advantage to high bed inventory!

Stronger CBM air-jets reduce fouling of ports, and convert droplets to smelt faster!

Control room operator has view of each CBM airbox.

Simplicity, Stability & Safety Improve! Allows more Liquor Burning!





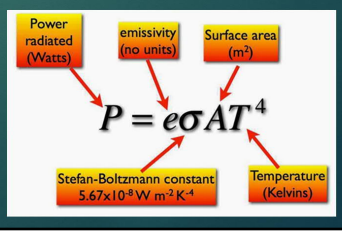
A more active and complete char bed air system to burn faster is needed to increase throughput.

Summary of Model Predictions

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Boiler load	TonsDS/day	500	500	500	500	680
Flue gas composition at furnace exit						
O_2	vol, %	2.1	2.2	2.1	2.1	2.4
CO_2	vol, %	12.3	12.4	12.4	12.4	12.3
H_2O	vol, %	23.9	23.8	23.8	23.9	22.5
$CO+H_2+CH_4$	vol, ppm	12	8.6	11	49	218
H_2S+CH_3SH	vol, ppm	0.3	0	0	0	0.2
Carry-over	kg/hr	353	32	37.1	41.0	200.1
	% of DS	1.694%	0.156%	0.178%	0.197%	0.706%
Energy released to (below bull nose)						
Front wall	MW	5.69	5.74	5.74	5.81	6.47
Rear wall	MW	6.03	5.26	5.25	5.33	6.16
Left wall	MW	5.27	5.81	5.82	5.94	6.71
Right wall	MW	5.83	6.06	6.05	5.86	6.64
Total	MW	22.82	22.87	22.86	22.94	25.98
Averaged heat flux to (below bull nose)						
Rear wall	MW/m^2	0.075	0.076	0.076	0.077	0.085
Front wall	MW/m^2	0.080	0.069	0.069	0.070	0.081
Right wall	MW/m^2	0.070	0.077	0.077	0.079	0.089
Left wall	MW/m^2	0.078	0.081	0.081	0.078	0.088
Predicted flue gas temperature						
At bull nose	°C	793	784	785	784	851
Before generation bank	°C	460	452	452	457	518
Above bed (Z=2.1-3.0m)	°C	1025	1119	1119	1124	1164
Predicted heat transfer to						
Economizer	MW	6.09	5.81	5.81	5.89	8.38
Generation bank & screen	MW	11.38	11.51	11.51	11.70	16.79
Superheater	MW	10.78	10.56	10.55	10.55	14.90
Total	MW	28.25	27.88	27.87	28.14	40.07
Predicted droplet						
Stick on walls	% of W S	39.19	39.33	39.27	38.76	45.77
Land on bed	% of W S	25.29	31.36	31.36	31.39	25.03
Consumed in flight	% of W S	34.95	29.26	29.30	29.77	28.90
Predicted temperature of						
Steam temperature at SH1 exit	°C	335	330	330	331	332
Steam temperature at SH2 exit	°C	365	367	367	366	366
Steam temperature at SH3 exit	°C	393	393	393	394	397

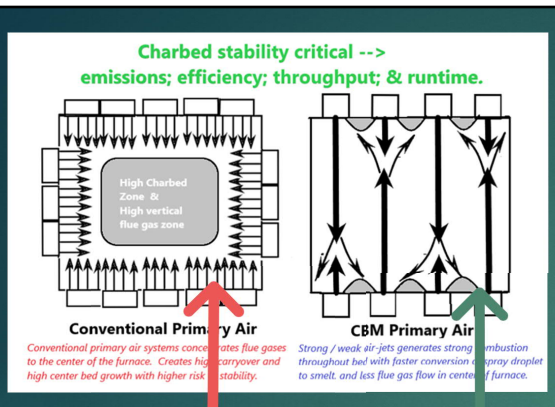
Char Bed Stability

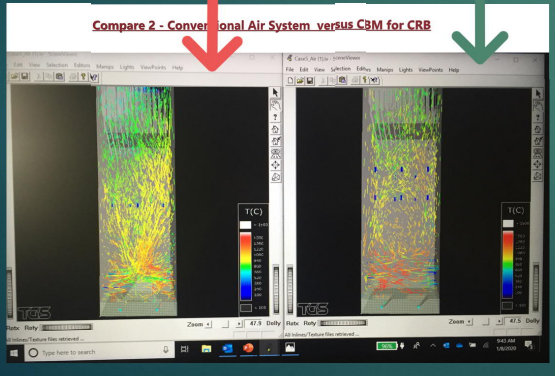
- More combustion closer to the bed keeps the bed hotter.
- Hotter bed allows more fuel to land and higher throughput.
- Faster smelting occurs to reduce bed inventory.
- Flat or shallow "U" topography
- Reduce complexity and risk surrounding primary air level
- Good chemical reduction requires both carbon and heat
- Radiation Energy Transfer is very effective & under utilized



Why Char Bed Improves

- Larger CBM ports supply oxygen across complete bed at lower elevations. Stronger turbulence gasifies fuel faster & smelt droplet have less buoyancy.
- Conversion to molten smelt from solid salts is much faster because of higher zone temperatures and less "hidden" salts within piles.
- Less smelt drainage along sidewalls, but more in center of char bed, where floor tube cooling is better!
- CBM fluidizes droplets creating "suspension gasification" resulting in less "hidden fuel" within piles.
- Alternating strong/weak air jets sweep droplets back/forth to improve combustion throughout the bed surface area that provides very good bed stability, formation, and smelt drainage.
- Reduces "clutter" around primary operating level.
- Higher bed thermal inertia accepts more liquor spray at downward directions to reduce carryover.





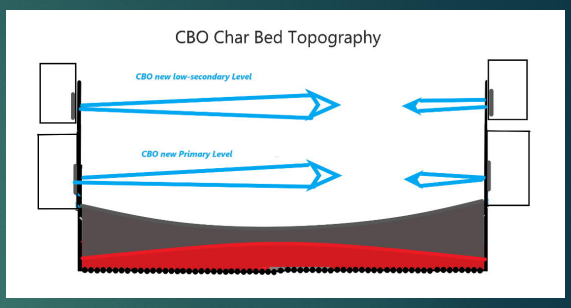
Air System & Liquor Spray Design influences gas flow properties

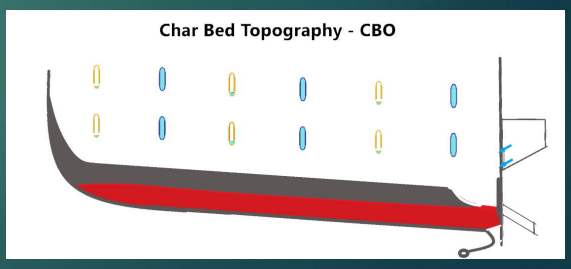
Gas flow properties are critical to performances

1. 4 wall existing primary concentrates flue gas flows at the center of the furnace.
2. Opposing 2-wall strong secondary airflow adds to the center concentration of flue gases
3. High speed of center flue gases creates the lowest pressure zone due to high velocity. More falling spray droplets are pushed into the lower pressure flue gas flow.

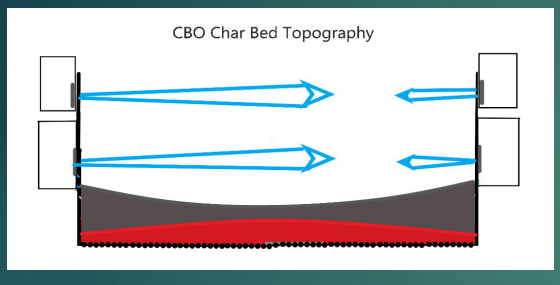
Primary Air design Modernized to improve performance!

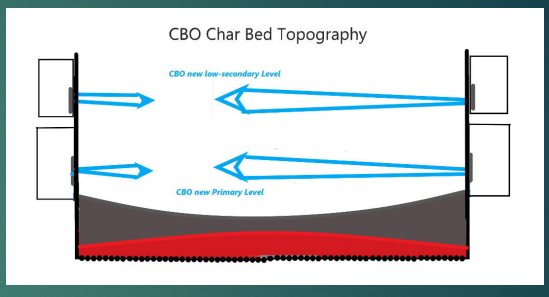
- The "disturbance rejection" capability of the char bed will be improved such that significantly more liquor spray droplets can be forced to land on the char bed.
- Modernize primary air system responsibility to move smelt drain pathway away from near the walls -> to center of floor where floor tube cooling is best.
- Fewer but larger openings to provide more oxygen to penetrate full width of bed. This quickly burns the fuel deposits landing on the bed and keeps center of bed substantially lower, flatter, & hotter.
- Replace all existing small primary openings with straight tubes to eliminate outage inspections cost and problems.
- A reduced thickness of char combined with a flat bed profile reduces resistance to smelt flowing to the spouts. Spray droplets convert to molten smelt faster.
- Stronger air jets with near same total primary airflow provides greater turbulence and penetration.





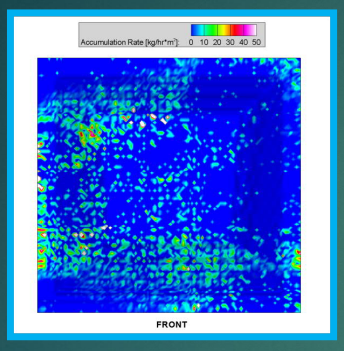
Modernize Primary Air - control complete profile



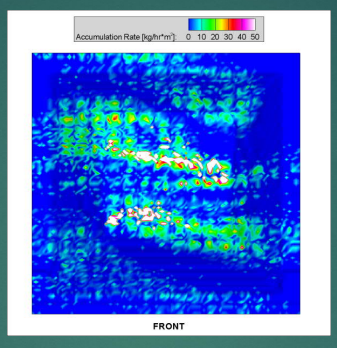


- Air system flip/flops to sweep the bed loose surface "back and forth" and supply more oxygen to center of bed at lower elevation using less airflow.
- More molten smelt flows in center of floor tubes were water cooling is much better.
- Lower char bed always below CBM low ports, and much hotter temperatures
- More flexibility to spray more liquor droplets downwards to bed zone to provide more fuel and reduce carryover.
- More heat is released by combustion in the middle of char bed and at primary air elevation. Creates faster solid to smelt (liquid) state change.

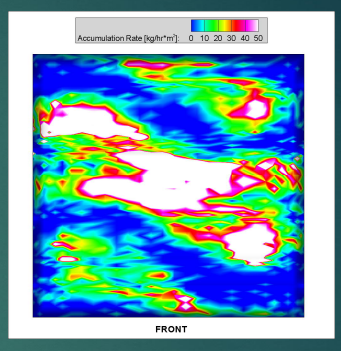
Liquor deposition rates increase



Traditional
3-Level Air System



Vertical Air 2nd & 3rd
Multi-Levels

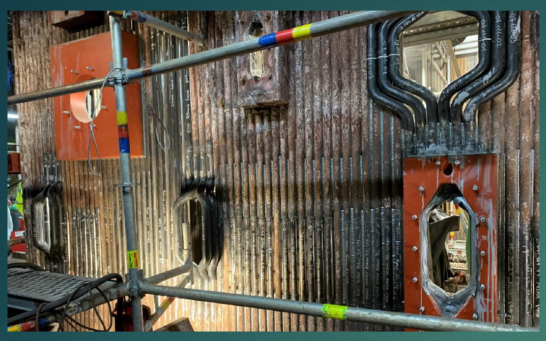


1st, 2nd, & 3rd
Multi-Levels

Above 3 sketches show that more sprayed liquor lands on the char bed with the "Modified 1st, 2nd, 3rd Multi-Levels" system. This means there is less particles in flight and reduced accumulation of ash on boiler tubes.

Why "CBM" is important to install now?

- Provides more char bed stability, and disturbance rejection capability.
- Significant increase in virgin liquor loading.
- Provide control-room operator with visibility of bed in-front of each CBM opening.
- Reduction in carryover, and solids recycle loading.
- Reduce upper furnace temperatures by increasing the radiation transfer closer to the bed, which also improves circulation and floor tube cooling. Lower upper furnace temperatures reduces risk of "sticky ash" formation.
- Proves that antiquated high operations and maintenance primary air system on the RB is NOT necessary.
- High liquor solids concentration (70%+) is not necessary for higher boiler overloading.
- Makes the mill more competitive - NOW! *More throughput and lower cost.*
- *Improvements to boiler simplicity, stability, emissions, capacity, and safety.*
- *Reduces emissions in carryover, TRS and SO_2 significantly.*



<u>Improve Char Bed Formation</u>
Stability with higher temp
Speed of Combustion
Simplicity
Sustainability

<u>Better Results:</u>
Emissions & Carryover
Disturbance Rejection
Safety
Higher Capacity Loading

IMPROVE CHARBED STABILITY, SIMPLICITY, SAFETY, SPEED OF COMBUSTION = BETTER EMISSIONS, LOWER CARRYOVER, DISTURBANCE REJECTION, CAPACITY INCREASE

YHDISTYKSEN OPINNÄYTETYÖPALKINNON ESITTELY: SOODAKATTILAN SAVUKAASUJEN JÄÄHDYTTIMEN SUORITUSKYVYN ARVIOINTI

Juho Hiltunen
LUT-yliopisto

ANDRITZ GROUP

PERFORMANCE EVALUATION FOR FLUE GAS COOLER IN RECOVERY BOILER

(SOODAKATTILAN SAVUKAASUJEN JÄÄHDYTTIMEN SUORITUSKYVYN ARVIOINTI)

JUHO HILTUNEN

SOODAKATTILAPÄIVÄ 4.11.2021
SOKOS HOTEL PRESIDENTTI, HELSINKI

ANDRITZ

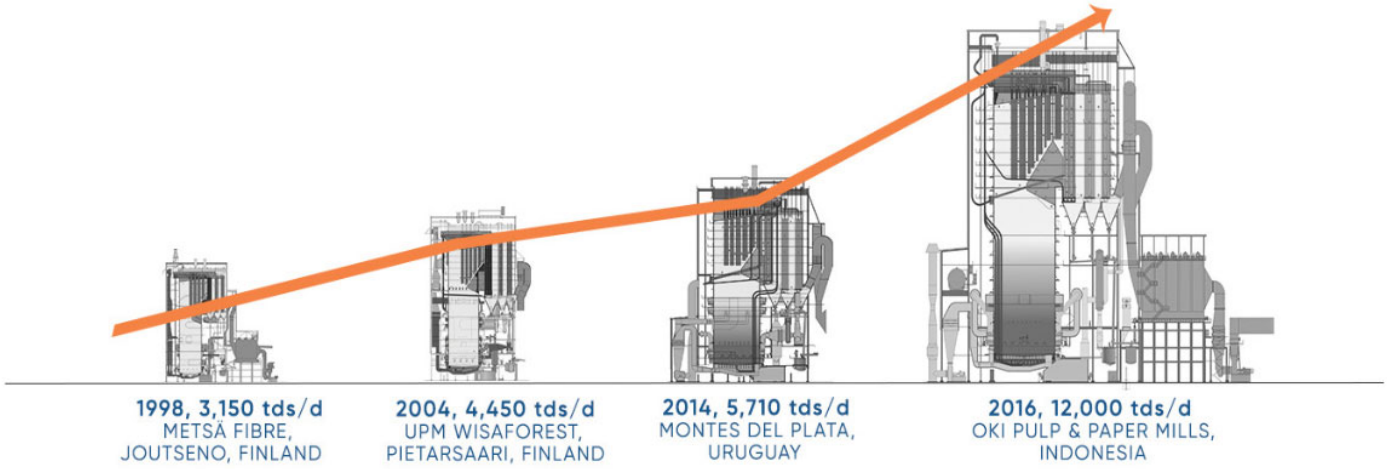
ENGINEERED SUCCESS

TABLE OF CONTENTS

All references for this presentation's text, pictures and tables can be found from original Master Thesis!

1. INTRODUCTION (1/3)

Current trends for recovery boilers



1. INTRODUCTION (2/3)

Backgrounds

- The size of the recovery boiler has increased dramatically → more heat is stored in flue gases, which could be utilized
- Andritz has supplied many flue gas coolers (FGC) for recovery boilers in recent years
- Recovered heat is mostly used for heating incoming demi- and condensate waters or burning air
- <u>How well does originally designed performance match with real one at recovery boilers?</u>

1. INTRODUCTION (3/3)

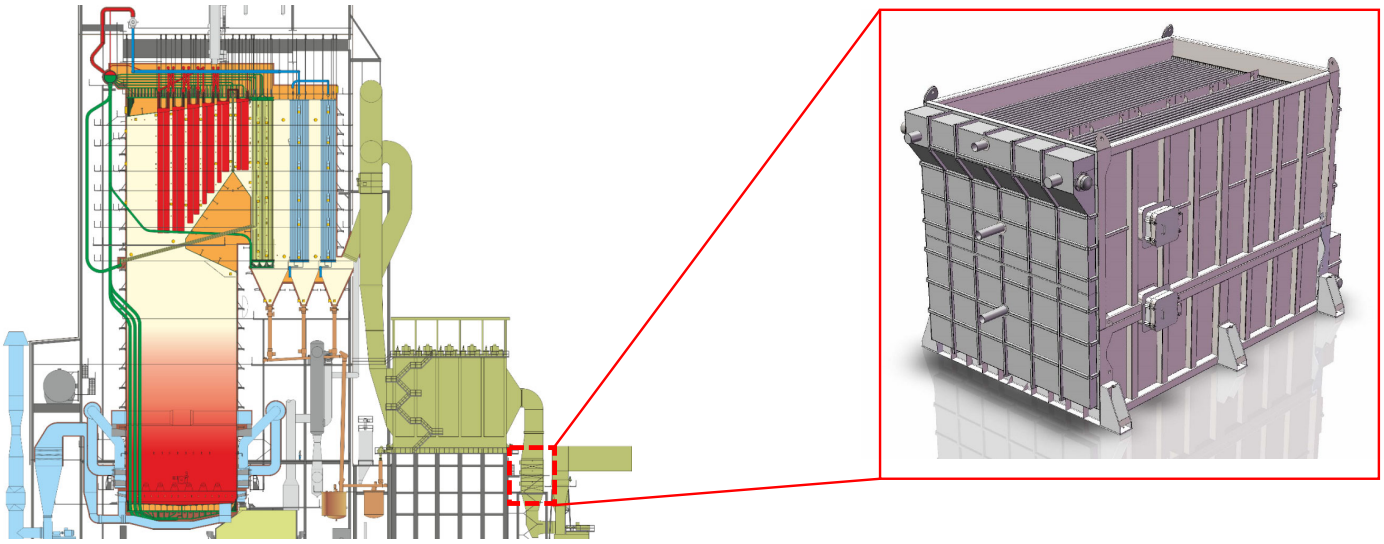
Goals

- Data-analysis is used as a research method, in order to analyze process data from delivered recovery boilers. The goals for the data-analysis are:

    1. Determine performance for FGC at design points and a few off-design points
    2. Estimate how the construction of the FGC and other connections effect to FGC performance
    3. Analyze the effects of time and fouling to FGC performance

- Research should provide new information and perspectives from existing FGCs, that could be utilized in future projects already in sales phase

2. FLUE GAS COOLER (1/2)



2. FLUE GAS COOLER (2/2)

- Primary task for FGC is to capture heat from flue gases and utilizing it in processes and increasing energy efficiency at pulp mill

- Heat is first transfered from flue gases to circulating water (CW), which transfer the heat to different fluid in another heat exchanger

- FGC are located after ESPs
  - Flue gas temperature can be nowadays 200 ℃
  - Low dust content with small particle size

- Usually FGCs are finned cross-section heat exchangers equipped with soothblowers

3. USED METHODS (1/3)

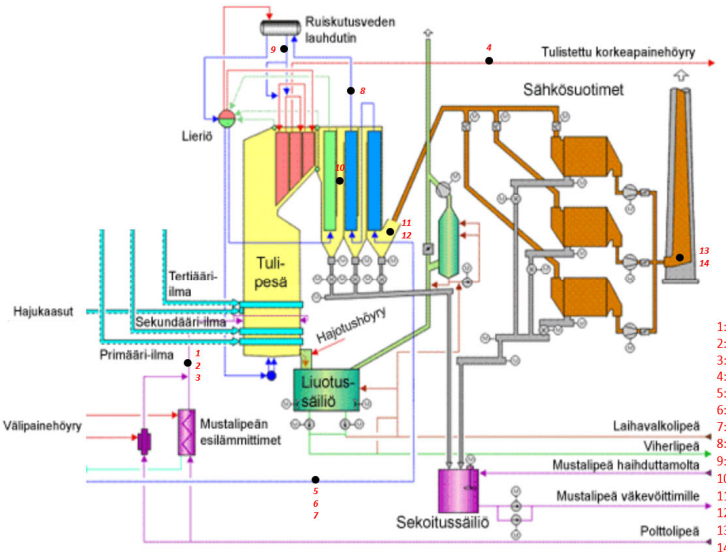
Selected recovery boilers

Recovery boiler	FGC manufacturer	Amount of FGC [pcs]
A	a	2
B	a	4
C	b	6
D	a	5
E	c	2

15 time periods were chosen for design points and 12 periods for off-design points. Each time period lasted around 8 hours and process conditions were quite stable.

3. USED METHODS (2/3)

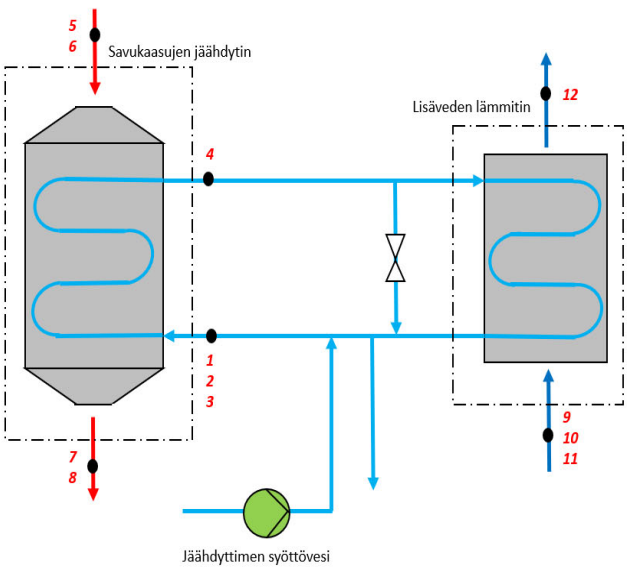
Measurements in recovery boiler



1: $\dot{m}_{BL}$ = mustalipeän massavirta
2: DS_{BL} = mustalipeän kuiva-aine
3: T_{BL} = mustalipeän lämpötila
4: $\dot{m}_{steam}$ = tuorehöyryn massavirta
5: $\dot{m}_{FW}$ = syöttöveden massavirta
6: $T_{FW,in}$ = syöttöveden lämpötila ennen eco I
7: p_{FW} = syöttöveden paine
8: $T_{FW,out}$ = syöttöveden lämpötila ennen lieriötä
9: $\dot{m}_{desup}$ = ruiskutusveden massavirta
10: $T_{FG,in}$ = savukaasujen lämpötila ennen eco II
11: $T_{FG,out}$ = savukaasujen lämpötila eco I jälkeen
12: $x_{O2,eco}$ = happipitoisuus savukaasuissa eco I jälkeen
13: $x_{O2,CEM}$ = päästömittausten happipitoisuus
14: $T_{FG,stack}$ = savukaasujen lämpötila piipussa

3. USED METHODS (3/3)

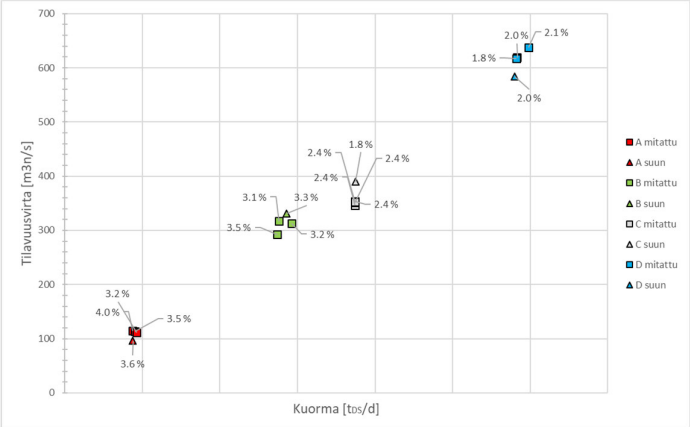
Measurements in FGC



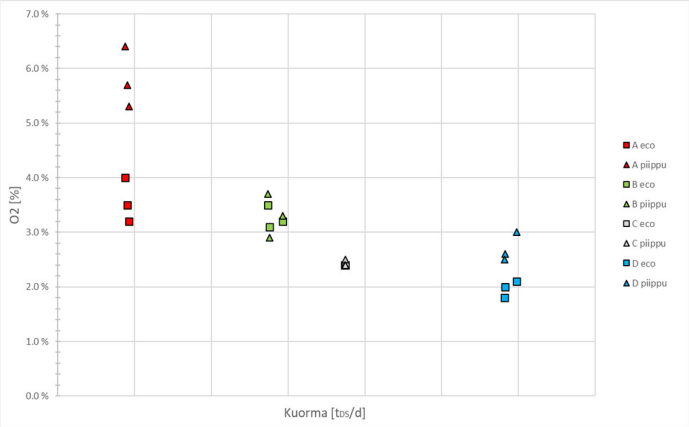
1: $\dot{m}_{CW}$ = kiertoveden massavirta
2: $T_{CW,in}$ = kiertoveden lämpötila ennen FGC
3: p_{CW} = kiertoveden paine
4: $T_{CW,in}$ = kiertoveden lämpötila FGC jälkeen
5: $T_{FG,in}$ = savukaasujen lämpötila ennen FGC
6: $p_{FG,in}$ = savukaasujen paine ennen FGC
7: $T_{FG,out}$ = savukaasujen lämpötila FGC jälkeen
8: $p_{FG,out}$ = savukaasujen paine FGC jälkeen
9: $\dot{m}_{demi}$ = lisäveden massavirta
10: $T_{demi,in}$ = lisäveden lämpötila ennen lämmitintä
11: p_{demi} = lisäveden paine
12: $T_{demi,out}$ = lisäveden lämpötila lämmittimen jälkeen

4. RESULTS (1/6)

Flue gas flow and oxygen



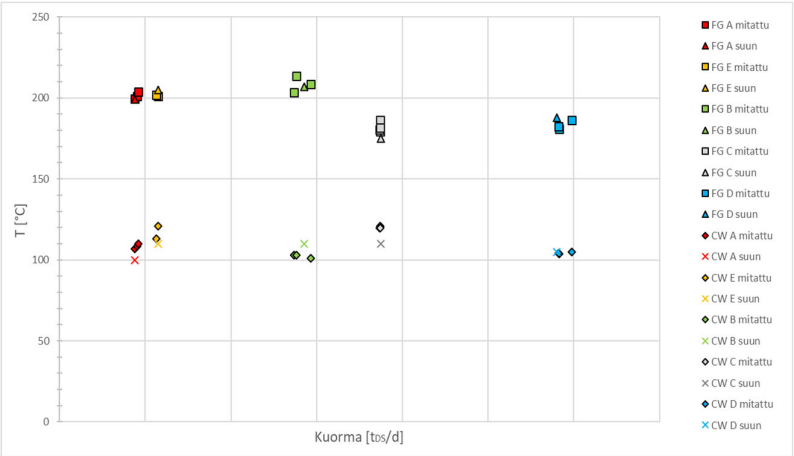
Flue gas production



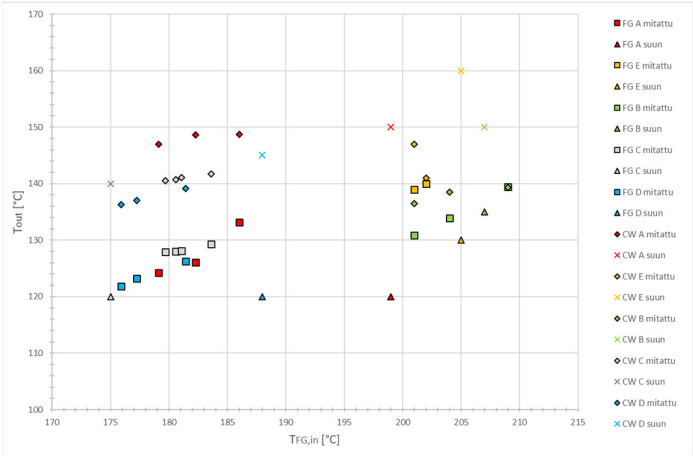
Oxygen contents

4. RESULTS (2/6)

Temperatures for flue gases and circulating water



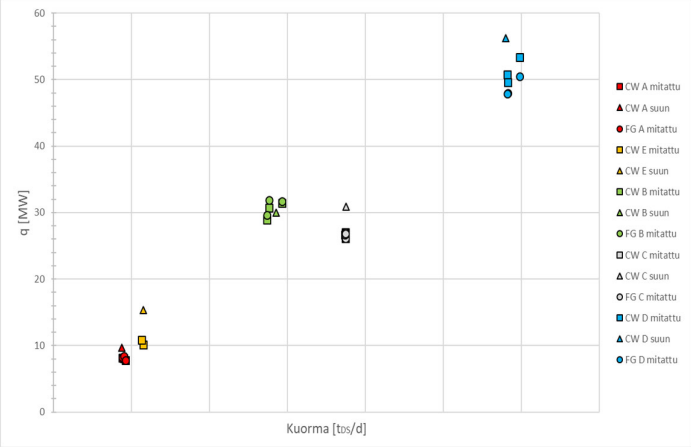
Inlet temperatures



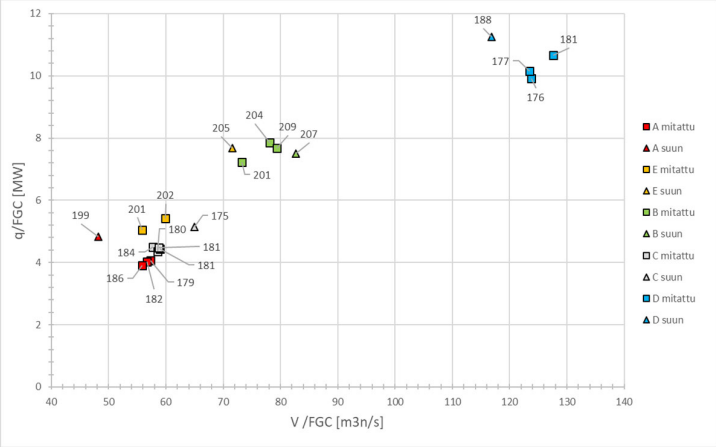
Outlet temperatures

4. RESULTS (3/6)

Captured heat from flue gases



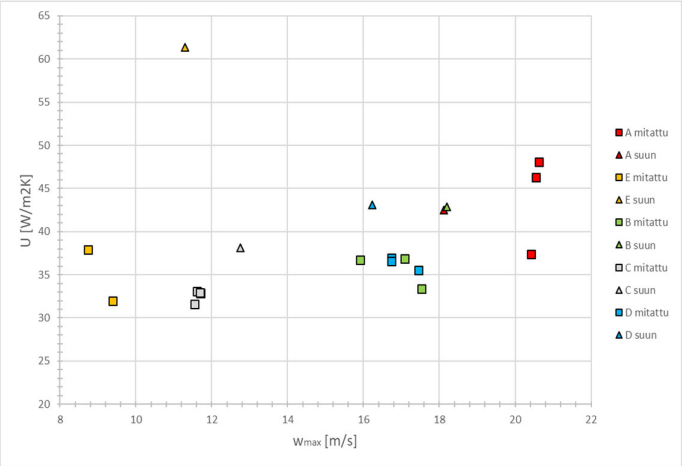
Captured heat



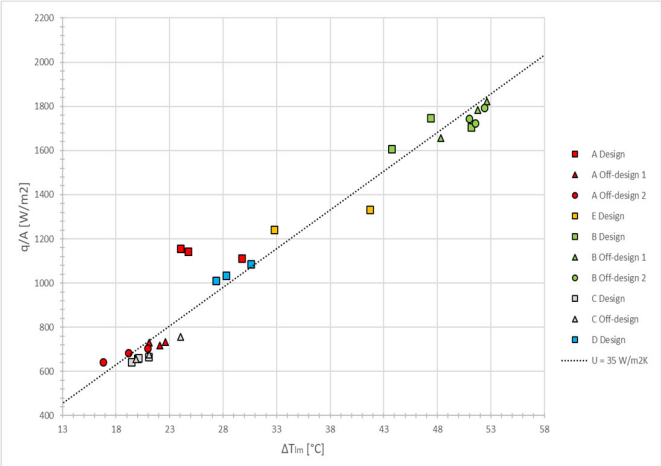
Captured heat per FGC

4. RESULTS (4/6)

Overall performance



Heat transfer coefficient



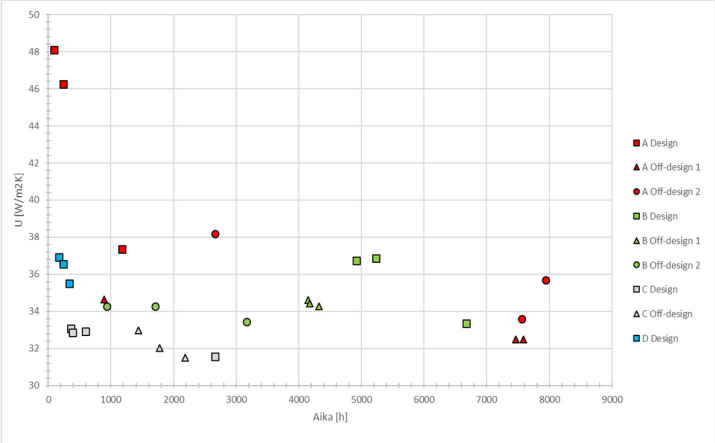
Transferred heat per area

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm}$$

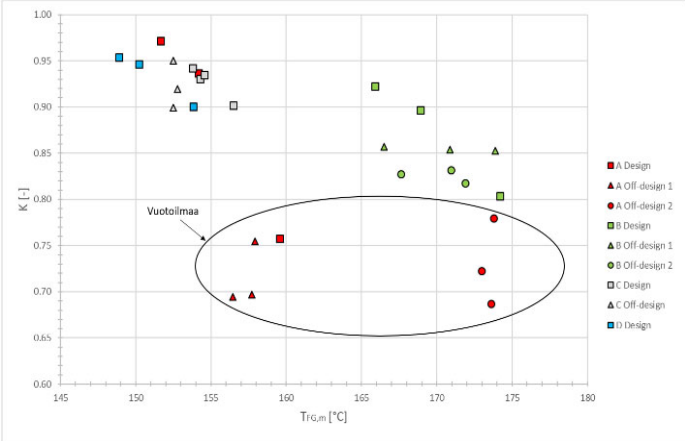
$$\rightarrow \frac{q}{A} = U \cdot \Delta T_{lm}$$

4. RESULTS (5/6)

Fouling



Effect of time to heat transfer coefficient

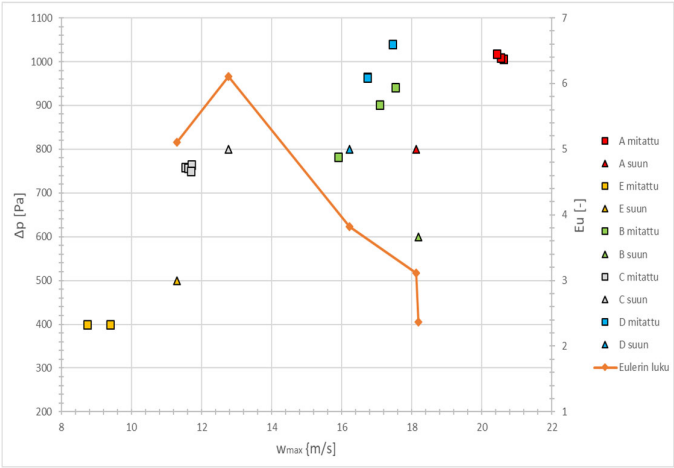


Effect of FG temperature to correction factor

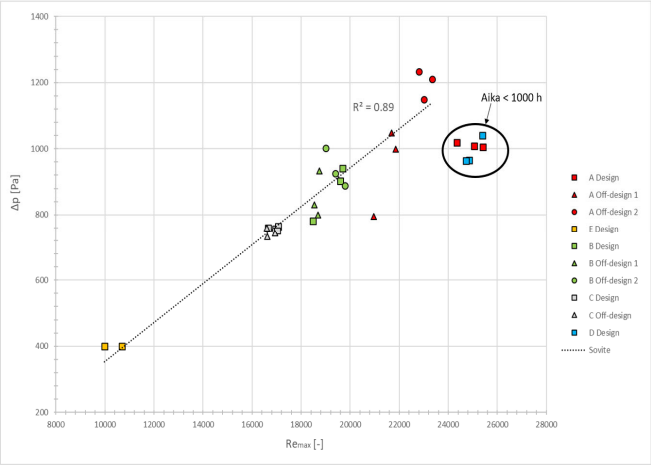
$$K = \frac{U_{real}}{U_{ideal}}$$

4. RESULTS (6/6)

Pressure loss



Based on velocity



Based on Reynolds number

5. CONCLUSIONS (1/2)

Summary of performance indicators

- Performance indicators vary in different FGC between
  - $T_{CW,out}$: 135 – 150 ℃
  - $T_{FG,out}$: 120 – 140 ℃
  - Heat load: 8 – 50 MW (4 – 10 MW/FGC)
  - *U*: 30 – 40 W/m^2℃
  - Δp: 400 – 1200 Pa

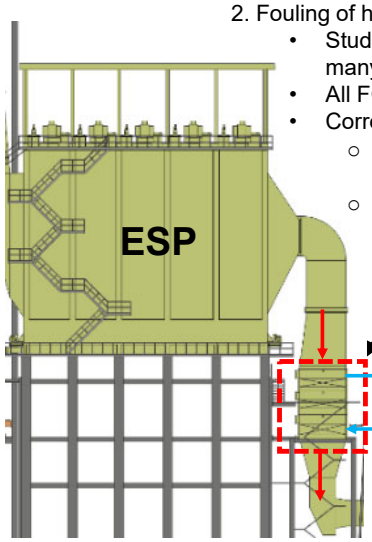
- Measured performance matches pretty well design values
  - In temperatures and heat loads the difference is minimal (5 – 8 %)
  - Highest difference are in FG pressure drop and heat trasnfer coefficient (10 – 30 %)

5. CONCLUSIONS (2/2)

Factors effecting to FGC performance

2. Fouling of heat transfer surfaces
   - Studying fouling for FGC is difficult, because there are usually many cooler units
   - All FGC can be considered to be fouled after 1000 hours
   - Correction factor *K* varies for different FGC between 0.7 – 0.9
     - Fin temperature (in this case FG temperature) increases fouling resistance
     - Fouling didn't seem to have a linear dependence from FG velocity…

1. Leaking air
   - Decreases FG temperature before FGC
   - Increases FG volume flow → increases pressure drop
   - Increases fouling resistance
   - Makes analyzing of process data more difficult



3. Demi water heater
   - $T_{demi,in}$ increases from design
     → $T_{CW,in}$ increases
     → $T_{FG,out}$ increases
     → less heat is recovered

FGC **Demi heater**

LEGAL DISCLAIMER

1/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 23.1.2020, esitelmät
Sokos hotelli Lappee, Lappeenranta, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan tehtaat
(16A0913-E0201) 23.1.2020

2/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Sulakourujen materiaalitutkimus
Sanni Yli-Olli, Satu Tuurna, Aino Mäntyranta, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
(16A0913-E0202) 18.2.2020

3/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2019
(16A0913-E0203) 23.9.2020

4/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Biolietteen polton vaikutukset soodakattilassa ja lipeälinjalla
Lipeätyöryhmä
(16A0913-E0204) 29.9.2020

5/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Savukaasumäärän laskenta Suomen soodakattiloissa
Esa Vakkilainen, Kari Luostarinen, Simo Lyytinen, LUT-yliopisto
(16A0913-E0205) 29.9.2020

6/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 23.9.2020, Sokos hotelli Torni, Tampere
(16A0913-E0206) 23.9.2020

7/2020 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Utilization of the forest industry sludges – trends and effects on modern mills
Katja Kuparinen, Satu Lipiäinen, Jussi Saari, Esa Vakkilainen, LUT-yliopisto
(16A0913-E0207) 16.12.2020

1/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2020
(16A0913-E0208) 21.4.2021

2/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 21.4.2021, Teams-kokous ja AFRY Finland Oy, Vantaa
(16A0913-E0209) 21.4.2021

3/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 4.11.2021
Sokos hotelli Presidentti, Helsinki (16A0913-E0210) 4.11.2021