

M. Nieminen/PLA

12.5.2017

1(9)

Suomen Soodakattilayhdistys ry

YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄN KOKOUS 2/2017

AIKA 10.5.2017 klo 10.00 – 14:00

PAIKKA Pöyry Finland Oy

LÄSNÄ

Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa, siht.
Timo-Pekka Veijonen	Stora Enso, Pulp Competence Center, Imatra, PJ
Oskari Frösén	Pöyry Finland Oy, Vantaa
Sanna Hämäläinen	Metsä Fibre Oy, Joutsenon tehdas, Lappeenranta
Jukka Röppänen	Andritz Oy, Helsinki
Venla Partanen	Pöyry Finland Oy, Vantaa

- LIITE 1 LUT, Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista [m3/ADt] eri puulajeilla – tarjous 16.3.2017
- LIITE 2 LUT, Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista [m3/ADt] eri puulajeilla – esitys projektin tilanteesta 8.5.2017
- LIITE 3 Oy Sirra Ab, Rikkitaseen hallinta ja soodasakkamäärän vähentäminen – tarjous 15.1.2017
- LIITE 4 Esitys: Muiden työryhmien kuulumiset ja tulevat tapahtumat

JAKELU:

Julkaisu: Soodakattilayhdistyksen kotisivulla

Tiedote: Hallitus, Yhdyshenkilöt, Ympäristötyöryhmä

Sihteeristö

1 POISSAOILOILMOITUKSET

Klaus Niemelä	VTT, Espoo
Jorma Torniainen	Labtium Oy, Espoo
Olli Dahl	Aalto-yliopisto, Espoo
Antti Tikkanen	Pöyry Finland Oy, Vantaa
Jarmo Mansikkasalo	Valmet Technologies Oy, Tampere
Kurt Sirén	Oy Sirra Ab, Kirkkonummi

2 ASIALISTA

Ei muutoksia.

3 EDELLISEN KOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA

Edellisen kokouksen pöytäkirja hyväksyttiin.

4 AKTIIVISET PROJEKTIT

4.1 Soodakattilan NO_x-päästön riippuvuus puuraaka-aineen typpipitoisuudesta

Tausta ja tavoite:

Soodakattilan typpioksidipäästötaso riippuu mm. mustalipeän sisältämän, puuperäisen typen määrästä. Projekti selvittäisi, kuinka paljon puun mukana tulevan typen määrä vaihtelee puulajin mukaan ja paljonko se vaihtelee puunkorjuualueen mukaan (typpirikkaat turvemaat vs. typpiköyhät kangasmaat), ja miten se vaikuttaa mustalipeän typpipitoisuuteen ja sitä kautta soodakattilan NO_x päästöön. Asiaa on sivunnut mm. ruotsalaisten NO_x yhteenveto BAT prosessiin (BAT-dokumentti sivu 312).

Kokonaisuus päätettiin jakaa pienempiin osiin, joista ensimmäisessä teetetään kirjallisuustutkimus nykytiedoista.

Toteutus:

Kirjallisuustutkimuksen tekijäksi valittiin VTT:ltä Klaus Niemelä, joka tarjoutui päivittämään julkaisematonta raporttia sekä lisäämään siihen relevantteja tietoja koko hankkeen kannalta. Klausin kirjallisuustyö selvittää:

- eri puulajien typpipitoisuudet iän, kasvupaikan, kasvuympäristön, puun eri osien ym. tekijöiden suhteen (pääpaino eurooppalaisissa metsäteollisuuden käyttämissä puulajeissa)
- typen esiintymistä puussa eri yhdistemuodoissa ja näiden käyttäytyminen puun sulfaattikeitossa
- typen kiertokulkua/käyttäytymistä talteenotossa ja sitä kautta NO_x-päästöjen muodostumista

Tilanne/aikataulu:

Alun perin raportin piti valmistua syksyllä 2016. Valitettavasti raportin viimeistely on edelleen kesken ja tekijä ei lupauksista huolimatta kyennyt toimittanut sovittua materiaalia. Työryhmä edellyttää työn loppuunsaattamista vuoden 2017 aikana.

Jatkossa hallitus edellyttää sopimuksiin sakkopykälää vastaavien tilanteiden välttämiseksi



4.2 Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista [m^3/ADt] eri puulajeilla

Tavoite:

Projektin tarkoituksena on selvittää tyypilliset savukaasumäärät eri puulajeille sekä vertailla savukaasumäärän laskentatapoja (tase, määramittaus, puhaltimen kierrosluku). Jokainen projektiin osallistuva tehdas saa käyttöönsä työssä kehitetyn Excel-mallin savukaasuvirtauksen laskentaan (luottamuksellinen).

Savukaasumäärä vaikuttaa päästölukuihin, joten seuraavaa BREF:n valmistelua varten tulisi päästölaskenta-asiat olla kunnossa. Ilmoitetut päästöluvut vaikuttavat BREF:ssä määriteltäviin BAT-arvoihin, joita käytetään ympäristölupia määriteltäessä.

Toteutus:

Projektin alkuperäisen suunnitelman mukaan työ olisi teetetty kandidaattityönä LUT:ssa Esa Vakkilaisen valvonnassa ja SKY keräisi lähtötietoa tehtailta työn tekijälle. Tehtaille lähetettyihin kyselyihin saatiin kuitenkin niin vähän vastauksia, että työryhmä päätti muuttaa toteutustapaa – työn sisältö laajennetaan diplomityöksi ja tiedon hankinta muutetaan haastatteluun perustuvaksi. Tutkimussuunnitelma LIITE 1.

Työn vaiheet:

1. Laaditaan excel laskentamalli savukaasuvirtauksen laskentaan.
2. Kerätään Soodakattilayhdistyksen kanssa Suomen tehtaiden tyypilliset savukaasuvirrat. Diplomityöntekijä käy haluttujen tehtaiden kanssa toiminta-arvot joita sitten muutellaan, tarkistetaan ja verrataan mitattuun savukaasuvirtaan. Luottamuksellista tietoa tehtaasta ei raportoida, Nm^3/ADt . Kullekin tehtaalle jää siis laskentaexcel omasta toiminnasta vastaisuuden varalle.
3. Laaditaan uuden n. 1 200 000 ADt/a modernin sekä perinteisen Suomeen sopivan sellutehtaan vuosikeskiarvotaseet ja arvioidaan savukaasumäärää eri puulajeille sekä tehtaan ajomalleille. Toistetaan laskenta yhdistyksen määrittämissä tilanteissa.

Kustannus:

Diplomityöstipendi 12000 eur. Matkakustannukset veloitetaan erikseen, arvio vierailusta viidelle tehtaalle, noin 2000€.

Tilanne:

Hallitus hyväksyi projektin 21.3.2017. Vakkilainen on parhaillaan etsimässä diplomityöntekijää, aloitus syyskuun alusta, LIITE 2. Tehdaskäynnit suunniteltu syksyille 2017. Kun tekijä on tiedossa, hänen kanssaan pidetään kokous, jossa käydään läpi työn suunnitelma ja tavoitteet.

Työryhmä haluaa tehdä päästömittausten vertailumittauksia samaan aikaan kun päästötiedot kerätään. Sihteeri kysyy hintaa näitä tarjoavilta yrityksiltä esimerkiksi LUT mittauspalvelut.

Aikataulu:

Työ arvioitu valmistumisaika on toukokuu 2018.



4.3 Soodakattilan päästömittausten menetelmät

Projekti on automaatiotyöryhmän ja ympäristötyöryhmän yhteisprojekti.

Tavoite:

Työn tarkoituksena päivittää vuonna 2007 julkaistu raportti, jossa selvitettiin käytössä olevia päästömittauslaitteita sekä niiden käyttökokemuksia, kunnossapitoa ja huoltoa. Ehdotus laajentaa raportin aihepiiriä siten, että projektissa käytäisiin läpi päästömittausasioita päästötiedon tuottamisesta aina päästöjen raportointiin asti. Alla tarjouksessa esitetty sisälllys:

Sisällysluettelo

1. Lainsäädäntö ja standardointi tiivistetysti
 - Savukaasupäästöjä koskeva lainsäädäntö (IED –direktiivi → LCP asetus) päästömittalaitteiden asennuspaikkojen määrittely (esim. SFS-EN 15259), mittausten toteutus, tulosten laskenta, epävarmuuksien arviointi jne. perustuvat CENin ja ISON teknisissä komiteoissa valmisteltuihin standardeihin → standardien merkitys päästövalvonnassa: laitoksen mittaukset ja laitosmittausten kalibroinnit ja tarkastukset
2. Laskentaperiaatteet, laskennan ongelmakohdat (esim. kuivat/kosteat kaasut), redusoinnit, normitus, vertailumittausten kalibrointiyhtälöt (QAL-2, AST)
3. Mitattavat päästökomponentit, mitkä tarvitsee mitata ja milloin, uuden BATin vaikutus
 - kaasumaisten kloridien mittaus tullee seuraavaan suurten polttolaitosten BAT:iin ja tätä mittausta saatetaan tulevaisuudessa vaatia myös soodakattiloilta
 - HCl-mittausten toteutus ja kokemukset eri laitteista ja/tai tekniikoista soodakattiloilla.
4. Mittausepävarmuus: laskennan perusteet, miten määritellään, miten sovelletaan ja tulkitaan raja-arvojen noudattamista arvioitaessa
 - ks. kohta 5
5. Mittalaitteet ja niiden käyttökokemukset, ongelmakohdat esim. pienet pitoisuudet, määritet kaasu pesurien tai lauhduttimien jälkeen, hiukkasmittaukset
 - Mittausluotettavuus tavallista ajoa (pienet pitoisuudet) varten kalibroiduilla mittalaitteilla häiriötilanteen sattuessa, kun pitoisuudet kasvavat. Näillä päästöillä on merkittävä vaikutus vuosittaiseen kokonaispäästöön. Tämä kiinnostaa etenkin SO₂- ja TRS-päästöjen osalta.
 - Optisten pölymittalaitteiden luotettavuus, kun käytössä on savukaasupesuri tai pienillä pitoisuuksilla
6. Päästötulosten raportointi eri järjestelmiin (VAHTI-järjestelmä, E-PRTR, yritysten omat ympäristöjärjestelmät)

Tilanne:

Pöyry on aloittanut työn tekemisen ja hankkinut tietoa eri sidosryhmiltä mm. ympäristöministeriö. Projektin tilanne esitellään seuraavassa kokouksessa syksyllä 2017. Projektista on sovittu esitys Soodakattilapäivillä 2017.

Aikataulu:

Työ arvioitu valmistumisaika on joulukuu 2017.



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

Tausta

Kirsi Hovikorpi, LUT on tekemässä väitöskirjaa hajukaasuista. Ensimmäinen artikkeli (Estimation of Amounts and Collection Degrees of Modern Pulp Mill NCG Flows) julkaistaan ICRC-seminaarissa 24.5.2017. Väitöskirjan ohessa Kirsi tekee yhdistykselle raportin hajukaasujärjestelmien turvallisuudesta.

Tavoite:

Työssä tehdään suositusluonnos Soodakattilayhdistyksen valitseman, tehtaista ja toimijoista koostuvan ryhmän valvonnassa tavasta käydä läpi hajukaasujärjestelmien mahdolliset vaaraa aiheuttavat tilanteet niin, että hajukaasujärjestelmälle tehtävässä turvallisuusauditissa muistetaan ottaa huomioon erilaiset vaaratilanteet. Samalla selvitetään mistä, miten paljon ja millä pitoisuuksilla moderneilla tehtailla hajukaasuja syntyy ja käsitellään ennen polttoon johtamista. Lisäksi mietitään onko erilaisilla keräilytavoilla keräilyprosessista syntyviä, niille tyypillisiä vaaratyypppejä.

Loppuraportti sisältää yhteenvedon työssä tehdyistä hajukaasutarkasteluista. Lisäksi raportissa esitetään ehdotuksia SKY:n hajukaasujen polttosuosituksen päivittämiseksi.

Erityisesti selvitetään tarvittavin osin:

- Esitetään perusteet hajukaasumäärien syntyyn, rikkipitoisuuksiin ja analyysieihin sellutehtaan eri prosessiosastoista.
- Kartoitetaan tyypilliset hajukaasujen keräily ja käsittelyjärjestelmät
- Dokumentoidaan kirjallisuudesta erilaisia hajukaasuonnettomuuksia
- Selvitetään hajukaasukattiloiden ja soihtujen toimintaa
- Polttopaikan vaihtotilanteet
- Soihtun startti/pysäytys ajat, jatkuva poltto vai ei
- Polton aloitus soodakattilassa
- Dokumentoidaan syitä miksi ja mistä hajuja on päässyt ”karkuun” tehtailta
- Hajuton sellutehdas, uudet keräily- ja hävitystavat

5 PROJEKTIEHDOTUKSET

Soodakattilayhdistyksen hallitus on linjannut, että työryhmien on esitettävä tulevaisuudessa uusien projektien hyväksyminen viimeistään vuoden viimeisessä hallituksen kokouksessa joulukuussa, jolloin seuraavan vuoden budjettia laaditaan. Lisäksi projektit pystytään aloittamaan jo vuodenvaihteen jälkeen, kun nykyisessä mallissa vuoden ensimmäinen neljännes vielä odotetaan toteutuspäätöstä.

Käytännössä työryhmien on valmisteltava uudet projektiehdotukset hallitukselle kesän tai viimeistään alkusyksyn aikana.

5.1 Soodakattilan NO_x-päästöjen hallinta

Tausta:

Yhdistys on vuosien varrella teettänyt useita projekteja liittyen soodakattilan typenoksidipäästöihin (NO_x):

- [Typpikemia mustalipeän poltossa](#) (Hupa, ÅA 1995)
- [NO_x Soodakattiloissa](#) (Vakkilainen, Pöyry 2002)
- [Sellutehtaan typpioksidipäästöt ja niihin vaikuttavat tekijät – yhteenveto tämän päivän tietämyksestä](#) (Hupa, ÅA 2005)
- [Final Summary Report on Nitrogen Oxide Emissions from Finnish Pulp Mills](#) (DeMartini, ÅA 2010)
- [NO_x-päästöt soodakattilasta](#) (Lindberg, Aalto-yliopisto 2010)
- [NO_x emissions from recovery boilers – why discrepancy between Finnish and Swedish values](#) (Vakkilainen, LUT 2010)
- [Ammonia formation and recovery in a kraft pulp mill and fate of biosludge nitrogen](#) (DeMartini, ÅA 2012)

Tavoite:

Projektin tavoitteita olisivat:

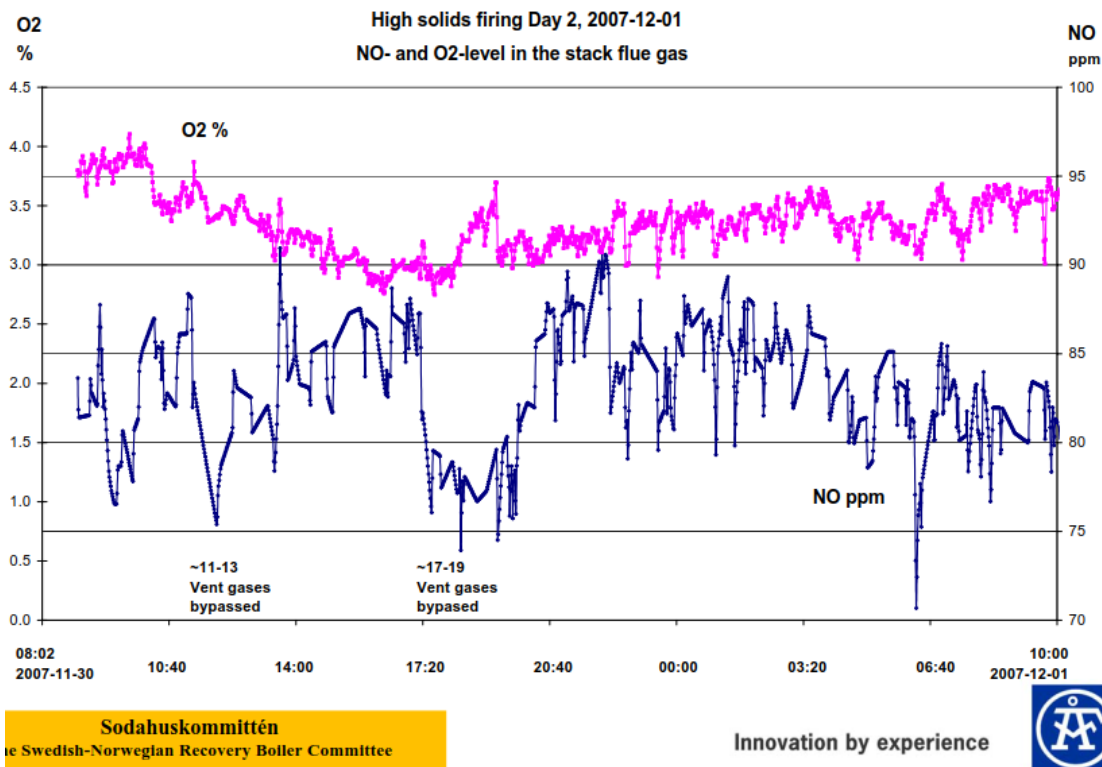
- Selvittää niin ajomalleihin kuin teknologiaan perustuvia NO_x-päästöjen hallintakeinoja
 - SCR-teknologiasta (Selective catalytic reduction) on tulossa esityksiä laitetoimittajilta kevään ICRC-konferenssissa. SCR-menetelmässä käytetään katalysaattorin pelkistys aineena vedetöntä, vedellistä ammoniakkia tai ureaa. Katalysaattorin operointilämpötila on noin 350 °C.
- Päivittää edelliset lausunnot/tutkimukset
- Tarkastelu kustannustehokkaasta ammoniakin poistosta
- Ammoniakkimittauksia erikseen sovittavista kohteista sellutehtaalla, jossa ammoniakkia oletetaan olevan, esim. liuottajan höngät, sammuttajan höngät
 - Sodahuskommittien tekemässä mittauksessa soodakattila NO_x-päästö laski kun liuottajan höngät ohjattiin ohiajopiippuun, katso kuva 1.

Tilanne:

Sihteeri tiedustelee Åbo Akademilta kuka on NO_x-projektien yhteyshenkilö jatkossa kun Niko DeMartini lähtee Torontoon.

Sihteeri selvittää kustannusarvion ammoniakkimittauksista tehtaalla (esim. Pöyry Finland).

Hönkäkaasujen vaikutus NO-päästöön (3)



Kuva 1. Koeajotuloksia NO-päästöstä Skoghallin soodakattilalta kun liuotinhöngät käännettiin ohiajopiippuun hetkellisesti.

5.2 Rikkitaseen hallinta ja soodasakkamäärän vähentäminen

Tavoite:

Viherlipeäsakan syrjäytyspesun ja GLSS-prosessin yhdistäminen, sillä molemmissa proesseissa on yhteisiä käytäntöjä, mikä tarjoaa mahdollisuuden molempien prosessien hallintaan. Projektin tavoitteena on yhdistetyn prosessin käyttökelpoisuuden selvittäminen koeajamalla se pilot-laitoksessa sekä datan hankkiminen täyden mittakaavan laitoksen suunnittelun pohjaksi. Tarkempi selostus työstä on luettavissa LIITE 3.

Hyöty:

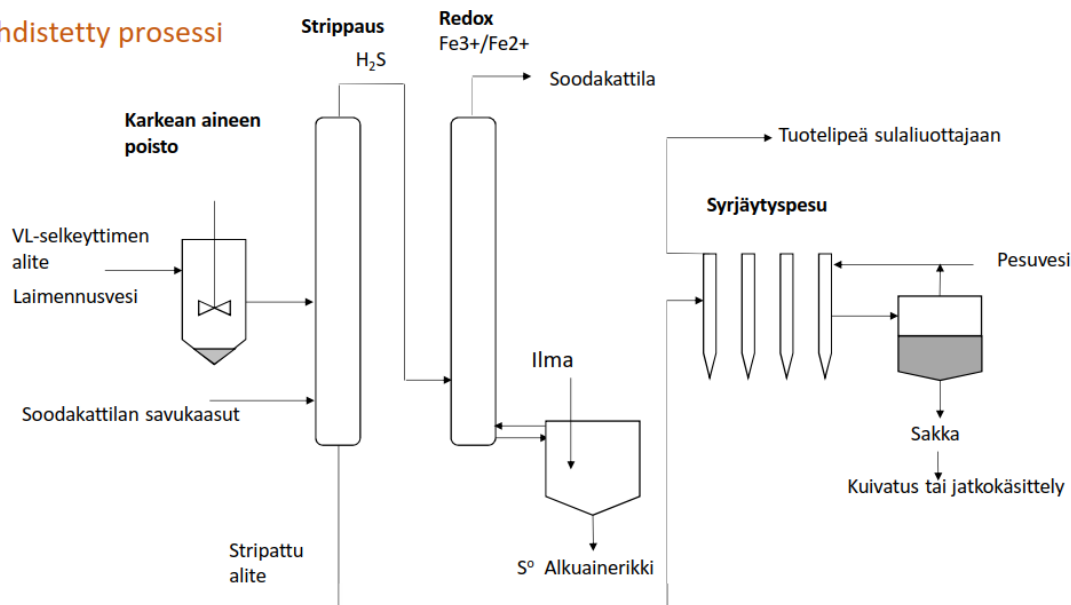
Rikkitaseen hallinta ja samanaikainen kaatopaikalle menevän viherlipeäsakan määrän vähentäminen, sakan hyötykäyttöedellytyksien parantaminen ja kemikaalisäästöt. GLSS-prosessista rikki saadaan siten ulos sellutehtaan kemikaalikierrosta ilman samanaikaisia natriumhävioitä. Klooridioksidilaitoksen jätesuola voidaan silloin ottaa sisään kemikaalikiertoon, ja saada sekä sen natrium että sen happamuus hyötykäyttöön. NaOH-kemikaalisäästöstä syntyy taloudellista hyötyä.

Toteutus:

Projektissa yhdistetään GLSS-prosessin laitteisto viherlipeäsakan pesulaitteistoon. Projektin toteutuksesta ja laitteiston kasaamisesta vastaa Oy Sirra Ab. Projektia varten tulee hankkia mahdollisesti lisää viherlipeäselkeyttimen alitetta eli sakkaa.

Laboratorioanalyysit lopputuotteille eivät sisälly kyseiseen hankkeeseen ja ne tulee tilata ulkopuoliselta laboratoriolta.

Yhdistetty prosessi



Kuva 2. GLSS + syrjäytyspesulaitteiston yhdistäminen

Tilanne:

Työryhmä ehdotti projektia hallitukselle mutta hallituksen mielestä SKY:n keskeistä toimintaa ei ole laitteistokehitystyön tukeminen. Hallituksella ei ollut tiedossa omistaako joku yritys GLSS prosessin (KCL:n kehittämä prosessi). Olisiko tällä yrityksellä kiinnostusta kehittää prosessia?

Työryhmä keskustelelee vielä Sirenin kanssa projektin toteuttamisesta, onko se pelkästään laitekehitystä? Mitä uutta projektin tuloksena syntyy? Mitkä ovat prosessin reunaehdot, massavirrat sisään/ulos?

5.3 Meesauunin päästöt eri polttoaineilla

Tavoite:

Selvittää meesauunissa käytettävien polttoaineiden vaikutusta savukaasuvirtaan/päästöihin. Keskustelu biopolttoaineiden käytöstä ja päästöistä alkaa, kun BREF-dokumenttia päivitetään. Tutkittaisiin seuraavia polttoaineita:

- Kaasutuskaasu esim. kuoren kaasutus
- Biomassa esim. sahanpuru
- Ligniini
- Vety
- Verrokki: maakaasu ja polttoöljy

Toteutus:

Ympäristöraporttien ja/tai kyselyjen perusteella tehtävä tutkimus ja vertailu. Pitäisi saada dataa ennen ja jälkeen polttoainemuutoksen. Myös polttoaineen vaikutus kalkkikiertoon kiinnostaa, mutta se voi olla hankalaa toteuttaa käytännössä.

Mahdollinen yhteisprojekti Metsäteollisuus ry:n kanssa. Toteutus vasta 2019?



5.4 Muut projektiehdotukset

Hyödynnettävien komponenttien erotus hajukaasuista

- Tutkitaan hajukaasussa esiintyviä ja erotettavissa olevia komponentteja, joita olisi mahdollista hyödyntää sivutuotteena tai kierrättää. Tämä alentaisi NCG-järjestelmän kuormaa, mikä oletettavasti tulevaisuudessa kasvaa, kun lisää keräilykohteita lisätään ja hajut halutaan saada talteen paremmin.
- Työssä voisi tutkia myös ammoniakkin erottamista kierrosta
- Ei edetä aiheen kanssa, sillä pidemmälle mietittyjä aiheita ja tarjouksia on jo tälle vuodelle riittävästi

6 MUIDEN TYÖRYHMIEN KUULUMISET

Sihteeri kertoi millaisia projekteja muilla työryhmillä on käynnissä. Kuulumiset LIITTEESSÄ 4.

7 MUUT ASIAT

7.1 Opinnäytetyöpalkinto 2017

Yhdistys jakaa vuosittain palkinnon parhaasta opinnäytetyöstä (laajuus 30 op) sulfaattiselutehtaan talteenottoalueella. Palkinnon arvo on 2.000 €.

Palkintoa voi hakea Suomessa korkeakoulussa tai yliopistossa tutkintonsa suorittavat opiskelijat, joiden opinnäytetyö liittyy sulfaattiselutehtaan kemikaalien talteenottoon. Työn tulee olla valmistunut 1.6.2016 ja 31.5.2017.

Opinnäytetöitä arvosteltaessa tarkastellaan seuraavia seikkoja:

- Tekniset ansiot
- Tulokset
- Uutuusarvo

7.2 Tulevat tilaisuudet

Soodakattilapäivä 2.11.2017 Clarion Helsinki (Jätkäsaari)

Konemestaripäivät Veitsiluodossa, tammikuu 2018

Soodakattilaoperaattoreiden kokemustenvaihtopäivät, maaliskuu 2018

8 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous sovittiin pidettäväksi 30.8.2017 klo 10:00 Joutsenossa Metsä Fibren tehtaalla.

Vakuudeksi

Markus Nieminen

LIITE 1

**LUT, Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista
[m³/ADt] eri puulajeilla – tarjous 16.3.2017**



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

TARJOUS

**Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista [m^3/ADt] eri puulajeilla
Soodakattilayhdistys ry**

16.3.2017

Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
Professori Esa Vakkilainen.



1

JOHDANTO

Suomen Soodakattilayhdistys (tilaaja) on halukas selvittämään miten soodakattilassa pulajit vaikuttavat tyypillisiin savukaasuvirtoihin [m^3/ADt].

Sellutehtaan käyttämä puulaji vaikuttaa sellun saantoon ja talteenottoon menevään orgaanisen määrään.

Sellutehtaan savukaasuvirtojen määrittelyyn ei ole olemassa yksinkertaista työkalua. Savukaasuvirtaa olisi hyvä tutkia toisaalta lähtökohtana uusi tehdas ja toisaalta miten tavallisella suomalaisella integroidulla ja integroimattomalla tehtaalla savukaasuvirta määritetään.

Savukaasumäärän laskenta auttaa myös tarkistamaan ympäristömittausten savukaasuvirtauksen laskentaa.

2

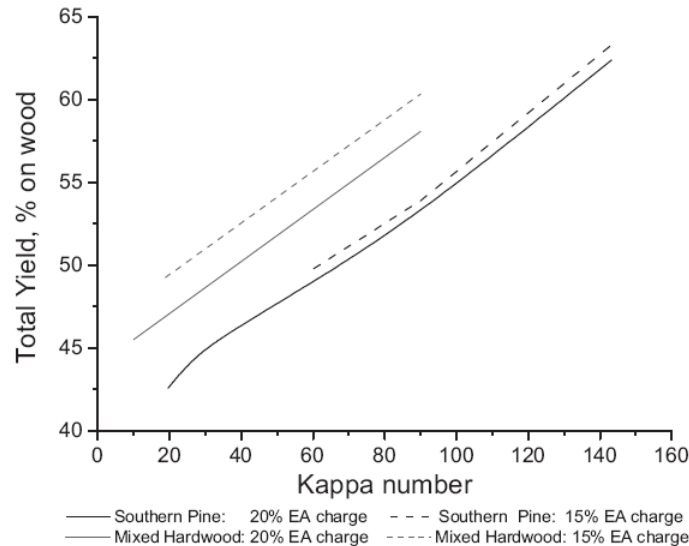
TAVOITTEET

Projektissa tehdään tutkimus, jossa tarkastellaan sellutehtaan savukaasuvirtojen laskentaa. IPPC BAT BREF dokumenttia kommentoitiin viimeksi siitä että esitetyt päästörajat eivät huomioi savukaasumääriä ja että savukaasumäärä per sellutonni kertaa ohjearvo pitoisuus per savukaasukuutio ei täsmää ohjearvoluvun määrä per sellutonni kanssa. Savukaasumääristä kerättiin seuraavat tiedot joita siis ei julkaistu BAT BREF aineistossa vaikka kerättiin (keltaiset on raportoimattomia arvoja).

	Recovery boiler			
	Emission		Reported	Fit
	mg /Nm ³	kg NO ₂ /ADt	Nm ³ /Adt	Nm ³ /Adt
Mill A	171	1.22	7128	7135
Mill B	162	1.78	8250	10988
Mill C	252	1.85	7356	7341
Mill D	193	1.42	7630	7377
Mill E	149	1.13	7600	7567
Mill F1	220	1.26	3480	3436
Mill F2	220		2320	2291
Mill G	170	1.35	7250	7941
Mill H1	137	1.58	4235	4086
Mill H2	169		6256	6036
Mill I	202	1.63	8100	8069
Mill J	236	2.01	7600	8517
Mill K	175	1.358	7800	7782
Mill L	185	1.43	6642	7730
Mill M	124	1.05	8400	8468



On huomattava että IPPC BAT BREFissä ei nykyisellään huomioida savukaasuvirtaa tai esim. keiton saantoa joka aiheuttaa ison eron eri puulajeille.



Esitettiin IPPC BAT BREF ryhmälle että soodakattilan päästöjä laskettaessa käytettäisiin seuraavia ohjeellisia arvoja ja laskentamenetelmää. Tämä ehdotus tyrmättiin koska ei ollut perusteita.

	Emission	Pine, 45%		Birch, 48%		Euca, 53%	
	mg/Nm³	Nm³/ ADt	kg NO₂/ADt	Nm³/ ADt	kg NO₂/ADt	Nm³/ ADt	kg NO₂/ADt
Recovery boiler	200	7700	1.54	7200	1.44	6200	1.24
Lime kiln	250	800	0.20	740	0.185	650	0.16
CNCG boiler	400	100	0.04	100	0.04	100	0.04
Total	N.A.		1.78		1.67		1.44

Työssä selvitetään erityisesti seuraavia seikkoja.

Vaihe 1.

Laaditaan excel laskentamalli savukaasuvirtauksen laskentaan. Ajatushan oli tehdä laskelmia ja esittää mikä olisi teoreettinen savukaasumäärä ja verrata sitä tehtaan omaan ”luuloon” savukaasumäärästä. Huomioidaan se että on olemassa neljä lukua samasta asiasta.

- Mitattu savukaasuvirta m³/s
- Mitattu savukaasumäärä normitilassa m³n/s (kuuma savukaasuvirta on isompi ja normitilassa se lämpötilan laskiessa on alhaisempi)
- Mitattu kuiva savukaasumäärä normitilassa m³n/s (poistetaan vesihöyry)
- Mitattu kuiva savukaasumäärä normitilassa korjattuna happipitoisuuteen m³n/s (poistetaan yli-ilma ja esitetään esim. 3% O₂)



Vaihe 2.

Kerätään Soodakattilayhdistyksen kanssa Suomen tehtaiden tyypilliset savukaasuvirrat. Periaatteessa diplomityöntekijä käy haluttujen tehtaiden kanssa arvatut toiminta-arvot joita sitten muutellaan, tarkistetaan ja verrataan mitattuun savukaasuvirtaan. Listataan ilmoitetut tulokset. Kaivetaan esille syyt miksi mahdollisesti ominaissavukaasuvirrat eroavat. Listataan syitä miksi savukaasuvirta olisi alempi tai ylempi. Tässä ei siis raportoida yksittäisten tehtaiden saantoja tms. herkkää dataa ainoastaan lopputulos, Nm^3/ADt . Kullekin tehtaalle jää siis excel omasta toiminnasta vastaisuuden varalle.

Vaihe 3.

Laaditaan uuden n. 1 200 000 ADt/a modernin sekä perinteisen Suomeen sopivan sellutehtaan vuosikeskiarvotaseet ja arvioidaan savukaasumäärää eri puulajeille sekä tehtaan ajomalleille. Toistetaan laskenta yhdistyksen määrittämissä tilanteissa.

Mikäli Soodakattilayhdistys järjestää mittauksia, joita voidaan tutkimuksessa hyödyntää, niin niiden ja mallittamisen välinen tarkastelu kuuluu mukaan.

3 RAPORTOINTI JA AIKATAULU

3.1 Raportti

Työn loppuraportti kirjoitetaan englanniksi, mutta työstä raportoidaan suomeksi. Työstä raportoidaan sen kestäessä Suomen Soodakattilayhdistykselle sen haluamalla tavalla ympäristötyöryhmän ohjauksessa. Työstä tehdään myös yhteenveto suomeksi.

3.2 Aikataulu

Loppuraportti luovutetaan tilaajalle hyväksymistä varten 8 (kahdeksan) kuukautta tilauksesta.

4 RESURSSIT JA YHTEISTYÖ MUIDEN KANSSA

Projektin organisaatio

Projektin vastuullinen johtaja: Esa Vakkilainen. (LUT/Professori)

Pääasiallinen tutkija: Tekn yo. N.N.

Tämän projektin työ ja tulokset tukevat Soodakattilayhdistyksen tavoitetta soodakattilan ympäristöystävällisyyden lisäämiseksi.



5

KUSTANNUSARVIO JA RAHOITUSSUUNNITELMA

Projektin kokonaiskustannus on esim. 12000 € lahjoituksena LUT tukisäätiölle. Tämä sisältää tekn. yo:n kustannuksen 6 kk. LUT tarjoaa työpöydän yms. Mikäli Soodakattilayhdistys edellyttää paikallaoloja tehtailla nämä laskutetaan erikseen valtion matkustussäännön mukaisesti. Projektin raportin mahdollisesta painatuksesta vastaa Soodakattilayhdistys.

LIITE 2

**LUT, Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista [m³/ADt] eri puulajeilla –
esitys projektin tilanteesta 8.5.2017**



Selvitys tyypillisistä savukaasuvirroista [m³/ADt] eri puulajeilla

Esa Vakkilainen
Esa.vakkilainen@lut.fi

LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ETSIMME VASTAUSTA SAVUKAASUMÄÄRÄN VAIHTELUUN



	Recovery boiler			
	Emission		Reported	Fit
	mg /Nm ³	kg NO ₂ /ADt	Nm ³ /Adt	Nm ³ /Adt
Mill A	171	1.22	7128	7135
Mill B	162	1.78	8250	10988
Mill C	252	1.85	7356	7341
Mill D	193	1.42	7630	7377
Mill E	149	1.13	7600	7567
Mill F1	220	1.26	3480	3436
Mill F2	220		2320	2291
Mill G	170	1.35	7250	7941
Mill H1	137	1.58	4235	4086
Mill H2	169		6256	6036
Mill I	202	1.63	8100	8069
Mill J	236	2.01	7600	8517
Mill K	175	1.358	7800	7782
Mill L	185	1.43	6642	7730
Mill M	124	1.05	8400	8468

Työssä selvitetään erityisesti seuraavia seikkoja



- Vaihe 1. Laaditaan excel laskentamalli savukaasuvirtauksen laskentaan.
- Vaihe 2. Kerätään Soodakattilayhdistyksen kanssa Suomen tehtaiden tyypilliset savukaasuvirrat. Käydään tehtailla vierailuilla läpi laskentaa ja mitattuja tuloksia
- Vaihe 3. Laaditaan uuden n. 1 200 000 ADt/a modernin sekä perinteisen Suomeen sopivan sellutehtaan vuosikeskiarvotaseet ja arvioidaan savukaasumäärää eri puulajeille sekä tehtaan ajomalleille. Toistetaan laskenta yhdistyksen määrittämissä tilanteissa.

Tilanne 8.5.2017



- Sovittu että aloitetaan diplomityö
- Diplomityöntekijää etsitty; ilmoittautunut vasta kv-opiskelijoita
- Ensimmäinen versio excelistä tehty

Jatko

- DI-työntekijä töissä syyskuun alusta
- Käynnit tehtailla syksyllä 2017
 - muut tiedot paitsi ominaissavukaasumäärä luottamuksellisia (kerätään sama data kuin sivun 2 taulukko)
 - excel versio tehtaasta jää tehtaalle

LIITE 3

**Oy Sirra Ab, Rikkitaseen hallinta ja soodasakkamäärän vähentäminen –
tarjous 15.1.2017**

Rikkitaseen hallinta ja soodasakkamäärän vähentäminen

Idea: Viherlipeäsakan syrjäytyspesun ja GLSS-prosessin yhdistäminen. Molemmat prosessit vaativat viherlipeän laimentamista. Jos voidaan yhdistää ne, saadaan samalla laimennuksella molempien hyödyt.

Hyöty sellutehtaalle: Rikkitaseen hallinta ja samanaikainen kaatopaikalle menevän viherlipeäsakan määrän vähentäminen, sakan hyötökäyttöedellytyksien parantaminen. Klooridioksidilaitoksen jätesuolan nykyistä parempi hyödyntäminen.

Tavoite: Yhdistetyn prosessin käyttökelpoisuuden selvittäminen koeajamalla se pilot-laitoksessa. Datan hankkiminen täyden mittakaavan laitoksen suunnittelun pohjaksi.

Tausta: aikaisemmissa hankkeissa "Viherlipeäsakan syrjäytyspesu" ja "Viherlipeäsakan syrjäytyspesu, Osa 2: alkuaineet" kehitettiin prosessia, jolla viherlipeäsakka voidaan pestä alkalisuoloista ilman meesaa apuaineena. Tällä tavalla voidaan vähentää kaatopaikalle menevää sakkamäärää 50 – 60 %. Samalla saadaan helpompi lähtökohta jatkoprosessille, jolla pyritään tekemään sakka hyötykäyttökelpoiseksi, ja siten eliminoimaan kaatopaikkajäte mahdollisimman täydellisesti.

Pohjoisissa tehtaissa, joissa keitetään mäntyöljyä, rikkitase on yleensä ongelma. Rikkitase rajoittaa klooridioksidilaitoksen jätesuolan hyödyntämistä, pakottaa lentotuhkan liuottamiseen ja vaikeuttaa kaliumin- ja kloorinpoistoprosessin käyttöönottoa. KCL-projektissa "Management of sulfur balance" kehitettiin GLSS-prosessikonsepti (Green Liquor Simplified Stripping). Prosessissa stripataan viherlipeästä rikkivetyä, H_2S , joka hapetetaan redox-reaktiolla alkuainerikiksi. Rikki saadaan siten ulos sellutehtaan kemikaalikerrosta ilman samanaikaisia natriumhäviöitä. Klooridioksidilaitoksen jätesuola voidaan silloin ottaa sisään kemikaalikiertoon, ja saada sekä sen natrium että sen happamuus hyötykäyttöön. Taloudellinen hyöty tulee ensisijaisesti ostonatriumhydroksidin säästöistä. Kemikaalisäästöt ovat arvioiden mukaan noin 2,7 milj. euroa vuodessa. Ympäristövaikutukset ovat merkittävät, sillä happaman jätesuolan liuottaminen on mahdollista jopa lopettaa kokonaan.

Molemmissa prosesseissa lipeä on laimennettava, mistä syntyy ajatus että ne voitaisiin yhdistää, ja saada sekä rikkitaseen hallinta että kaatopaikkajätteen määrän vähentäminen samalla prosessilla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että puhtaan viherlipeän sijaan käytetään GLSS-prosessissa sakkaselkeyttimen alitetta. Alitteesta stripataan rikkivety, minkä jälkeen sulfidivapaa alite viedään syrjäytyspesuun. Aikaisemmassa hankkeessa todettiin, että

sakan jatkokäyttöä ajatellen on turvallisuuden vuoksi tärkeätä poistaa sulfidi, jotta rikkivetyvaaraa ei voi missään käyttökohteessa syntyä. Yhdistämällä prosessit saadaan sulfidi pois, ja saadaan siten kaksinkertainen hyöty.

Syrjäytyspesun jälkeen sakka viedään jatkokäsittelyyn, jossa sen hyötykäyttömahdollisuuksia parannetaan. Jatkoprosessin kehittäminen on suurehko projekti, eikä sitä ole mahdollista viedä loppuun tämän hankkeen puitteissa, mutta voidaan kuitenkin ottaa askeleita eteenpäin. Vaihtoehtoina ovat ensisijaisesti olleet vaahdotus ja happokäsittely, joiden ensisijaisena tarkoituksena on alentaa kadmium- ja myös muiden raskasmetallien pitoisuuksia. Vaahdotusta on tutkittu aikaisemmin, ja tässä työssä voidaan keskittyä happoliuotukseen. Selvitetään ainakin haponkulutus ja mahdollisuutta saostaa kadmium, lyijy ym. metalleja liuoksesta, ja siten erottaa ne pääaineksesta. Vahvana hyötykäyttövaihtoehtona on metsälannoite, jossa erityisesti kadmiumpitoisuus vaatii huomiota.

GLSS-prosessi ja syrjäytyspesu

GLSS-prosessissa rikkivety stripataan viherlipeästä laskemalla tämän pH:ta hiilidioksidilla. Hiilidioksidi otetaan soodakattilan savukaasuista. Periaatteessa on myös mahdollista käyttää puhdasta hiilidioksidia. Muodostunut rikkivety hapetetaan alkuainerikiksi kolmiarvoisella raudalla erillisessä tornissa. Rauta pelkistyy reaktiossa kaksiarvoiseksi, mutta se regeneroidaan kolmiarvoiseksi hapettamalla se ilmalla erillisessä astiassa. Rauta toimii siten katalysaattorina. Tämä osa prosessista on olemassa kaupallisena nimellä Lo-Cat.

Lipeän sulfidi ja hydroksidi vaihtuvat vetykarbonaatiksi ja karbonaatiksi. Vetykarbonaatin liukoisuus on hieman pienempi kuin muiden komponenttien, minkä vuoksi on edullista laimentaa lipeä hieman saostumien välttämiseksi.

Sakan syrjäytyspesuprosessissa lipeäkomponentit pestään pois pystysuorissa putkissa vastavirtaperiaatteella. Prosessi on tarkemmin kuvattu hankkeen raportissa. Kokeissa todettiin, että alite on laimennettava, jotta laskeutumisnopeus olisi riittävä. Koska molemmat prosessit vaativat laimentamista, on tarkoituksenmukaista yhdistää ne.

Toteutus:

Ajetaan sakkaselkeyttimen alitetta GLSS-prosessissa, ja siitä edelleen syrjäytyspesulaitteiston läpi. Käytetään olemassa olevaa strippaus- ja talteenottolaitosta, joka on käytettävissä tekijän tiloissa. Syrjäytyspesulaitteisto on myös olemassa ensimmäisen tutkimushankkeen jälkeen. Voidaan myös käyttää aikaisempaa projektia varten hankittua selkeyttimen alitetta, josta on olemassa analyysituloksia, mikäli se ei ole muuttuneet liikaa säilytyksen aikana. Prosessin jälkeen tehdään happokäsittely, jossa pyritään liuottamaan ensisijaisesti kadmium. Suodoksesta saostetaan raskasmetalleja esim. sulfideina, ja pyritään saamaan kadmium ja lyijy erotetuksi hyötyaineista mahdollisimman pieneen fraktioon.

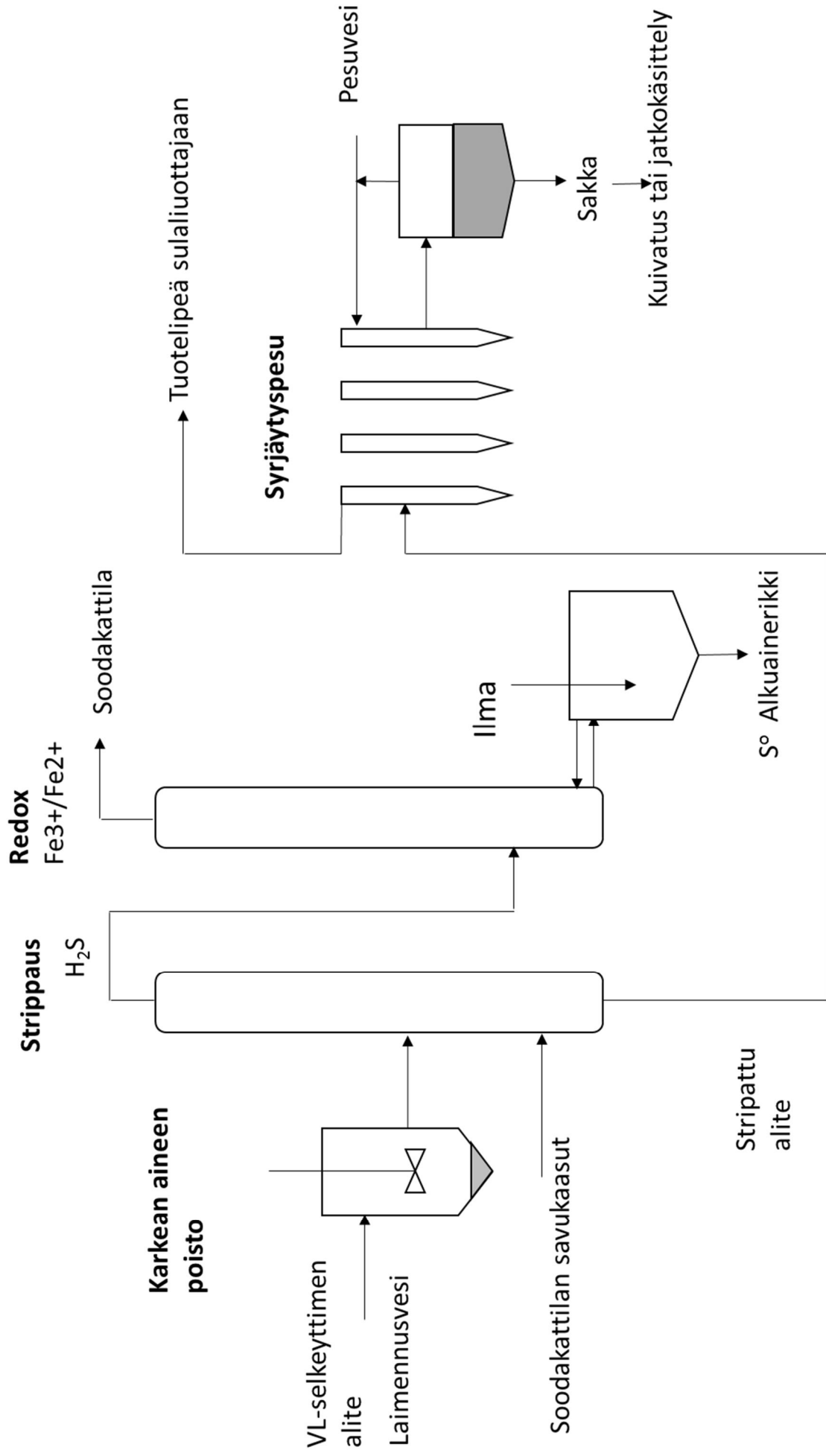
Työvaiheet:

1. Tarvittaessa hankitaan lisää sakkaselkeyttimen alitetta tehtaalta. Kunnostetaan ja pystytetään GLSS-laitteisto ja viherlipeän syrjäytyspesulaitteisto käyttökuntoon. Lisätään tarvittavia osia, kuten alitteen esikäsitteily ym.
2. Alite esikäsitellään erottamalla karkea aines. Karkeat hiukkaset voivat tarttua stripperin täytekappaleisiin ja tukkia ne. Erotus voidaan tehdä sekoittimella varustetulla säiliöllä, josta syötetään eteenpäin ainoastaan se osa, joka ei laskeudu nopeasti pohjalle. Laimennetaan samalla alite esim. suhteessa 2:1.
3. Ajetaan strippaus ja redoxorni alitteella. Koska soodakattilan savukaasua ei ole käytettävissä työskentelypaikalla, käytetään pullokaasua (typpi + hiilidioksidi). Seurataan ajon aikana sulfidipitoisuutta, jotta tiedetään milloin sulfidi on riittävästi poistettu. Vaihdeltaan ja mitataan myös kaasu- ja nestevirtauksia, ja kerätään dataa prosessin koon kasvattamista varten.
4. Kun strippaus on valmis, syötetään sulfidivapaa alite syrjäytyspesulaitteistoon. Seurataan pesuvaikutusta määrittämällä jäännösalkali. Voidaan kierrättää tuotelipeä muutama kerta sen väkevöittämiseksi.
5. Jatkokäsittelyprosessi raskasmetallien ja erityisesti kadmiumin hallitsemiseksi: käsitellään pesty sakka hapolla. Testataan 1) rikkihappo 2) suolahappo. Selvitetään minkä verran sakka kuluttaa happoa. Hapon kulutus on olennainen seikka happokäsittelyn taloudellisten edellytysten arvioinnissa.
6. Kiintoaineen erotuksen jälkeen voidaan saostaa metalleja suodoksesta niiden konsentroimiseksi pieneen jakeeseen. Oikeissa oloissa pitäisi olla mahdollista saada kadmium saostumaan yhdessä kuparin, lyijyn ja vismutin kanssa sulfideina, ilman että muut metallit saostuvat samanaikaisesti. Jos tämä onnistuu, saadaan kadmium ja lyijy pieneen fraktioon.
7. Analyysit: keskeisimmät määritykset ovat kadmium ja lyijy. Analyysien laajuudesta, tekijästä ja rahoituksesta on keskusteltava YTR:ssä. Saadaan joka tapauksessa näytteitä, joista voidaan jälkeenpäin tehdä tarvittavia määrityksiä tarpeen mukaan.
8. Raportointi

Hinta: prosessikoeajot olemassa olevalla
laitteistolla (ilman raskasmetallianalyyseja)

17000 € + alv

Raskasmetallianalyyseistä sovittava erikseen
jonkin laboratorion kanssa.



LIITE 4

Esitys: Muiden työryhmien kuulumiset ja tulevat tapahtumat



Ympäristötyöryhmän kokous 2/2017

10.5.2017
Pöyry-talo, Vantaa



Muiden työryhmien kuulumiset

Projekti	<u>KTR: Hitsauspinnoitettujen putkien käyttö soodakattiloissa, VTT</u>
Tavoite	Selvittää hitsauspinnoitettujen putkien käytettävyyttä / soveltuvuutta soodakattiloihin
Tekijä	VTT
Kustannus (bud. / tot.)	12 000 eur / 12 000 eur (+alv) (kirjallisuustutkimus) 8 000 eur / 9700 eur (+alv) (karakterisointitutkimus) 52 500 eur / - eur (+alv) (vanhennuskokeet)
Tilanne / Aikataulu	1. Kirjallisuuskatsaus valmistui 5/2016 2. Karakterisointitutkimus valmistui 01/2017 (KMP esitys) 3. Vanhennuskokeet käynnissä -> lämpötila 650 C tehty 4. Jännityskorroosiokokeet (syksy 2017) Kolmelta toimittajalta (Uhlig, AZZ/WSI, Areva Uddcomb) saatu 625, 825 ja 309 pinnoitettuja putkia • Referenssiputkina San38/San28/304L kompond • Vanhennuskokeet tehdään kolmessa eri lämpötilassa (600, 650, 700 C) ja kolmella eri pitoajalla (10, 100, 1000 h)

3

Projekti	<u>KTR: Selvitys sularännien toiminnasta vaihtelevalla kuormalla</u>
Tavoite	Selvitetään lämpövuon (sulavirtauksen/lämpötilojen vaihtelu) vaikutusta sularännien vaurioitumiseen Pyritään löytämään syitä miksi sularännit eivät kestä edes 12 kuukautta
Tekijä	LUT, diplomityöntekijä
Kustannus (bud. / tot.)	12 000 eur / - eur (+alv)
Tilanne / Aikataulu	21.03.17 Hallitus hyväksyi projektin toteutuksen
Johtopäätökset Toimenpiteet	• Diplomityöntekijä on Eetu Rantanen, vierailu Sunilaan 16.5.2017 • Halukkaat tehtaot voivat osallistua lähettämällä DCS dataa • Lisäksi KTR teettää materiaalianalyysit kahden tehtaan käytössä olleista sularänneistä
Päätökset	

4

Projekti	<u>KTR: Sularännisuositus</u>
Tavoite	1. Kerättiin tietoa tapahtuneista vaurioista ja niiden syistä kyselyn avulla 2. Tehty SKY:n suositus BRLBAC:n ohjeen pohjalta
Tekijä	KTR
Kustannus (bud. / tot.)	2 000 eur / 5 000 eur (+alv)
Tilanne / Aikataulu	25.01.17 Ohjeen esittely vauriokeskustelussa 22.03.17 Ohje päivitetty keskustelun perusteella 05.04.17 KTR kokouksessa lisäykset tekstiin 28.09.17 KTR kokous suosituksen hyväksyntä ja julkaisu
Johtopäätökset	
Toimenpiteet	
Päätökset	

Projekti	<u>KTR: Soodakattilan tiiveydenvalvontaselvitys, Varo Oy</u>
Tavoite	Tehdä yhteenveto käytössä olevista menetelmistä tehtailla (vuoden 2001 raportin päivitys) sekä esitellä saatavilla olevat parhaat tekniikat ja menettelyt
Tekijä	Timo Karjunen, Varo Oy
Kustannus (bud. / tot.)	12 000 eur / - eur + alv
Tilanne / aikataulu	• Kysely tiiveydenvalvonnan nykytilasta lähetettiin tehtaille 11/2016 • Esitys tuloksista Konemestaripäivillä Oulussa 1/2017 • Timo odottaa vielä tietoja laitetoimittajilta (kokemuksia viimeisimmistä projekteista) • Raportti kommentoivaksi keväällä -> esitys KTR:n syksyn kokouksessa
Päätökset	

Projekti	<u>LTR: Black Liquor Evaporation Book</u>
Tavoite	The book provides introductory text to the basic principles (handbook) of black liquor evaporation for young engineers in chemical recovery. Cost includes Niko DeMartini's portion of the work
Tekijä	Åbo Akademi, Nikolai DeMartini Table Mountain Consulting, Jim Frederick
Kustannus (bud. / tot.)	14 750 eur / - eur (+alv)
Tilanne / Aikataulu	Hallitus tehnyt esityksen, että kirjan on valmistuttava tämän vuoden aikana – rahoitusvaraus ei siirry enää ensi vuoden budjettiin.
Johtopäätökset Toimenpiteet	• Lopullinen versio on tulossa kommentoivaksi 7/2017 • Versio lähetetään myös ulkopuolisille arvioijille Lars Olauson and David Clay.
Päätökset	

Projekti	<u>LTR: Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion – Phase 3</u>
Tavoite	Työn tarkoitus on saada varmistus toisen osan saaduille tuloksille (24 tunnin kokeet) suorittamalla 1000 tunnin koe. Oletus on, että matalalämpötilakorroosio ilmenee nopeasti eli 24 tunnin kokeiden tulokset vastaavat 1000 tunnin koe tuloksia. Projektin aiemmissa osissa on selvinnyt, ettei rikkihapolle löydy kastepistettä soodakattiloissa ja alin mahdollinen savukaasujen lämpötila määäräytyy teräspinoilla korroosiota aiheuttavien suolojen hygroskooppisen luonteen mukaan.
Tekijä	Åbo Akademi: Nikolai DeMartini, Emil Vainio
Kustannus (bud. / tot.)	18 100eur / - eur (+alv)
Tilanne / Aikataulu	24 tunnin esikokeet suoritettu ja 1000 tunnin kokeet alkoivat viikolla 18.
Johtopäätökset Toimenpiteet	
Päätökset	



Työryhmien projektiehdotuksia

- Kuumien lauhteiden käsittely ja puhdistaminen kalvotekniikalla
- Soodakattilatyöntekijän suojavaatetuksen kehitys
- Ääninuohous soodakattiloissa
- Pulp mill deposit formation and aging – role of intra-deposit alkali chloride transport



Muut asiat ja ilmoitukset

Opinnäytetyöpalkinto 2017

- Palkintoa voi hakea Suomessa korkeakoulussa tai yliopistossa tutkintonsa suorittavat opiskelijat, joiden opinnäytetyö liittyy sulfaattisellutehtaan kemikaalien talteenottoon.
- Työn tulee olla valmistunut 1.6.2016 ja 31.5.2017
- Palkinnon arvo 2000 euroa
- Opinnäytetöitä arvosteltaessa tarkastellaan seuraavia seikkoja:
 - a) Tekniset ansiot
 - b) Tulokset
 - c) Uutuusarvo

Soodakattilapäivä 2017

- Aika: 2.11.2017
- Paikka: Clarion Helsinki (Jätkäsaari)
- Konemestaripäivät Veitsiluodossa tammikuu 2018
- Soodakattilaoperaattoreiden kokemustenvaihtopäivät
 - Järjestetään myös maaliskuu 2018



Vuositavoitteiden 2017 määrittely

1. Aktiivisuus:
 - Työryhmillä vähintään 3 kokousta vuodessa
 - Seminaarien osallistujamäärä >200 henkilöä
 - Työryhmillä 2 uutta projektia toteutettu 2017
2. Toiminnan laatu:
 - Jäsenistön palautteen keskiarvo vähintään 8.5
 - Palautteen kohteista valittu oleelliset kehityskohteet ja sovitut toimenpiteet tehty
3. Taloudelliset edellytykset:
 - Pysytään budjetissa ja rahoitus terveellä pohjalla.
4. Tuloksellisuus:
 - Vuoden lopussa kirjataan mitä on saavutettu ja miten saavutukset toteuttaa yhdistyksen päätehtävää
 - Korostettu teemoja hajukaasujärjestelmien turvallisuus sekä pitkät ajojaksot

13



Uudet jäsenet

- FM Global ja NDT I&C nimiset yritykset hyväksyttiin yhdistyksen jäseniksi vuosikokouksessa 27.4.2017

14