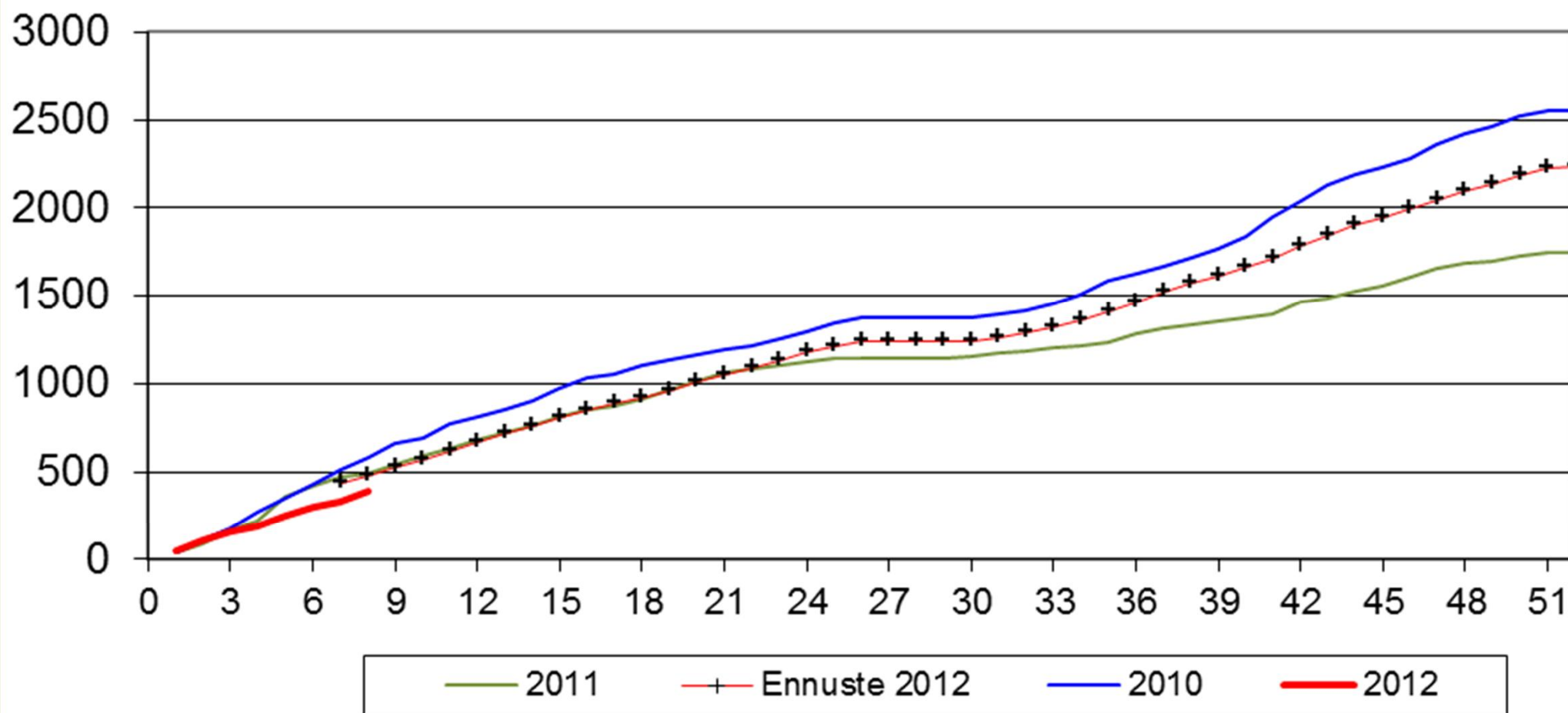


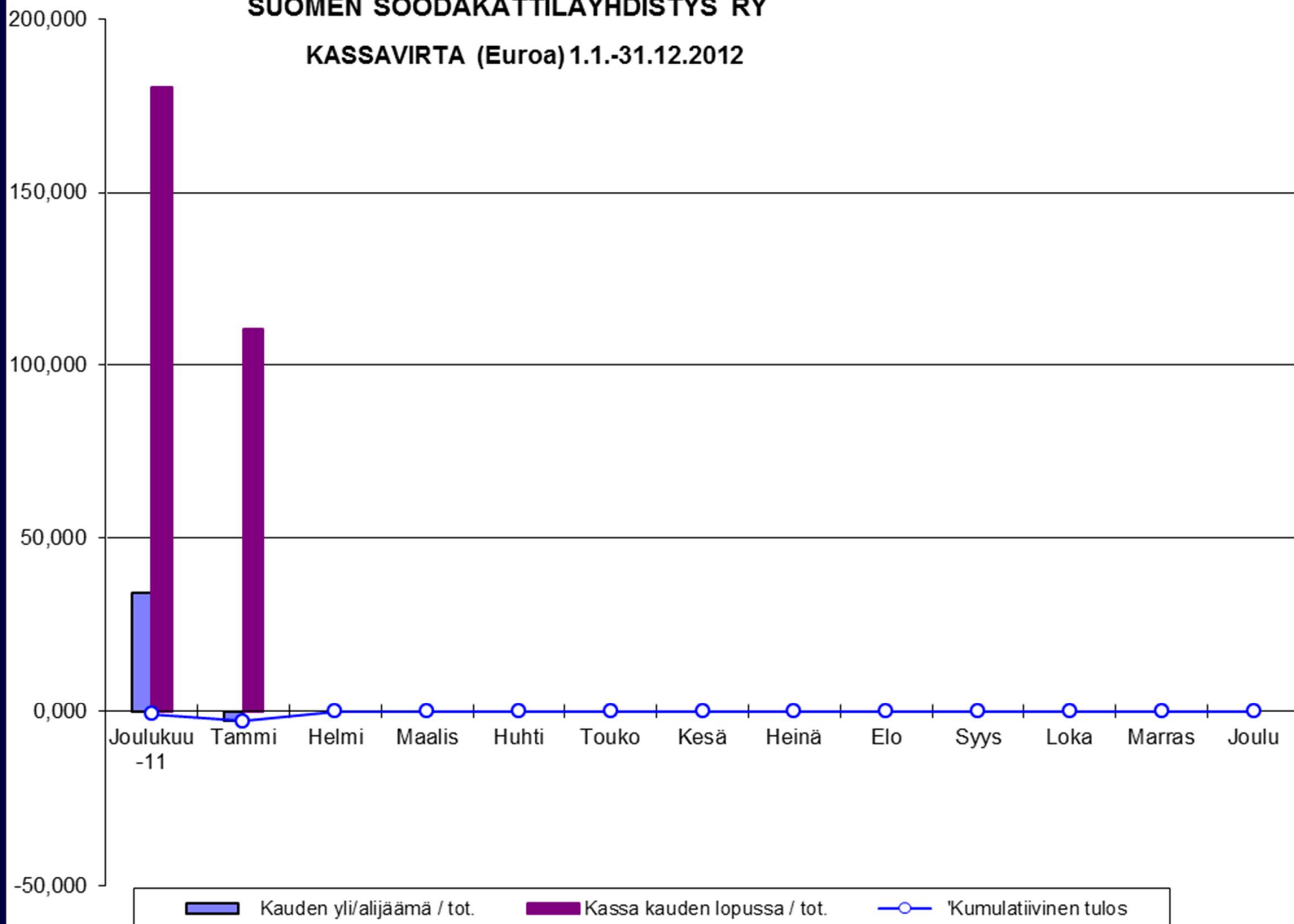
LIITE 2
Tuntiseuranta ja kassavirta

Kumulatiivinen tuntikertymä 2012



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY

KASSAVIRTA (Euroa) 1.1.-31.12.2012



Saamiset 29.2.2012

- 13/2010 Stora Enso 2 928,00

LIITE 3
2011 Vuosikertomus

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattila-alan yhteistoiminta

VUOSIKERTOMUS 2011

29.3.2012

Raportti 2/2012



Raportti 2/2012 Vuosikertomus 2011

T A S E K I R J A

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY

1.1.2011 -31.12.2011

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY

Jaakonkatu 3
01620 VANTAA

Tilinpäätös tilikaudelta 1.1.2011 – 31.12.2011

Toimintakertomus	1.. 21
Tuloslaskelma	22
Tase	23
Liitetiedot	24
Luettelo kirjanpitokirjoista	24
Luettelo tositteista	24
Tilinpäätöksen allekirjoitus	24
Tilinpäätösmerkintä	24
Tilintarkastuskertomus	25
Tase-erittelyt	26
Tilierittelyt	27...30



MNN/PLA

16.2.2012

TOIMINTAKERTOMUS 1.1.2011 - 31.12.2011

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Sisältö

- 1 SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY:N TOIMINTAPERIAATTEET**
- 2 HALLITUKSEN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 3 KESTOISUUSTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 4 LIPEÄTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 5 YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 6 AUTOMAATIOTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 7 OHJELMATYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 8 SOODAKATTILAN SÄHKÖENERGIATEHOKKUUDEN NOSTAMINEN UUELLE TASOLLE (SKYREC) JOHTORYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011**
- 9 TOIMINNAN RAHOITUS 2011**

LIITTEET:

Liite I	Yhdistyksen säännöt
Liite II	Hallituksen ja työryhmien kokoonpanot 2011
Liite III	Työryhmien toimenkuvat
Liite IV	Jäsen- ja yhdyshenkilöt 2011
Liite V	Jäsenmaksut 2011
Liite VI	SKYREC-rahoitus



1 SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY:N TOIMINTAPERIAATTEET

Suomen Soodakattilayhdistyksen tarkoitus on edistää soodakattiloiden ja niihin läheisesti liittyvien prosessien turvallista, taloudellista ja ympäristöystävällistä käyttöä sekä kehitystyötä.

Yhdistyksen puitteissa kerätään tiedot soodakattiloissa tapahtuneista vaurioista ja vaaratilanteista sekä informoidaan jäseniä näistä saaduista kokemuksista.

Yhdistys järjestää ja seuraa soodakattila-alan kansainvälistä yhteistoimintaa. Yhdistyksen tehtävänä on muun muassa muiden maiden määräysten ja suositusten saattaminen jäsentensä käyttöön.

Yhdistys voi harjoittaa kirjallisuuspalvelua, julkaisutoimintaa sekä koulutusta edistääkseen päämääriään. Soodakattila-alan esitelmätilaisuuksien ja kokousten järjestäminen sekä osallistuminen tällaisiin ovat osa toimintaa.

Yhdistys voi harjoittaa tai tukea sellaisia tutkimuksia tai projekteja, jotka tähtäävät soodakattiloiden ja niihin läheisesti liittyvien prosessien käyttövarmuuden, taloudellisuuden ja ympäristöystävällisyyden parantamiseen.

Suomen Soodakattilayhdistyksen toimintasääntö on liitteessä I.



2 HALLITUKSEN TOIMINTAKERTOMUS 2011

2.1 Hallituksen toiminta

Suomen Soodakattilayhdistyksen toimeenpanevana elimenä on hallitus. Hallituksen puheenjohtajana jatkoi Kaj Nordbäck UPM Kymmene Oyj Pietarsaaren tehtailta ja varapuheenjohtajana Timo-Pekka Veijonen, Stora Enso Oyj Pulp Competence Centeristä.

Vuosikokouksessa 14.4.2011 uudeksi jäseneksi hallitukseen valittiin Toni Orava UPM Kymmene Oyj, Kymi, Olli Talaslahden (Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma) tilalle sekä Timo Merikallio (Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma) Keijo Salmenoja (Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma) tilalle.

Lipeätyöryhmän puheenjohtajan Toni Oravan varajäseneksi hallitukseen valittiin Timo Saarinen (Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma), Oy Metsä-Botnia Ab:n edustajan Timo Merikallion varajäseneksi Esko Turunen ja Andritz Oy:n edustajan Marja Heinola varajäseneksi Keijo Salmenoja.

Hallituksen ja työryhmien kokoonpanot vuonna 2011 on esitetty liitteessä II.

Hallitus piti vuoden 2011 aikana viisi kokousta, joista kaksi kokousta oli sähköpostikokouksia.

Sääntöjen mukaan vuosikokous valitsee hallituksen jäsenille henkilökohtaisen varajäsenen, joka edustaa varsinaista jäsentä tämän ollessa estynyt osallistumaan hallituksen kokoukseen.

2.2 Sihteeristön toiminta

Suomen Soodakattilayhdistyksen hallitus päätti ostaa vuoden 2011 sihteeristö- ja taloushallintapalvelut Pöyry Finland Oy:ltä. Sihteeristöpalveluista tehtiin kirjallinen sopimus. Kuluva sopimuskausi alkoi 14.4.2011 ja jatkuu vuoden 2012 vuosikokoukseen saakka, kuitenkin enintään 30.4.2012 asti.

Yhdistyksen kirjanpitolpalvelut vuonna 2011 tilattiin alihankintana RM-Palvelu Oy:ltä.

Vuonna 2011 Suomen Soodakattilayhdistyksen sihteeristössä tapahtui muutoksia, yhdistyksen vastuullisena sihteerinä toimii Markus Nieminen ja sijaiseksi valittiin Outi Suomi, Outi Piston tilalle. Toimistosihteeriksi valittiin Päivi Lampinen, Eija Turusen tilalle.

Sihteeristön tärkeimpinä tehtävinä ovat olleet:

- taloushallinto
- laskutus ja laskujen maksu
- kokousjärjestelyt
- tapahtumien myynti ja markkinointi
- työsuunnittelu ja muistioiden laadinta
- kotisivun ylläpito
- vauriotietokannan ylläpito
- julkaisutoiminta
- yhteydenpito muihin alan järjestöihin



Taloushallintoon on kuulunut tilikauden 1.1. - 31.12.2011 tilintarkastuksen järjestäminen sekä vuoden 2011 kirjanpito ja kustannusseuranta. Sihteeristö on huolehtinut yhdistyksen jäsenmaksujen ja osallistumismaksujen laskutuksesta sekä hoitanut yhdistyksen laskujen maksun.

Sihteeristön suunnittelutyöhön ovat kuuluneet yhdistyksen vuosikokouksen, seminaarien, hallituksen ja eri työryhmien kokousten järjestäminen, tutkimussuunnitelmien ja sopimusten laadinta sekä vuosibudjetin tekeminen.

Julkaisutoimintaan ovat kuuluneet muun muassa hallituksen ja eri työryhmien kokousmuistiot, kokousmateriaalit Konemestaripäivälle 2011 ja Soodakattilapäivälle 2011, vuosikertomus 2011 ja pöytäkirja Suomen Soodakattilayhdistyksen vuosikokouksesta 14.4.2011 sekä tutkimusraportit.

Kansainvälisiä yhteyksiä on ylläpidetty Ruotsiin Sodahuskommitténiin, Yhdysvaltoihin Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee:hen (BLRBAC) sekä Brazilian Recovery Boiler Safety Committee:hen (CSCRB). Sihteeri piti esitelmät Suomen Soodakattilayhdistyksen toiminnasta AF&PA järjestämässä 2011 Recovery Boiler Conference –seminaarissa Atlantassa, Inspecta Sweden AB:n järjestämässä SKOG 2011 seminaarissa Sundsvallissa ja ÅF:n järjestämässä Sodahuskonferenssissa Tukholmassa.

Työryhmien toimenkuvat on esitetty liitteessä III.

2.3

Jäsenistö

Suomen Soodakattilayhdistyksen jäsen- ja yhteyshenkilöluettelot vuonna 2011 on esitetty liitteessä IV.

Jäsentehtaat vuoden 2011 lopussa:

- Oy Metsä-Botnia Ab, Joutsenon tehdas
- Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehdas
- Oy Metsä-Botnia Ab, Rauman tehdas
- Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekosken tehdas
- Kotka Mills Oy
- Stora Enso Oyj, Enocell Oy
- Stora Enso Oyj, Heinolan Flutingtehdas
- Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat
- Stora Enso Oyj, Oulun tehdas
- Stora Enso Oyj, Varkauden tehdas
- Stora Enso Oyj, Veitsiluodon tehtaat
- Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas
- UPM-Kymmene Oyj, Kaukas
- UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat
- UPM-Kymmene Oyj, Kymi, Kuusanniemen sellutehdas

Muut jäsenet vuoden 2011 lopussa:

- Andritz Oy
- If Vahinkovakuutus Oy
- Inspecta Oy
- Metso Power Oy
- Pohjola Oy



- Pöyry Finland Oy
- VTT Expert Services Oy
- YIT Teollisuus Oy

Ulkojäsenet vuoden 2011 lopussa:

- Åbo Akademi
- Teknillinen Korkeakoulu
- Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
- Tukes

Yhdistyksen varsinainen jäsenmäärä pysyi samana vuonna 2011.

3 KESTOISUUSTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011

3.1 Työryhmän toiminta ja vaurioraportointi

Kestoisuustyöryhmän puheenjohtajana on toiminut Reijo Hukkanen Stora Enso Oyj, Oulun tehtailta. Työryhmän kokoonpano toimintavuonna 2011 on esitetty liitteessä II.

Vaurioraportit ovat yhdistyksen kotisivuilla vauriotietokannassa. Suomen soodakattilavaurioista raportoitiin Inspecta Sweden AB:n järjestämässä SKOG 2011 seminaarissa Sundsvallissa maaliskuussa sekä ruotsalaisen Sodahuskommitténin Sodahuskonferenssissa marraskuussa Tukholmassa.

Kestoisuustyöryhmä kokoontui vuoden aikana neljä kertaa.

Jäsenistöltä saatujen, 1.2.2012 mennessä sihteeristöön palautettujen vaurioraporttien mukaan vuoden 2011 aikana tapahtui 14 kattilavauriota, jotka aiheuttivat yhteensä 953 tunnin keskeytyksen lipeän polttoon.

3.2 Työryhmän tehtäväalueen projektitoiminta

Kestoisuustyöryhmällä oli vuoden 2011 aikana käynnissä kaksi projektia:

- Vauriotietokanta
- Materiaalisuositus (vuoden 1997 suojaussuosituksen päivitys)

Lisäksi työryhmä on valvonut seuraavien Soodakattilan sähköenergiatehokkuuden nostaminen uudelle tasolle (SKYREC) – projektien edistymistä:

- Tulistinputkimateriaalien korroosiokokeet laboratoriossa, ÅA
- Tulistinputkimateriaalien kenttätutkimus, VTT
- Tulipesämateriaalien kenttätutkimus, Boildec Oy
- Tulipesän sondikokeiden analysointi ja korroosionopeuksien määrittäminen, VTT
- Keraamiset ja metalliset rakennemateriaalit uusissa soodakattiloissa, OY
- Aktiivihiihtisuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen lisäveden TOC-tason alenemisessa, Cewic
- Vesisuositus, Teollisuuden Vesi Oy

SKYRECin osaprojektien loppuraportit on julkaistaan yhdistyksen internetsivuilla:
<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/SKYREC.html>

3.2.1 Vauriotietokanta

Vauriotietokanta on sijoitettu Soodakattilayhdistyksen kotisivulle. Vaurioilmoitukset tehdään Internetin kautta suoraan tietokantaan, ja siihen on syötetty yhdistyksen keräämät vaurioilmoitukset alkaen vuodesta 1970.

Työryhmän kokouksissa käytiin läpi vuoden aikana tulleita vaurioilmoituksia.

3.2.2 SKYREC: Tulistinputkimateriaalien korroosiokokeet laboratoriossa, ÅA

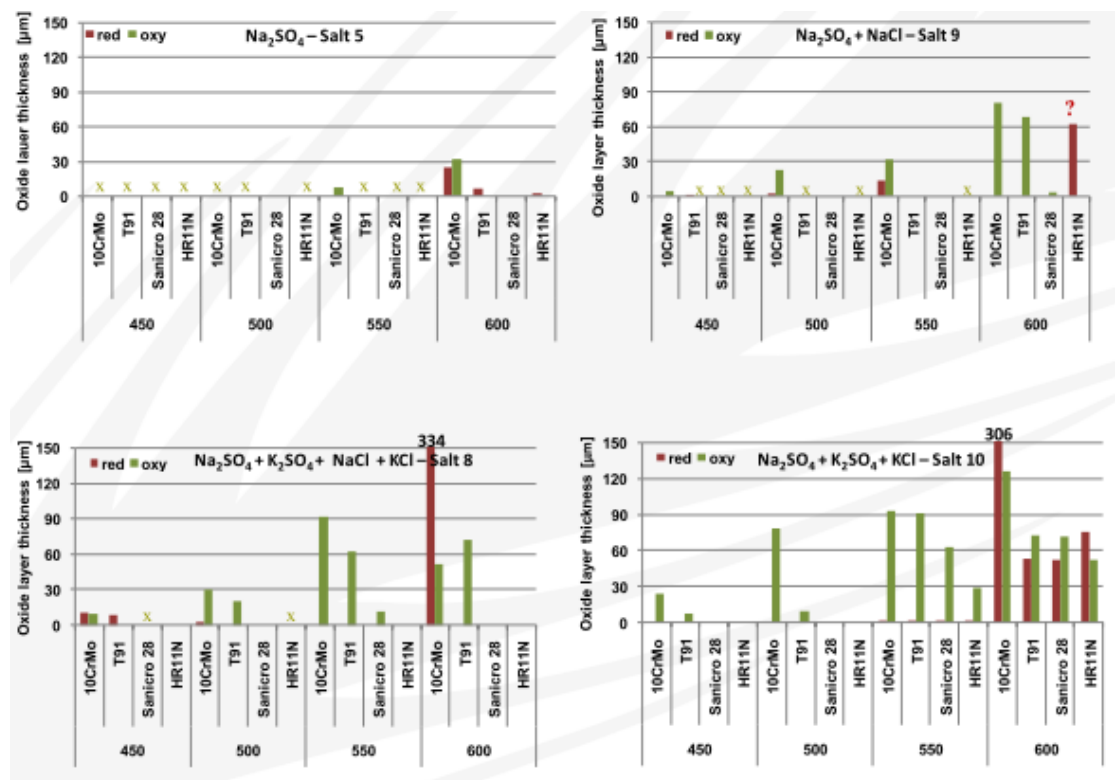
Osaprojektissa keskityttiin pelkistävien olosuhteiden korroosiovaikutuksen kartoittamiseen samantyyppisillä tuhkasuolaseoksilla kuin aiemmissa SOTU-hankkeissa. Koejakson pituus oli yksi viikko eli 168 h. Korroosiokokeiden näytteet tutkittiin pyyhkäisyelektronimikroskopiaa ja röntgenmikroanalyysia (SEM-EDXA) käyttäen ja tu-

loksena saatiin korroosiotuotekerroksen paksuus eri olosuhteissa, sekä alkuainekartat korroosiomekanismin selvittämistä varten.

Materiaaleiksi valittiin samat neljä materiaalia kuin aikaisemmissa kokeissa: 10CrMo9-10, T91, Sanicro 28 ja HR11N. Kokeet aloitettiin sopivien olosuhteiden etsimisellä ja valittiin synteettiset tuhkasuolaseokset. Materiaaleja testattiin pelkistävissä olosuhteissa (95N₂-5CO vol%). neljällä erilaisella seoksella, jotka sisälsivät eri pitoisuuksia soodakattilatuhkan pääkomponentteja Na₂SO₄, K₂SO₄, KCl ja NaCl. Pelkistävien olosuhteiden saavuttamiseksi korroosiokeiden aikana, uunin kaasukehään lisättiin hiilimonoksidia typen lisäksi ja suolakerrokseen sekoitetaan mukaan sopiva määrä aktiivihiiltä.

Osan 1 testeissä korroosio oli vähäisempää kuin aikaisemmissa kokeissa (SOTU 2) hapettavissa olosuhteissa. Testiolosuhteissa ei saavutettu riittävää pelkistymistä sulfaatista sulfidiksi ja siten haluttu olosuhde jäi saavuttamatta.

Osassa 2 osa suolaseoksen Na₂SO₄ korvattiin Na₂S:llä ja seokseen lisättiin mustali-peakoksia. Toimintakertomusta kirjoittaessa tuloksia ei ollut vielä saatavilla. yhteenveto hapettavista ja pelkistävistä (Osa 1) kokeista on esitetty kuva 3-1.



Kuva 3-1. Yhteenveto hapettavista ja pelkistävien kokoiden tuloksista.

Linkki ensimmäisen osan raporttiin:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/SKYREC/Skyrec_report_final_AAU_04_06_10.pdf

3.2.3

SKYREC: Tulistinputkimateriaalien kenttätutkimus, VTT

VTT suoritti tulistinmateriaalien korroosiokeiden Joutsenon kattilalla syksyllä 2010. Testimateriaaleiksi valittiin 347H, AISI 310, HR11N, SAN 28, Super 625 sekä SAN 69. Kokeet tehtiin kahdella identtisellä sondilla vastakkaisilta puolilta kattilaa ja sondien materiaali lämpötilat olivat 530 °C sekä 570 °C. Kokeen kesto oli 650 tuntia.

Korroosiokokeiden näyteholkit punnittiin ja valokuvattiin ennen hartsiin valamista. Hartsiinvaletuista holkeista valmistettiin poikkileikkaushieet, joita tarkasteltiin optisella mikroskoopilla sekä pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (ESEM). Analyyttisiä tuloksia hyödynnettiin Factsage 6.1 ohjelmalla tehdyissä tasapainolaskelmissa.

Korroosiokestävyyden perusteella materiaalit luokiteltiin seuraavasti (huonoin) SAN 28 < 347H < AISI 310 < HR11N < Sanicro 69 ~ Super 625 (paras). Korroosiolosuhteet vaihtelivat huomattavasti riippuen savukaasuvirran suunnasta, materiaalin lämpötilasta ja kloridin määrästä. Kaikilla materiaaleilla suurin korrosio oli suojan puolella (leeward) putkea.

Linkki VTT:n raporttiin, julkaistu 1.6.2011:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/SKYREC/SKYREC_VTT_Mill_tests_of_superheater_material_final_report_21_04_2011.pdf

3.2.4 SKYREC: Tulipesämateriaalien kenttätutkimus, Boildec Oy

Tulipesän korroosiokokeissa altistettiin koepaloja todellisissa soodakattiloissa todellisiin käyttöolosuhteisiin korotetuissa lämpötiloissa. Kokeet tehtiin kattilan kemialliselta kuormitukseltaan (sula) rasitetuimmalla kohdalla tulipesän alaosassa.

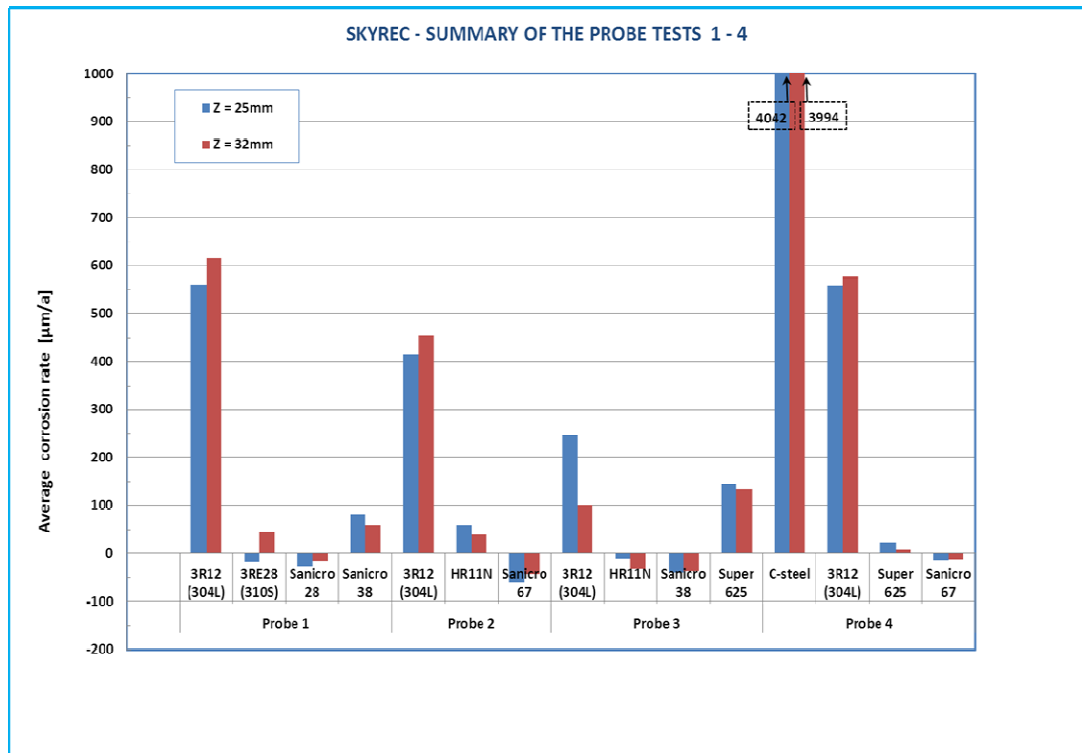
Kokeissa käytettiin edellisessä hankkeessa valmistettua sondia. Sondi koostui lipeäruiskuaukkoon sijoittavasta höyrystimestä, ilmajähdytteisestä lauhduttimesta ja ne yhdistävästä putkistosta. Höyrystimen etuseinä oli rakennettu neljästä koepalasta. Laitteistossa kiersi orgaaninen lämmönsiirtoneste, jonka höyrystyslämpötila on 1 – 14 barin paineessa 256 – 425 °C. Piirin painetta ja lämpötilaa ohjattiin ilmapuhallinta säätämällä. Koemateriaalien korroosionopeudet määritetään mittaamalla koeputkimateriaalien paksuusprofiilit (Mikes) ennen korroosiokoetta ja sen jälkeen. Korroosiotyyppi, korroosiotuotekerrosten koostumus ja rakenne selvitettiin pyyhkäisyelektronimikroskopiaa ja röntgenmikroanalyysia (SEM-EDS) apuna käyttäen.

Kokeiden toteutuksesta vastasi Boildec Oy ja näytteiden analysoinnista VTT. Kokeet suoritettiin Oy Metsä-Botnia Ab:n Joutsenon soodakattilalla.

Tavoite oli saada aikaan vähintään 1000 tunnin kokeita, koemateriaalien pintalämpötilan ollessa 440 °C. Ensimmäisten onnistuneiden kokeiden tuloksia (kokeet 1,2,3) analysoitaessa aikana huomattiin, että 1000 tuntia ei riitä aikaansaamaan riittävää korroosiota, joten koeaikaa pidennettiin 2700 tuntiin, (kokeet 4 ja 5). Toimintakertomusta kirjoitettaessa kokeen No 5 tulosten analysointi on kesken.

Tulosten perusteella hiiliteräs korrodoituu erittäin nopeasti (4 mm/a) lämpötilassa 440 °C, kuva 3-2. Myös AISI 304L-materiaalin korroosionopeus suhteellisen korkea (~0.5 mm/a). Kokeiden tulokset tukevat sitä olettaa että perinteinen 304L compoundmateriaali ei sovellu tulevaisuuden korkeapaineisiin soodakattiloihin, jossa putkimateriaalin lämpötilat ovat yli 440 °C.

Korroosiokeston perusteella paras materiaaleista oli Sanicro 67. Korkea kromipitoiset materiaalit AISI 310S ja Sanicro 28 pärjäsivät hyvin 1000 tunnin kokeissa, mutta tulokset tulee varmistaa vielä pidemmissä testeissä.



Kuva 3-2. Tulipesämateriaalien keskimääräinen korroosionopeus kokeissa 1-4.

Linkki Boildec Oy:n raportteihin:

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/SKYREC.html>

3.2.5 SKYREC: Tulipesän sondikokeiden analysointi ja korroosionopeuksien määrittäminen, VTT

VTT:n suorittaa Boildecin toteuttamien sondikokeiden näytteiden analysoinnin ja korroosionopeuksien määrittäykset.

3.2.6 SKYREC: Keraamiset ja metalliset rakennemateriaalit uusissa soodakattiloissa, OY

Keraamisten materiaalien käyttö on hyvin laajaa nykyisissä soodakattiloissa ja massojen merkitys tulee kasvamaan korkeapaineisissa kattiloissa. Nykyisin käytössä olevat keraamiset massat eivät todennäköisesti tule täyttämään kaikkia kriteerejä tulevaisuuden sovellutuskohdeissa.

Oulun Yliopistolta tilatun projektin tavoitteena oli löytää paremmin soodakattilaolosuhteita kestävä tulenkestävä massa kuin nykyinen. Materiaalien kestävyyttä tutkittiin altistamalla ne soodakattilan sulalle lipeäruiskaukkaan sijoitetulla sondilla Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaalla. Projektissa suoritettiin kaksi kahden viikon mittaista koetta, ensimmäinen koe tehtiin 16.2–2.3.2010 ja toinen 4.4.2011–18.4.2011. Ensimmäinen koe tehtiin suurella joukolla materiaaleja, joista parhaimmat valittiin uusintakokeeseen.

Ensimmäisessä kokeessa parhaiten pärjäsivät jo markkinoilla olevat Hassle D39A, MgO-rauta tiili sekä sulavalettu aloksiitiili. Uudet omatekoiset massat eivät kestäneet odotetusti. Ensimmäinen koe osoitti, että mekaanisesti heikot materiaalit eivät pärjää, vaikka olisivatkin kemiallisesti stabiileja alkalisulaa vastaan. Täysin tiivis materiaali ei takaa hidasta kulumista myöskään, koska alkalisula tunkeutuu diffuusiolla raken- teeseen ja aiheuttaa viimeistään jäähdytysyyskylissä imeytymisalueen irtilohkeamista.

Toiseen kokeeseen omatekoisten massojen kovuutta parannettiin, mutta tuloksetta. Kestävin materiaali oli edelleen Hasslen D39A massa.

Linkki Oulun yliopiston raporttiin, julkaistu 1.6.2011:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/SKYREC/SKYREC_OY_tulenkestävät_massat_loppuraportti_02_05_11.pdf

3.2.7 **SKYREC: Aktiivihiihliuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen lisäveden TOC-tason alentamisessa, Cewic**

Aktiivihiihlien osalta tutkimuksen tavoite oli selvittää mahdollisuutta integroida aktiivihiihliuodatin osaksi suolanpoistolaitosta. Tutkimuksessa verrattiin kolmea happopesytystä aktiivihiihliä jatkuvatoimisten suodatuskokeiden avulla. Pitkän aikavälin testiin valittiin kolmesta hiilestä parhaaksi osoittautunut, tosin erot olivat hyvin pienet. Lisäksi selvitettiin muun muassa aktiivihiihliuodattimen biologisen aktiivisuuden merkitystä puhdistustulokseen, johtokyvyn ja silikaattipitoisuuden muutosta aktiivihiihlijatassa ja orgaanisen aineksen kokojakauman ja koostumuksen vaihteluja aktiivihiihliuodattimessa ja aiemmin vedenpuhdistusprosessissa.

UV-säteilyn käyttö orgaanisten yhdisteiden hajotukseen ilman hapetinkemikaaleja on suhteellisen tuntematon tekniikka suuren mittakaavan sovelluksissa. Tutkimuksessa selvitettiin suolanpoistolaitoksen sivuvirtaukseen kytketyn UV-laitteen vaikutusta veden TOC-pitoisuuteen, johtokykyyn ja orgaanisten yhdisteiden koko- ja rakennejakamaan. Lisäksi tutkittiin kontaktiajan, titaanioksidikatalyytin ja vetyperoksidin vaikutusta UV-käsittelyn tehoon. Kokeet toteutettiin kesän 2010 - syksyn 2011 välillä.

Käänteisosmoosin osalta tutkimuksessa selvitettiin laitteistojen hankinta- ja käyttökulut pyytämällä laitetoimittajilta tarjoukset soveltuvista laitteistoista.

Tehdasmittakaavan aktiivihiihlikoe kesti noin kolme kuukautta. Sinä aikana TOC-poistoteho oli noin 40-65 % mikä vastasi pilot-kokeiden tuloksia. Pilot-kokeissa aktiivihiihlien TOC-poistoteho pysyi lähes vakiona koko 11 kuukauden koejakson ajan.

Aktiivihiihliuodattimen toimintamekanismi vaikuttaa olevan käytännössä täysin adsorptioon perustuva. LC-OCD-määritysten perusteella käytetty aktiivihiihliuodatin vaikutti poistavan muita orgaanisen yhdisteiden fraktioita paitsi polymeerejä melko tehokkaasti. Biopolymeerien huonompi poistoteho voi johtua niiden koosta: toisenlaista huokoskokoa oleva aktiivihiihli mahdollisesti voisi poistaa niitä tehokkaammin. Johtokyky nousi aktiivihiihliuodattimessa myös samoin kuin pilot-kokeissa. Tehdasmittakaavan kokeessa mitattiin aktiivihiihliuodatetun veden silikaattipitoisuutta, joka nousi huomattavasti: noin tasolle 200 mg/l aluksi. Kahden viikon ajan silikaattitaso aktiivihiihliuodatetussa vedessä laski tasolle noin 20 mg/l. Aktiivihiihliuodatinta seurannut sekavaihdin poistaa vapautuneen silikaatin ja sen rooli onkin tästä syystä erityisen tärkeä.

UV-valon käyttöä TOC:n hajotuksessa kokeiltiin yhteistyössä Hanovian (UV-lamppuvalmistaja) kanssa. Kokeissa käytetty laitteisto on esitetty kuvassa 5-16. Suurin kokeissa saavutettu TOC-reduktio oli noin 30% (käytössä yksi UV-kammio ja keskipainepumppu). Kokeissa selvitettiin myös seuraavien tekijöiden vaikutusta TOC-poistotehoon:

- Viipymäaika UV-reaktorissa eli UV-säteilyannos
- Lampun tyyppi (matalapaine- ja keskipainelamput)
- TiO₂-katalyytti

– Vetyperoksidin käyttö hapettimena

Tutkituista tekijöistä mikään ei oleellisesti parantanut TOC-poistotulosta. Vetyperoksidikokeen toteutus tosin epäonnistui, sillä käytetty putkimateriaali vapautti veteen muovinlisäaineita, mikä näkyi kohonneena TOC-pitoisuutena. Tehtyjen kokeiden perusteella UV-käsittely TOC-poistomenetelmänä soodakattilan lisävedestä ei ole kilpailukykyinen suuren sähköenergiakulutuksen ja alkuinvestoinnin vuoksi.

3.2.8 SKYREC: Vesisuositus, Teollisuuden Vesi Oy

Vedenkäsittely ja vesikemia liittyvät oleellisesti soodakattilan turvalliseen käyttöön. Lisäveden korkea määrä ja erilaisten lauhdeiden käyttö, asettaa erityisiä vaatimuksia sekä veden laadun hallintaan että analysointiin. Huono veden laatu saattaa aiheuttaa koko tehtaan tuotannon pysäyttämiseen. Lisäksi riskinä on, vuodon sattuessa tulipesässä, jopa soodakattilaräjähdykset. Laitoksilla käytössä olevat ohjearvot ovat perustuneet sekä vanhoihin normeihin, kattila- ja kemikaalitoimittajilta saatuihin arvoihin että omiin hyviksi havaittuihin käytäntöihin. Tarve ohjearvojen päivytykselle ja niiden yhtenäistämiseksi on ollut olemassa jo pidemmän aikaa, kun kattilapaine on uusilla kattiloilla noussut, tehoja on laitoilla nostettu, uusia kemikaaleja on otettu käyttöön ja vesikemian seurantaa on vähennetty.

Teollisuuden Vesi Oy:ltä tilatussa ohjearvoesityksessä tuodaan esille nykytilanne vesi- ja höyrykierron ohjearvoista ja sovelletaan niitä soodakattilaympäristöön painealueelle 6,0...16,0 MPa:n. Vertailupohjana on käytetty sekä VGB:n, EPRI:n että Värmeforskin julkaisemia ohjearvosuosituksia.

Yksi keskeinen osa ohjearvoesitystä on vesi- ja höyrykierron kontrollin ja valvonnan lisääminen tilanteissa, joissa kierrolle tunnusomaista on suuret orgaanisen aineen pitoisuudet, mahdolliset vuodot lauhteisiin ja lisäveden suuri määrä.

Toinen keskeinen osa on vesi- ja höyrykierron laadun valvonnan ohjeistaminen. Se painottuu jatkuvatoimisten mittalaitteiden mahdollisimman kattavaan ja luotettavaan käyttöön yhdistettynä käsin tehtäviin laboratoriomäärityksiin. Tavoitteena on ollut hakea mittauksille riittävä vähimmäistaso painottaen tehtävien mittausten laatua ja tarkoituksenmukaisuutta määrän sijaan.

Varsinaisten ohjearvojen ja valvontaohjeiden ohella esityksessä tuodaan esille arvioida, mitä etuja/hyötyjä paremmalla veden laadulla sekä kattilalle että turbiinille on hyötysuhteen, korroosion tai kerrostumien kannalta. Lisäksi esityksessä on taulukoitu mahdollisia syitä ohjearvojen alitukseen tai ylitykseen, tuotu esille poikkeamien vakaavuutta sekä kerrottu tarkistus- ja toimintaohjeita poikkeamatilanteisiin. Lauhteiden laatua, lauhteenpuhdistuksen tasoa, soveltuvuutta ja tarpeellisuutta on käsitelty omana kokonaisuutenaan. Ohjearvoesityksessä ei ole otettu kantaa siihen, miten lisävesi käsitellään haluttuun tasoon. On lähdetty siitä, että kaikesta raakavedestä voidaan puhdistaa vaatimusten mukaista vettä, mutta sekä tekniikat että kustannukset veden valmistuksessa voivat muuttua.

Linkki vesikemian ohjearvo raporttiin, julkaistu 9.12.2011:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/SKYREC/Vesikemian%20ohjearvot_fin_al.pdf

4 LIPEÄTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011

4.1 Työryhmän toiminta

Lipeätyöryhmän puheenjohtajana on toiminut Toni Orava, UPM-Kymmene Oy, Kymi. Työryhmän kokoonpano toimintavuonna 2011 on esitetty liitteessä II.

Lipeätyöryhmä kokoontui vuoden aikana kaksi kertaa.

4.2 Työryhmän tehtäväalueen projektitoiminta

Lipeätyöryhmän tehtäväalueella päättyi vuoden 2011 aikana yksi projekti:

- Mustalipeän viskositeetit, VTT

Lisäksi työryhmä on valvonut seuraavien Soodakattilan sähköenergiatehokkuuden nostaminen uudelle tasolle (SKYREC) – projektien edistymistä:

- Dew point measurements, ÅA
- Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet, LUT

4.2.1 Mustalipeän viskositeetti, VTT

90-luvulla tehtiin laaja selvitys mustalipeistä (LIEKKI 2-ohjelmassa) ja tässä työssä selvitettiin onko jokin muuttunut 15 vuodessa viskositeetin suhteen. Näytteitä analysoitiin 11 kpl Suomesta ja 4 kpl ulkomailta.

Tuloksista havaittiin että viskositeeteissa on suuria eroja. Havaittiin myös että 1990-luvun tulokset sijoittuvat melko hyvin tässä työssä tehdyille viskositeetikäyrästä. On kuitenkin huomattava, että tuolloin 1990-luvulla mittauslämpötila oli 110 °C ja tällä kerralla 135 °C. Tasoero viskositeetitulosten kohdalla johtuu siitä, että mittauksiin käytetty laitteisto vaihtui vuonna 2008. Vanhojen ja uusien tulosten välille ei ole löydetty mitään selkeää korrelaatiokerrointa.

Raportti on kommentoitavana yhdistyksen internetsivuilla.

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/kommentoitavaportit.html>

4.2.2 SKYREC: Dew point measurements, ÅA

Åbo Akademista tilatun työn tarkoituksena oli löytää soodakattilan savukaasun matalin taloudellinen loppulämpötila. Tämä on tullut tärkeäksi viime vuosina, kun sähkösuojituksen jälkeen on kytketty savukaasun jäähdyttimet soodakattilan rakennusasteen nostamiseksi. Käytetyt materiaalit jäähdytysprosessin jälkeen ovat olleet hiiliterästä.

Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka hyvin soodakattilan savukaasujen happokastepiste osataan määrittää, aiheutuuko todellista korroosiota hiiliteräksellä, kun olemme lähellä kyseistä pistettä. Työn kokeellisessa osuudessa tehtiin happokastepistemittaukset sekä korroosiomittaukset kahdella soodakattilalla.

Soodakattila A:n mittauksissa löydettiin kohonnut vesikastepiste. Tämän aiheutti korkea savukaasujen lentotuhkan pitoisuus ja Na₂SO₄ ominaisuudet (hydroskooppinen). Mitattu konsentraatio oli SO₂ oli 1200-1600 ppmv ennen pesuria ja H₂SO₄-pitoisuus 1-4 ppmv. Huomattavaa korroosiota havaittiin 80°C lämpötilassa.

Soodakattila B:n kastepisteeksi mitattiin 62-64 °C joka vastaa vesikastepistettä. SO₂ tai H₂SO₄ olivat alle detektorin koko mittauksen ajan. Mittauksen perusteella kor-

roosio alkoi 65 °C alapuolella, toisin sanoen vesikastepisteen alapuolella.

Raportti on kommentoitavana yhdistyksen internetsivuilla.

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/kommentoitavaportit.html>

4.2.3 **SKYREC: Sellutehtaan optimaaliset painetasot**

Eräs keino tehtaan sähköntuotannon lisäämiseksi on höyrynpainetasojen alentaminen tehtaiden tuotantoprosesseissa. Tällöin höyry voidaan paisuttaa turbiinissa matalampaan paineeseen ja lisätä näin sähkön tuotantoa. Alhaisemmat höyrynpaineet kuitenkin lisäävät tehtaan investointikustannuksia putkistojen ja lämmönsiirtopintojen kokojen kasvaessa.

Lappeenrannan Teknillisessä Yliopistossa tehdyssä diplomityössä määriteltiin tyypillisille, Suomeen sopiville, sellutehdastyypeille optimaaliset matalapainehöyrynpaineet sekä tutkittiin höyrytasojen paineiden alentamisen vaikutusta tehtaan energiantuotantoon. Työssä tarkasteltiin välipainehöyryn ja nuohoushöyrynpaineiden alentamisen vaikutusta sellutehtaan sähköntuotantoon. Lisäksi työssä tutkittiin sähkön tuotannon lisäämismahdollisuuksia korvaamalla joissakin tuotantoprosesseissa matala- tai välipainehöyry matalampipaineisella höyryllä ja rakentamalla turbiinilta oma höyrylinja prosessille.

Laskennan tulosten perusteella sekä matala että välipainetasot kannattaa valita laitteiston mukaan alhaisimmiksi mahdollisiksi. Haihduttamo ja keitin ovat suurimmat välipainehöyryn kuluttajat. Välipainetaso voidaan valita jopa keittimen ja haihduttamon vaatimaa painetasoa alhaisemmiksi, mikäli paineen nostamiseksi kyseisille prosesseille voidaan käyttää höyryejektoria.

Laskentatulosten mukaan matalapainetason alentaminen on kannattavaa tehdä vanhoilla tehtailla vain tehdastyypeillä, joissa käytetään kuorikattilaa, mutta ei hienopaperikonetta. Mikäli kuitenkin paineen alentaminen voidaan tehdä ilman kuivauskoneen uuden puristinosan investointia, on se kannattavaa myös muilla tehdastyypeillä. Tehtaan sähköntuotannon lisääminen on kannattavaa myös rakennettaessa turbiinilta oma matalapainelinjasto alhaisemmalla paineella haihduttamolle. Lisäämällä myös kuivauskone tähän painelinjastoon saadaan aikaan vain vähäinen taloudellinen hyöty.

Laskentatulosten mukaan höyrynpaineen alentaminen ja oman höyrylinjaston rakentaminen syöttöveden esilämmittimelle ei ole kannattavaa painetason muutoksesta aiheutuvien esilämmittimen investointikustannuksien suuruudesta johtuen. Painetason muuttaminen syöttöveden esilämmittimellä voi kuitenkin olla kannattava esilämmittimen uusimisen yhteydessä.

Työssä tehdyn, suuntaa antavan herkkyystarkastelun mukaan matalapaineen alentamisella aikaansaatu sähkön myyntitulojen kasvu perinteisellä tehdasintegraatilla, jossa on kuorikattila ja hienopaperitehdas, on voimakkaampi kun sähkön markkinahinta on korkea.

Linkki raporttiin:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/SKYREC/Sellutehtaiden_hoyrytasojen_optimaaliset_paineet.pdf

5 YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011

5.1 Työryhmän toiminta

Ympäristötyöryhmän puheenjohtajana on toiminut Harri Jussila UPM-Kymmene Oyj:sta. Työryhmän kokoonpano toimintavuonna 2011 on esitetty liitteessä II.

Ympäristötyöryhmä kokoontui vuoden aikana kaksi kertaa.

5.2 Työryhmän tehtäväalueen projektitoiminta

Ympäristötyöryhmän tehtäväalueella oli vuoden 2011 aikana käynnissä kuusi projektia:

- Ammonia (NH₃) formation and recovery in a kraft pulp mill, ÅA
- Päästötason riippuvuus aikajaksosta, LUT
- Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE), Itä-Suomen yliopisto
- Päästölaskentapäivä
- Hajukaasusuosituksen päivitys
- BAT/BREF-dokumentin kommentointi

NH₃-projekti toteutetaan yhteistyössä Metsäteollisuus ry:n ympäristötutkimustoimikunnan kanssa. Puolet projektien kustannuksista maksaa Metsäteollisuus ry.

5.2.1 Ammonia formation and recovery in a kraft pulp mill, ÅA

Projekti selvittää sellutehtaan ammoniakki/typpipäästöjä. Osa tehtaista kerää ammoniakkipitoisia hajukaasuja hävitettäväksi soodakattilassa ja/tai polttaa biolietettä, hajukaasujen/biolietteen mukana kattilaan tulee typpeä, joka mahdollisesti nostaa soodakattilan typenoksidipäästöjä. Ruotsin soodakattilayhdistyksen Skoghallin kattilalla tekemien mittauksien mukaan NO_x-päästöt putosivat kun liuottajan hönkäkaasut käännettiin piippuun soodakattilan sijasta.

Tulosten perusteella bioliete ei näytä kasvattavan soodakattilan NO_x-päästöjä, mutta johtaa suurempaan syanaatin muodostumiseen ja tätä kautta suurempaan ammoniakin muodostumiseen. Suurempi ammoniakkipitoisuus havaittiin erillisellä hajukaasukattilalla, jonka NO_x-päästö kasvoi 21% verrattuna tilanteeseen ilman biolietteen syöttöä.

Raportti on kommentoitavana yhdistyksen internetsivuilla.

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/kommentoitavaportit.html>

5.2.2 Päästötason riippuvuus aikajaksosta, LUT

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella ilmapäästöjä Suomen soodakattiloista. Soodakattila on suurin ilmapäästöjen lähde sellutehtaalla. Tässä tutkimuksessa käytetyt tiedot ovat useiden sellutehtaitten (Kymi, Joutseno ja Imatra). Tutkittujen sellutehtaitten päästötiedot olivat kaikki vähintään kalenterivuoden tuntikeskiarvoja.

Tarkoitus oli: analysoida kerättyjä tietoja; käyttäen erilaisia analyysiajan näkemyksiä; tutkia päästöjä kuormituksen ja muiden soodakattilan toiminta-arvojen avulla, tutki- maan onko suurin raja-arvopitoisuus (ppm) yhtä suuri kuin maksimi-päästö painotet- tuna virtauksella aikayksikköä kohden ja tutkia epävakauksien käyttäytymistä ja pääs- töjä.

On havaittu, että käytetty ajan näkökulma on erittäin tärkeää. On yleistä nähdä mittauksissa päästöjen joitakin sääntöjenvastaisuuksia, kuten lyhyen aikavälin huippuja ilman näkyvää syytä. Usein nämä huiput voidaan havaita vain paikallisesti. Enimmäkseen sellutehtaan päästömääräykset perustuvat vuosi- tai kuukausikeskiarvoihin tunnin mittaustuloksien sijaan.

Soodakattila toimii normaalisti suurella kuormituksella lähellä huippukuormaa, mutta joskus kuormaa on vähennettävä, koska tuotannossa on ongelmia. Soodakattiloita on suljettu ja käynnistetty uudelleen, usein monta kertaa kalenterivuoden aikana.

Lisäksi tutkittiin, oli liikaa vaihtelua joissain päästötiedoissa ilman selvää selitystä. Nämä ilmiöt voisivat johtua eri tekijöistä, kuten ongelmista mittauslaitteista. Mutta on olemassa myös mahdollisuus, että ne syntyvät muista tekijöistä.

Raportti on kommentoitavana yhdistyksen internetsivuilla.

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/kommentoitavatraportit.html>

5.2.3 Polttoperäisten päästöjen ja nano-hiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE), TEKES

Projektissa tutkitaan soodakattilan, meesauunin, hakevoimalaitoksen, pienpolton (tulisija ja arinakattila) päästöjä ja jälkikäsittelytekniikoiden vaikutusta dieselajoneuvon päästöihin sekä päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia. Lisäksi tutkitaan teollisten nanohiukkasten vastaavia ominaisuuksia. Soodakattilamittaukset tehdään vuonna 2012.

5.2.4 Päästömittauspäivä, SKY/Metsäteollisuus ry

Päästöjen mittaamiseen ja laskentaan tehtailla liittyy monenlaisia haasteita ja ongelmia. Seminaaripäivän tarkoituksena on kerätä yhteen päästömittausten ja -laskennan parissa työskenteleviä henkilöitä jakamaan kokemuksiaan ja kuuntelemaan asiantuntijaluentoja aiheesta.

Seminaari järjestettiin 16.3.2011 Otaniemessä Aalto-yliopiston tiloissa, tilaisuuteen osallistui 75 henkilöä.

Päästömittauspäivän materiaali on ladattavissa yhdistyksen sivuilta:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/2011/16A0913-E0123_rap3_paastomittauspaiva2011.pdf

5.2.5 Hajukaasusuosituksen päivitys, SKY

Projektin tarkoituksena on päivittää hajukaasujen polttosuositus ajanmukaiseksi ja laajentaa suositus koskemaan myös hajukaasujen keräilyä. Moni viime vuosina tapahtunut hajukaasuräjähdyks on saanut alkunsa keräilystä. Päivitystä varten on perustettu oma työryhmä, työn on tarkoitus valmistua vuoden 2012 aikana.

5.2.6 BAT/BREF-dokumenttiluonnoksen kommentointi

Yhdistys on julkaisut lausunnon sellutehtaan NO_x-päästöihin vaikuttavista tekijöistä:

[http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/NO_x emissions from recovery boilers_FinRecBoiCom_20101222.pdf](http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/NOx_emissions_from_recovery_boilers_FinRecBoiCom_20101222.pdf)

6 AUTOMAATIOTYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011

6.1 Työryhmän toiminta

Automaatiotyöryhmän puheenjohtajana on toiminut Olli Ahava, UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari. Työryhmän kokoonpano toimintavuonna 2011 on esitetty liitteessä II.

Automaatiotyöryhmä kokoontui vuoden aikana kolme kertaa.

6.2 Työryhmän tehtäväalueen projektitoiminta

Automaatiotyöryhmän tehtäväalueella päättyi vuonna 2011 yksi projekti:

- Määräaikaistestaukset soodakattiloilla, Pöyry/BMS

Vuonna 2011 automaatiotyöryhmän käynnisti ja jatkoi yhteensä kaksi projektia:

- Turva-automaatiosuosituksen käännös, Pöyry/FM Global
- UPS-järjestelmän vikapuuanalyysi

6.2.1 Turva-automaatiosuosituksen käännös

Käännöksen on tehnyt FMGlobal, joka saa vastineeksi suosituksen käyttöönsä. Käännöstyötä on läpikäyty Automaatiotyöryhmässä. Julkaisu vuoden 2012 aikana.

6.2.2 Määräaikaistestaukset soodakattiloilla, Pöyry/BMS

Projektin päällimmäisenä tavoitteena oli selvittää, miten suomalaisilla soodakattiloilla ja samalla myös muilla tehdaslaitoksissa määräaikaistestaustyötä olisi mahdollista keventää pidentämällä määräaikaistestausvälejä ja selkeyttämällä kenttälaitteiden testustapoja. Projektin toteutti sitä varten perustettu työryhmä.

Selvityksessä on esitetty menettelytapa, jossa turvapiirien testaukset toteutetaan jo osittain vakiintuneella tavalla eli jakamalla suoja osajärjestelmiin ja testaamalla osajärjestelmät sopivien aikavälien mukaisesti.

Linkki julkaistuun raporttiin:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/2011/E0126_rap_SKY_TAJ%20määräikaistestaus.pdf

6.2.3 Ohje UPS-järjestelmän periaatteeksi, Pöyry

Projektin taustalla on Gruvön tehtaalla Ruotsissa sattunut UPS-vika, jossa yhden komponentin hajoaminen UPS-sisällä aiheutti 30 minuutin ”black outin” tehtaalla.

Tavoite on laatia ohje miten UPS-järjestelmä tulisi tehdä, että vastaavaa tilannetta ei tapahdu Suomessa. Projektia varten perustettu työryhmä on tehnyt luotettavuusvertailun vikapuuanalyysin avulla neljästä eri UPS-kytkentävaihtoehdosta. Projekti jatkuu vuonna 2012.

7 OHJELMATYÖRYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS 2011

7.1 Työryhmän toiminta

Työryhmän puheenjohtajana on toiminut Jorma Torniainen (VTT Expert Services Oy). Ohjelmatyöryhmän kokoonpano toimintavuonna 2011 on esitetty liitteessä II.

Ohjelmatyöryhmä piti vuonna 2011 kaksi kokousta.

7.2 Yhdistyksen toimintaan liittyvät kokoukset ja seminaarit vuonna 2011

Yhdistyksen kokoukset ja seminaarit järjestettiin seuraavina ajankohtina:

- Konemestaripäivät 2. – 3.2.2011
- Vuosikokous 14.4.2011
- Soodakattilapäivä 19.10.2011
- SKYREC-seminaari 20.10.2011

7.2.1 Konemestaripäivät 2011

Konemestaripäivät järjestettiin 2. – 3.2.2011 Lappeenrannassa, Scandic Patriassa. Päivien tehdasisäntänä toimi Stora Enso Oy, Imatran tehdas. Konemestaripäiville osallistui 68 henkilöä.

Päivän aikana kuultiin seuraavat esitykset:

- Tilaisuuden avaus
Kaj Nordbäck, Suomen Soodakattilayhdistys ry:n puheenjohtaja
- Tehdasesittely / SK6 automaation uusinta tilaajan näkökulmasta
Tapani Hirvonen, Stora Enso Oy, Imatran tehtaas
- SK6 automaation uusinta laitetoimittajan näkökulmasta
Jukka Puhakka, Metso Automation Oy
- Tehokas kloorinpoisto
Risto Honkanen, Andritz Oy
- Painelaiteturvallisuus ja käytönvalvojan vastuu
Jorma Partanen, TUKES
- Kehittyneet NDT-testausmenetelmät kattiloiden tarkastuksiin
Jouni Koivumäki, Inspecta Oy

7.2.2 Vuosikokous 2011

Suomen Soodakattilayhdistyksen vuosikokous järjestettiin 14.4.2011 VTT Expert Servicein tiloissa. Vuosikokous järjestettiin siten että illallistilaisuus pidettiin vuosikokousta edeltävänä iltana. Vuosikokoukseen osallistui 21 henkilöä.

Vuosikokouksen lisäksi ohjelmaan kuului kaksi luentoa:

- Soodakattilan vikaantumiset ja niiden kustannusvaikutukset
Tatu Pekkarinen, YIT Teollisuus Oy
- VTT:n metsäteollisuustutkimus
Klaus Niemelä, VTT

7.2.3 Soodakattilapäivä 2011

Soodakattilapäivä järjestettiin Sokos Hotel Presidentissä Helsingissä 19.10.2011. Cocktailtilaisuuden tarjosi Metso Power Oy. Yhdistyksen opinnäytetyöpalkinto jaettiin kolmannen kerran, palkinnon voitti Aino Leppänen Tampereen Teknillisestä Yliopistosta aiheenaan: Modelling of Fine Particles and Alkali Metal Compounds in Kraft Recovery Boiler Furnace. Tilaisuus oli ulkopuolisille avoin ja siihen osallistui 99 henkilöä.

Päivän aikana kuultiin seuraavat esitykset:

- Tilaisuuden avaus
Kaj Nordbäck, Soodakattilayhdistyksen puheenjohtaja
- Sellun valmistuksen trendit (liukosellu, esihydrolyysi yms.)
Markku Pekkanen, Pöyry Finland Oy
- Fuels from the Forest, Deploying the Chemrec technology – An update
Patrik Löwnertz, Chemrec
- Teollisuuspäästödirektiivi (IED)
Anneli Karjalainen, Ympäristöministeriö
- Mustalipeän karakterisoinnin karikot
Jorma Torniainen, VTT Expert Services Oy
- Tämän päivän materiaalivalinnat soodakattiloissa
Johanna Tuiremo, Metso Power Oy
- Soodakattilan NO_x-päästöjen ennustaminen uusien kenttämittausten ja teoreettisten pohdintojen valossa
Paterson McKeough/Jukka Savolainen, Andritz Oy
- Removal of TOC/NOM by Ion Exchange
Jean Moriau, Lanxess N.V.
- SKYREC - yhteenveto
Esa Vakkilainen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto
- Soodakattilayhdistyksen opinnäytetyöpalkinnon esittely: Modelling of Fine Particles and Alkali Metal Compounds in Kraft Recovery Boiler Furnace
Aino Leppänen, Tampereen Teknillinen yliopisto
- Suomen ja Pohjois-Amerikan soodakattilayhdistyksien kuulumiset
Markus Nieminen, Suomen Soodakattilayhdistys ry
- Annual Report from the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee
Urban Andersson, Sodahuskommittén

7.2.4 SKYREC-seminaari

SKYREC-seminaari järjestettiin Sokos Hotel Presidentissä Helsingissä 20.10.2011. Tilaisuuteen osallistui 46 henkilöä.

Päivän aikana kuultiin seuraavat esitykset:

- Welcoming words
Matti Tikka, UPM-Kymmene Oyj
- Project summary
Esa Vakkilainen, Lappeenranta University of Technology
- Co-combustion of mixed fuels
Niklas Vähä-Savo, Åbo Akademi
- Dew point measurements
Emil Vainio, Åbo Akademi



- Improving heat recovery in biomass-fired boilers - project presentation
Doug Singbeil, FPInnovations
- Field tests of superheater materials
Matti Mäkipää/Markku Orjala, VTT
- Corrosion tests of superheater materials in reducing conditions
Dorota Bankiewicz, Åbo Akademi
- Field tests of furnace materials
Timo Karjunen, Boildec Oy / Pekka Pohjanne, VTT
- Ceramics in furnace
Riku Mattila, Oulu University
- TOC removal methods and water quality recommendation
Maija Vidqvist, Teollisuuden Vesi Oy
- Activated carbon and UV-treatment in TOC removal- field tests
Tero Luukkonen, JP-Analysis

7.2.5

Yhdistyksen viirihenkilöt

Numero	Nimi	Myönnetty
1	Keijo Imeläinen	03.10.1994
2	Osmo Niemitalo	10.10.1996
3	Paavo Hyöty	10.10.1996
4	Vesa Mikkola	24.02.1997
5	Liva Söderhjelm	09.02.1999
6	Pekka Heikkinen	14.07.1999
7	Raimo Paju	28.03.2001
8	Heikki Keskinen	21.03.2002
9	Olavi Aaltonen	16.10.2003
10	Hannu Kytö	16.10.2003
11	Håkan Sjö	20.10.2005
12	Lars-Martin Wikström	20.10.2005
13	Reijo Kiuru	02.11.2006
14	Lasse Koivisto	03.06.2009
15	Jorma Viinikainen	03.06.2009
16	Mauri Loukiala	29.10.2009
17	Kalle Salmi	11.02.2010
18	Reijo Hukkanen	11.02.2010

8

**SOODAKATTILAN SÄHKÖENERGIATEHOKKUUDEN NOSTAMINEN
UUELLE TASOLLE (SKYREC) JOHTORYHMÄN TOIMINTAKERTOMUS
2011**

Vuonna 2008 käynnistettiin kolmivuotinen Tekesin tukema kehityshanke, jonka tavoitteena on nostaa soodakattilan sähköenergiatehokkuus nykyistä korkeammalle tasolle. Vuonna 2009 projektille haettiin ja saatiin jatkoaikaa, osaprojektien viivästyttyä tehtaiden tuotannonrajoitusten takia, vuoteen 2011 kesäkuuhun asti. Tekesin osalta projekti päättyi kesäkuussa 2011 ja loppuraportti lähetettiin Tekesiin marraskuussa 2011. Projekti kuitenkin jatkuu Sumitomolta saadun rahoituksen turvin vielä vuonna 2012. Projektia johtaa johtoryhmä, johon kuuluvat rahoittajien edustajat. Johtoryhmän puheenjohtaja toimii Matti Tikka UPM Kymmene Oyj Kymin tehtaalta. Johtoryhmän kokoonpano on esitetty liitteessä II.

Johtoryhmä piti vuonna 2011 kolme kokousta.

Projektin keskeinen tavoite on kehittää sellaisia soodakattilan sähköenergiatehokkuuden nostamisen kannalta oleellisia seikkoja, joita ei aiemmin ole selvitetty. Projektissa keskitytään etsimään materiaali- ja rakenneteknisiä ratkaisuja soodakattilan sähköenergiatehokkuuden nostamiseksi nykyisestä tasostaan ja pääpaino on kenttäkokeiden kautta saatavien käytännön tulosten hyödyntämisessä soodakattiloiden sähköenergiatehokkuuden nostamiseksi ja soodakattiloista saatavan sähköntuotannon maksimoimiseksi.

Kattilalaitoksissa käytettävien paineiden ja lämpötilojen noustessa joudutaan käyttävää vesikemiaa kehittämään korroosion hallitsemiseksi, koska lauhteenpalautus ei ole teollisuudessa vastaavalla tasolla kuin voimalaitoksissa. Tavoitteena on hankkia lisätietoa käytössä olevien vesikemikaalien ominaisuuksista ja käyttäytymisestä korotetuissa lämpötiloissa ja -paineissa, sekä selvittää läpivirtaustekniikan soveltamista soodakattilaympäristöön.

Vuonna 2011 päättyi kuusi osaprojektia:

- Co-firing of black liquor and biomass – laboratory combustion tests, PART 2, ÅA
- Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet, LUT
- Tulistinputkimateriaalien kenttätutkimus, VTT
- Keraamiset ja metalliset rakennemateriaalit uusissa soodakattiloissa, OY
- Aktiivihiilisuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen lisäveden TOC-tason alentamisessa, Cewic
- Vesisuositus, Teollisuuden Vesi Oy

Vuonna 2011 oli käynnissä/käynnistettiin neljä osaprojektia:

- Tulistinputkimateriaalien korroosiokokeet laboratoriossa, osa 2, ÅA
- Tulipesämateriaalien kenttätutkimus, Boildec Oy
- Tulipesän sondikokeiden analysointi ja korroosionopeuksien määrittäminen, VTT
- Dew point measurements, ÅA

9 TOIMINNAN RAHOITUS 2011

Suomen Soodakattilayhdistyksen toiminnan rahoitus järjestettiin vuonna 2011 jäsenmaksuin. Jäsenmaksuina kerättiin kahdessa erässä yhteensä 175 300,11 euroa. Jäsenmaksut on esitetty liitteessä V.

Jäsenmaksujen suuruuden määräävä suhdeluku lasketaan soodakattilakäytössä normaalisti olevien kattiloiden suurimman jatkuvan höyrytehon avulla. Höyryteho on mitoituksen mukaan maksimi jatkuva höyryteho. Suhdeluku määritetään korottamalla höyryteho toiseen potenssiin ja ottamalla tästä kuutiojuuri. Tehtailta yhteensä kerättävät jäsenmaksut kerrotaan kyseisen tehtaan suhdeluvun ja kaikkien tehtaiden suhdelukujen summan osamäärällä, josta saadaan kyseisen tehtaan jäsenmaksun suuruus.

Muiden jäsenten kuin soodakattilan käyttäjien jäsenmaksuosuudet määritetään hyötyperiaatteella.

SKYREC-projektin rahoitus koostuu yritysten osallistumismaksuista (455 000 eur) ja Tekes-rahoituksesta (350 000). Tekes-avustusta saatiin projektille vuonna 2011 yhteensä 96 789,00 euroa. Edellisinä vuosina kerätyistä SKYREC-osallistumismaksuista vapautettiin 99 000 euroa vuodelle 2011. SKYREC-hankkeen osallistumismaksut on esitetty liitteessä VI. Sumitomolla on suurempi osallistumismaksu koska he saavat käyttöönsä edellisen projektin (SoTu II) aineiston.

Suomen Soodakattilayhdistyksen tilikauden 1.1 - 31.12.2011 tulos oli 682,75 euroa alijäämäinen. Oma pääoma 31.12.2011 oli 32 825,93 euroa.

Tilinpäätöksessä sivulla 25 on Suomen Soodakattilayhdistyksen toimintasäännön mukaan määrättyjen tilintarkastajien kertomus tilikauden 1.1- 31.12.2011 tilintarkastuksesta.

TULOSLASKELMA	01.01. 2011 -31.12.2011		01.01.2010- 31.12.2010	
Varsinainen toiminta				
Tuotot	64 405,00		67 148,71	
Kulut	76 568,22		87 472,35	
Tuotto / kulujäämä		-12 163,22		-20 323,64
Varainhankinta				
Tuotot	175 300,00		206 499,99	
Kulut	262 810,38		244 353,55	
Tuotto / kulujäämä		-87 510,38		-37 853,56
Sijoitus- ja rahoitustoiminta				
Tuotot	2 206,87		2 753,77	
Kulut	5,02		11,24	
Tuotto/kulujäämä		2 201,85		2 742,53
Avustukset				
Avustukset		96 789,00		55 414,00
Tilikauden tulos		-682,75		-20,67
Tilikauden ylijäämä/alijäämä		-682,75		-20,67

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS

T A S E

V A S T A A V A A	31.12.2011	31.12.2010
VAIHTUVAT VASTAAVAT		
Lyhytaikaiset saamiset		
Muut saamiset	18 191,81	56 031,64
	-----	-----
Lyhytaikaiset saamiset yhteensä	18 191,81	56 031,64
Rahat ja pankkisaamiset	180 310,49	262 319,61
	-----	-----
VAIHTUVAT VASTAAVAT YHTEENSÄ	198 502,30	318 351,25
V A S T A A V A A Y H T E E N S Ä	198 502,30	318 351,25
	=====	=====
 V A S T A T T A V A A		
OMA PÄÄOMA		
Käyttörahasa	6 246,25	8 246,25
Edellisten tilikausien voitto (tappio)	27 262,43	27 283,10
Tilikauden voitto (tappio)	-682,75	-20,67
	-----	-----
OMA PÄÄOMA YHTEENSÄ	32 825,93	35 508,68
VIERAS PÄÄOMA		
Lyhytaikainen		
Ostovelat	65 370,27	80 740,51
Muut velat	100 306,10	202 102,06
	-----	-----
Lyhytaikaiset velat yhteensä	165 676,37	282 842,57
	-----	-----
VIERAS PÄÄOMA YHTEENSÄ	165 676,37	282 842,57
V A S T A T T A V A A Y H T E E N S Ä	198 502,30	318 351,25
	=====	=====

LIITETIEDOT
TILINPÄÄTÖS 31.12.2011

OMAN PÄÄOMAN MUUTOKSET

	2011	2010
Käyttörahaasto	6 246,25	8 246,25
Edell. tilikausien tulos	27 262,43	27 283,10
Tilikauden tulos	- 682,75	- 20,67
Oma pääoma yhteensä	32 825,93	35 508,68

KIRJANPITOKIRJAT

PÄIVÄKIRJA	ATK-tulosteena
PÄÄKIRJA	ATK-tulosteena
TASEKIRJA	Erikseen sidottuna
TASE-ERITTELYT	Erikseen sidottuna

TOSITELAJIT JA SÄILYTTAMISTAPA

Pankkitositteet	Paperitositteina
Ostotositteet	Paperitositteina
Myyntitositteet	Paperitositteina
Muistitositteet	Paperitositteina

TILINPÄÄTÖKSEN ALLEKIRJOITUS:

Vantaa, päivänä kuuta 2012

Hallitus:








TILINTARKASTUSMERKINTÄ:

Suoritetusta tilintarkastuksesta on tänään annettu kertomus.

Heikkinen 16.3.2012
 Järvelä & Hakkio Oy

 Reijo Hakkio, KHT


 Hannu Hakkio, KHT

Tilintarkastuskertomus

Suomen Soodakattilayhdistys ry:n jäsenille

Olemme tilintarkastaneet Suomen Soodakattilayhdistys ry:n kirjanpidon, tilinpäätöksen, toimintakertomuksen ja hallinnon tilikaudelta 1.1.–31.12.2011. Tilinpäätös sisältää taseen, tuloslaskelman ja liitetiedot.

Hallituksen vastuu

Hallitus vastaa tilinpäätöksen ja toimintakertomuksen laatimisesta ja siitä, että ne antavat oikeat ja riittävät tiedot Suomessa voimassa olevien tilinpäätöksen ja toimintakertomuksen laatimista koskevien säännösten mukaisesti. Hallituksen on huolehdittava siitä, että yhdistyksen kirjanpito on lainmukainen ja varainhoito on luotettavalla tavalla järjestetty.

Tilintarkastajan velvollisuudet

Velvollisuutenamme on antaa suorittamamme tilintarkastuksen perusteella lausunto tilinpäätöksestä ja toimintakertomuksesta. Tilintarkastuslaki edellyttää, että noudatamme ammattieettisiä periaatteita. Olemme suorittaneet tilintarkastuksen Suomessa noudatettavan hyvän tilintarkastustavan mukaisesti. Hyvä tilintarkastustapa edellyttää, että suunnittelemme ja suoritamme tilintarkastuksen hankkiaksemme kohtuullisen varmuuden siitä, onko tilinpäätöksessä tai toimintakertomuksessa olennaista virheellisyttä, ja siitä, ovatko hallituksen jäsenet syyllistyneet tekoon tai laiminlyöntiin, josta saattaa seurata vahingonkorvausvelvollisuus yhdistystä kohtaan, taikka rikkoneet yhdistyslakia tai yhdistyksen sääntöjä.

Tilintarkastukseen kuuluu toimenpiteitä tilintarkastusevidenssin hankkimiseksi tilinpäätöksen ja toimintakertomukseen sisältyvistä luvuista ja niissä esitettävistä muista tiedoista. Toimenpiteiden valinta perustuu tilintarkastajan harkintaan, johon kuuluu väärinkäytöksestä tai virheestä johtuvan olennaisen virheellisuuden riskien arvioiminen. Näitä riskejä arvioidessaan tilintarkastaja ottaa huomioon sisäisen valvonnan, joka on yhdistyksessä merkityksellistä oikeat ja riittävät tiedot antavan tilinpäätöksen ja toimintakertomuksen laatimisen kannalta. Tilintarkastaja arvioi sisäistä valvontaa pystyäkseen suunnittelemaan olosuhteisiin nähden asianmukaiset tilintarkastustoimenpiteet mutta ei siinä tarkoituksessa, että hän antaisi lausunnon yhdistyksen sisäisen valvonnan tehokkuudesta. Tilintarkastukseen kuuluu myös sovellettujen tilinpäätöksen laatimisperiaatteiden asianmukaisuuden, toimivan johdon tekemien kirjanpidollisten arvioiden kohtuullisuuden sekä tilinpäätöksen ja toimintakertomuksen yleisen esittämistavan arvioiminen.

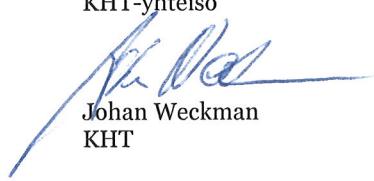
Käsityksemme mukaan olemme hankkineet lausuntonne perustaksi tarpeellisen määrän tarkoitukseen soveltuvaa tilintarkastusevidenssiä.

Lausunto

Lausuntonamme esitämme, että tilinpäätös ja toimintakertomus antavat Suomessa voimassa olevien tilinpäätöksen ja toimintakertomuksen laatimista koskevien säännösten mukaisesti oikeat ja riittävät tiedot yhdistyksen toiminnan tuloksesta ja taloudellisesta asemasta. Toimintakertomuksen ja tilinpäätöksen tiedot ovat ristiriidattomia.

Helsinki 16. maaliskuuta 2012

PricewaterhouseCoopers Oy
KHT-yhteisö


Johan Weckman
KHT


Hannu Holopainen
KHT

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
26.
TASE-ERITTELYT 2011
VASTAAVAA
LYHYTAIKAISET SAAMISET
18 191,81
MUUT SAAMISET
Jäsenmaksusaamiset
2 928,00

Stora Enso lasku 13/2010

2 928,00

Muut saamiset
664,20

Savcor Forest Oy lasku 133/2011

664,20

SIIRTOSAAMISET
14 599,61

Alv-saaminen

14 599,61

RAHAT JA PANKKISAAMISET
180 310,49

Nordea

180 310,49

VIERAS PÄÄOMA
LYHYTAIKAINEN
165 676,37
OSTOVELAT
65 370,27

Pöyry Finland Oy

5 072,51

Tominimi Birgitta Rasi-Dovalo

1 613,76

VTT Expert Services Oy

18 450,00

Itä-Suomen Yliopisto

3 334,00

Åbo Akademi

36 900,00

MUUT LYHYTAIKAISET VELAT
100 306,10

Jäsenistö

99 174,00

Maksettava Alv

1 132,10

Vantaa, 20.2.2012

 Laati; 

31.12.2011

15:37 170212 sivu 1

RM-PALVELU OY

TULOSLASKELMA

FinAnssi Kirjanpito V5.86

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS

	Toteutunut 1/11 12/11	Toteutunut 1/10 12/10

VARAINAINEN TOIMINTA		
TUOTOT		
3000 Seminaarituotot	64405.00	66690.00
3005 Kirja+laukkumyynti	0.00	458.71

TUOTOT	64405.00	67148.71
KULUT		
3010 Seminaarikulut	-37809.17	-60641.12
3011 Seminaarikulut	-14435.47	-4730.54
3012 Seminaarikulut	-438.80	-161.10
3013 Seminaarikulut	-1078.38	-681.77
3015 50-vuotisjuhlakulut	-3790.33	0.00

KULUT	-57552.15	-66214.53
MUUT VARSINAISEN TOIMINNAN KULUT		
3810 Pankin palvelumaksut	-145.62	-137.30
3820 Taloushallinto	-7970.89	-7963.74
3840 Hallituksen kulut	-24.39	0.00
3845 Hallituksen kulut	0.00	-20.00
3850 Vuosikokouskulut	-8186.69	-9450.38
3855 Vuosikokouskulut	-322.11	-170.83
3856 Vuosikokouskulut	0.00	-900.00
3857 Vuosikulut	-1523.00	0.00
3860 Apurahat	0.00	-2000.00
3865 Kotisivun päivitys	-843.37	0.00
3880 Muut kulut	0.00	-615.57

MUUT VARSINAISEN TOIMINNAN KULUT	-19016.07	-21257.82

VARAINAINEN TOIMINTA	-12163.22	-20323.64

TUOTTO- /KULUJÄÄMÄ	-12163.22	-20323.64
VARAINHANKINTA		
TUOTOT		
5000 Jäsenmaksut	175300.00	206499.99
KULUT/JATKUVALUONTEISET		
5510 Sihteeristö	-28011.41	-38940.20
5515 Sihteeristö	-370.34	0.00
5520 Hallitus	-6326.32	-7873.00
5525 Taloushallinto	0.00	-300.52
5530 Kestoisuustyöryhmä	-7437.87	-7611.31
5535 Lipeätyöryhmä	-2178.77	-6064.53
5540 Ympäristötyöryhmä	-2554.42	-5823.08
5545 Automaatiotyöryhmä	-4009.14	-5940.68
5550 Ohjelmatyöryhmä	-2786.43	-11386.27
5556 Ohjelmatyöryhmä	0.00	-49.26

KULUT/JATKUVALUONTEISET	-53674.70	-83988.85

RM-PALVELU OY
FinAnssi Kirjanpito V5.86

TULOSLASKELMA

15:37 170212 sivu 2
SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS

	Toteutunut 1/11 12/11	Toteutunut 1/10 12/10
KULUT/PROJEKTIT		
5700 Kestoisuustyöryhmä	0.00	-707.93
5710 Lipeätyöryhmä	-15000.00	0.00
5720 Ympäristötyöryhmä	-12140.58	-15000.00
5721 Ympäristötyöryhmä	-3334.00	0.00
5730 Automaatiotyöryhmä	-20768.46	-14938.55
5740 Ohjelmatyöryhmä	-2325.55	0.00
5770 Kotisivu	-887.55	-5929.69
5784 SKYREC	0.00	-15500.00
5785 SKYREC	0.00	95000.00
5786 SKYREC	-135737.54	-203288.53
5788 SKYREC	-18942.00	0.00
KULUT/PROJEKTIT	-209135.68	-160364.70
VARAINHANKINTA	-87510.38	-37853.56
TUOTTO-/KULUJÄÄMÄ	-99673.60	-58177.20
SIJOITUS- JA RAHOITUSTOIMINTA		
TUOTOT		
6010 Korkotuotot	2190.20	2723.42
6020 Yhteisökorko/maksettava t.saatu	16.67	30.35
TUOTOT	2206.87	2753.77
KULUT		
6508 Veronkorotus, veron lisäys	-5.02	-11.24
SIJOITUS- JA RAHOITUSTOIMINTA	2201.85	2742.53
AVUSTUKSET		
8000 Avustukset	96789.00	55414.00
KOKONAISTUOTTO-/KOKONAISKULUJÄÄMÄ	-682.75	-20.67
TILIKAUDEN YLIJÄÄMÄ (ALIJÄÄMÄ)	-682.75	-20.67

RM-PALVELU OY
FinAnssi Kirjanpito V5.86

TASE

15:35 170212 sivu 1
SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS

	Tase 12/11	Tase 12/10
VASTAAVAA		
VAIHTUVAT VASTAAVAT		
LYHYTAIKAiset SAAMiset		
MUUT SAAMiset		
1840 Jäsenmaksusaamiset	2928.00	40197.02
1860 Muut saamiset	664.20	5764.20
MUUT SAAMiset	3592.20	45961.22
SIIRTOSAAMiset		
1800 Siirtosaamiset	14599.61	10070.42
LYHYTAIKAiset SAAMiset	18191.81	56031.64
RAHAT JA PANKKISAAMiset		
1910 Nordea 158330-109709	180310.49	262319.61
VAIHTUVAT VASTAAVAT	198502.30	318351.25

RM-PALVELU OY
FinAnssi Kirjanpito V5.86

TASE

15:35 170212 sivu 2
SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS

	Tase 12/11	Tase 12/10

VASTATTAVAA		
OMA PÄÄOMA		
2030 Käyttörahassto	6246.25	8246.25
2070 Edell. tilikausien voitto (tappio)	27262.43	27283.10
2080 Tilikauden voitto/tappio	-682.75	-20.67

OMA PÄÄOMA	32825.93	35508.68
VIERAS PÄÄOMA		
LYHYTAIKAINEN		
OSTOVELAT		
2760 Ostovelat	65370.27	80740.51
MUUT LYHYTAIKAISET VELAT		
2990 Muut lyhytaikaiset velat	99174.00	198174.00
ALV-TILIT		
2953 Maksettava ALV	1132.10	3928.06

LYHYTAIKAINEN	165676.37	282842.57

VASTATTAVAA	198502.30	318351.25

LIITE I

Toimintasääntö



Suomen Soodakattilayhdistys

YHDISTYKSEN SÄÄNNÖT

1 §

Nimi ja kotipaikka

Yhdistyksen nimi on Suomen Soodakattilayhdistys ja kotipaikka Helsinki.

Kansainvälisissä yhteyksissä yhdistys voi käyttää epävirallisia nimityksiä Finska Södhushöföreningen tai Finnish Recovery Boiler Committee.

2 §

Yhdistyksen tarkoitus ja toiminta

Suomen Soodakattilayhdistyksen tarkoitus on edistää soodakattiloiden ja niihin läheisesti liittyvien prosessien turvallista, taloudellista ja ympäristöystävällistä käyttöä sekä kehitystä.

Yhteistoiminnan keskeinen osa on soodakattiloiden turvallisuutta, taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä edistävä toiminta. Yhdistyksen puitteissa kerätään tiedot soodakattiloissa tapahtuneista vaurioista ja vaaratilanteista sekä informoidaan jäseniä näistä saaduista kokemuksista.

Yhdistys järjestää ja seuraa soodakattila-alan kansainvälistä yhteistoimintaa. Yhdistyksen tehtävänä on mm. muiden maiden määräysten ja suositusten saattaminen jäsentensä käyttöön.

Yhdistys voi harjoittaa kirjallisuuspalvelua, julkaisutoimintaa sekä koulutusta edistääkseen päämääriään. Soodakattila-alan esitelmätilaisuuksien ja kokousten järjestäminen sekä osallistuminen tällaisiin ovat osa toimintaa.

Yhdistys voi harjoittaa tai tukea sellaisia tutkimuksia tai projekteja, jotka tähtäävät soodakattiloiden ja niihin läheisesti liittyvien prosessien käyttövarmuuden, taloudellisuuden ja ympäristöystävällisyyden parantamiseen.

3 §

Jäsenet

Suomen Soodakattilayhdistykseen voivat kuulua jäsenenä oikeuskelpoiset yhteisöt kuten soodakattilaa käyttävät tehtaات, soodakattiloiden valmistajat, vakuutusyhtiöt, tutkimuslaitokset sekä muut yritykset tai yhteisöt yhdistyksen kokouksen päätöksen perusteella.

Jäsentä edustaa yhdistyksessä jäsenen nimeämä yhdyshenkilö.

Yhdistyksen jäsenhakemus jätetään kirjallisena yhdistyksen hallitukselle. Yhdistyksen kokous tekee päätöksen jäsenyydestä.

Jäsenet sitoutuvat noudattamaan yhdistyksen sääntöjä ja suorittamaan niiden edellyttämät jäsenmaksut.

Jäsen ei ole jäsenyytensä aikana eikä yhdistyksestä erottuaan oikeutettu mihinkään osuuteen yhdistyksen omaisuudesta.

Jäsenen ero katsotaan tapahtuneeksi vuosi sen jälkeen, kun eroilmoitus on tehty. Eroava jäsen on velvollinen suorittamaan tänä aikana jäsenmaksunsa sekä muut velvoitteensa. Poikkeuksena edelliseen jäsenyys ja jäsenmaksuvelvollisuus yhdistyksessä lakkaavat heti, jos jäsen eroaa yhdistyksestä sen vuoksi, että jäsen on lopettanut ne laitokset tai toiminnot jotka ovat liittyneet yhdistyksen sääntöjen 2 §:ssä määriteltyyn tarkoitukseen ja toimintaan.

Yhdistykseen voi liittyä myös ulkojäseneksi. Ulkojäsenenä yhdistykseen voivat kuulua yliopistojen laitokset, korkeakoulujen laboratoriot ja muut riippumattomat ei-kaupalliset oikeuskelpoiset tutkimuslaitokset. Ulkojäsenellä ei ole yhdistyksessä äänioikeutta. Yhdistyksen ja ulko-jäsenen välille laaditaan erillinen sopimus siitä, mitä yhdistyksen julkaisemaa materiaalia ulkojäsenelle luovutetaan ja mihin tämä saa sitä käyttää.

Ulkojäsenen ero katsotaan tapahtuneeksi vuosi sen jälkeen, kun eroilmoitus on tehty. Eroava ulkojäsen on velvollinen suorittamaan tänä aikana jäsenmaksunsa sekä muut velvoitteensa.

4 §

Hallitus

Yhdistyksen toimeenpanevana elimenä on hallitus.

Hallituksessa on puheenjohtajan ja varapuheenjohtajan lisäksi vähintään kuusi (6) ja enintään kymmenen (10) jäsentä. Ellei vuosikokous päättä toisin, valitaan hallitukseen vähintään viisi (5) jäsenenä olevien massateollisuuden ehdokkaista ja kaksi (2) jäsenenä olevien soodakattilavalmistajien ehdokkaista.

Yhdistyksen vuosikokous valitsee hallituksen puheenjohtajan ja varapuheenjohtajan, joita kutsutaan myös yhdistyksen puheenjohtajaksi ja varapuheenjohtajaksi. Puheenjohtajan ja varapuheenjohtajan toimikauden pituus on kaksi vuotta ja heidät voidaan valita kerran uudelleen toiselle kaksivuotiskaudelle.

Hallituksen muut jäsenet valitaan yhdistyksen vuosikokouksessa. Vuosikokous valitsee hallituksen jäsenille henkilökohtaisen varajäsenen, joka edustaa hallituksen varsinaista jäsentä tämän ollessa estynyt osallistumaan hallituksen kokoukseen.

Hallitus valitsee itselleen sihteerin ja muut tarvittavat toimihenkilöt.

Hallitus laatii vuosittain yhdistyksen toimintaa varten toimintasuunnitelman ja vuosibudjetin samoin kuin yhdistyksen toiminnasta vuosikertomuksen. Nämä hyväksytään lopullisesti yhdistyksen vuosikokouksessa.

Hallitus voi nimittää työryhmiä tekemään selvityksiä ja tutkimuksia. Työryhmät vastaavat toiminnastaan hallitukselle.

Hallitus nimittää yhdistyksen sihteeristön ja valvoo sen toimintaa. Sihteeristön toimintaan kuuluvat yhdistyksen hallinnollisten asioiden hoitaminen sekä yhdistyksen kokouksen, hallituksen tai työryhmän toimeksi antamat tehtävät.

Hallitus kokoontuu puheenjohtajan tai hänen estyneenä ollessa varapuheenjohtajan tai sihteerin kutsusta. Hallitus on päätösvaltainen, kun vähintään puolet sen jäsenistä, puheenjohtaja tai varapuheenjohtaja mukaan luettuna ovat läsnä. Asiat ratkaistaan yksinkertaisella äänten enemmistöllä. Äänten mennessä tasan ratkaisee puheenjohtajan mielipide, vaaleissa kuitenkin arpa.

5 §

Yhdistyksen nimen kirjoittaminen

Yhdistyksen nimen kirjoittavat hallituksen puheenjohtaja tai varapuheenjohtaja. Lisäksi nimen voivat kirjoittaa hallituksen määräämät kaksi henkilöä yhdessä.

6 §

Tilit

Yhdistyksen tilikausi on kalenterivuosi.

Tilinpäätös tarvittavine asiakirjoinen ja hallituksen vuosikertomus on annettava tilintarkastajille viimeistään kolme viikkoa ennen vuosikokousta. Tilintarkastajien tulee antaa kirjallinen lausuntonsa hallitukselle viimeistään viikkoa ennen vuosikokousta.

Yhdistyksen toiminnan rahoitus tapahtuu osittain jäsenmaksuilla, joiden suuruuden määrittelee yhdistyksen vuosikokous. Sääntöjen 2§:n mukaista toimintaa rahoittaakseen yhdistys voi jäsenmaksujen lisäksi ottaa vastaan avustuksia ja lahjoituksia, periä järjestämistään esitelmä- ja koulutustilaisuuksista sekä kokouksista osallistumismaksuja.

Yhdistys voi periä palveluistaan maksun syntyneiden kustannusten mukaan.

7 §

Yhdistyksen kokousten koollekutsuminen

Yhdistyksen kokoukset kutsuu kokoon hallitus.

Kokouksesta ilmoitetaan kutsukirjeellä jäsenille kaksi viikkoa ennen kokousta.

8 §

Yhdistyksen kokoukset

Yhdistyksen vuosikokous pidetään ensimmäisellä vuosipuoliskolla tammi- ja kesäkuun välisenä aikana.

Ylimääräinen kokous pidetään, kun yhdistyksen kokous niin päättää tai kun hallitus katsoo siihen olevan aihetta tai kun vähintään yksi kymmenesosa (1/10) yhdistyksen äänioikeutetuista jäsenistä sitä hallitukselta erityisesti ilmoitettua asiaa varten kirjallisesti vaatii.

Yhdistyksen kokouksessa on jokaisella jäsenellä äänioikeus. Jokaisella jäsenellä on yksi (1) ääni. Äänioikeutta käyttää jäsenen yhdyshenkilö.

Asiat ratkaistaan äänestyksissä yksinkertaisella ääntenenemmistöllä. Äänten mennessä tasan ratkaisee puheenjohtajan mielipide, vaaleissa kuitenkin arpa.

9 §

Vuosikokous

Yhdistyksen vuosikokouksessa käsitellään seuraavat asiat:

1. Kokouksen avaus
2. Kokouksen järjestäytyminen
 - 2.1 Puheenjohtajan ja sihteerin valinta
 - 2.2 Pöytäkirjantarkastajien valinta
 - 2.3 Ääntenlaskijoiden valinta
3. Kokouksen laillisuuden ja päätösvaltaisuuden toteaminen
4. Kokouksen työjärjestyksen hyväksyminen
5. Toimintakertomus
 - 5.1 Hallituksen kokoonpano
 - 5.2 Luettelo työryhmistä
 - 5.3 Luettelot yhdyshenkilöistä
 - 5.4 Katsaus toimintaan
 - 5.5 Tilinpäätös
 - 5.6 Tilintarkastuskertomus
6. Päätetään tilinpäätöksen vahvistamisesta ja vastuuvapauden myöntämisestä hallitukselle
7. Henkilövalinnat
 - 7.1 Hallituksen puheenjohtajan ja varapuheenjohtajan valinta joka toinen vuosi
 - 7.2 Hallituksen muiden jäsenten valinta
 - 7.3 Kahden tilintarkastajan ja varatilintarkastajan valinta
8. Henkilöluettelot ja niiden muutokset
 - 8.1 Yhdyshenkilöt
 - 8.2 Vaurioraportointiyhdyshenkilöt
 - 8.3 Työryhmät
 - 8.4 Sihteeristö
9. Yhdistyksen toimintasuunnitelma
 - 9.1 Budjetti ja työohjelma
 - 9.2 Kolmivuotisbudjetti
 - 9.3 Jäsenmaksut
10. Muut asiat
11. Kokouksen päättäminen

10 §

Sääntöjen muuttaminen ja yhdistyksen purkaminen

Näitä sääntöjä voidaan muuttaa tarvittaessa yhdistyksen kokouksessa jäsenten enemmistöpäätöksellä annetuista äänistä.

Päätös yhdistyksen purkamisesta on tehtävä yhdistyksen kokouksessa vähintään kolmen neljäsosan (3/4) enemmistöllä äänestyksessä annetuista äänistä. Kokouksessa tulee olla edustettuna vähintään puolet yhdistyksen jäsenluvusta.

Jos kokouksessa on läsnä alle puolet yhdistyksen jäseniä, on kokous lykättävä ainakin kuukaudella sekä lykkäyksestä ilmoitettava jäsenille. Lykättyssä kokouksessa voidaan tehdä päätös yhdistyksen purkamisesta läsnä olevien jäsenten lukumäärään katsomatta.

Kokouskutsussa on mainittava sääntöjen muuttamisesta tai yhdistyksen purkamisesta

Kokouksessa, jossa yhdistys päätetään purkaa, ratkaistaan yhdistyksen varojen käyttäminen näiden sääntöjen 2§:n mukaiseen tarkoitukseen.

11 §

Näiden sääntöjen ulkopuoliset määräykset

Sen lisäksi, mitä näissä säännöissä on määrätty, noudatetaan voimassa olevan yhdistyslain määräyksiä.

LIITE II

Hallituksen ja työryhmien kokoonpanot 2011

MNN/PLA

14.4.2011

1(4)

Hallitus**Puheenjohtaja****Kaj Nordbäck**

UPM-Kymmene Oyj
Pietarsaaren tehtaat
PL 42, Alholmantie 43
68601 Pietarsaari
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 585 2706, 020 416 9706

020 416 113

020 416 8835

kaj.nordback@upm-kymmene.com**Varapuheenjohtaja****Timo-Pekka Veijonen**

Stora Enso Oyj
Pulp Competence Centre
55800 Imatra
puh. suora
fax
e-mail

020 462 3219

020 462 4791

timo-pekka.veijonen@storaenso.com**Lipeätyöryhmän puheenjohtaja****Toni Orava**

UPM Kymmene Oyj
Kymi
Selluntie 1
45700 KUUSANKOSKI
puh suora
puh. keskus
e-mail

020 415 2919, 040 823 8773

020 415 121

toni.orava@upm-kymmene.com

Henkilökohtainen varajäsen
Timo Saarinen

Oy Metsä-Botnia Ab
Rauman tehdas

Automaatiotyöryhmän puheenjohtaja**Olli Ahava**

UPM-Kymmene Oyj
Pietarsaaren tehtaat
PL 42, Alholmantie 43
68601 Pietarsaari
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 585 2486, 020 416 9486

020 416 113

020 416 8835

oli.ahava@upm-kymmene.com

Henkilökohtainen varajäsen
Ilkka Koivuniemi

Oy Metsä-Botnia Ab
Rauman tehdas

MNN/PLA

14.4.2011

2(4)

Hallitus

Kestoisuustyöryhmän puheenjohtaja

Reijo Hukkanen

Stora Enso Oyj
Oulun tehdas
PL 196
90101 Oulu
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 463 3619

020 461 24

020 463 3119

reijo.hukkanen@storaenso.com

Henkilökohtainen varajäsen
Tapio Huuska

Oy Metsä-Botnia Ab
Kemin tehdas

Ympäristötyöryhmän puheenjohtaja

Harri Jussila

UPM-Kymmene Oyj
45700 Kuusankoski
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 415 2503

020 415 121

020 415 2186

harri.jussila@upm-kymmene.com

Henkilökohtainen varajäsen
Minna Nyman

Oy Metsä-Botnia Ab
Äänekosken tehdas

Ohjelmatyöryhmän puheenjohtaja

Jorma Torniainen

VTT Expert Services Oy
Tekniikantie 2, Espoo
P.O. Box 1000
02044 VTT
puh. suora
fax
e-mail

020 747 7328, 040 829 4669

09 464 305

jorma.torniainen@vtt.fi

Henkilökohtainen varajäsen
Mia Tehomaa

VTT Expert Services Oy
Espoo

MNN/PLA

14.4.2011

3(4)

Hallitus**Timo Merikallio**

Oy Metsä-Botnia Ab
Rauman tehdas
PL 165
26101 Rauma
puh. suora
puh. keskus
e-mail

050 598 9342
010 466 8999
timo.merikallio@botnia.com

Henkilökohtainen varajäsen
Esko Turunen

Oy Metsä-Botnia Ab
Äänekosken tehdas

Kari Haaga

Metso Power Oy
Kelloportinkatu 1 D
33101 Tampere
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 141 2437
020 141 21
020 141 2210
kari.haaga@metso.com

Henkilökohtainen varajäsen
Kalle Salmi

Metso Power Oy
Tampere

Marja Heinola

Andritz Oy
PL 500
48600 Kotka
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 450 5514, 040 860 5514
020 450 5555
020 450 5444
marja.heinola@andritz.com

Henkilökohtainen varajäsen
Keijo Salmenoja

Andritz Oy
Helsinki

Jukka Suutela

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 2774
010 331 1
010 332 1831
jukka.suutela@poyry.com

Henkilökohtainen varajäsen
Jens Kohlmann

Pöyry Finland Oy
Vantaa

MNN/PLA

14.4.2011

4(4)

Hallitus

Jaakko Tukia

If Vahinkovakuutus Oy
00025 IF
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

050 424 5385
010 515 10
010 514 55780
jaakko.tukia@if.fi

Henkilökohtainen varajäsen
Timo Kurki

If Vahinkovakuutus Oy
Helsinki

Sihteeri

Markus Nieminen

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 2525
010 31 1
010 332 1831
markus.nieminen@poyry.com

Kestoisuustyöryhmä

Puheenjohtaja

Reijo Hukkanen

Stora Enso Oyj
Oulun tehdas
PL 196
90101 Oulu
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail

020 463 3619
020 461 24
020 463 3119
reijo.hukkanen@storaenso.com

Varapuheenjohtaja

Tapio Huuska

Oy Metsä-Botnia Ab
Kemin tehdas
94200 Kemi
puh. suora
puh. keskus
Fax
E-mail

010 466 1718
010 466 1999
010 466 1363
tapio.huuska@metsabotnia.com

Martti Hirttiö

Oy Metsä-Botnia Ab
Äänekosken tehdas
Sarvelantie 1
44100 Äänekoski
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail

040 759 5372
010 466 5499
martti.hirttio@botnia.com

Pekka Pohjanne

VTT
PL 1000
02044 VTT
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail

020 722 6863
020 722 111
020 722 7002
pekka.pohjanne@vtt.fi

Hannu Hänninen

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden ja
arkkitehtuurin tiedekunta
Koneenrakennustekniikan laitos
Materiaalitekniikka
PL 14200, 00076 Aalto
Puumiehenkuja 3
02150 Espoo
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail

09 470 23530
09 47001
09 451 3537
hannu.hanninen@aalto.fi

Pekka Salmi

Inspecta Oy
Ruukinportti
45700 Kuusankoski
puh. suora
E-mail

0504129718
pekka.salmi@inspecta.fi

Kestoisuustyöryhmä

Lasse Koivisto

Andritz Oy
PL 184
78201 Varkaus
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail040 860 5807, 020450 5807
040 450 5555
020 450 5971
lasse.koivisto@andritz.com

Kalle Salmi

Metso Power Oy
PL 109
33101 Tampere
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail020 141 2762
020 141 21
020 141 2205
kalle.salmi@metso.com

Lauri Mattila

UPM-Kymmene Oyj
Pietarsaaren tehtaat
PL 42, Alholmantie 43
68601 Pietarsaari
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail020 416 9750, 040 849 9750
020 416 113
020 416 8835
lauri.i.mattila@upm-kymmene.com

Ari Santavuori

If Vahinkovakuutusyhtiö Oy
PL 1032
00025 IF
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail010 514 5187
010 515 12
010 514 5780
ari.santavuori@if.fi

Tatu Pekkarinen

YIT Teollisuus Oy
Kihlmaninraitti 1 E
33100 Tampere
puh. suora

050 390 3124

Sihteeri

Markus Nieminen

Pöyry Finland Oy
PL 4
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
E-mail010 332 2525
010 3311
010 332 1831
markus.nieminen@poyry.com

Lipeätyöryhmä**Puheenjohtaja**

Toni Orava

UPM Kymmene Oyj
Kymi
Selluntie 1
45700 KUUSANKOSKI
puh suora
puh. keskus
e-mail

020 415 2919, 040 823 8773

020 415 121

toni.orava@upm-kymmene.com**Varapuheenjohtaja**

Timo Saarinen

Rauman tehdas
PL 165
26101 RAUMA
puh suora
puh keskus
fax
e-mail

040 529 7347

010 466 8999

010 466 8374

timo.saarinen@botnia.com

Erkki Välimäki

Metso Power Oy
PL 109
33101 TAMPERE
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

050 385 1010

020 14121

020 141 2210

erkki.valimaki@metso.com

Jorma Torniainen

VTT
Expert Services Oy
Tekniikantie 2
PL 1000
02044 VTT
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 747 7238, 040 829 4669

020 747 100

09 464 305

jorma.torniainen@vtt.fi

Juha Koskiniemi

Andritz Oy
PL 500
48601 KARHULA
puh. suora
puh. keskus
Fax
e-mail

020 450 5363, 040 860 5363

020 450 5555

020 450 5279

juha.koskiniemi@andritz.com

Esa Vakkilainen

Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
PL 20
53851 LAPPEENRANTA
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 357 8684

05 621 2799

esa.vakkilainen@lut.fi

Lipeätyöryhmä

Mikko Hupa

Åbo Akademi

Prosessikemian tutkimusryhmä
Piispankatu 8
20500 TURKU
puh. suora
puh. keskus
e-mail

02 215 4454
02 215 31
mikko.hupa@abo.fi

Jouni Hiltunen

Stora Enso Oyj
Varkauden tehdas
PL 169
78201 Varkaus
puh. suora
puh. keskus
e-mail

040 512 4577
020 46 120
jouni.hiltunen@storaenso.com

Sami Metiäinen

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
016121 VANTAA
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 1098
010 3311
010 332 1163
sami.metiainen@poyry.com

Sihteeri

Markus Nieminen

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 VANTAA
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 2525
010 3311
010 332 1831
markus.nieminen@poyry.com

MNN/PLA

15.4.2011

1(2)

Ympäristötyöryhmä

Puheenjohtaja

Harri Jussila

UPM-Kymmene Oyj
45700 Kuusankoski
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 415 2503
020 415 121
020 415 2186
harri.jussila@upm-kymmene.com

Varapuheenjohtaja

Minna Nyman

Oy Metsä-Botnia Ab
Äänekosken tehdas
Sarvelantie 1
44100 Äänekoski
puh. suora
puh. mobile
fax
E-mail

010 466 2999
050 598 7379
010 466 2551
minna.nyman@botnia.com

Sirpa Alapuranen

Andritz Oy
Tammasaarenkatu 1
00180 Helsinki
puh. suora
puh. keskus
e-mail

050 597 5811
020 450 5555
sirpa.alapuranen@andritz.com

Jens Kohlmann

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 2809
010 3311
010 332 1831
jens.kohlmann@poyry.com

Timo-Pekka Veijonen

Stora Enso Oyj
Pulp Competence Centre
55800 IMATRA
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 462 3219
020 463 2141
timo-pekka.veijonen@storaenso.com

Piia Niemi

Metso Power Oy
Kelloportinkatu 1 D, PL 109
33101 Tampere
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 141 3019, 044 337 5136
020 14121
020 141 2210
piia.niemi@metso.com

MNN/PLA

15.4.2011

2(2)

Ympäristötyöryhmä

Mia Tehomaa

VTT
Expert Services Oy
Tekniikantie 2
PL 1000
02044 VTT
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail020 7477 404, 040 771 2058
020 747 100
09 464 305
mia.tehomaa@vtt.fi

Olli Dahl

Aalto yliopisto
Kemian ja materiaalitieteiden
tiedekunta
Puunjalostustekniikan laitos
PL 16300
00076 Aalto
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail09 470 22865, 040 540 1070
09 47001
09 451 4259
olli.dahl@aalto.fi**Sihteeri**

Markus Nieminen

Pöyry Finland Oy
PL 4
(Jaakonkatu 3)
01621 VANTAA
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail010 332 2525
010 3311
010 332 1831
markus.nieminen@poyry.com

Automaatiotyöryhmä**Puheenjohtaja**

Olli Ahava

UPM-Kymmene Oyj
Pietarsaaren tehtaas
PL 42
68601 Pietarsaari
puh. suora
puh. mobile
e-mail

020 416 9486

040 585 2486

olli.ahava@upm-kymmene.com

Varahenkilö

Jami Maijanen

UPM-Kymmene Oyj
Kaukaan tehdas**Varapuheenjohtaja**

Ilkka Koivuniemi

Oy Metsä-Botnia Ab
Rauman tehdas
PL 165
26101 Rauma
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

050 598 5009

010 466 8999

010 466 8372

ilkka.koivuniemi@botnia.com

Varahenkilö

?

?

Jukka Puhakka

Metso Automation Inc.
PL 237 (Lentokentänkatu 11)
33101 Tampere
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 540 2450

020 483 170

020 483 8523

jukka.puhakka@metso.com

Varahenkilö

?

?

Taneli Mutikainen

Metso Power Oy
PL 109
33101 Tampere
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 141 2 761

020 141 21

020 141 2204

taneli.mutikainen@metso.com

Varahenkilö

?

?

Automaatiotyöryhmä

Mauri Heikkinen	Pöyry Finland Oy PL 4 (Jaakonkatu 3) 01621 Vantaa puh. suora puh. keskus fax e-mail	010 332 2476 010 331 1 010 332 1164 mauri.heikkinen@poyry.com
Varahenkilö Pekka Jussila??	Pöyry Finland Oy	
Heikki Lappalainen	Andritz Oy PL 184 78201 Varkaus puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 450 5850, 040 860 5850 020 450 5555 020 450 5974 heikki.lappalainen@andritz.com
Varahenkilö ?	?	
Pekka Tarvainen	Inspecta Oy Kuopion toimisto Neulaniementie 5 70210 Kuopio puh. suora puh. keskus fax e-mail	010 521 6640, 050 380 9049 010 521 616 010 521 6406 pekka.tarvainen@inspecta.fi
Varahenkilö Antti Ylinen??	Inspecta Oy	
Toni Henriksson	Stora Enso Oyj Sunilan tehdas 48900 Sunila puh. suora puh. keskus fax e-mail	05 229 8298, 050 529 8298 05 229 8111 05 229 8406 toni.henriksson@sunila.fi
Varahenkilö ?	?	
Sihteeri Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy PL 4 (Jaakonkatu 3) 01621 VANTAA puh. suora puh. keskus fax e-mail	010 332 2525 010 331 1 010 332 1831 markus.nieminen@poyry.com

Ohjelmatyöryhmä

Puheenjohtaja

Jorma Torniainen

VTT Expert Services Oy
Tekniikantie 2, Espoo
P.O. Box 1000
02044 VTT
puh. suora
fax
e-mail

020 7477 328, 040 829 4669
09 464 305
jorma.torniainen@vtt.fi

Varapuheenjohtaja

Timo Kurki

If Vahinkovakuutus Oy
00025 IF
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

050 424 5757
010 515 10
010 514 5193
timo.kurki@if.fi

Klaus Niemelä

VTT
Tekniikantie 2, Espoo
P.O. Box 1000
02044 VTT
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 7477 519, 040 751 0819
020 7477 100
09 464 305
klaus.niemela@vtt.fi

Sihteeri

Markus Nieminen

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 33 22525
010 3311
010 33 21818
markus.nieminen@poyry.com

Outi Suomi

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 33 22012
010 3311
010 33 21818
outi.suomi@poyry.com

Päivi Lampinen

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 33 22326
010 3311
010 33 21818
paivi.lampinen@poyry.com

Suomen Soodakattilayhdistys ry
SKYREC johtoryhmä 2011/yhteystiedot

Rev. 15.8.2011

11.12.2008

1(3)

MNN/EPT

Puheenjohtaja

Matti Tikka

UPM-Kymmene Oyj, Kymi
45700 Kuusankoski

puh. suora

02041 52929

puh. keskus

02041 5121

fax

02041 52931

E-mail

matti.tikka@upm-kymmene.com

Keijo Salmenoja

Andritz Oy
Tammasaarencatu 1
00180 Helsinki

puh. suora

020 450 5376, 040 860 5376

e-mail

keijo.salmenoja@andritz.com

Varajäsen
Sanna Siltala

UPM Kymmene Oyj
Pietarsaaren tehtaati

Kalle Salmi

Metso Power Oy
PL 109

33101 Tampere

puh. suora

020 1412 762

puh. keskus

020 14121

fax

020 1412 205

E-mail

kalle.salmi@metso.com

Henkilökohtainen varajäsen
Kari Haaga

Metso Power Oy

Lasse Koivisto

Andritz Oy
PL 184
78201 Varkaus

puh. suora

040 860 5807, 020450 5807

puh. keskus

040 450 5555

fax

020 450 5971

E-mail

lasse.koivisto@andritz.com

Henkilökohtainen varajäsen
Lauri Pakarinen

Andritz Oy

Mika Paju

Oy Metsä-Botnia Ab
Joutsenon tehdas
54120 PULP
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

050 598 8373
01046 65499
01046 65469
mika.paju@botnia.com

Timo-Pekka Veijonen

Stora Enso Oyj
Pulp Competence Centre
55800 IMATRA
puh. suora
fax
e-mail

020 462 3219
020 462 4791
timo-pekka.veijonen@storaenso.com

Henkilökohtainen varajäsen
Ilpo Rätty

Enocell Oy
Uimaharju

Timo Peltola

Sandvik Materials Technology,
Finland
PL 52
01511 VANTAA
puh. suora
fax
e-mail

040 869 7856
020 544 5199
timo.peltola@sandvik.com

Henkilökohtainen varajäsen
Urban Forsberg

Sandvik Materials Technology,
Sweden

Hidenori Ogawa

Sumitomo Metal Industries, LTD 6.12.2010 alkaen
1 Sheldon Square
London W2 6TT
United Kingdom
puh. suora
e-mail

+44 20 7266 7480
ogawa-hdn@sumitomometals.co.jp

Yukitoshi Yamazaki

Sumitomo Metal Industries, LTD

Martti Korkiakoski

Tekes
PL 69
00101 Helsinki
puh. suora
e-mail

010 60 55875
martti.korkiakoski@tekes.fi

Äänivallattomat johtoryhmän jäsenet

Lipeätyöryhmän puheenjohtaja

Toni Orava

UPM Kymmene Oyj
Kymi
Selluntie 1
45700 KUUSANKOSKI
puh. suora
puh. keskus
e-mail

020 415 2919, 040 823 8773
020 415 121

Toni.orava@upm-kymmene.com

Kestoisuustyöryhmän puheenjohtaja

Reijo Hukkanen

Stora Enso Oyj
Oulun tehdas
PL 196
90101 Oulu
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 46 33619

020 46 124

020 46 33119

reijo.hukkanen@storaenso.com

Projektin koordinaattori

Esa Vakkilainen

Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
PL 20
53851 LAPPEENRANTA
puh. suora
fax
e-mail

040 357 8684

05 621 2799

esa.vakkilainen@lut.fi

Sihteeri

Markus Nieminen

Pöyry Finland Oy
PL 4 (Jaakonkatu 3)
01621 VANTAA
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

19.10.2009 lähtien

010 33 22525

010 3311

010 33 21831

markus.nieminen@poyry.com

LIITE III

Työryhmien toimenkuvat

TYÖRYHMIEN TOIMENKUVAT

KESTOISUUSTYÖRYHMÄ

Kestoisuustyöryhmän toimenkuvaan kuuluvat soodakattilan turvallisuuteen ja käytettävyyteen liittyvät tutkimukset ja niiden seuranta, vaurioraporttien arviointi ja dokumentointi sekä suositusten laatiminen.

LIPEÄTYÖRYHMÄ

Lipeätyöryhmän toimenkuvaan kuuluvat soodakattilan palamisprosessiin ja lipeä-kiertoon liittyvät tutkimukset ja analyysimenetelmien kehittäminen sekä harkinnan mukaan laajemmat sellutehtaan lipeäkiertoon liittyvät selvitykset.

OHJELMATYÖRYHMÄ

Ohjelmatyöryhmän toimenkuvaan kuuluu koulutustapahtumien ja teemapäivien järjestäminen jäsenistölle. Vuotuisia tapahtumia ovat konemestari-päivä, vuosikokous sekä soodakattilapäivä. Harkinnan mukaan järjestetään muuta soodakattilaan tai lipeäkiertoon liittyvää koulutusta ja esitelmäpäiviä.

YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄ

Ympäristötyöryhmän toimenkuvaan kuuluvat suoraan soodakattiloihin ja niiden oheislaitteisiin liittyvät selvitykset ja tutkimukset sekä harkinnan mukaan laajemmat sellutehtaan ympäristönsuojeluun liittyvät kysymykset.

AUTOMAATIOTYÖRYHMÄ

Automaatiotyöryhmän toimenkuvaan kuuluvat soodakattilan automaatioon liittyvät tutkimukset ja niiden seuranta, automaatiolaitetekniikat, soodakattilan turvallisuus ja käytettävyys sekä yhteydet viranomaisiin.

LIITE IV

Jäsen- ja yhdyshenkilöt 2011



Suomen Soodakattilayhdistys ry
Jäsen- ja yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA

14.4.2011

1(4)

Suomen Soodakattilayhdistys ry c/o Pöyry Finland Oy PL 4 (Jaakonkatu 3) 01621 Vantaa	Markus Nieminen puh. suora puh. keskus fax e-mail	sihteeri 010 332 2525 010 3311 010 332 1831 markus.nieminen@poyry.com
	Outi Suomi puh. suora puh. keskus fax e-mail	010 332 2012 010 3311 010 332 1831 outi.suomi@poyry.com
	Päivi Lampinen puh. suora puh. keskus fax e-mail	toimistos sihteeri 010 332 2326 010 3311 010 332 1831 paivi.lampinen@poyry.com
Andritz Oy PL 500 48601 Kotka	Marja Heinola puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 450 5514, 040 860 5514 020 450 5555 020 450 5444 marja.heinola@andritz.com
If Vahinkovakuutus Oy 00025 IF	Jaakko Tukia puh. suora puh. keskus fax e-mail	010 514 5385 010 515 10 010 514 5839 jaakko.tukia@if.fi
Inspecta Oy Porkkalankatu 13 G 00180 Helsinki	Jukka Verho puh.suora puh. keskus fax e-mail	010 521 6292, 050 310 1787 010 521 611 010 521 6211 jukka.verho@inspecta.fi
VTT Expert Services Oy Tekniikantie 2, Espoo P.O. Box 1000 02044 VTT	Jorma Torniainen puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 7477 328, 040 829 4669 020 7477 100 09 464 305 jorma.torniainen@vtt.fi
Metso Power Oy Lentokentänkatu 11 33101 Tampere	Kari Haaga puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 1412 437, 040 550 4511 020 14121 020 1412 210 kari.haaga@metso.com



Suomen Soodakattilayhdistys ry
Jäsen- ja yhdysenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA

14.4.2011

2(4)

Kotkamills Oy
PL 2
48101 Kotka

Eero Ristola
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 462 5128
020 461 12
020 462 5489
eero.ristola@storaenso.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Joutsenon tehdas
54120 PULP

Mika Paju
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

050 598 8373
010 466 5499
010 466 5469
mika.paju@botnia.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Kemin tehdas
94200 Kemi

Pekka Posti
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 466 1377, 050 598 9012
010 466 1999
010 466 1363
pekka.posti@botnia.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Äänekosken tehdas
44100 Äänekoski

Juho Kähkönen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 466 2999
010 466 2554
juho.kahkonen@botnia.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Rauman tehdas
PL 165
26101 Rauma

Timo Saarinen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 529 7347
010 466 8999
010 466 8374
timo.saarinen@botnia.com

Pohjola Vakuutus Oy
Lapinmäentie 1
00013 POHJOLA

Thomas Åström
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 253 2622, 040 513 0458
010 253 000
010 253 2907
thomas.astrom@pohjola.fi

Pöyry Finland Oy
PL 4
(Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa

Jukka Suutela
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 2774
010 3311
010 332 1831
jukka.suutela@poyry.com

Stora Enso/Enocell Oy
Uimaharju
PL 2
81281 Uimaharju

Ilpo Rätty
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 462 8181, 040 701 9652
020 461 22
020 462 8561
ilpo.raty@storaenso.com

Suomen Soodakattilayhdistys ry
Jäsen- ja yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA

14.4.2011

3(4)

Stora Enso Oyj
Heinolan Flutingtehdas
PL 5
18101 Heinola

Sami Kalmi
puh. suora
fax

044 742 9720
020 46 29256

e-mail

sami.kalmi@storaenso.com

Stora Enso Oyj
Imatran tehtaas
55800 Imatra

Juha Kosonen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 462 2363
020 461 21
020 462 4728
juha.kosonen@storaenso.com

Stora Enso Oyj
Oulun tehdas
PL 196
90101 Oulu

Sami Tiuraniemi
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 463 3746
020 461 24
020 463 3121
sami.tiuraniemi@storaenso.com

Stora Enso Oyj
Fine Paper, Varkauden tehdas
PL 169
78201 Varkaus

Teppo Pakarinen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 463 2632
020 461 20
020 463 2142
teppo.pakarinen@storaenso.com

Stora Enso Oyj
Veitsiluodon sellutehdas
94800 Kemi

Pekka Nykänen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 463 4615
020 461 25
020 463 4850
pekka.m.nykanen@storaenso.com

Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas
Sunilantie 1
48900 Sunila

Kari Nikunen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

05 229 8283, 050 5298 283
05 229 8111
05 229 8354
kari.nikunen@sunila.fi

UPM-Kymmene Oyj
Kaukas
53200 Lappeenranta

Juha Keltanen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 542 5984
020 415 161
020 415 4014
Juha.X.Keltanen@upm-kymmene.com

UPM-Kymmene Oyj, Kymi
Kuusanniemen sellutehdas
Selluntie 1
45700 Kuusankoski

Matti Tikka
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 415 2929
020 415 121
020 415 2931
matti.tikka@upm-kymmene.com



Suomen Soodakattilayhdistys ry
Jäsen- ja yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA		14.4.2011	4(4)
UPM-Kymmene Oyj Pietarsaaren tehtaat PL 42, Alholmantie 43 68601 Pietarsaari	Kaj Nordbäck puh. suora puh. keskus fax e-mail	040 585 2706, 020 416 9706 020 416 113 020 416 8835 kaj.nordback@upm-kymmene.com	
YIT Teollisuus Oy Projektipalvelut Kihlmaninraitti 1 E 33100 Tampere	Mikko Ulvinen puh. suora fax e-mail	040 356 7148 020 433 4371 mikko.ulvinen@yit.fi	

Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA

14.4.2011

1(4)

Andritz Oy
PL 184
78201 Varkaus

Lasse Koivisto
puh. suora 020 450 5807, 040 860 5807
puh. keskus 020 450 5555
fax 020 450 5971
E-mail lasse.koivisto@andritz.com

If Vahinkovakuutusyhtiö Oy
00025 IF

Jaakko Tukia
puh. suora 010 514 5385
puh. keskus 010 515 10
fax 010 514 5839
e-mail jaakko.tukia@if.fi

Inspecta Oy
PL 94 (Miestentie 3)
02151 Espoo

Jyri Järvi
puh.suora 050 412 9732
puh. keskus 010 521 611
fax 010 521 6211
e-mail jyri.jarvi@inspecta.fi

VTT Expert Services Oy
Tekniikantie 2, Espoo
P.O. Box 1000
02044 VTT

Jorma Torniainen
puh. suora 020 747 7328, 040 829 4669
puh. keskus 020 747 7100
fax 09 464 305
e-mail jorma.torniainen@vtt.fi

Metso Power Oy
Häkilänpolku 1
33101 Tampere

Kalle Salmi
puh. suora 020 141 2762, 040 512 5868
puh. keskus 020 141 21
fax 020 141 2205
e-mail kalle.salmi@metso.com

Kotkamills Oy
PL 2
48101 Kotka
Kotkamills Oy

Jani Haukka
puh. suora 040 721 8518
puh. keskus 020 461 12
fax 020 462 5489
e-mail jani.haukka@storaenso.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Joutsenon tehdas
54120 PULP

Toni Wahlman
puh. suora 010 466 5499
puh. keskus 010 466 5469
fax 010 466 5469
e-mail toni.wahlman@botnia.com

Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA

14.4.2011

2(4)

Oy Metsä-Botnia Ab
Kemin tehdas
94200 Kemi

Kalle Kostamo
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 466 1718, 050 598 9015
010 466 1999
010 466 1363
kalle.kostamo@botnia.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Äänekosken tehdas
44100 Äänekoski

Martti Hirttiö
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 759 5372
010 466 2999
010 466 2552
martti.hirttio@botnia.com

Oy Metsä-Botnia Ab
Rauman tehdas
PL 165
26101 Rauma

Matti Alamaa
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 466 8223
010 466 8999
010 146 68374
matti.alamaa@botnia.com

Pohjola Vakuutus Oy
Lapinmäentie 1
00013 POHJOLA

Thomas Åström
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 253 2622, 040 513 0485
010 253 000
010 253 2907
thomas.astrom@pohjola.fi

Pöyry Finland Oy
PL 4
(Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa

Jukka Suutela
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

010 332 2774
010 3311
010 332 1831
jukka.suutela@poyry.com

Stora Enso /Enocell Oy
PL 2
81281 Uimaharju

Juha Matilainen
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

020 46 28169
020 46 122
020 46 28561
juha.matilainen@storaenso.com

Stora Enso Oyj
Heinolan Flutingtehdas
PL 5
18101 Heinola

Sami Kalmi
puh. suora
fax
e-mail

040 742 9720
020 46 29256
sami.kalmi@storaenso.com

Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA		14.4.2011	3(4)
Stora Enso Oyj Imatran tehtaat 55800 Imatra	Tapani Hirvonen puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 462 2368, 040 540 1385 020 461 21 020 462 4728 tapani.hirvonen@storaenso.com	
Stora Enso Oyj Oulun tehdas PL 196 90101 Oulu	Reijo Hukkanen puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 463 3619 020 461 24 020 463 3119 reijo.hukkanen@storaenso.com	
Stora Enso Oyj Fine Paper, Varkauden tehdas PL 169 78201 Varkaus	Teppo Pakarinen puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 463 2632 020 461 20 020 463 2142 teppo.pakarinen@storaenso.com	
Stora Enso Oyj Veitsiluodon sellutehdas 94800 Kemi	Kari Kerttula puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 463 4682 020 461 25 020 463 4850 kari.kerttula@storaenso.com	
Stora Enso Oyj Sunilan tehdas 48900 Sunila	Tero Arvilommi puh. suora puh. keskus fax e-mail	05 229 8353, 050 529 8353 05 229 8111 05 229 8354 tero.arvilommi@sunila.fi	
UPM-Kymmene Oyj Kaukas 53200 Lappeenranta	Tuomo Lintukangas puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 415 4354, 040 736 6443 020 415 161 020 415 5137 tuomo.lintukangas@upm-kymmene.com	
UPM-Kymmene Oyj, Kymi Kuusanniemen sellutehdas Selluntie 1 45700 Kuusankoski	Raine Rantanen puh. suora puh. keskus fax e-mail	020 415 2953 020 415 121 020 415 2931 raine.rantanen@upm-kymmene.com	



Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöluettelo 2011/yhteystiedot

PLA

14.4.2011

4(4)

UPM-Kymmene Oyj
Pietarsaaren tehtaas
PL 42, Alholmantie 43
68601 Pietarsaari

Lauri Mattila
puh. suora
puh. keskus
fax
e-mail

040 849 9750, 020 416 9176
020 416 113
020 416 8807
lauri.i.mattila@upm-kymmene.com

YIT Teollisuus Oy
Projektipalvelut
Kihlmaninraitti 1 E
33100 Tampere

Mikko Ulvinen
puh. suora
fax
e-mail

040 356 7148
020 433 4371
mikko.ulvinen@yit.fi

LIITE V

Jäsenmaksut 2011

<u>Soodakattiloiden käyttäjät:</u>	Höyryteho Suhdeluku		Jäsenmaksu €			yhteensä
	G [t/h]	$\sqrt[3]{G * G}$	1. Erä	2. Erä	3.erä	
Enocell Oy, Uimaharju	460	59,59	5000,00	3479,63	0,00	8479,63
Stora Enso Oyj, Heinola	40	11,70	1000,00	664,35	0,00	1664,35
Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat	741	81,89	6800,00	4852,44	0,00	11652,45
Stora Enso Oyj, Oulun tehdas	253	40,00	3300,00	2392,26	0,00	5692,27
Stora Enso Oyj, Varkauden tehdas	151	28,36	2400,00	1635,11	0,00	4035,12
Stora Enso Oyj, Veitsiluodon sellutehdas	234	37,97	3200,00	2203,59	0,00	5403,59
Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas	288	43,61	3600,00	2605,82	0,00	6205,83
Kotkamills Oy, Kotka	108	22,68	1900,00	1327,16	0,00	3227,16
Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno	540	66,31	5500,00	3936,28	0,00	9436,28
Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi	428	56,79	4700,00	3381,66	0,00	8081,67
Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekoski	335	48,24	4000,00	2863,85	0,00	6863,86
Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma	486	61,81	4700,00	4096,21	0,00	8796,22
UPM-Kymmene Oyj, Kymi, Kuusankoski	608	71,77	5900,00	4312,69	0,00	10212,70
UPM-Kymmene Oyj, Kaukas, Lappeenranta	580	69,55	5700,00	4196,69	0,00	9896,70
UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari	666	76,26	6300,00	4552,27	0,00	10852,28
<u>Tehtaat yhteensä:</u>	5918	777	64000,00	46500,01	0,00	110500,11
<u>Soodakattiloiden valmistajat:</u>						
Andritz Oy, Kotka			7250,00	5075,00	0,00	12325,00
Metso Power Oy, Tampere			7250,00	5075,00	0,00	12325,00
<u>Muut:</u>						
If Vahinkovakuutusyhtiö Oy, Helsinki			3500,00	2450,00	0,00	5950,00
Pohjola, Helsinki			2250,00	1575,00	0,00	3825,00
Pöyry Finland Oy, Vantaa			4500,00	3150,00	0,00	7650,00
Inspecta Oy, Helsinki			4500,00	3150,00	0,00	7650,00
VTT Expert Services Oy			2250,00	1575,00	0,00	3825,00
YIT Teollisuus Oy			4500,00	3150,00	0,00	7650,00
<u>Ulkojäsenet:</u>						
Teknillinen korkeakoulu, Espoo			900,00	0,00	0,00	900,00
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto			900,00	0,00	0,00	900,00
Åbo Akademi, Turku			900,00	0,00	0,00	900,00
Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)			900,00	0,00	0,00	900,00
Yhteensä			103 600,00	71 700,01	0,00	175 300,11

LIITE VI

SKYREC projektin osallistumismaksut

SKYREC

INCREASING RECOVERY BOILER EFFICIENCY TO NEW LEVEL

Projektin osallistumismaksut

Rahoittaja	Osuus	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Andritz Oy	6 %	15 000 €	25 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
Oy Metsä-Botnia Ab	6 %	15 000 €	25 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
Metso Power Oy	6 %	15 000 €	25 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
Stora-Enso Oyj	6 %	15 000 €	25 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
Sandvik Materials Technology	6 %	15 000 €	25 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
UPM-Kymmene Oyj	6 %	15 000 €	25 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
Sumitomometal Industries Ltd	13 %	35 000 €	35 000 €	35 000 €	0 €	0 €	105 000 €
Suomen Soodakattilayhdistys ry	6 %	25 000 €	15 000 €	10 000 €	0 €	0 €	50 000 €
Tekes	43 %	0 €	69 780 €	55 414 €	96 789 €	128 017 €	350 000 €
Yhteensä	100 %	150 000 €	269 780 €	160 414 €	96 789 €	128 017 €	805 000 €

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY RAPORTTISARJA

- 1/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 3.2.2011, esitelmät
Scandic Patria Lappeenranta/Stora Enso Oyj, Imatran tehdas
(16A0913-E0121) 24.1.2011
- 2/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilalaitoksen sähkötekniset turvajärjestelmät
Mika Nevalainen
Savonia Ammattikorkeakoulu / Pelastusopisto
(16A0913-E0122) 18.2.2011
- 3/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Metsäteollisuus ry
Päästömittauspäivä 16.3.2011
Aalto yliopisto, Puunjalostustekniikan laitos
(16A0913-E0123) 16.3.2011
- 4/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2010
(16A0913-E0124) 14.4.2011
- 5/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 14.4.2011, VTT Expert Services Oy, Espoo
(16A0913-E0125) 31.5.2011
- 6/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
TAJ määräaikaistestaukset soodakattiloilla
(16A0913-E0126) 16.8.2011
- 7/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 19.10.2011
Sokos Hotel Presidentti, Helsinki
(16A0913-E0127) 19.10.2011
- 8/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
SKYREC seminar 20.10.2011
Sokos Hotel Presidentti, Helsinki
(16A0913-E0128) 20.10.2011
- 9/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
SKYREC loppuraportti
(16A0913-E0129) 31.10.2011

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2012 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 26.1.2012, esitelmät
Sokos hotel Seurahuone Kotka/Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas
(16A0913-E0130) 26.1.2012
- 2/2012 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2011
(16A0913-E0131) 29.3.2012

LIITE 4
Budjetti 2012 sekä kolmivuotisbudjetti

	Budjetti vuodelle 2012	budjetti- suunnitelma 2013	budjetti- suunnitelma 2014	budjetti- suunnitelma 2015
TULOT				
Jäsenmaksut ja muu säännöllinen tuki				
Kattilan käyttäjät	130 000	130 000	136 500	136 500
Kattilan valmistajat	29 000	29 000	30 450	30 450
If Vahinkovakuutus	7 000	7 000	7 350	7 350
Pohjola	4 500	4 500	4 725	4 725
YIT	9 000	9 000	9 450	9 450
Pöyry Industry Oy	9 000	9 000	9 450	9 450
VTT Expert Services Oy	4 500	4 500	4 725	4 725
Inspecta	9 000	9 000	9 450	9 450
Ulkojäsenet	3 600	3 600	3 780	3 780
Yhteensä	205 600	205 600	215 880	215 880
Ennakkojäsenmaksut	0	0	0	0
Kokousten osallistumismaksut				
Konemestaripäivä	25 000	25 000	25 000	25 000
Vuosikokous	0	0	0	0
Soodakattilapäivä	35 000	35 000	35 000	35 000
Energiapäivä	5 000	0	0	0
Painelaitepäivä	7 000	0	0	0
Yhteensä	72 000	60 000	60 000	60 000
Ulkopuolinen rahoitus				
Julkinen rahoitus				
TEKES-projekti SKYREC	128 017	0	0	0
Julkinen rahoitus yhteensä	128 017	0	0	0
Ulkopuolinen rahoitus yhteensä	128 017	0	0	0
Muu rahoitus (50-vuotisjuhla)	0	0	150 000	0
Korkotuotot	1 000	1 000	500	1 000
TULOT YHTEENSÄ	406 617	266 600	426 380	276 880

	Budjetti vuodelle 2012	budjetti- suunnitelma 2013	budjetti- suunnitelma 2014	budjetti- suunnitelma 2015
MENOT				
Jatkuvaluonteiset tehtävät				
Sihteeristötyö				
Toiminta				
Sihteeristön työ	25 000	27 000	27 000	27 000
Kansainvälinen toiminta	12 000	12 000	12 000	12 000
Kotisivu päivitys	2 000			
Ostokulut	4 000	4 000	4 000	4 000
Talous				
Taloushallinto	6 000	6 000	6 000	6 000
Kirjanpito (RMP)	8 000	8 000	8 000	8 000
Sihteeristötyö yhteensä	57 000	57 000	57 000	57 000
Hallitus				
Hallitus	8 000	8 000	8 000	8 000
Kestoisuustyöryhmä				
Kestoisuustyöryhmä	6 000	6 000	6 000	6 000
Vaurioraportointi				
Vaurioraportointi	1 000	1 000	1 000	1 000
Lipeätyöryhmä				
Lipeätyöryhmä	6 000	6 000	6 000	6 000
Ympäristötyöryhmä				
Ympäristötyöryhmä	6 000	6 000	6 000	6 000
Automaatiotyöryhmä				
Automaatiotyöryhmä	6 000	6 000	6 000	6 000
Ohjelmatyöryhmä				
Ohjelmatyöryhmä	4 000	4 000	4 000	4 000
Konemestaripäivä				
Konemestaripäivä	25 000	25 000	25 000	25 000
Vuosikokous				
Vuosikokous	15 000	15 000	15 000	15 000
Soodakattilapäivä				
Soodakattilapäivä	35 000	35 000	36 000	36 000
Ohjelmatyöryhmä yhteensä	79 000	79 000	80 000	80 000
Jatkuvaluonteiset tehtävät yhteensä	169 000	169 000	170 000	170 000
Projektit				
SKYREC				
SKYREC	64 166	0	0	0
Kestoisuustyöryhmän tehtäväalue				
Savukaasuräjähdytys				
Savukaasuräjähdytys	10 000			
TOC-projekti: aktiivihiihvertailu				
TOC-projekti: aktiivihiihvertailu	23 400			
Materiaalisuositus				
Materiaalisuositus	8 000			
Yhteensä	41 400	20 000	20 000	25 000
Lipeätyöryhmän tehtäväalue				
Syöttövesipumpun mitoitus				
Syöttövesipumpun mitoitus	23 800			
Yhteensä	23 800	20 000	20 000	25 000
Ympäristötyöryhmän tehtäväalue				
Lipeäkierron ammoniakkitase				
Lipeäkierron ammoniakkitase	15 000			
POPE				
POPE	9 525			
Biosludge measurements				
Biosludge measurements	9 480			
Hajukaasusuositus päivitys				
Hajukaasusuositus päivitys	5 000			
Yhteensä	39 005	20 000	20 000	25 000
Automaatiotyöryhmän tehtäväalue				
Turva-automaatiosuositus				
Turva-automaatiosuositus	1 000			
UPS-järjestelmän vika-analyysi				
UPS-järjestelmän vika-analyysi	5 000			
Yhteensä	6 000	20 000	20 000	25 000
Ohjelmatyöryhmän tehtäväalue				
Opinnäytetyöstipendi				
Opinnäytetyöstipendi	2 000	2 000	2 000	2 000
50-vuotisjuhla				
50-vuotisjuhla	10 000	15 000	150 000	0
Painelaitepäivä				
Painelaitepäivä	7 000			
Ohjelmatyöryhmän tehtäväalue yhteensä	19 000	17 000	152 000	2 000
Työryhmien projektiehdotukset				
Sularänni (KTR)				
Sularänni (KTR)	10 000			
Energiapäivä				
Energiapäivä	5 000			
Työryhmien muut projektit				
Työryhmien muut projektit	29 846	400	24 180	4 680
Yhteensä	44 846	400	24 180	4 680
Projektit yhteensä	238 217	97 400	256 180	106 680
Pankin palvelumaksut ja muut rahoituskulut	200	200	200	200
MENOT YHTEENSÄ	407 417	266 600	426 380	276 880

	Budjetti vuodelle 2012	budjetti- suunnitelma 2013	budjetti- suunnitelma 2014	budjetti- suunnitelma 2015
TULOS				
Tulot	406 617	266 600	426 380	276 880
Menot	407 417	266 600	426 380	276 880
Tilikauden yli/alijäämä	-800	0	0	0
 Välittömät verot	 0	 0	 0	 0
Tilikauden voitto / tappio	-800	0	0	0

LIITE 5
ATR: Turva-automaatiosuositus esipuhe



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Finnish Recovery Boiler Committee

**SAFETY INSTRUMENTATION
GUIDELINES FOR RECOVERY BOILERS**

**Finnish Recovery Boiler Committee
Automation Work Group**

**15.1.2003
8.9.2008 Rev A**



INTRODUCTION

The members of the Finnish Recovery Boiler Committee have desired a clear set of instructions about the implementation of the safety instrumentation for recovery boilers. This is due to a concern about safety and the variety of implementations between different mills.

The first version of the guideline published in 2003 was revised in the autumn of 2009. In the revised guideline, the information that had become available by the autumn of 2008 was made use of. The new revision introduces the calibration of a risk graph for a recovery boiler, clarifies model interlocks and documentation needed as well as presents some theory about the verification of integrity levels with the help of a computational analysis.

This document contains only general guidelines and information. It is not the intention of this document to force the manufacturers and users to employ similar equipment and control solutions. It is intended as a guide and checklist to provide the proper tools for promoting safety and long term recovery boiler availability. The document aims, with the help of principle model documents, to present an example solution, which can be used as a help for planning, design, manufacturing and use.

Finnish Recovery Boiler Committee is not responsible for the information, any errors or omissions, or for the results obtained from using this information.

Finnish Recovery Boiler Committee makes no representation or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of the information provided in this document or any other representation or warranty whatsoever concerning this document. In no event will Finnish Recovery Boiler Committee or its affiliates thereof be liable to you or anyone else for any decision made or action taken in reliance on the information on this document or for any consequential, special or similar damages, even if advised of the possibility of such damages.

Our intent is to develop the document further, and for this reason we ask you to send any possible observations about faults, suggestions for improvements, and experiences to the secretariat of the Finnish Recovery Boiler Committee. Our contact details can be found on the web-pages of the committee: http://www.soodakattilayhdistys.fi/index_e.html

This document is translated into English. If the original Finnish text and its English language translation differ from each other, the original Finnish guideline applies.

Finnish Recovery Boiler Committee

LIITE 6
YTR: Lipeäkierron ammoniakkitase/bioliete vaikutus NOx
ÅA – esitys 2.2.2012

Ammonia Balance & Fate of Biosludge Nitrogen at UPM-Kymi

Nikolai DeMartini

Niklas Vähä-Savo

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

1

Objective

- Ammonia Balance
 - To establish the main NH_3 flows
 - Funded by Metsäteollisuus ry and SKY environmental groups
- Biosludge N Project
 - To determine the fate of biosludge nitrogen during black liquor concentration and combustion
 - Funded by SKY

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

2

Background

- 6 full N balances made at Kraft pulp mills
 - 4 in Finland, 1 in Sweden, 1 in Portugal
 - 2 with biosludge N, fate not fully clear
 - 2 PhD thesis (Kymäläinen, 2001; DeMartini, 2004)
- Opportunities offered by Kymi balance
 - Somewhat better segregation of condensates
 - Went from a period of operating without biosludge, to operating with biosludge

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

3

Background

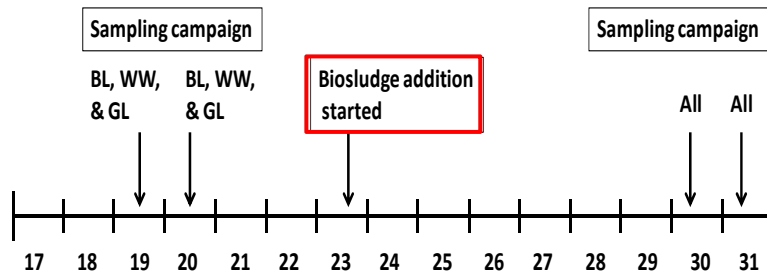
- Sampling campaign carried out 1 Dec 2010 when there was no biosludge added
- Problems with analysis of 1 Dec samples necessitated a second campaign at Kymi
- Reporting results based on both the Ammonia and Biosludge N projects

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

4

Sampling Days – May 2011

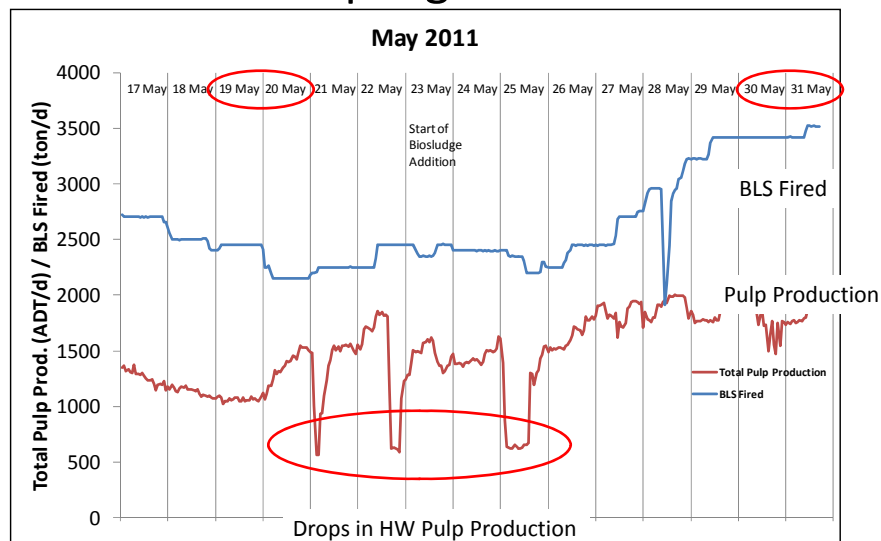


2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

5

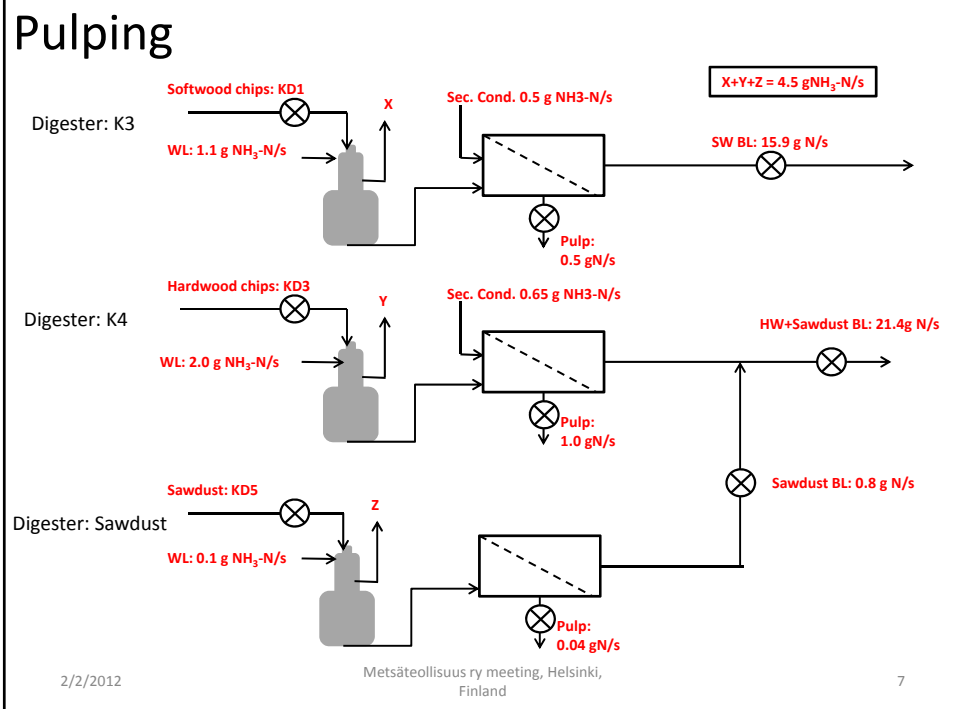
Mill Operation During May 2011 Sampling Period



2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

6



Conclusions Pulping

- Blow gases contain both NH₃ from WL and NH₃ formed during pulping
- Very little N goes with the pulp/carryover
- Most of the wood nitrogen goes with the weak BL in the form of organic nitrogen compounds (some of which are volatile) and NH₃

Evaporation Key Measurement Points

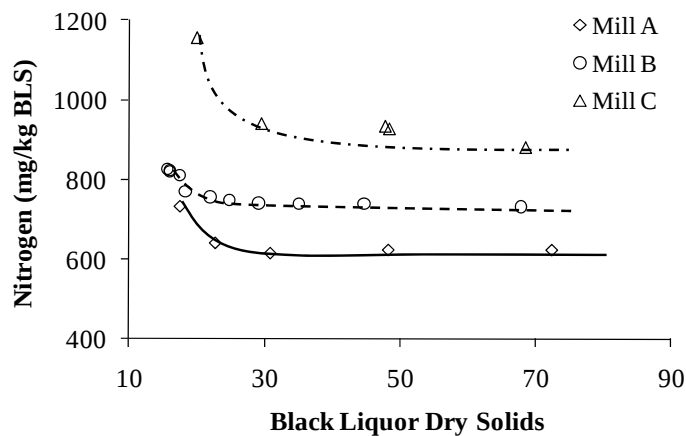
- Weak Black liquor
 - contains both volatile N species (NH_3 and volatile Org-N species)
- Intermediate BL
 - These compounds are almost entirely released by ~30% d.s.
- BL before biosludge addition
 - Biosludge is about 5 wt% N (~2.5 wt% $\text{NH}_3\text{-N}$)
- BL after biosludge addition
- As fired BL

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

9

Evaporation: 3 European Kraft Mills



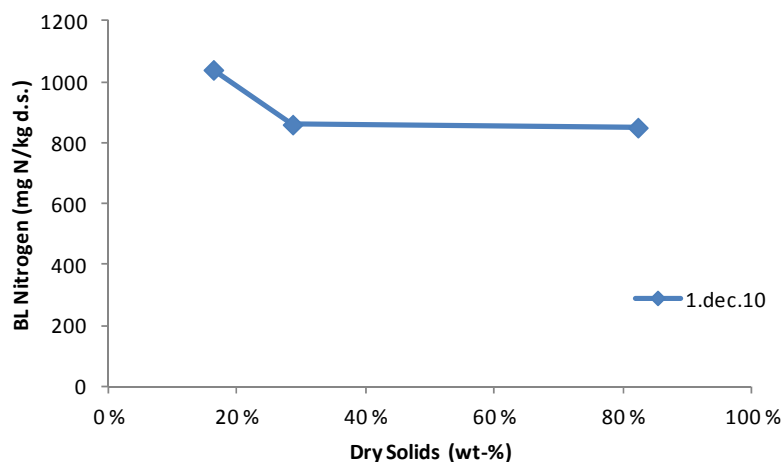
DeMartini et al. ICRC 2004

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

10

BL-N at UPM-Kymi - no Biosludge (1 Dec 2010)

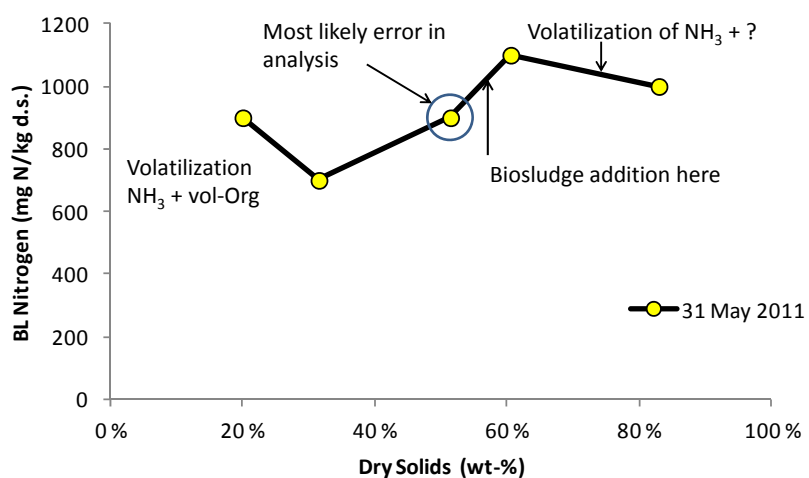


2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

11

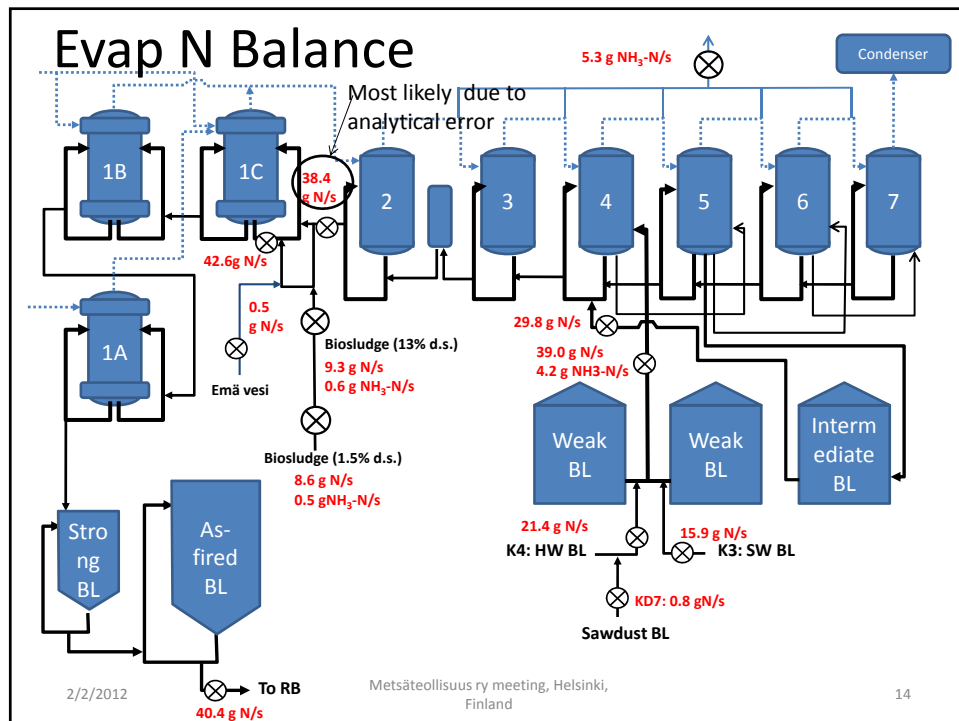
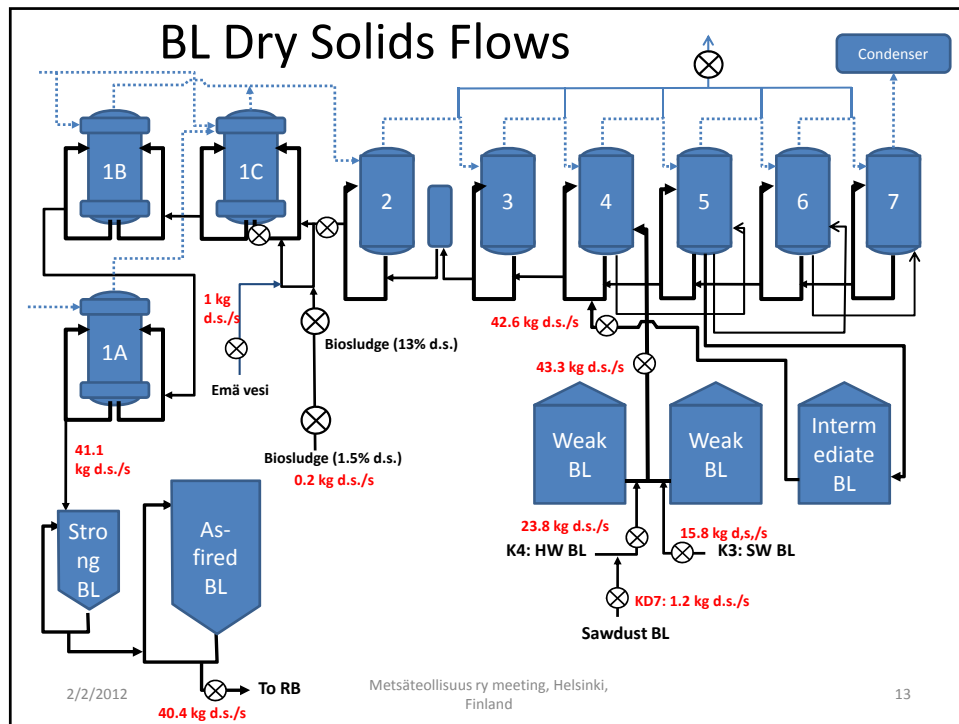
BL-N at UPM-Kymi w/ Biosludge (31 May 2011)

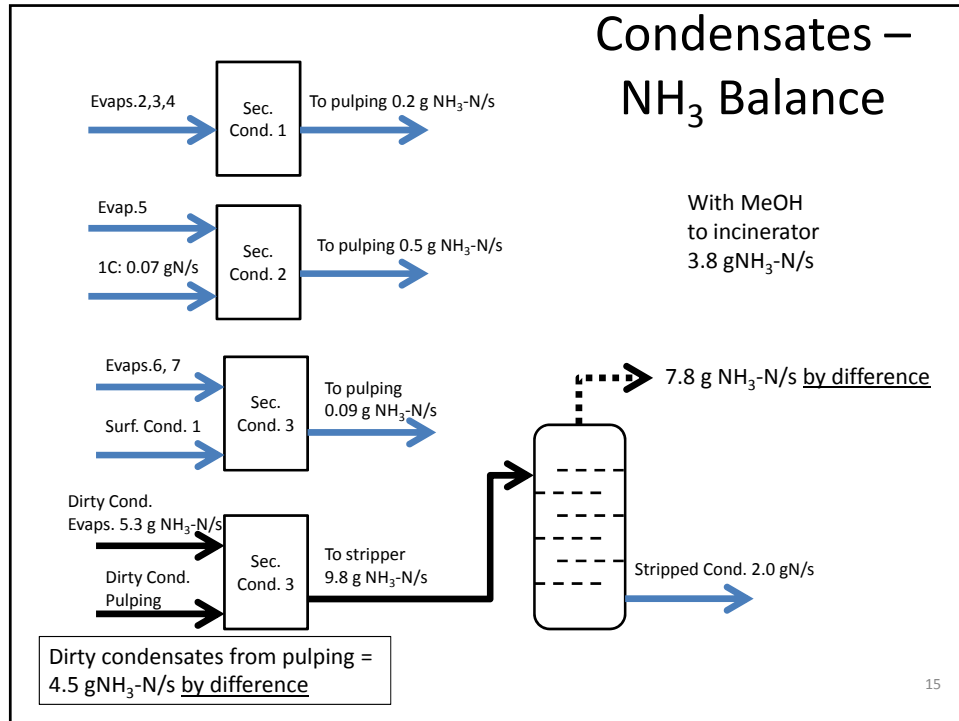


2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

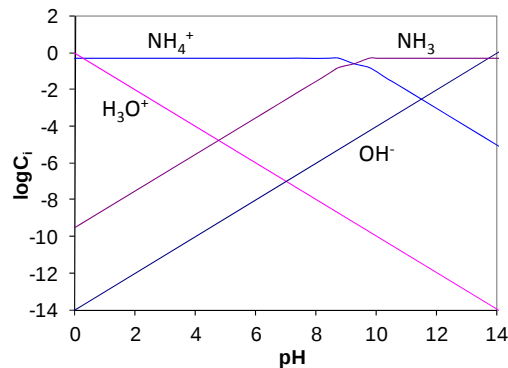
12





Steam Stripping of Dirty Condensates - Separation of NH₃ from MeOH

- Both NH₃ and MeOH released in stripper
- NH₃ then distributed between NCGs and MeOH
- Could a small amount of acid be added to dirty condensates to put NH₃ into NH₄⁺ before stripping?



Conclusions Evaporation

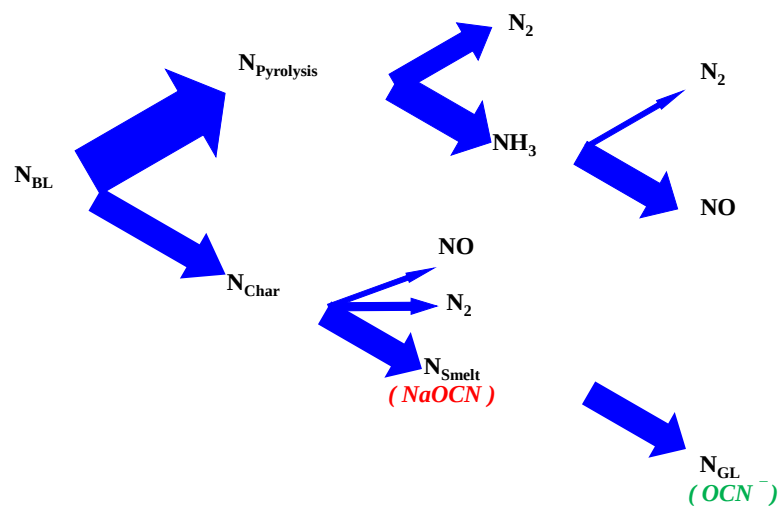
- Volatile N species (~20% of total N) removed in early effects and seen in condensates
- Biosludge N flow was equivalent to ~30% of flow of BL-N from second effect
- Biosludge NH_3 volatilized, but remainder appears stable and enters RB with as-fired BL

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

17

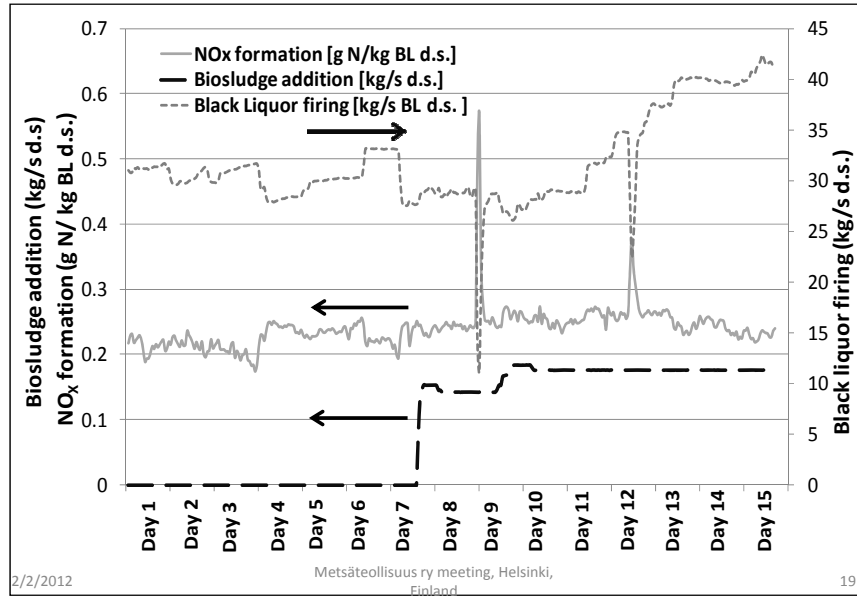
N Distribution in BL Combustion



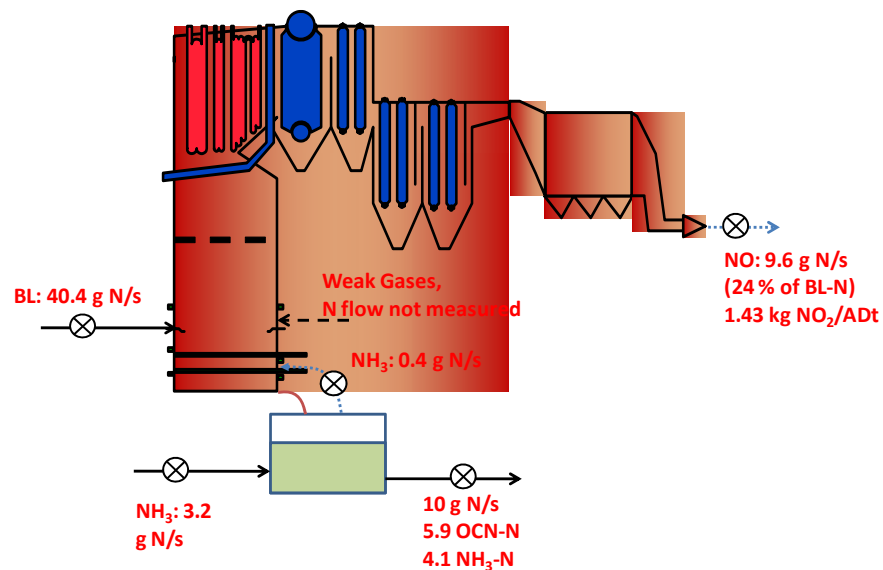
2/2/2012

18

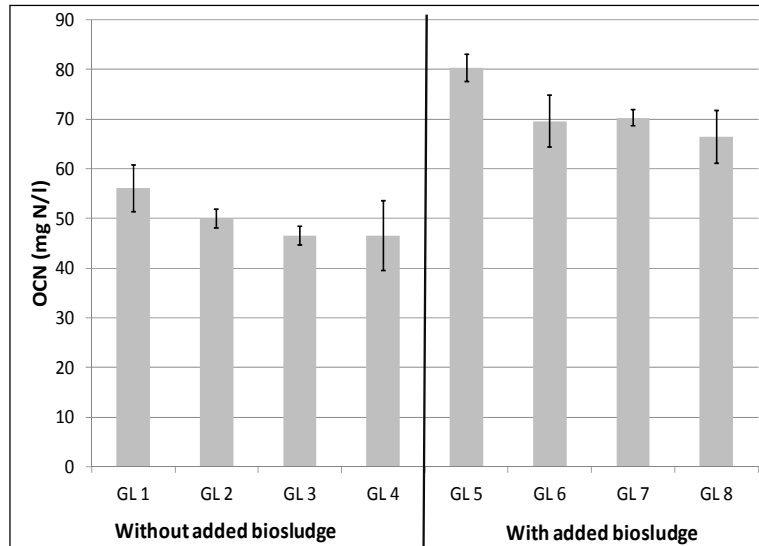
RB NO



RB Balance 31 May 2011



Impact of Biosludge on GL OCN-N



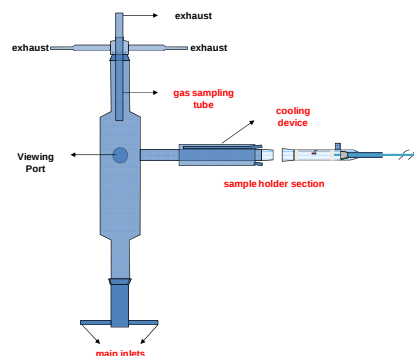
2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki, Finland

21

Single Particle Experiments

- Single Particle Experiments
 - Indirect means of confirming higher BL nitrogen in as-fired black liquor with biosludge
 - Include NO from smelt oxidation
- Air staging in recovery boiler can result in reduction of NO formed in lower furnace

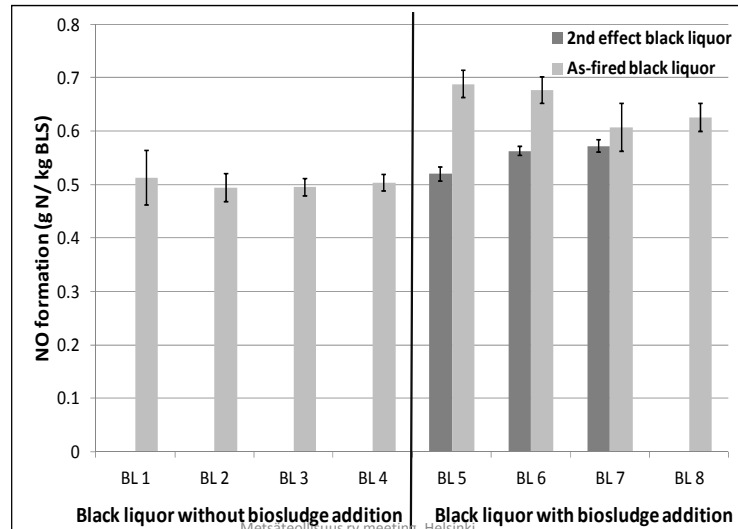


2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki, Finland

22

NO – Single Particle Reactor Experiments



2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki, Finland

23

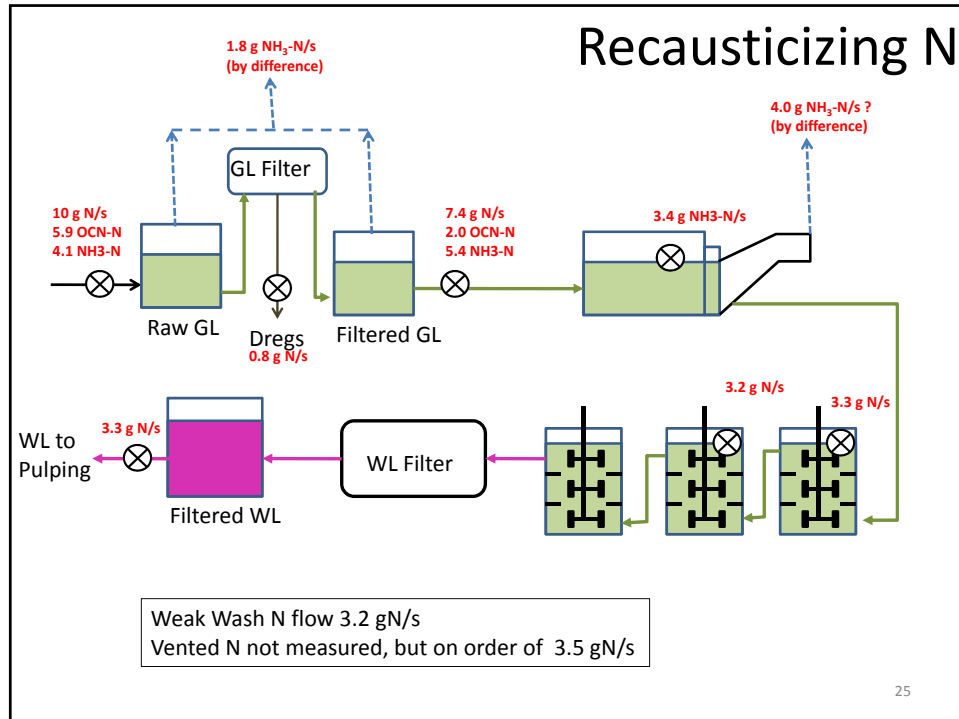
Conclusions BL Combustion

- Biosludge addition results in more N to recovery boiler
- This does not have to result in higher NO with proper air staging
- It can lead to a higher cyanate flow from the recovery boiler which results in higher NH_3 in the recovery cycle
 - this is something that hasn't been shown before

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki, Finland

24



Conclusions Reausticizing

- Cyanate ~fully reacted by the slaker.
- N flow out of the dissolving tank (which is or will form NH₃) is equivalent to the NH₃ flow with the dirty condensates, but released at multiple vents with about 35% returning to pulping and about 35% returning to weak wash

Lime Kiln and NCG Boiler

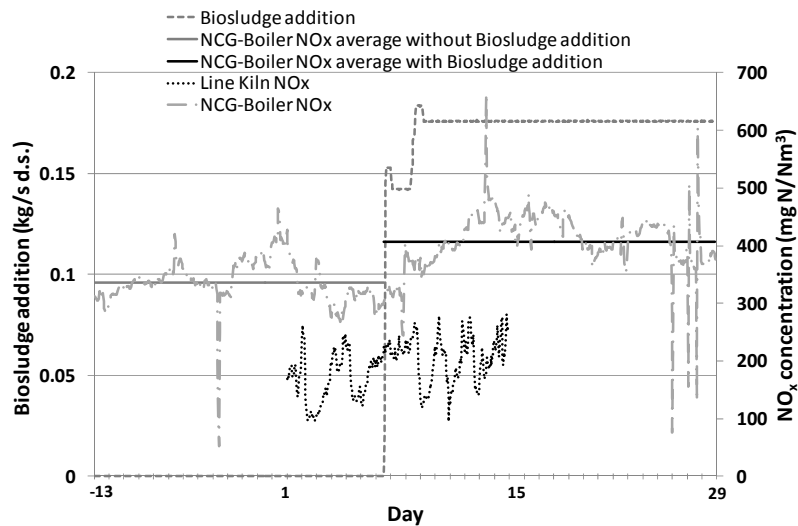
- Lime Kiln
 - Natural gas
 - Weak gases from recausticizing
- NCG Boiler
 - MeOH
 - Strong gases from stripper
 - Natural Gas intermittently as a support fuel

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

27

NOx Lime Kiln & NCG Boiler



2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

28

Conclusions NO_x from Lime Kiln and NCG Boiler

- NCG Boiler
 - 21% increase in 3 week avg before and after biosludge addition
 - Equivalent to ~0.05 kg NO₂/ADt pulp
- Lime Kiln
 - No clear increase in NO

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

29

Mill NO_x Emissions 31 May 2012

- RB: 1.43 kg NO₂/Adt (Fuel-N)
- Lime Kiln: 0.30 kg NO₂/Adt (Thermal-N?)
- NCG Burner: 0.23 kg NO₂/Adt (Fuel N)
- Total: 1.95 kg NO₂/ADt

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

30

Conclusions N balance

- A maximum of 20 gN/s (~ 0.9 kgN/ADt pulp) recoverable as NH_3 if all of the NH_3 in dirty condensates and GL/WL is captured.
- This is evenly distributed between dirty condensates and GL/WL

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

31

Conclusions Biosludge Addition

- Biosludge N mostly stable in BL concentrators
 - Results in higher as-fired BL-N concentration
- Does not result in higher NO due to air staging
- Can result in higher cyanate which in turn results in higher NH_3

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

32

NH₃ Stripping

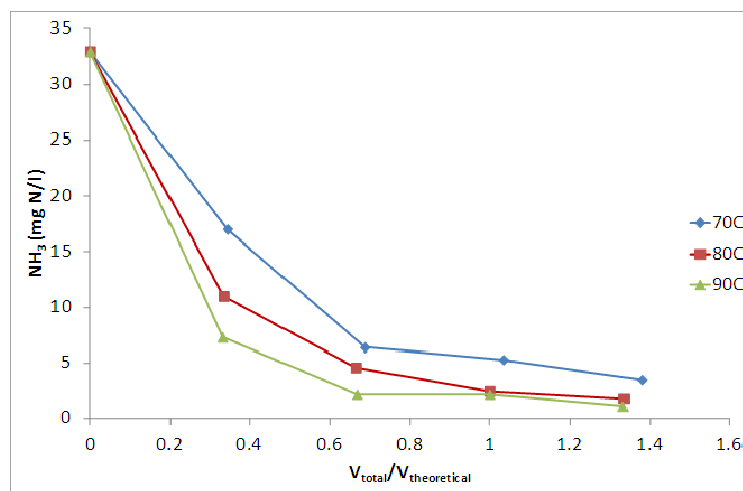
- Solution pH should be above 9.25
- Stripper at mill removed ~80% from dirty condensates
- WL before oxidation removed 94%
- Air stripping experiments showed stripping required little more than the theoretical air required to reduce the NH₃ concentration from 33 mg N/l to 2 mg N/l

2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

33

WL Stripping Experiments



2/2/2012

Metsäteollisuus ry meeting, Helsinki,
Finland

34

Thank you!

LIITE 7
YTR: Päästötason riippuvuus ajanjaksosta
LUT – loppuraportti 2.2.2012

Lappeenranta teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta. LUT Energia
Tutkimusraportti

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology. LUT Energy
Research report

Marcelo Hamaguchi, Esa Vakkilainen

Effect of timescale on emission levels from pulp mills

Lappeenranta teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta. LUT Energia
PL 20
53851 LAPPEENRANTA

ISBN 978-952-
ISSN 1798-

Lappeenranta 2011

Abstract

Marcelo Hamaguchi, Esa Vakkilainen

Effect of timescale on emission levels from pulp mills

Lappeenranta 2011

78 pages

research report

ISBN

The aim of this study is to examine the air emissions from Finnish recovery boilers. The recovery boiler is largest source of air emissions in a pulp mill. In this study, the data used is emission from the stack of several pulp mills in Finland. The studied pulp mill emission data were all from at least a calendar year and was recorded as hourly averages.

The scope of the study was to: analyse of the data by using different time point views; study the emissions by the load and other operating factors of the recovery boiler; study whether regulation by maximum concentration (ppm) equals to regulation by maximum emission as weight flow per time unit and study the instability periods in the behaviour of the emissions.

It has been discovered that the time point of view is of key importance. It is common to see the measurement of emission with some irregularities, such as some short term peaks with no apparent reason. Often these peaks can be locally observed. Mostly the pulp mill emission regulations are based on yearly or monthly averages instead of hourly data.

Recovery boiler operates normally with a high load close to its MCR, but sometimes the load is reduced because of production problems. Recovery boilers are shut down and started up, often several times during one calendar year.

Another point of interest was the excessive fluctuations in some emission data with no obvious explanation. Those phenomena could be caused for various factors, such as problems in the measurement devices. But there is also the possibility that they occur for other factors.

Keywords: emissions, recovery boiler, renewable energy generation

Tiivistelmä

Marcelo Hamaguchi, Esa Vakkilainen

Päästötason riippuvuus tarkasteluajanjaksosta

Lappeenranta 2011

78 sivua

Tutkimusraportti

ISBN

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella ilmapäästöjä Suomen soodakattiloista. Soodakattila on suurin ilmapäästöjen lähde sellutehtaalla. Tässä tutkimuksessa käytetyt tiedot ovat useiden sellutehtaitten piippupäästöjä. Tutkittujen sellutehtaitten päästötiedot olivat kaikki vähintään kalenterivuoden tuntikeskiarvoja.

Tarkoitus oli: analysoida kerättyjä tietoja; käyttäen erilaisia analyysiajan näkemyksiä; tutkia päästöjä kuormituksen ja muiden soodakattilan toiminta-arvojen avulla, tutkimaan onko suurin raja-arvopitoisuus (ppm) yhtä suuri kuin maksimi-päästö painotettuna virtauksella aikayksikköä kohden ja tutkia epävakauksien käyttäytymistä ja päästöjä.

On havaittu, että käytetty ajan näkökulma on erittäin tärkeää. On yleistä nähdä mittauksissa päästöjen joitakin sääntöjenvastaisuuksia, kuten lyhyen aikavälin huippuja ilman näkyvää syytä. Usein nämä huiput voidaan havaita vain paikallisesti. Enimmäkseen sellutehtaan päästömääräykset perustuvat vuosi- tai kuukausikeskiarvoihin tunnin mittaustuloksien sijaan.

Soodakattila toimii normaalisti suurella kuormituksella lähellä huippukuormaa, mutta joskus kuormaa on vähennettävä, koska tuotannossa on ongelmia. Soodakattiloita on suljettu ja käynnistetty uudelleen, usein monta kertaa kalenterivuoden aikana.

Lisäksi tutkittiin, oli liikaa vaihtelua joissain päästötiedoissa ilman selvää selitystä. Nämä ilmiöt voisivat johtua eri tekijöistä, kuten ongelmista mittauslaitteista. Mutta on olemassa myös mahdollisuus, että ne syntyvät muista tekijöistä.

Keywords: energy taxes, electricity price, renewable energy generation

Contents

Abstract

Contents

Abbreviations	7
1 Introduction	8
2 Study of emissions from recovery boiler	11
2.1 Determination of recovery boiler load	11
2.2 Data collection	12
2.3 Analysing of the emission data	13
2.4 Study of the emissions as a function of the load of the recovery boiler..	14
2.5 Study of the emissions as durability curves.....	14
3 Mill A: Recovery boiler	16
3.1 Operation during measuring time.....	16
3.2 Stability of operation during measuring time	18
3.3 Emission durability curves	19
3.4 Emission as function of load.....	24
4 Mill B: Recovery boiler	26
4.1 Operation during measuring time.....	26
4.2 Stability of operation during measuring time	27
4.3 Emission durability curves	29
4.4 Emission as function of load.....	33
5 Mill C: Recovery boiler	34
5.1 Operation during measuring time.....	34
5.2 Stability of operation during measuring time	35
5.3 Emission durability curves	38
5.4 Emission as function of load.....	42
6 Emission durability distributions	43
7 Emission instabilities	51
7.1 Emissions by the load of the recovery boiler.....	51
7.2 Operation by the stack temperature of the recovery boiler.....	52
7.3 Operation by the stack carbon dioxide of the recovery boiler	53
7.4 Instabilities in the behaviour of the emission	54
8 Conclusions	59
9 Acknowledgements	60

References	61
Appendix I Boiler A, Data by concentration and by flow	63
Appendix II Boiler B, Data by concentration and by flow	64
Appendix III Boiler C, Data by concentration and by flow	65

Abbreviations

CO	Carbon monoxide
NO _x	Nitrogen oxide emissions
SD	Standard deviation
TRS	Total reduced sulfur
VOC	Volatile organic carbohydrates

1 Introduction

The pulp and paper industry has in the recent past significantly reduced emissions from recovery boilers [Bruce and van der Vooren, 2003]. Despite recent progress in reducing emissions, the pulp industry generates emissions to air similar to many other industries. Currently the emission limits are based on long time periods; yearly or monthly averages. Therefore examining them through hourly data brings a new perspective on used data.

It is important to know where the main sources of emissions are in the pulp mill. Figure 1 shows an overview of all process steps within a pulp mill detailing where the emissions are released. These sources can be divided into two groups. Firstly the stages in the process which emit small amounts of VOC, malodorous gases or chlorine compounds. They are chip storage, digester, pulp washing, bleaching, bleaching chemical preparation, various tanks and evaporation. Secondly there is another group which emits particulates, SO₂ NO_x, TRS and other minor emissions through combustion. These are lime kiln, bark boiler, recovery boiler, odorous gas combustion and sometimes other auxiliary boilers. The trend has been that gas flows from the first group are collected and sent to combustion devices in the second group for destruction.

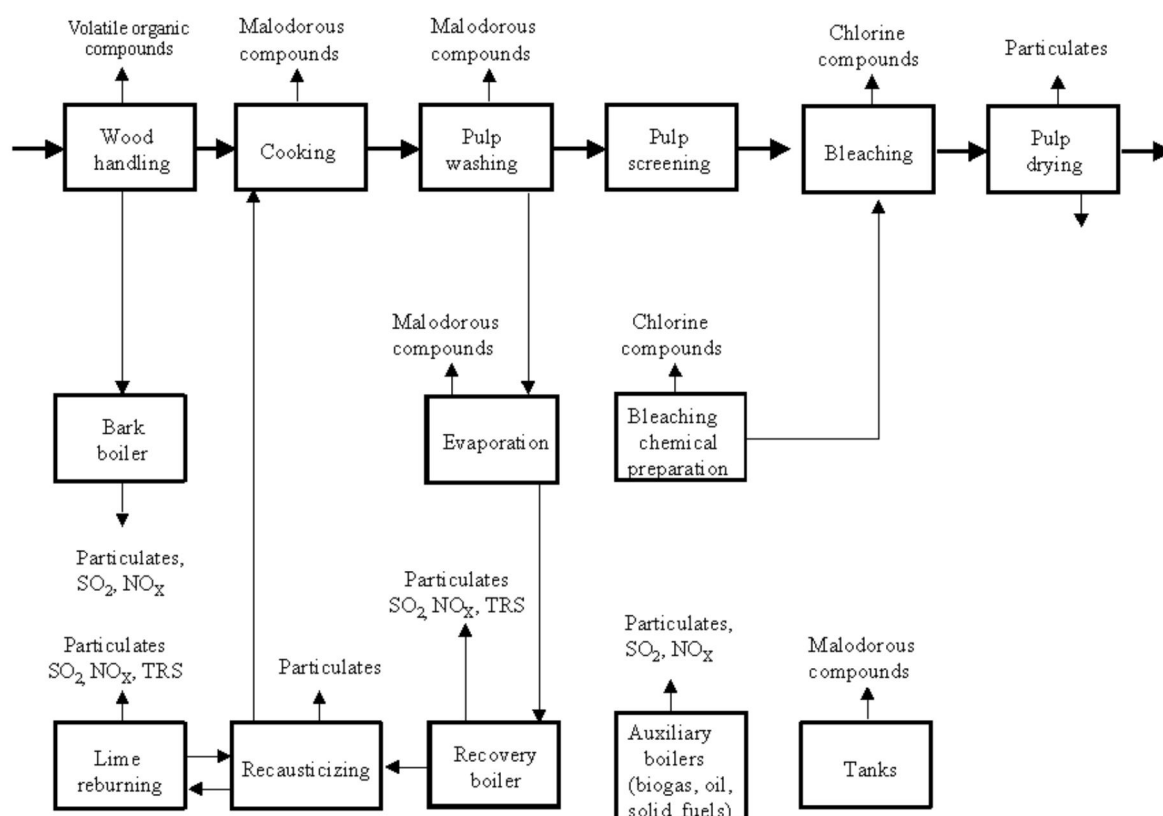


Figure 1. Emissions to the atmosphere from kraft pulp mills [EU IPPC, 2001].

The aim of this paper is to study the emissions from the recovery boilers. Recovery boiler carries out several functions, it burns the organic material that is contained in the black liquor to generate high pressure steam; it regenerates the used chemicals in black liquor, and reduces some waste streams in an environmentally friendly way [Vakkilainen, 2000]. The recovery boiler is the major source of atmospheric emissions in a kraft pulp mill, with sulphur dioxide, nitrogen oxide and particulate as the largest emissions. The recovery boiler is fired with evaporated black liquor. The current average black liquor dry solids content in Finland is around 80% dry solids. One benefit of this level of black liquor dry solids is the reduction of sulphur emissions as a result of the increase in the furnace temperature [Wallen et al., 2004]. On the other hand with a higher temperature and introduction of malodorous gases to furnace the emission of NO_x has not decreased [Brink et al., 2009]. An electrostatic precipitator removes a large amount of particulates from the flue gases [EU IPPC, 2001]. Another problematic emission is total reduced sulfur (TRS) [Adams et al., 1997]. Typical emissions to the air from the modern recovery boiler are shown in table 1 for 3% excess oxygen and dry flue gas.

Table 1. Typical emission (dry, 3% O₂) to air from recovery boilers [Vakkilainen, 2005].

Emission	ppm	mg/ m ³ n	mg/MJ	kg/ADt
SO ₂	35-275	100-800	60-250	1-4
TRS	<7	<10	<5	<0,05
NO _x	50-125	100-260	50-80	0,8-1,8
Dust		10-200		0,1-1,8

The modern view is to look at the total amount of the air emissions from kraft pulping. Typical emissions from the modern pulp mill are shown in table 2.

Table 2. BAT emission levels from kraft pulping process and recovery boiler [EU IPPC, 2001].

Emission	Unit	Kraft pulping	Recovery boiler
SO ₂	kg(S)/ADt	0,2...0,4	<0,1
TRS	kg(S)/ADt	0,1...0,2	<0,1
NO _x	kg(NO ₂)/ADt	1,0...1,5	0,7...1,1
Dust	kg/ADt	0,2...0,5	0,2...0,5

Effect of operation values to emissions has been studied[Costa et al., 2004 and Alameida et al., 2000]. Monthly variability of NO_x and SO₂ emissions from modern recovery boilers was noted by Salmenoja[2009]. Expressing the statistical variability of recovery boiler emissions is still lacking, which this study tries to address.

2 Study of emissions from recovery boiler



Figure 2. View of the recovery emissions from one pulp mill [Tikka, 2008].

The aim of this paper is to study the statistical variability of emissions from recovery boilers. Recovery boiler is largest source of air emission in a pulp mill. Data used in this study are the emissions from the stack of pulp mills in Finland, Table 3.

Table 3. Data on studied mills

Mill	Study period, hours (days)	Boiler up, hours	Steam MCR, kg/s	Analyzed emissions ¹⁾
Mill A	11688 (487)	11104	128.7	SO ₂ , NO _x , CO, TRS
Mill B	10926 (455)	10634	152.5	SO ₂ , NO _x , CO, TRS, Dust
Mill C	10416 (434)	10159	122.6	SO ₂ , NO _x , CO, TRS, Dust

¹⁾ For all emissions reliable online measurements were not available

2.1 Determination of recovery boiler load

The maximum continuous rate (MCR) can be defined as the flow value that corresponds to the ten per cent of the uptime in the recovery boiler main steam flow duration

graphic, Figure 3. Steam flow duration graphic is formed by arranging all hourly steam flows from largest to smallest. In the case in Figure 3 the value of MCR is 128,7 kg/s.

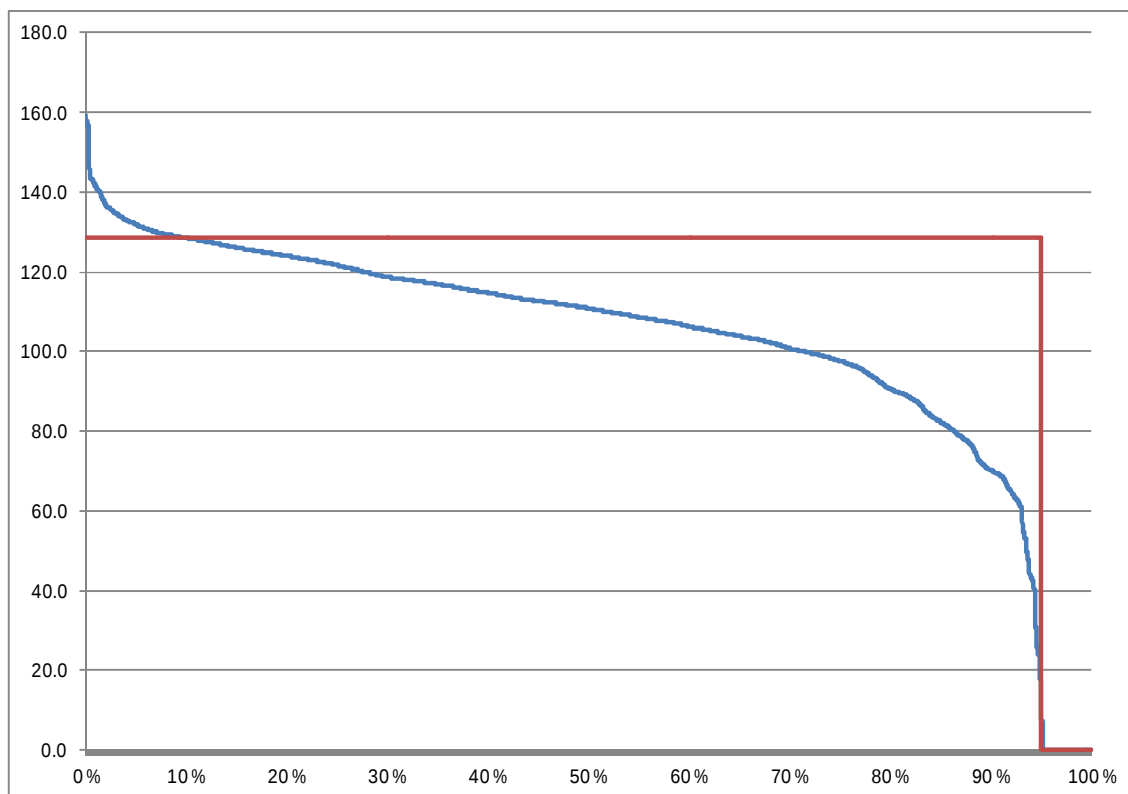


Figure 3. MCR of the recovery boiler from main steam flow duration curve.

Uptime can be defined as those hours where the main steam flow of a recovery boiler has been higher than 10 % of the MCR flow. The definition of MCR and uptime as presented here are standard industry practices.

2.2 Data collection

Recovery boiler emissions were recorded on each mills control system as hourly averages and retrieved to excel form. Stack emission data and some operating parameters such as flow of flue gas ($\text{Nm}^3/\text{s}(\text{dry})$), temperature in the stack ($^{\circ}\text{C}$), $\text{O}_2\%$, SO_2 , NO_x , CO , TRS and dust (mg/Nm^3) were retrieved for study periods. Emission data were retrieved as actual i.e. not corrected to 3 % O_2 . There are also unwanted deviations; devices can malfunction or will record zero as well maximum during calibration or maintenance for several hours with the recovery boiler in operation. For some of the boilers, various boiler operating parameters such as steam flows, black liquor dry solids, black liquor flows etc. were recorded. This data was also stored and retrieved as hourly averages.

2.3 Analysing of the emission data

In Figure 2 the recovery boiler emissions to air are presented as hourly averages for the whole fourteen month period. The emissions are expressed as mg/Nm^3 (dry) and are not corrected to fixed % of O_2 . It can be seen that SO_2 is very unsteady. There is no overall trend. Large peaks seem to appear almost randomly. The NO_x emissions are clearly making a trend and are ranging between maximum and minimum. CO behaves similar to SO_2 . It has some peaks, but mostly CO emission keeps stably in the lower part of the graphic. TRS is not as high as others. Nevertheless some peaks of TRS are visible covering the whole range of the measurement device. The last measured emission is dust. It seems that there are some problems with this emission measurement. Dust emission seems to behave irrationally and it is an clear example of why several dust measurements have not been further considered in this study

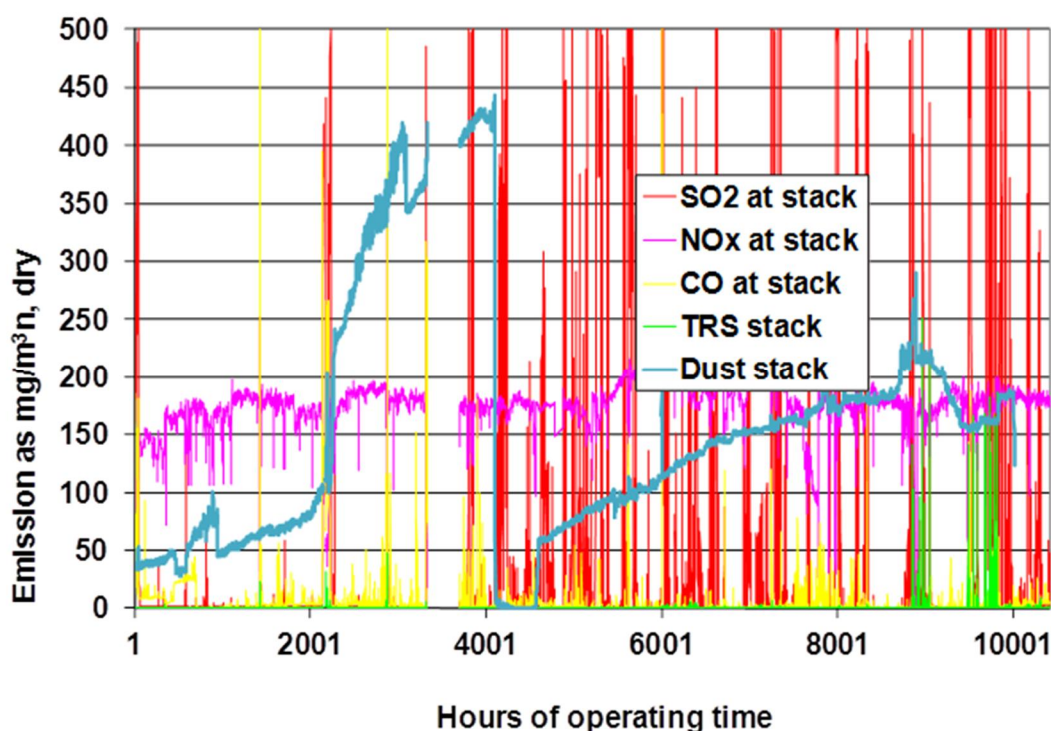


Figure 4. Example emission data of the recovery boiler.

Typically emissions are discussed as averages of long time periods. Even if it is common to see the emission display short time irregularities, such as, large peaks. With different time point of views we can look at emissions from fresh perspectives. Also we can find out how the emission indicators differ if we review them on a daily or on a monthly basis. For this study the emissions have been measured for at least a whole calendar year operating period. Thus, the emissions can be studied from different time scales up to one year.

In addition to retrieved hourly data also daily (calendar day from 0:00 to 24:00) and monthly average data were calculated. For those days that contained hours when the recovery boiler was up an average was calculated. So in theory average calendar day can contain data from one to twenty four hours, but in practice they contain at least fourteen hours. The monthly data contained all the days of that month when the boiler was up. In theory a calendar month can contain data from one to thirty one days, but in practice they all contain at least twenty five days.

2.4 Study of the emissions as a function of the load of the recovery boiler

The emission data are usually presented chronologically. This is not the only way to present emission data. Recovery boiler emissions are a function of many process variables such as temperatures (in many different points of the combustion process), where and how much air is inserted, composition of the black liquor and other operating parameters [Salmenoja, 2009]. Another way to examine the data is to review it as a function of the load of the recovery boiler. The load can be expressed as either steam flow or what was used the flue gas flow, Figure 5.

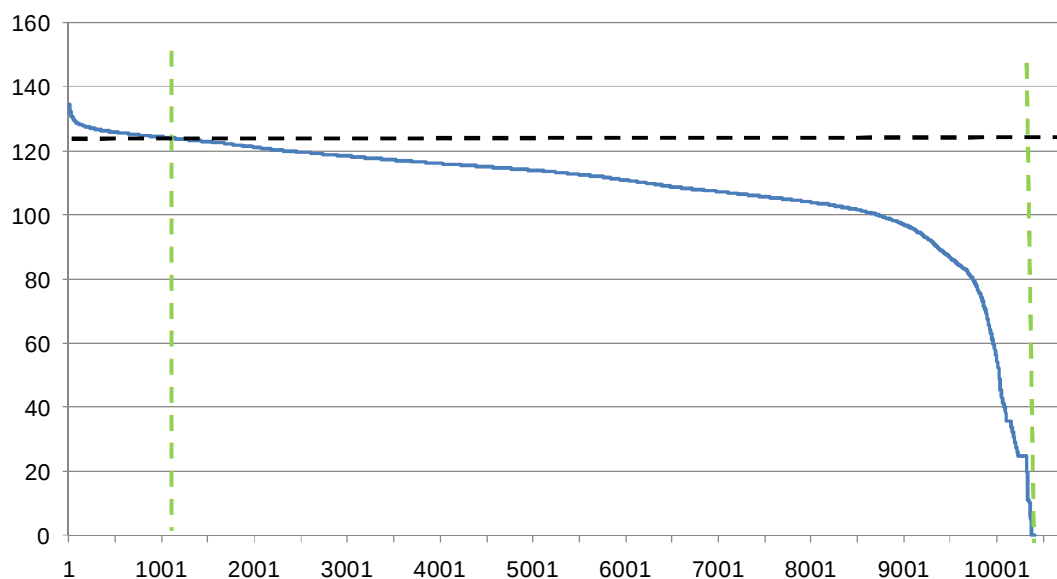


Figure 5. MCR of the recovery boiler from flue gas flow duration curve

2.5 Study of the emissions as durability curves

In emission duration graphics the emission data from boiler uptime is ordered in descending order of magnitude, rather than chronologically. Example of this is shown Figure 6. Black line represents the hourly emissions. More jagged blue line represents daily average emissions. Green line with flat parts represents monthly emissions. It can be seen that different time scales change average hourly emission duration graphs.

Higher averaging time means that peaks are reduced and emission values concentrate more around average value. Yearly average would be a straight line.

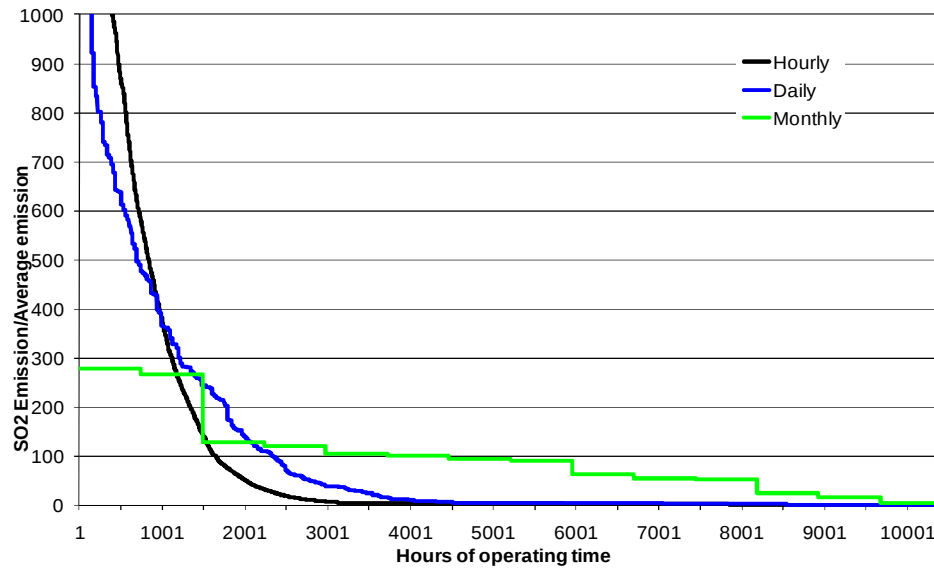


Figure 6. Example recovery boiler SO₂ emission durability distribution by hourly, daily and monthly averages, concentration.

The similar treatment has been given to emissions by flow. Emissions by flow have been calculated by multiplying the hourly average concentration by hourly average flow.

3 Mill A: Recovery boiler

The recovery boiler in question is a large new recovery boiler. The emission data were retrieved from 1.9.2009 to 31.12.2011. The period was sixteen months or 11688 hours. Of that time the recovery boiler was up 11104 hours or 95.0 %

The retrieved emission data were SO₂, NO_x, CO, TRS and dust. Of these, based on mills own opinion, the dust data were left out as the mill had had continuous problems with dust measuring device.

3.1 Operation during measuring time

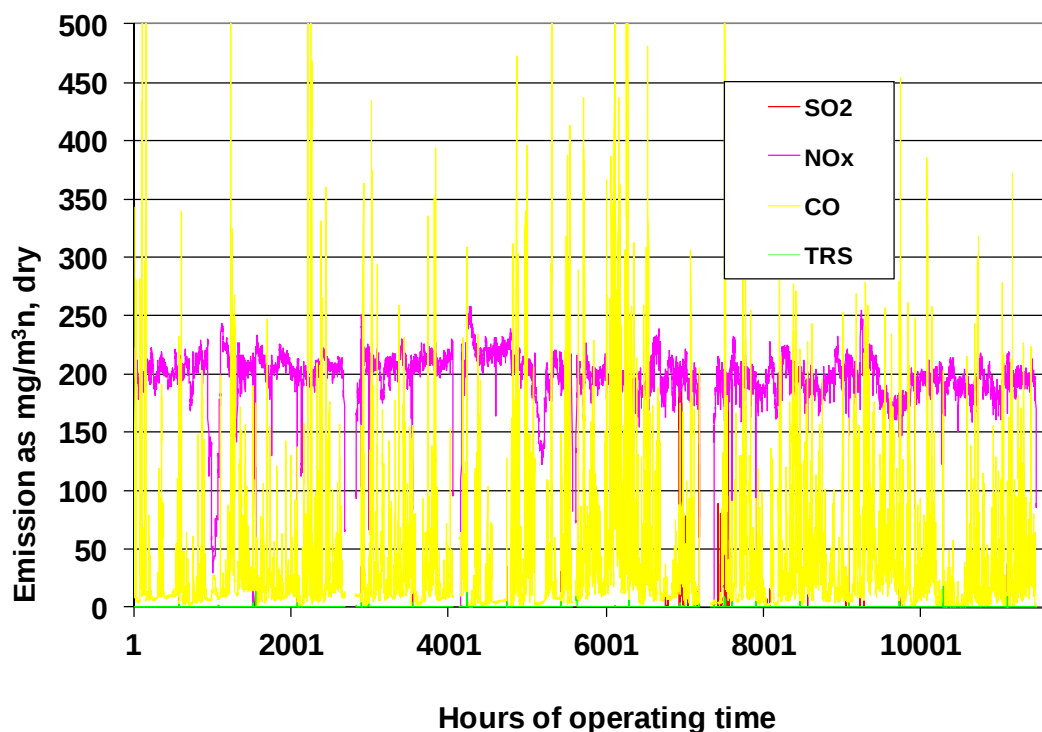


Figure 7. Recovery boiler A emissions by concentration (hourly averages).

As can be seen from Figure 7 the TRS emissions are typically very low, SO₂, peaks very seldom, NO_x varies around rather fixed value and CO keeps peaking regularly. It should be pointed out that typically O₂ is lowered to increase boiler efficiency until the CO starts peaking.

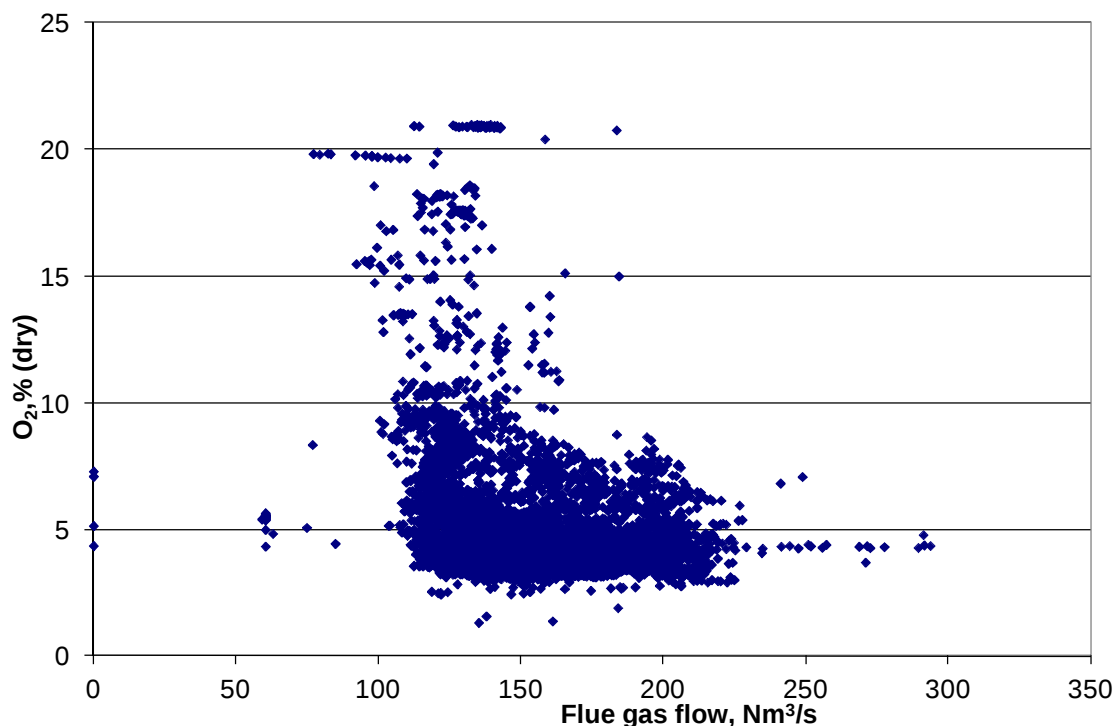


Figure 8. Recovery boiler A O₂-concentration in flue gas versus flue gas flow (hourly averages).

As seen in the Figure 8 the O₂ content in the flue gases is mainly below 5 %. One can observe large number of values around 21 %. Theoretically this would mean that no fuel is fired and recovery boiler produces steam by blowing air through the boiler which is not possible. More relevant explanation is calibration or malfunction of the O₂ measurement device.

It can be observed that keeping the air ratio (=flue gas oxygen content) low all the time has not succeeded. From pure optimum operation point of view it should be preferable to keep O₂ close to 3. In actual operation this does not seem to succeed.

There are very few flue gas flow values below 100 Nm³/s. In practice it is very difficult to operate at much lower than 60 % of recovery boiler MCR load. Smaller loads are mostly during recovery boiler shut-downs or start-ups.

3.2 Stability of operation during measuring time

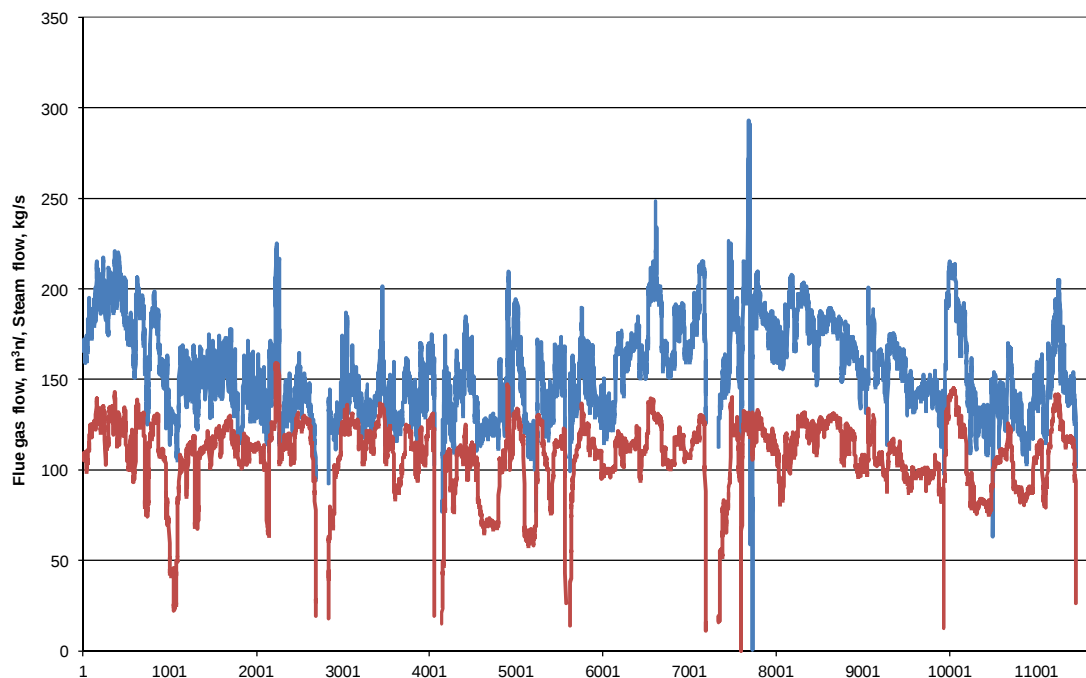


Figure 9. Recovery boiler A main steam and flue gas flow (hourly averages).

Recovery boiler a main steam flow (lower line) can be seen to correspond to flue gas flow (upper line), Figure 9. As seen the Mill A has had to make four large stoppages and roughly the same amount of load decreases to accommodate operating and maintenance demands. But overall the load of the recovery boiler has been stable.

One should note the abrupt swings in flue gas flow around 7700 hours first up to close of 300 m³/h and then to almost zero during two days while e.g. steam flow, NO_x and O₂ remain fairly stable. This incident was classified as flue gas flow measurement malfunction.

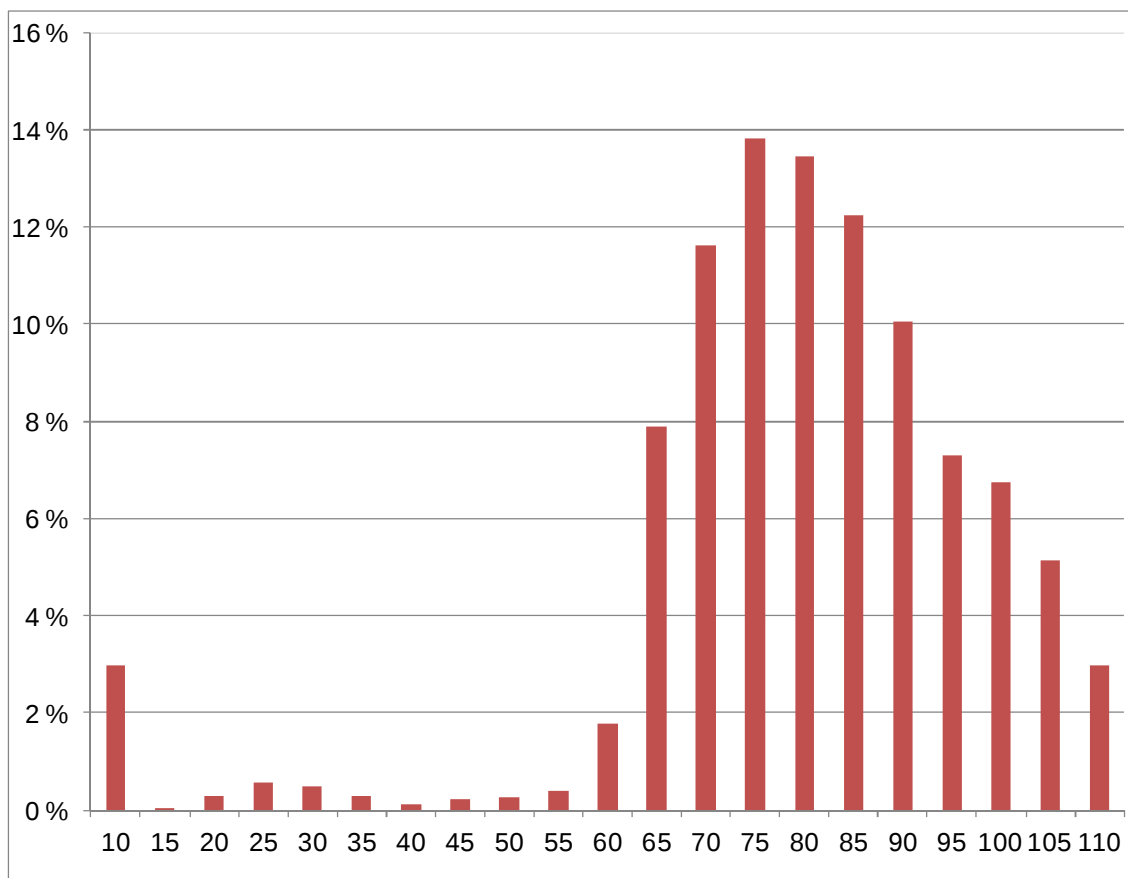


Figure 10. Recovery boiler A flue gas flow frequency curve (hourly averages).

As seen in Figure 9 practically all operation is done above 60 % of MCR flue gas flow. The flue gas flow data is a bit skewed but otherwise it corresponds to a bell curve with some randomly distributed flows during start-up and shutdown. The peak in <10 % data (~3 %) is the boiler operating with fossil fuel during start-up and shut-down.

3.3 Emission durability curves

The retrieved hourly averages emission values as concentration from boiler uptime were arranged as durability curves. These durability curves were done based on hourly, daily and monthly data. The curves are shown not as absolute values but as differences to averages for uptime hours for the whole period. Following each durability curve there is an emission frequency chart.

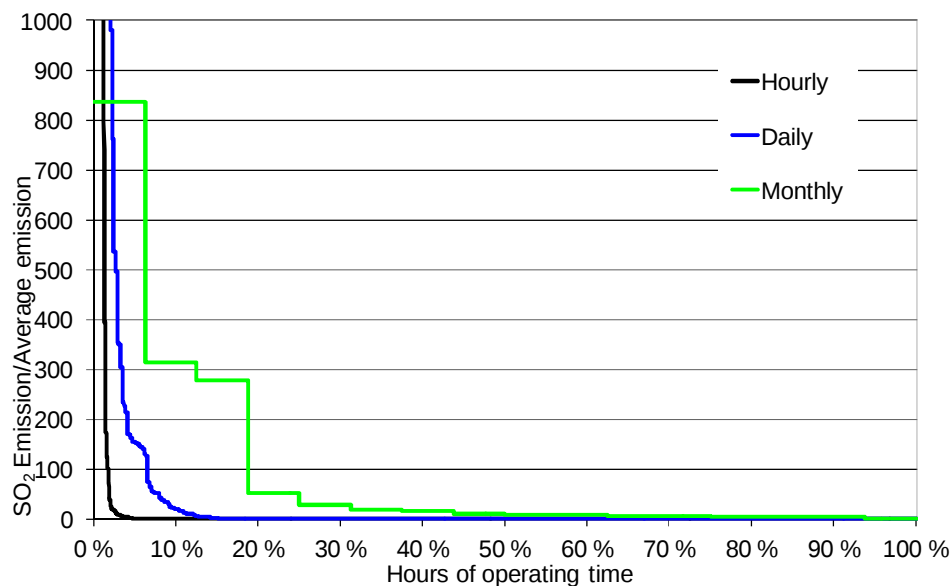


Figure 11. Recovery boiler A SO₂-durability curve, concentration.

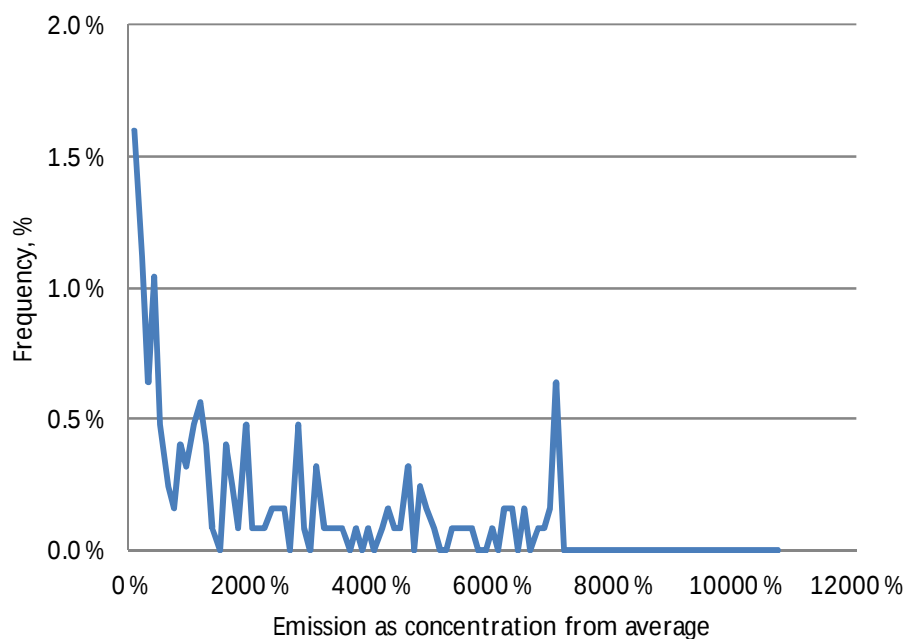


Figure 12. Recovery boiler A SO₂-emission frequency curve, concentration.

One notices on SO₂ curve that it has only a few months (three) higher than average. It has 6.6 % days and 1.8 % hours higher than average. One can see from the frequency curve that apart from high frequency below 200 % there is a peak close to 7000 %. This is because the maximum measured (recorded) value is 7000 %. It is difficult to have measurements that accurately reflect small typical values and record extreme peaks.

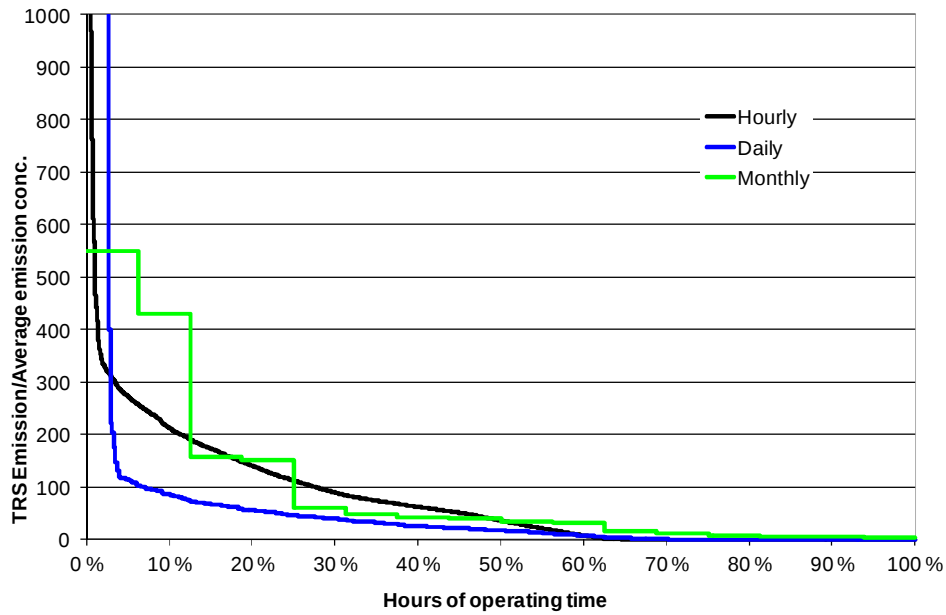


Figure 13. Recovery boiler A TRS-durability curve, concentration.

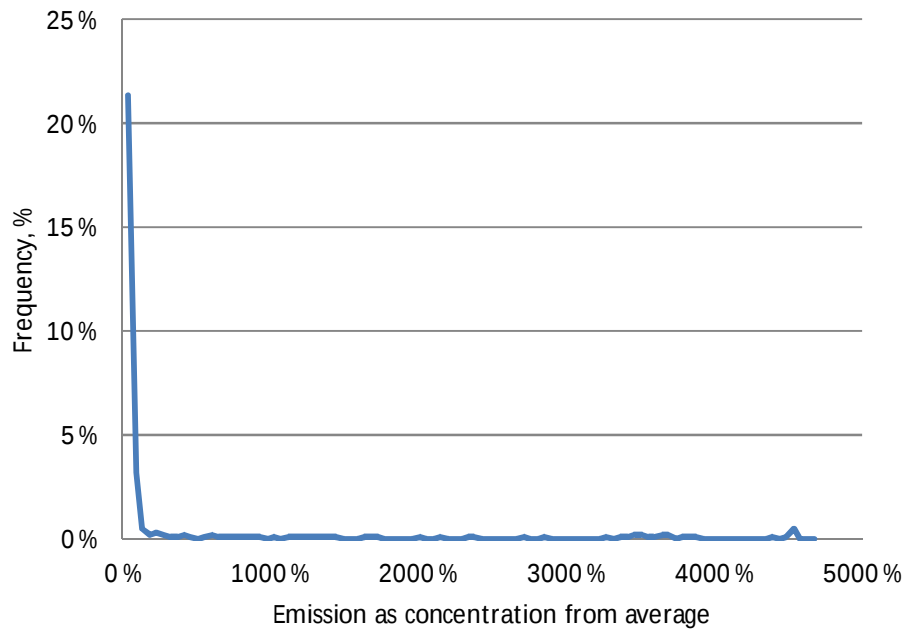


Figure 14. Recovery boiler A TRS- emission frequency curve, concentration.

The TRS behaves similarly to SO_2 . The upper range of TRS measurement is $\sim 4700\%$. But practically all the measurements are at lower edge of range with average value below the measurement error. There are four months above average, 7 % of hours and 27 % of days above average.

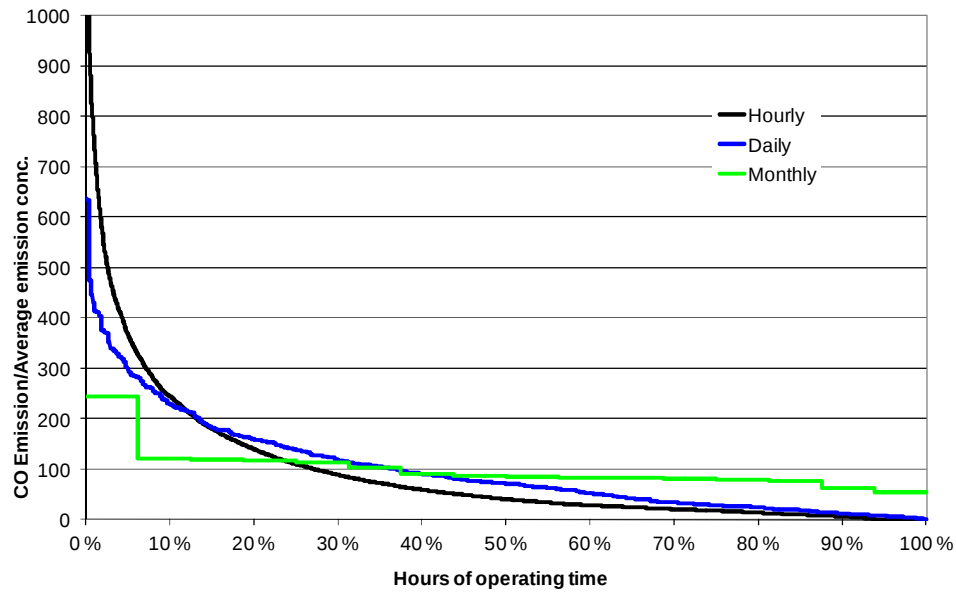


Figure 15. Recovery boiler A CO-durability curve, concentration.

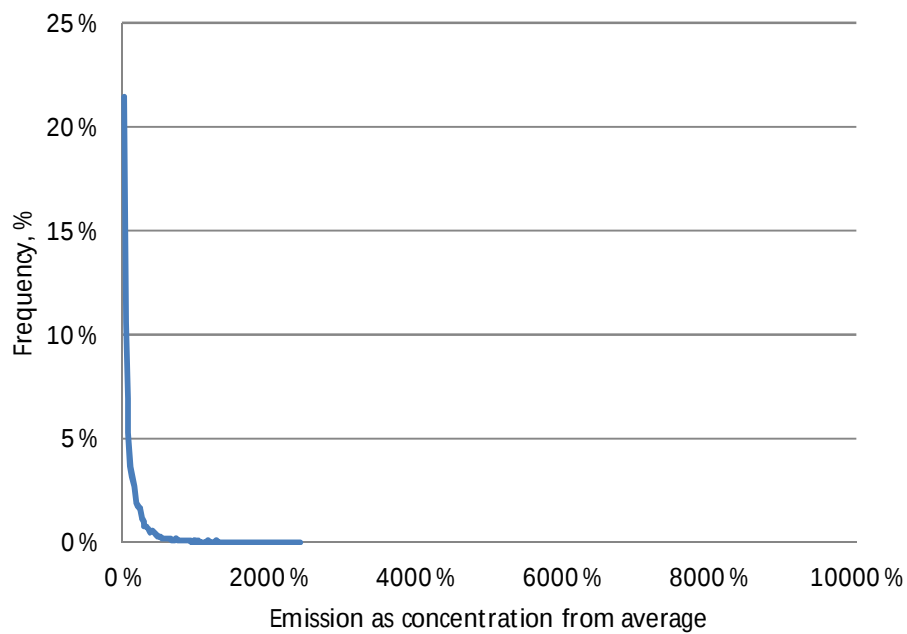


Figure 16. Recovery boiler A CO- emission frequency curve, concentration.

CO shows much more regular peaking behaviour with most of the values below 200 %. There is practically only one month above average. Days and hours are roughly equal.

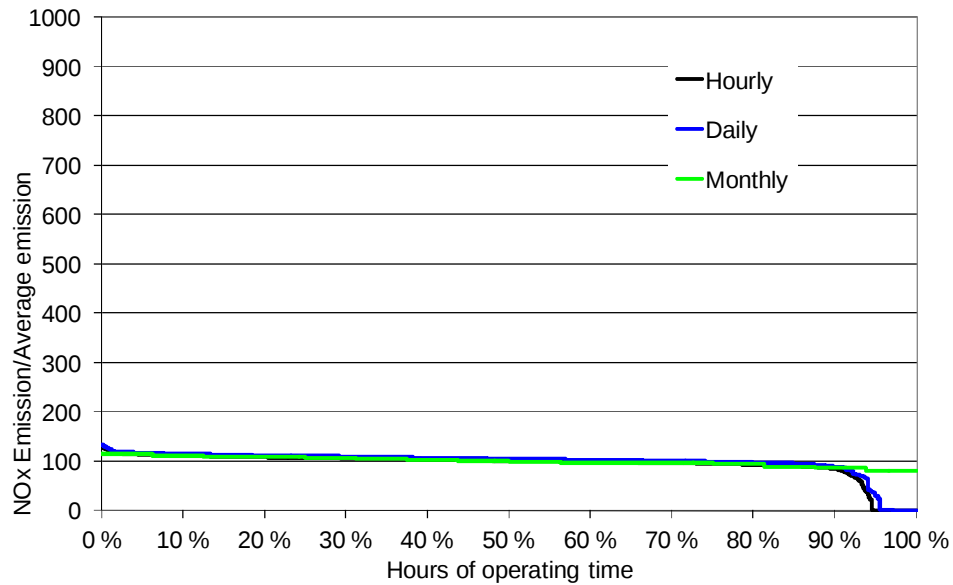


Figure 17. Recovery boiler A NO_x-durability curve, concentration.

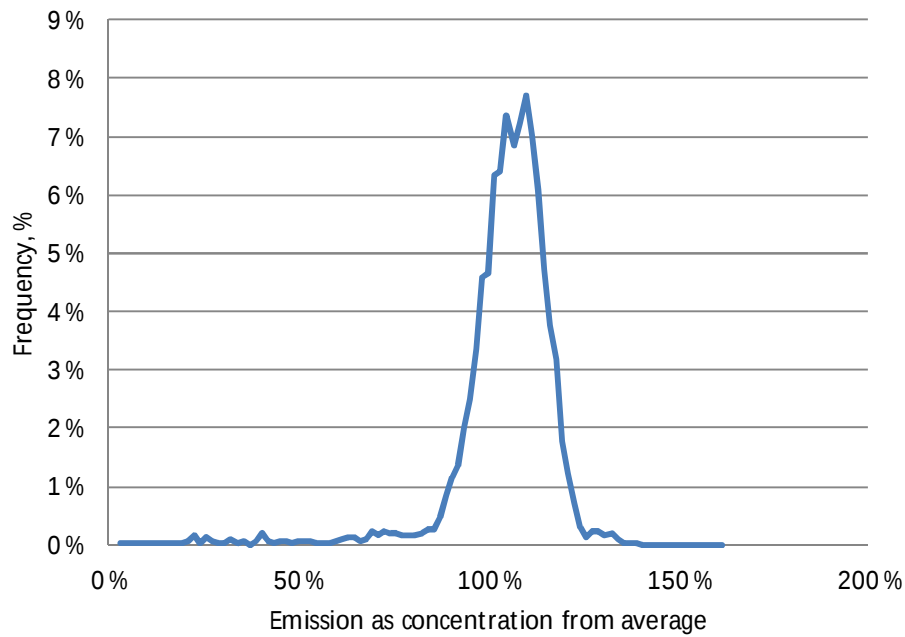


Figure 18. Recovery boiler A NO_x - emission frequency curve, concentration.

NO_x behaves close to a bell curve with values distributed around average. The distribution of hourly, daily and monthly values does not differ much. NO_x is the only emission which varies with bell shape around one average value.

3.4 Emission as function of load

The recovery boiler emission values were organized to classes based on the flue gas flow and emission averages for each of these classes were calculated. The results are shown in Figure 19.

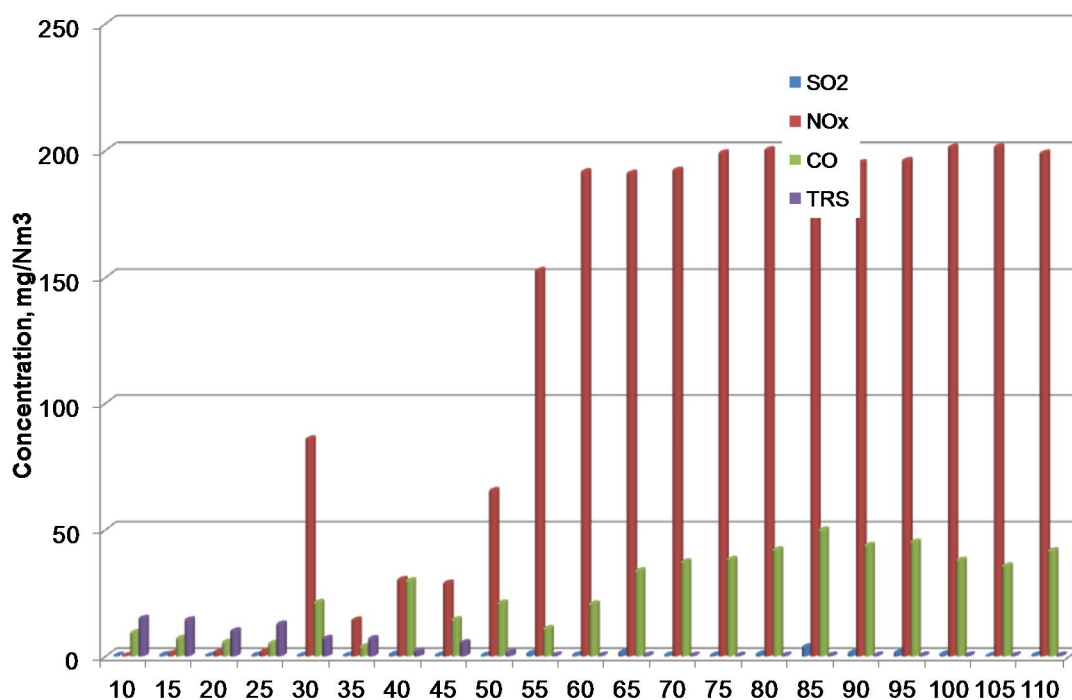


Figure 19. Emission data as class averages (mg/m³n) organized by recovery boiler load to classes based on flue gas flow.

The emissions do change when we dilute them with air. So based on retrieved oxygen content the emission data were corrected for changes in flue gas oxygen content. The resulting data are shown in Figure 19. It should be pointed out that for low loads not as many data points are used for averages as for higher loads. So validity of emission versus load is weak below 60 % with only about 7 % of data points.

It should be pointed out that the emissions in Figure 19 are corrected to 3 % O₂. In Figure 20 the same emissions are shown as not corrected to 3 % O₂.

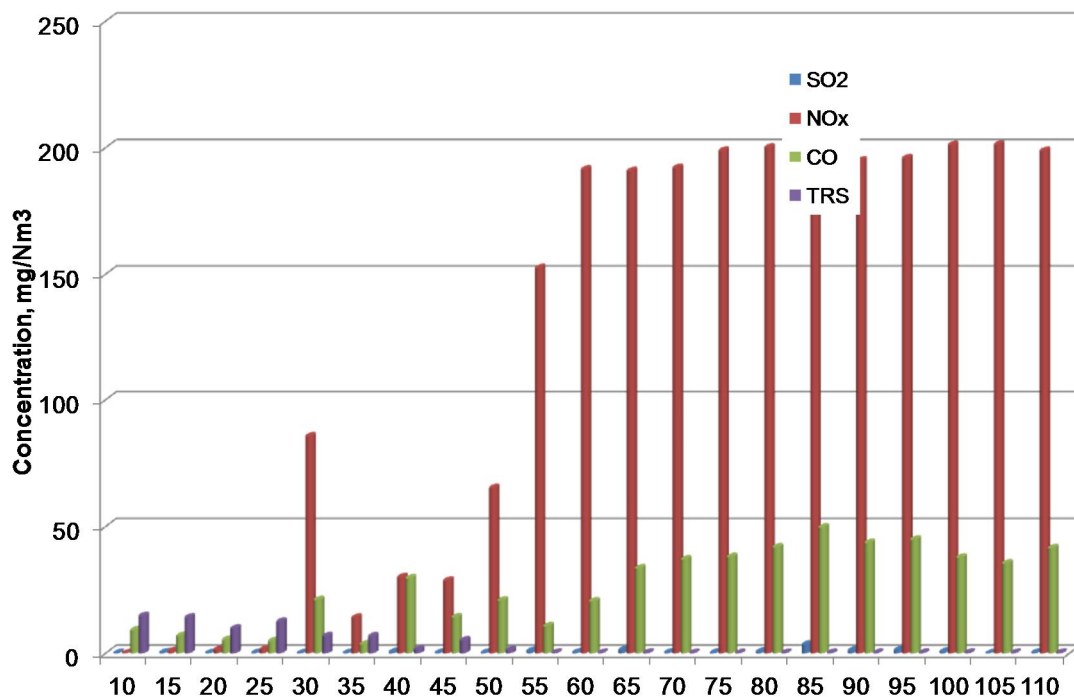


Figure 20. Emission data as class averages (mg/m³n, uncorrected to 3 % O₂) organized by recovery boiler load.

We notice from both sets of data that there are two operating regimes. Above 60 % the boiler is run almost all the time with black liquor firing only. Below 60 % the natural gas firing dominates as seen from NO_x values.

Whether we correct the emissions or not they seem approximately equal. The reason for it is that the needed correction is below 10 % as long as the O₂ level is between 1.2 and 4.8 % in dry gases. From Figure 8 we note that O₂ is not dependent on the load.

4 Mill B: Recovery boiler

The recovery boiler in question is a large recovery boiler. The emission data were retrieved from 2.1.2007 to 1.4.2008. The period was fifteen months or 10926 hours. Of that time the recovery boiler was up 10634 hours or 97.4 %

The retrieved emission data were SO₂, NO_x, CO, TRS and dust. Of these the dust data were left out as the dust emission clearly didn't follow any known trends. Obviously the mill had problems with the dust measuring device.

4.1 Operation during measuring time

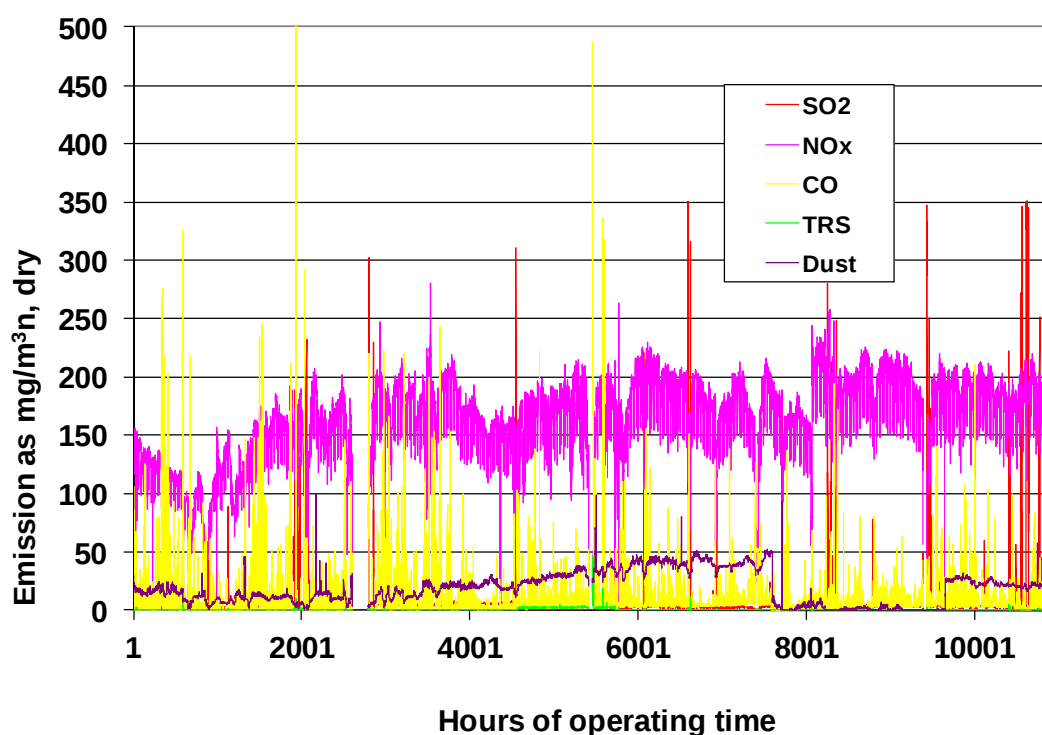


Figure 21. Recovery boiler B emissions by concentration (hourly averages).

As can be seen from Figure 21 the TRS emissions are typically very low, SO₂, peaks seldom, NO_x varies around rather fixed value and CO keeps peaking regularly. It should be pointed out that typically O₂ is lowered to increase boiler efficiency until the CO starts peaking.

As can be seen the dust is low the first about 4000 hours, then starts climbing. It reaches double the value at about 7000 hours. Then it is practically zero for more than 2000 hours after which it again starts to behave normally. The dust emission data was deemed not to be fit for processing.

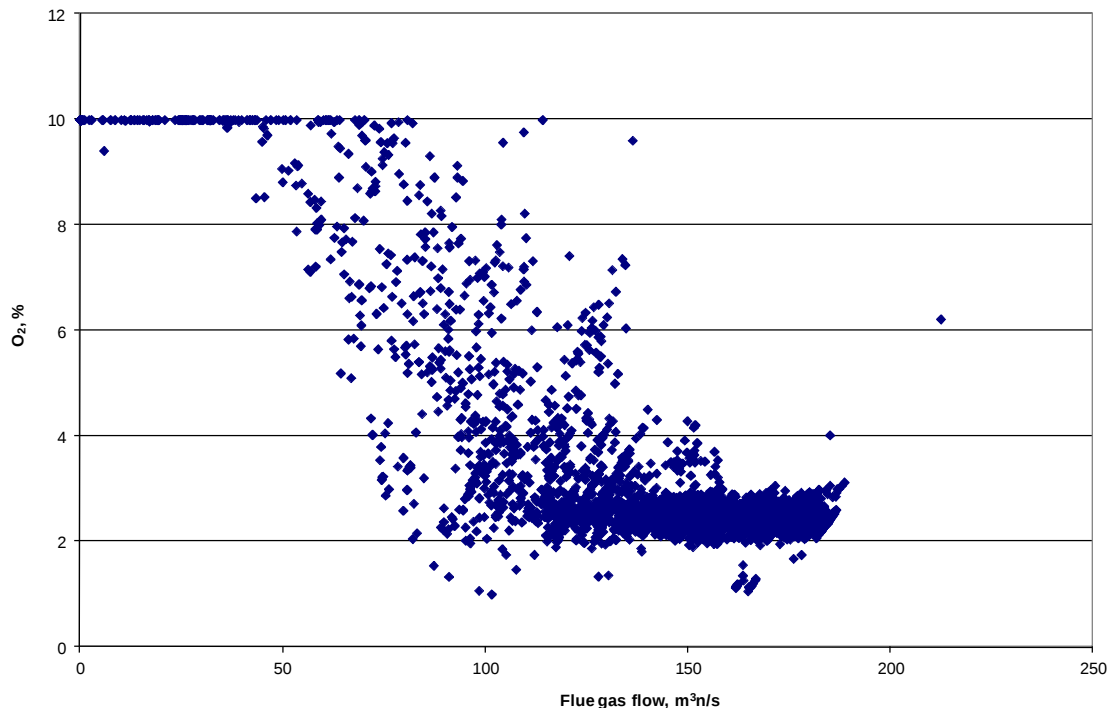


Figure 22. Recovery boiler B O₂-concentration in flue gas versus flue gas flow (hourly averages).

As seen in Figure 22 the flue gas oxygen concentration tends to increase when the flow is less than about 130 m³n/s. Below about 70 m³n/s the oxygen content hits the recording maximum 10 %.

4.2 Stability of operation during measuring time

Recovery boiler main steam flow (lower line) can be seen to correspond to flue gas flow (upper line) in Figure 23. As seen the Mill B has had to make two large stoppages and roughly a dozen load decreases to accommodate operating and maintenance demands. But overall the load of the recovery boiler has been fairly stable except a decline at the end of the period.

One should note the abrupt downward swings in steam and flue gas flow. Even though during several of more than 24 hour incidents the steam generation stays above 20 kg/s but the flue gas flow hits long periods of zero. This kind of behaviour can be considered as malfunction of the flue gas flow measurement.

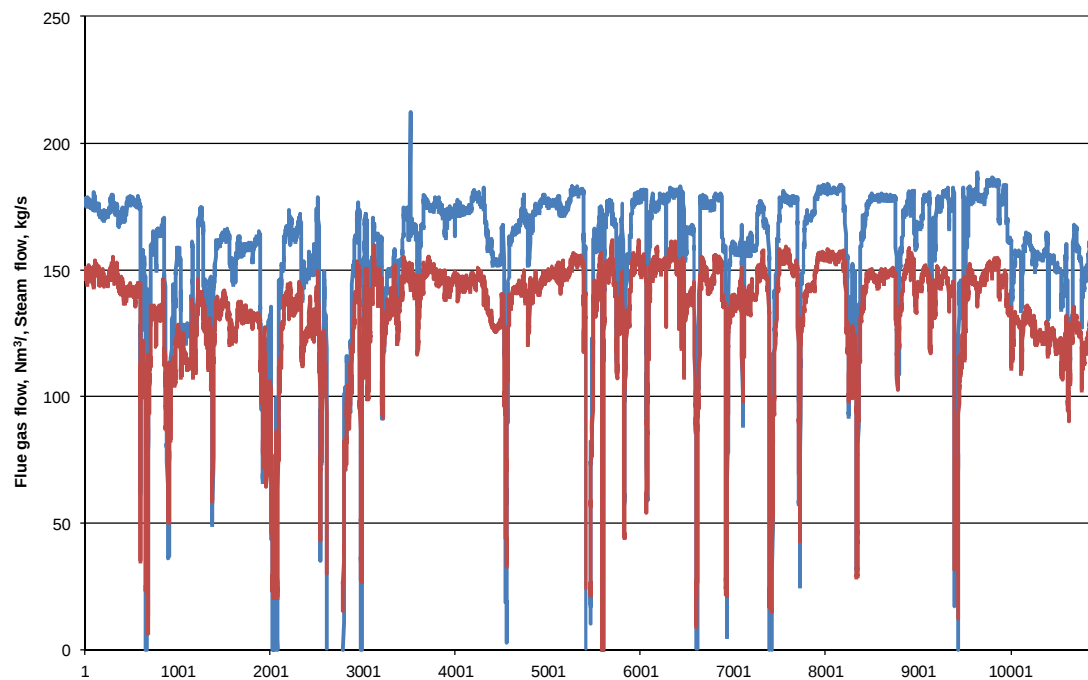


Figure 23. Recovery boiler C steam and flue gas flow (hourly averages).

As seen most of the time the recovery boiler has been operating between 100 to 160 kg/s and 100 to 180 m³n/s.

4.3 Emission durability curves

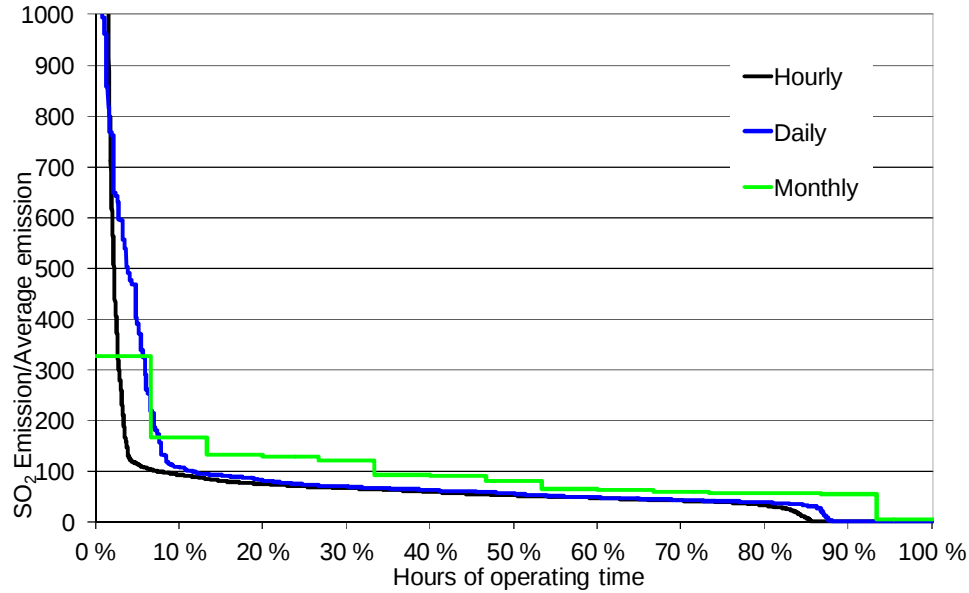


Figure 24. Recovery boiler B SO₂-durability concentration, curve.

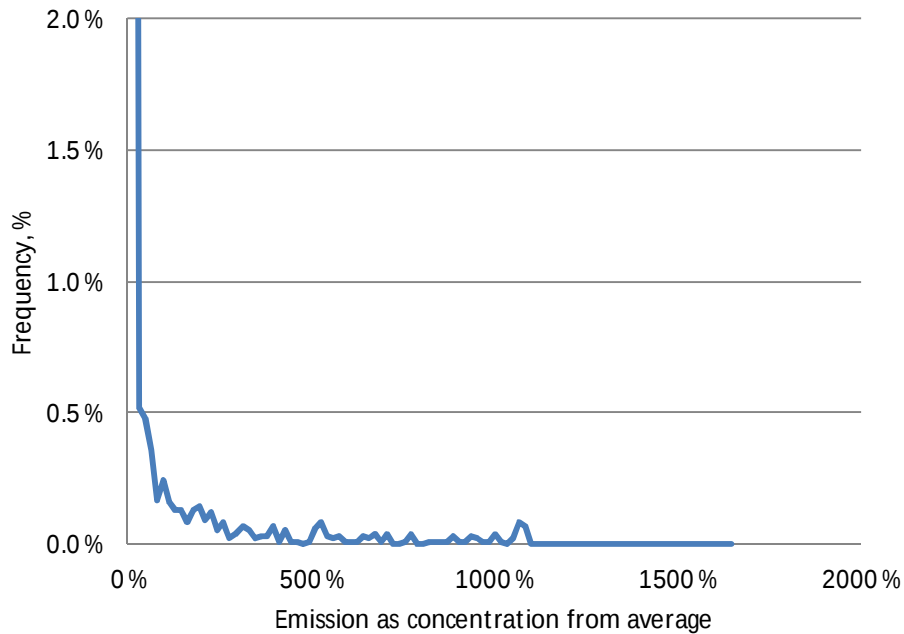


Figure 25. Recovery boiler B SO₂ - emission frequency curve, concentration.

The SO₂ peaks around 5 % of time and maintains few mg/m³n concentration the rest of the time. The 100 % concentration is still within the error margin of the measuring device. The peak around 1000 % represents the upper range of measurements.

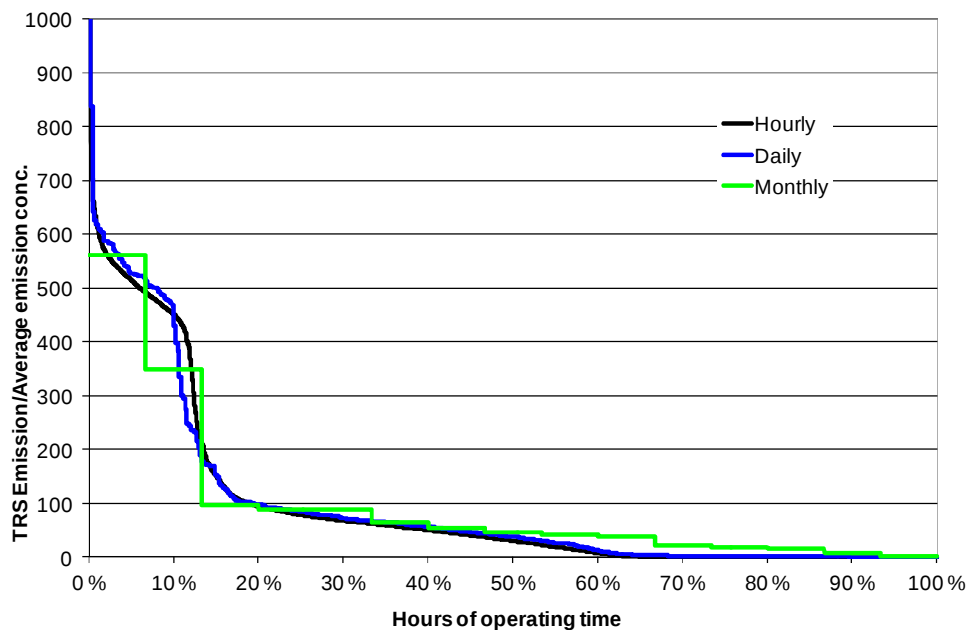


Figure 26. Recovery boiler B TRS-durability concentration, curve.

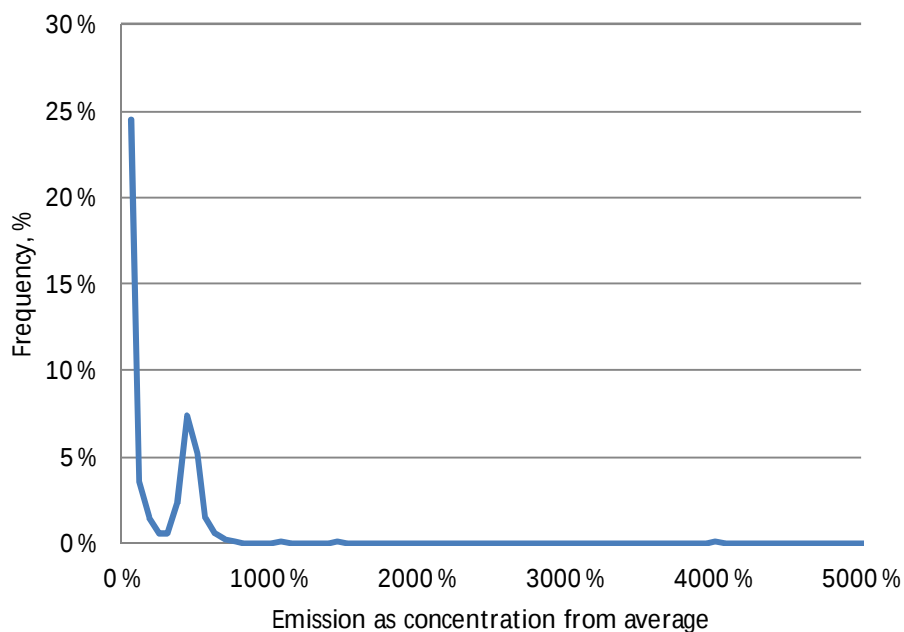


Figure 27. Recovery boiler B TRS - emission frequency curve, concentration.

TRS shows similar behaviour to SO_2 . The average is below one mg/m^3 concentration. The second peak can be explained by this. The second peak shows as a bump around 500 % in the frequency curve, Figure 27. The data shows again the problems associated with operation around the lowest measuring range during most of the operation.

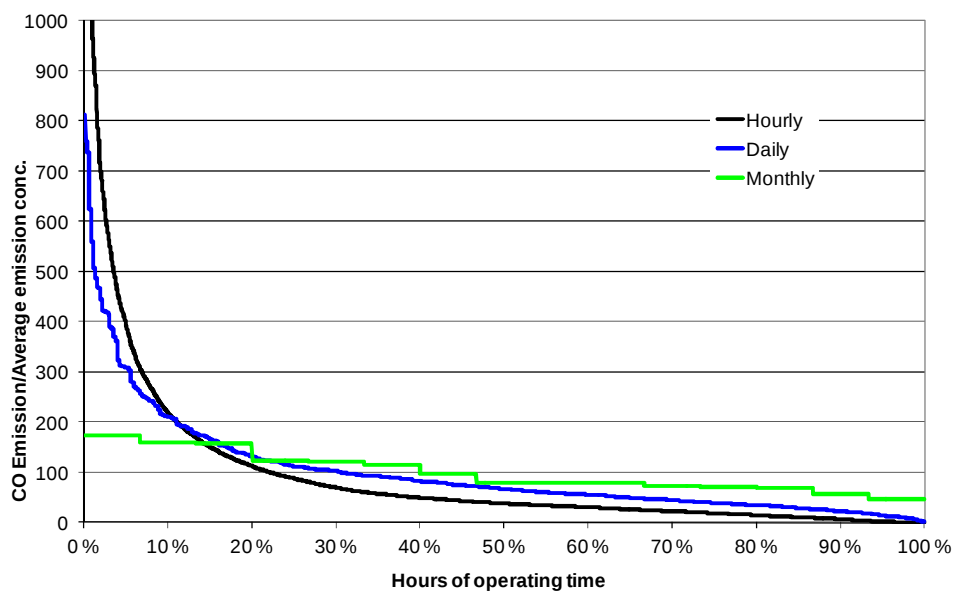


Figure 28. Recovery boiler B CO-durability concentration, curve.

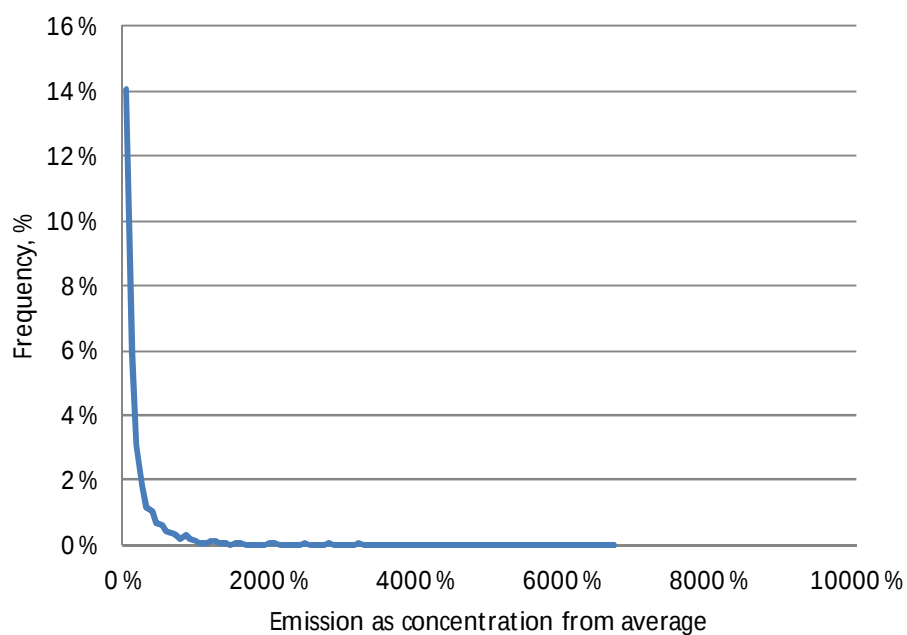


Figure 29. Recovery boiler B CO - emission frequency curve, concentration.

CO exhibits similar behaviour to SO₂ and TRS.

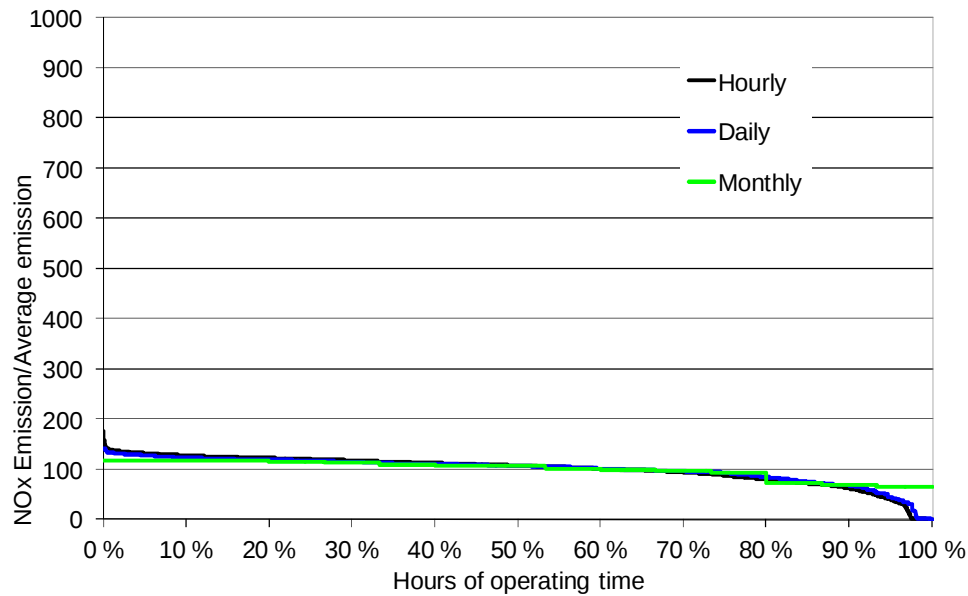


Figure 30. Recovery boiler B NO_x-durability concentration, curve.

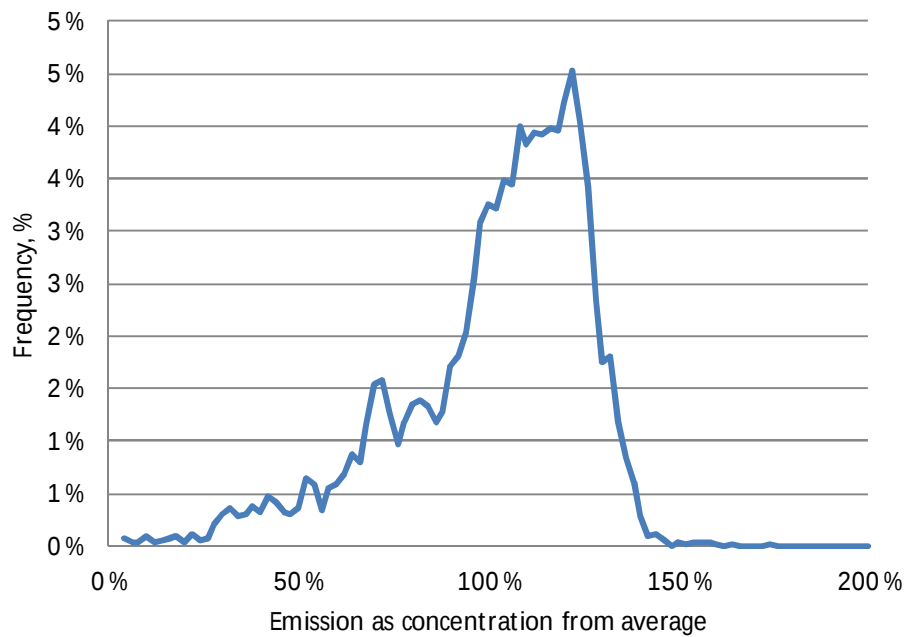


Figure 31. Recovery boiler B NO_x - emission frequency curve, concentration.

NO_x emission is showing bell shape behaviour. It is slanted towards higher values because at the beginning of measuring period the NO_x was lower for bit more than 1000 hours.

4.4 Emission as function of load

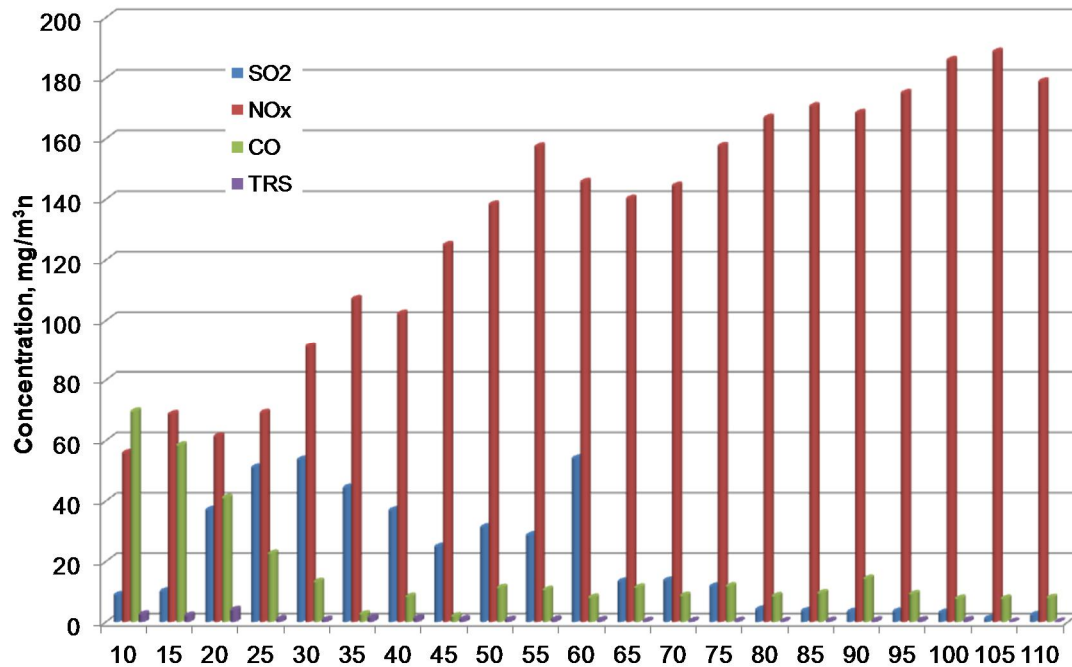


Figure 32. Emission data as class averages (mg/m³n) organized by recovery boiler flue gas load.

One can clearly see that the lower the load the higher is SO₂. Decrease in NO_x is not real but is caused by the higher O₂ at loads below 85 %. Note that in the largest two categories >110 % and 110%-105% there are only a few datapoints.

5 Mill C: Recovery boiler

The recovery boiler in question is a large recovery boiler. The emission data were retrieved from 1.1.2007 to 10.3.2008. The period was fourteen months or 10416 hours. Of that time the recovery boiler was up 10159 hours or 97.5 %

The retrieved emission data were SO₂, NO_x, CO, TRS and dust. Of these the dust data were left out as the dust emission clearly didn't follow any known trends. Obviously the mill had problems with the dust measuring device.

5.1 Operation during measuring time

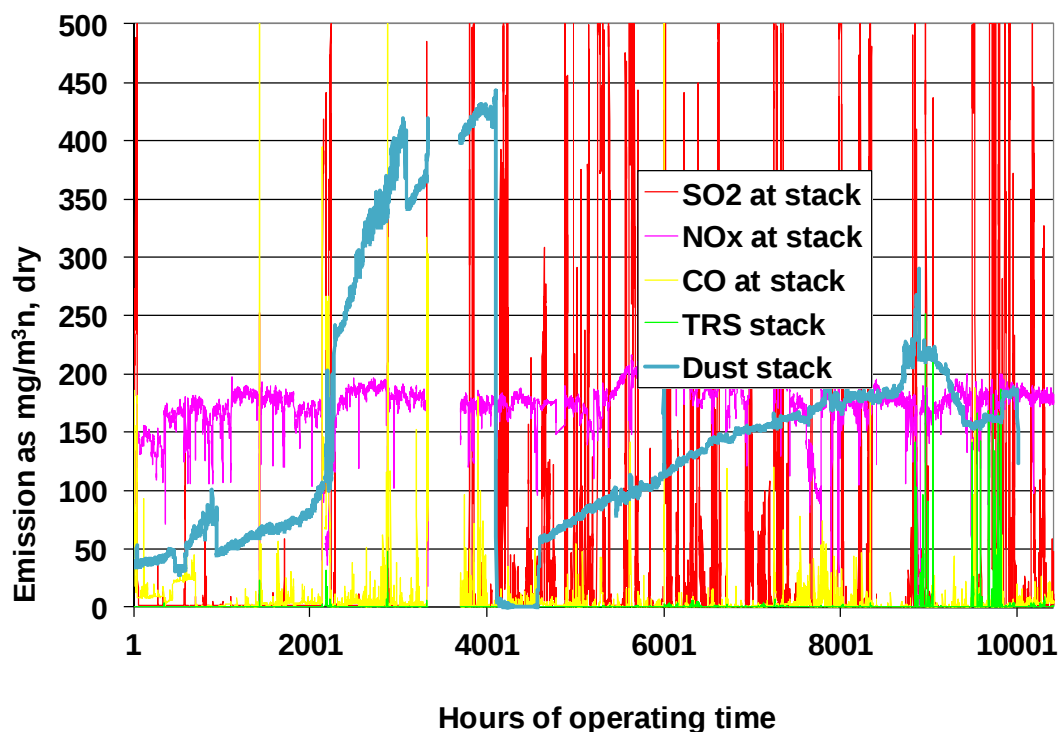


Figure 33. Recovery boiler C emissions by concentration (hourly averages).

As can be seen from Figure 33 the TRS emissions are live and exhibit regular peaking. Similarly SO₂, peaks especially during the latter two thirds of the recorded period, NO_x varies around rather fixed value between 150 and 200 mg/m³n. CO keeps peaking regularly. It should be pointed out that typically O₂ is lowered to increase boiler efficiency until the CO starts peaking.

As can be seen the dust is low the first about 2000 hours, then starts climbing. It reaches very high value at about 400 hours. Then it is practically zero for about 500 hours after which it claims again and starts to behave normally. The dust emission data was deemed not to be fit for processing.

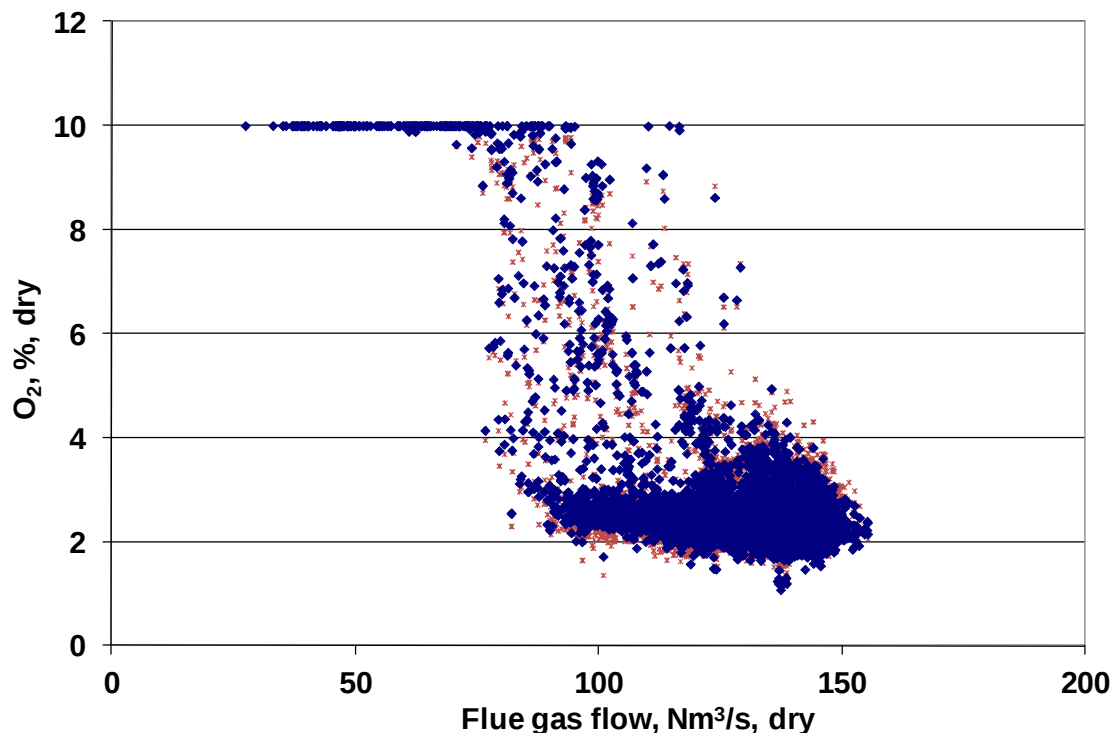


Figure 34. Recovery boiler C O₂-concentration in flue gas versus flue gas flow (hourly averages).

As seen in Figure 34 the flue gas oxygen concentration tends to increase when the flow is less than about 130 m³n/s. Below about 80 m³n/s the oxygen content hits the recording maximum 10 %.

5.2 Stability of operation during measuring time

Recovery boiler a main steam flow (Figure 35, lower line) can be seen to correspond to flue gas flow (upper line). As seen the Mill C has had to make one short and one large stoppage and roughly twenty large load decreases to accommodate operating and maintenance demands. But overall the load of the recovery boiler has been fairly stable except a decline at the end of the period.

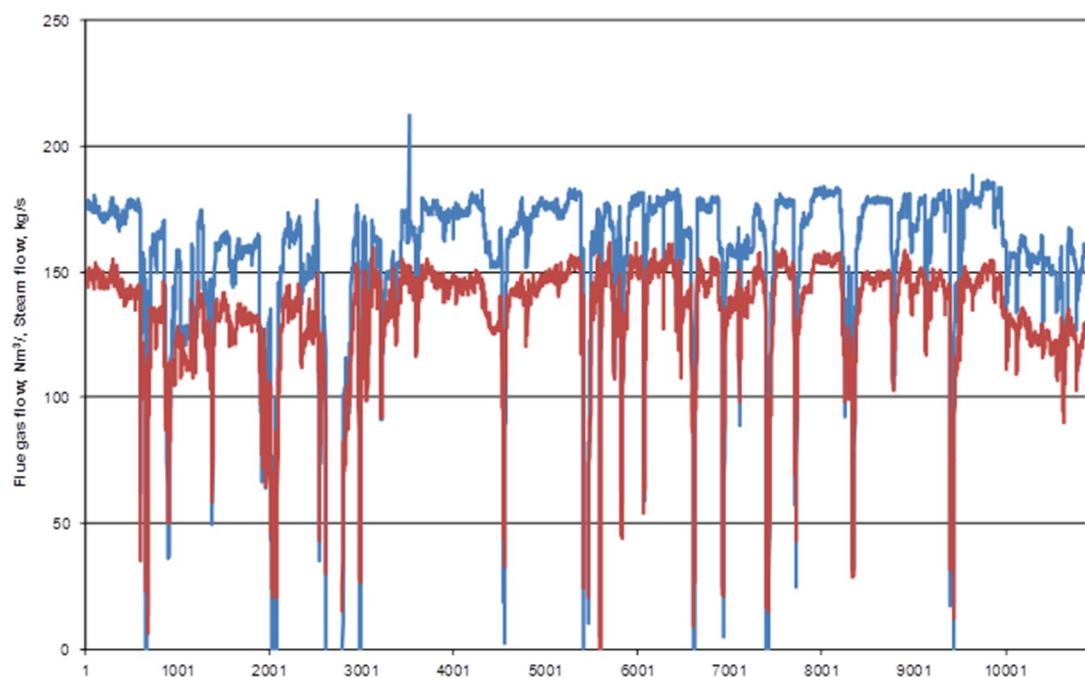


Figure 35. Recovery boiler C steam and flue gas flow (hourly averages).

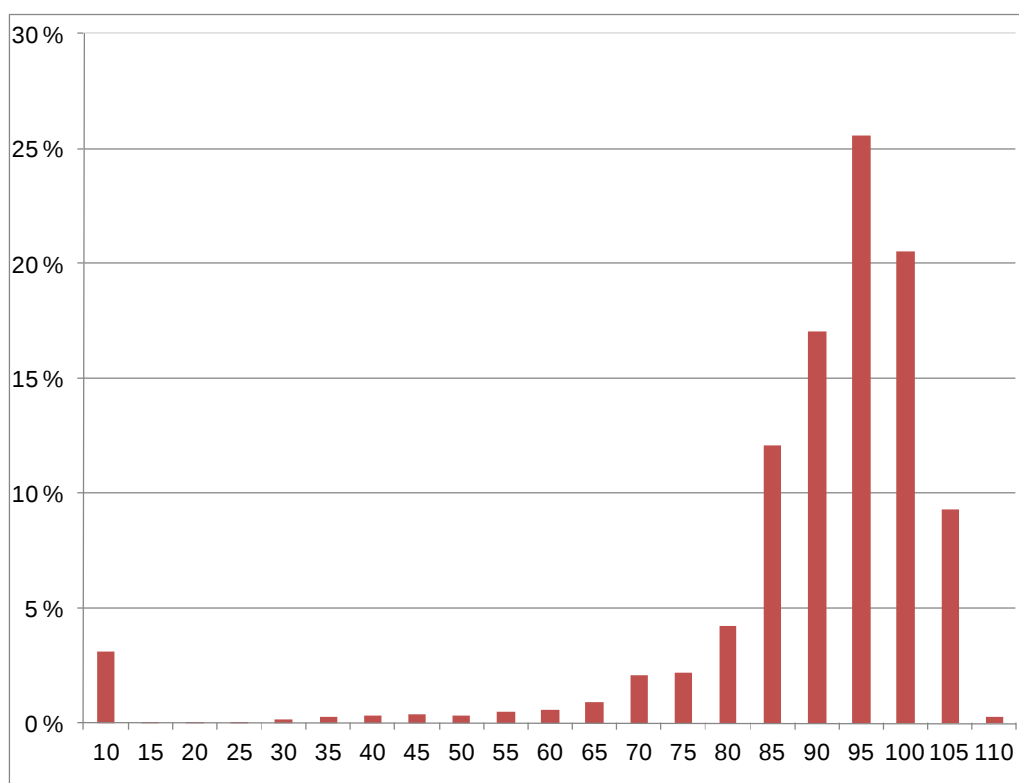


Figure 36. Recovery boiler C frequency of flue gas flow (hourly averages).

In Figure 36 we can see that boiler C operates very steadily. The flue gas flow frequency curve is almost a bell shaped curve.

5.3 Emission durability curves

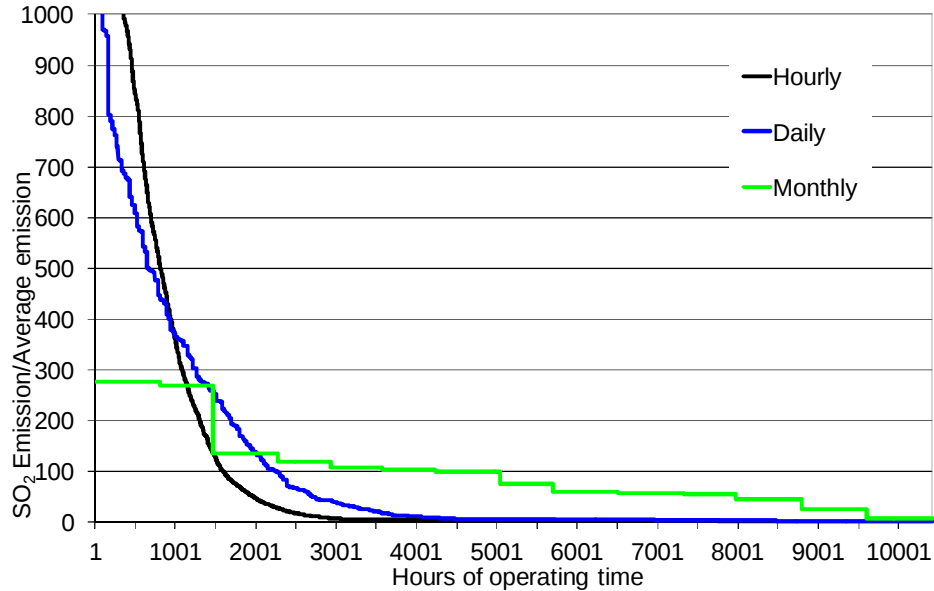


Figure 37. Recovery boiler C SO₂-durability concentration, curve.

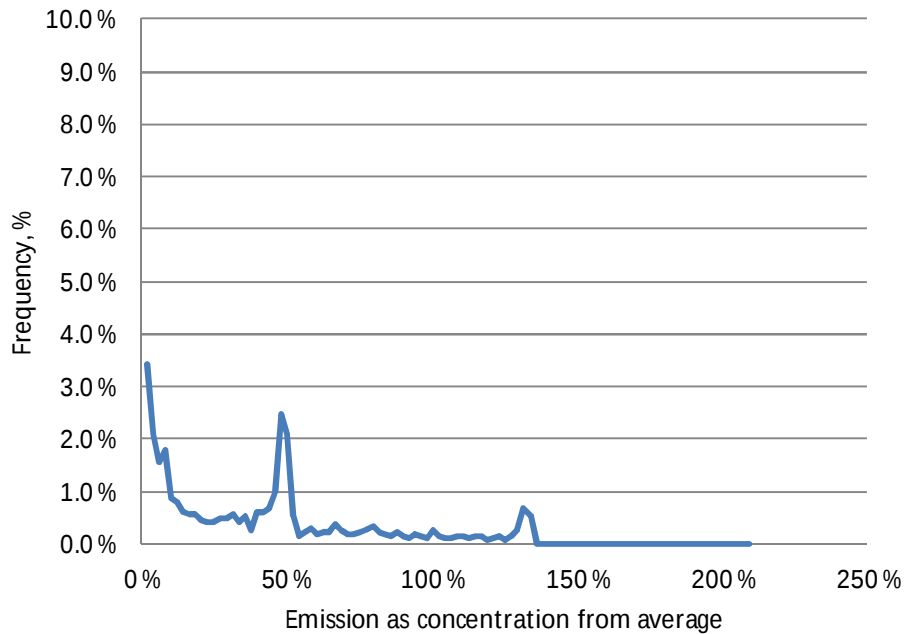


Figure 38. Recovery boiler C SO₂ - emission frequency curve, concentration.

The SO₂ peaks around 20 % of time and is below five mg/m³ concentration the rest of the time. The 100 % concentration is still within the error margin of measuring device.

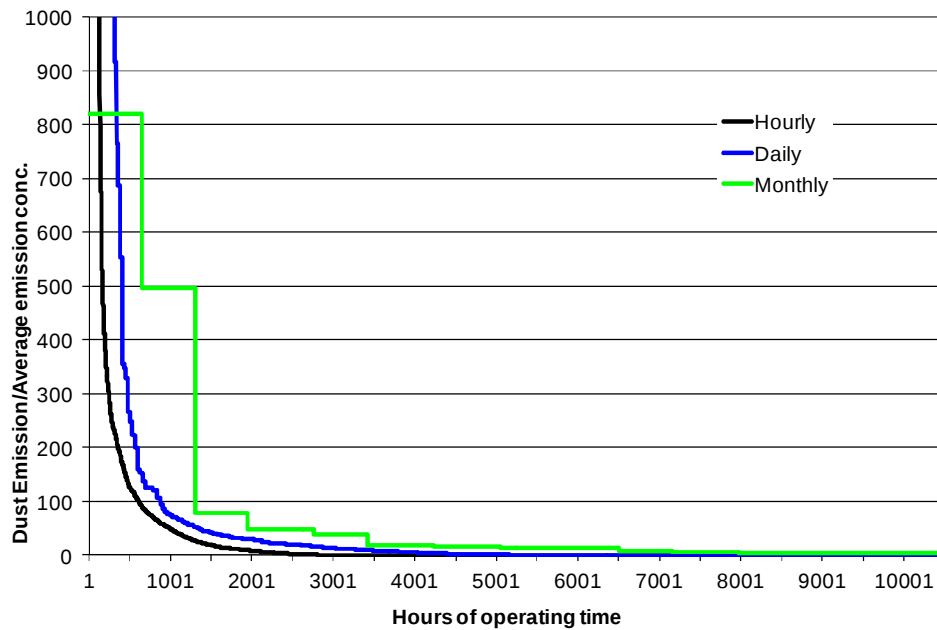


Figure 39. Recovery boiler C TRS-durability concentration, curve.

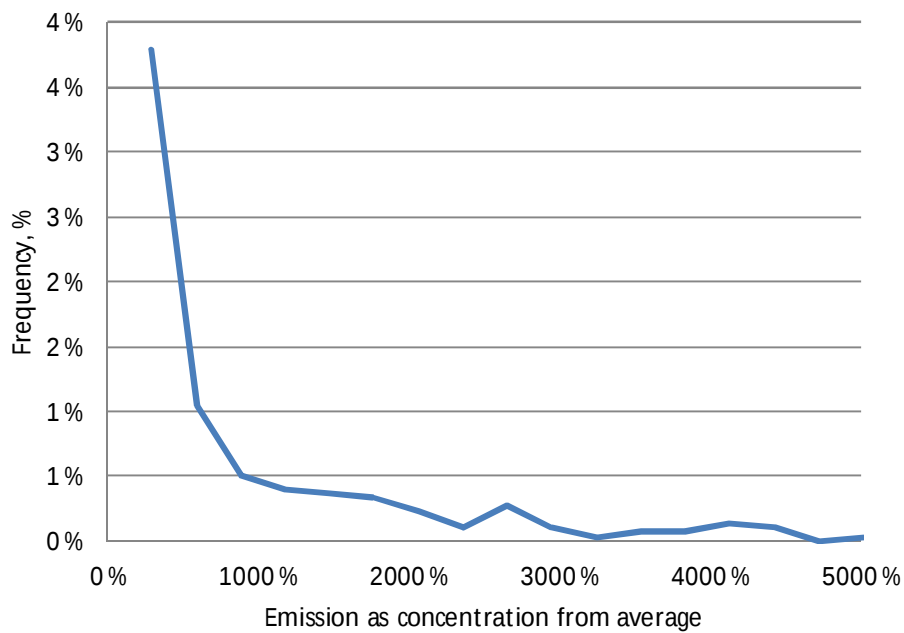


Figure 40. Recovery boiler C TRS - emission frequency curve, concentration.

TRS shows similar behaviour to SO_2 . The average is below one mg/m^3 concentration.

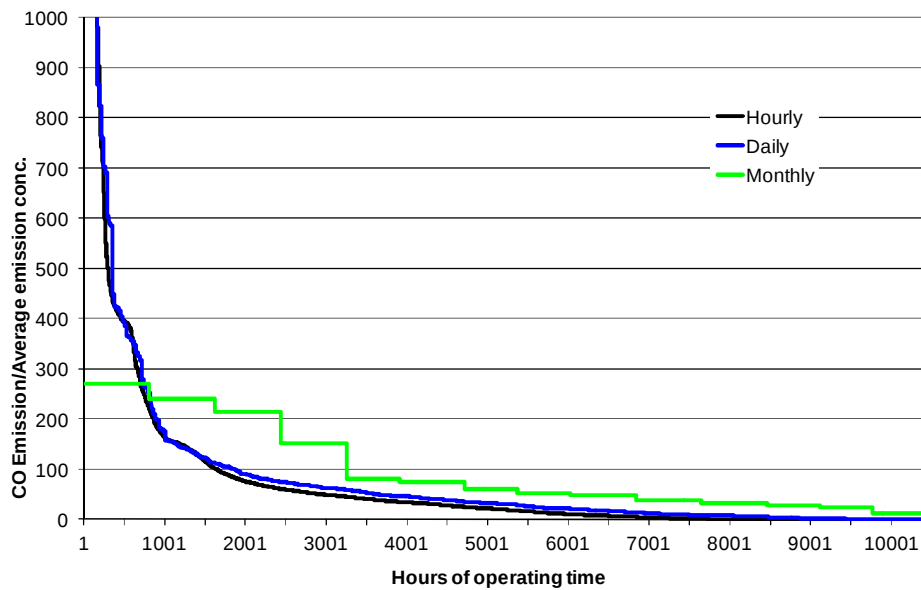


Figure 41. Recovery boiler C CO-durability concentration, curve.

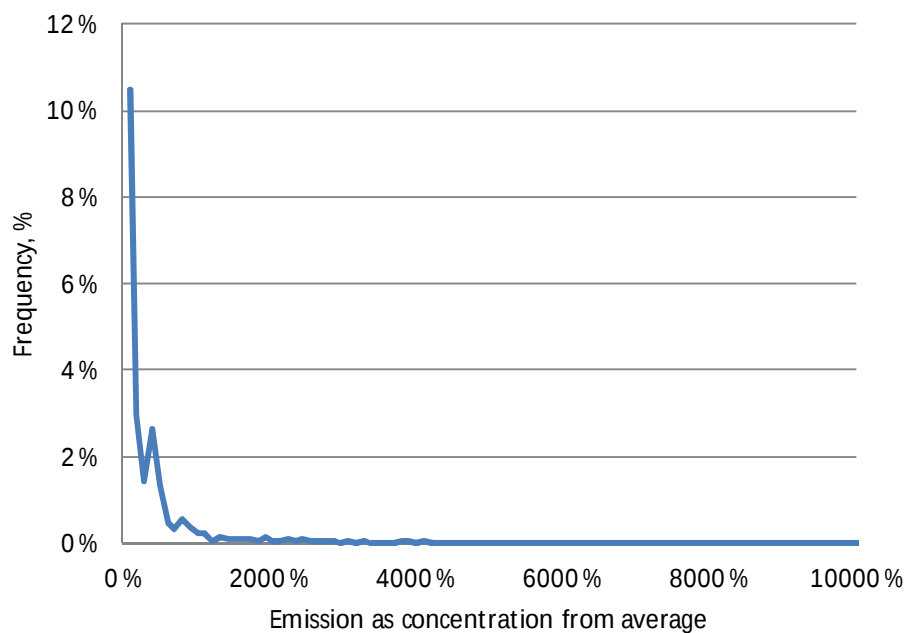


Figure 42. Recovery boiler C CO - emission frequency curve, concentration.

CO exhibits similar behaviour to SO_2 and TRS.

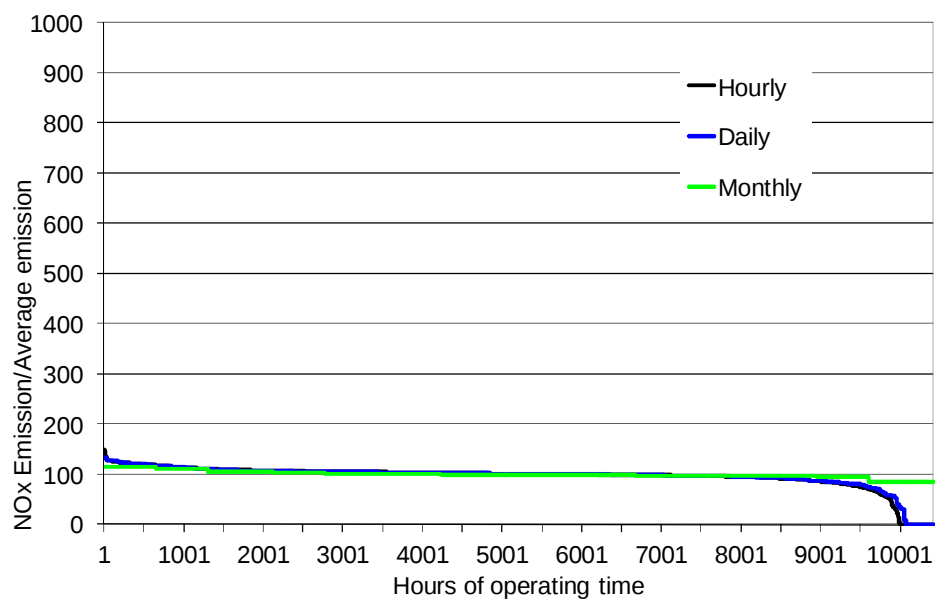


Figure 43. Recovery boiler C NO_x-durability concentration,curve.

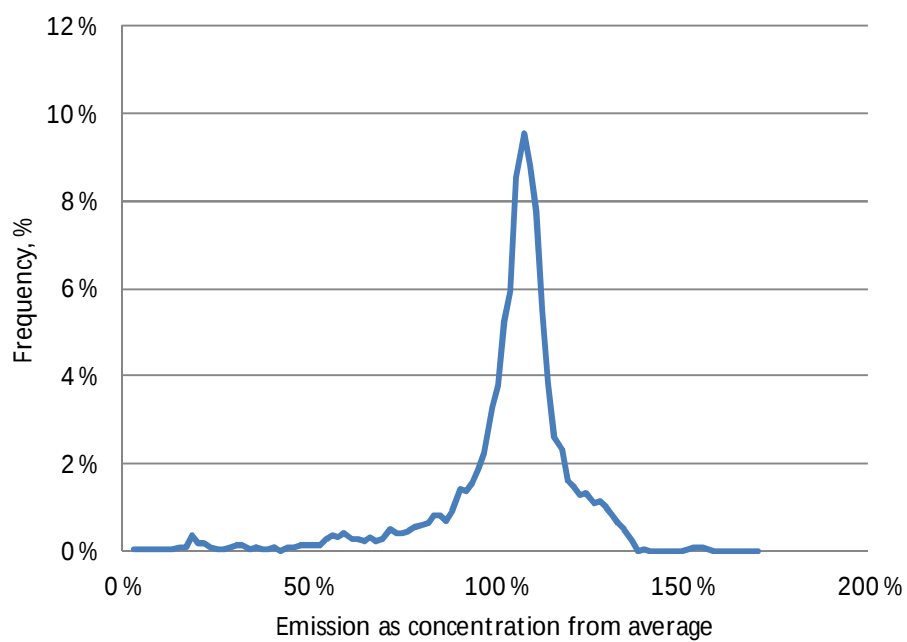


Figure 44. Recovery boiler C NO_x - emission frequency curve, concentration.

NO_x emission is showing bell shape behaviour.

5.4 Emission as function of load

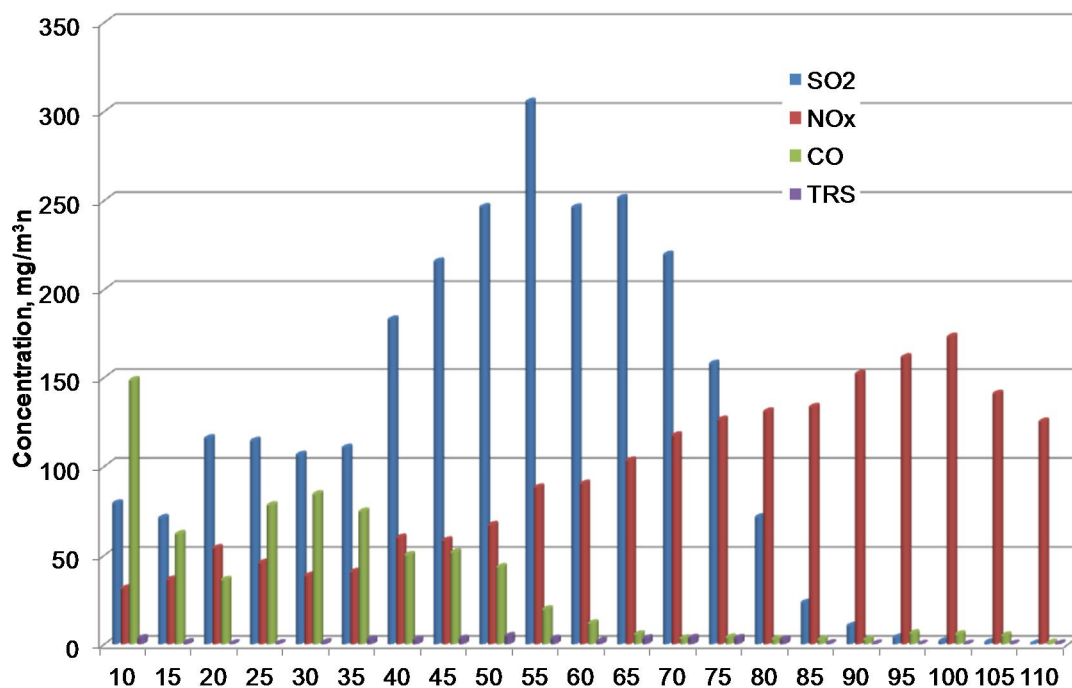


Figure 45. Emission data as class averages (mg/m³n) organized by recovery boiler flue gas load.

Contrary to boilers A and B, boiler C operates with higher sulphur emission. One can clearly see that the lower the load the higher is SO₂. NO_x is fairly stable. TRS starts to come apparent at lower than 45% loads.

6 Emission durability distributions

The emission curves change if we organize the data by hour, day or month. Even the maximum is reduced strongly when we look at the monthly averages. The averages and standard deviations for each time scale of representing the SO₂ emission data are shown for each boiler in Appendices I to III. Differences in averages are caused by the time periods omitted from averaging i.e. not all months have the same number of hours, but still they are treated equally when we average months. All collected hourly operating data above 10 % steam flow was used but only operating days and months without any data were left off.

Recovery boilers are regulated based on emission concentrations in the flue gas flow at the stack. The ground concentrations depend on the mass flow of each emission from the stack. The mass flow of each emission is calculated simply by multiplying the concentration (mg/m³n) by flue gas flow (m³n/s) and expressing the result as g/s.

Table 4: Average and standard deviation of SO₂ data hourly/daily/monthly.

		A	B	C
Average		100 %	100 %	100 %
Hourly SD		1124 %	392 %	256 %
Daily SD		720 %	242 %	207 %
Monthly SD		212 %	72 %	78 %
Hourly average		100 %	100 %	100 %
	99 %	3446 %	2174 %	1109 %
	95 %	2 %	116 %	846 %
	90 %	0 %	94 %	343 %
	80 %	0 %	75 %	40 %
	70 %	0 %	67 %	5 %
	60 %	0 %	59 %	4 %
Daily Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	4649 %	1499 %	1025 %
	95 %	155 %	468 %	624 %
	90 %	22 %	109 %	364 %
	80 %	0 %	83 %	126 %
	70 %	0 %	70 %	33 %
	60 %	0 %	62 %	8 %
Monthly Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	835 %	326 %	276 %
	95 %	835 %	326 %	276 %
	90 %	315 %	166 %	268 %
	80 %	53 %	133 %	134 %
	70 %	28 %	120 %	106 %
	60 %	17 %	93 %	102 %

Durability curves based on flow for SO₂, TRS, CO and NO_x can be seen as Figures 46 – 50 respectively.

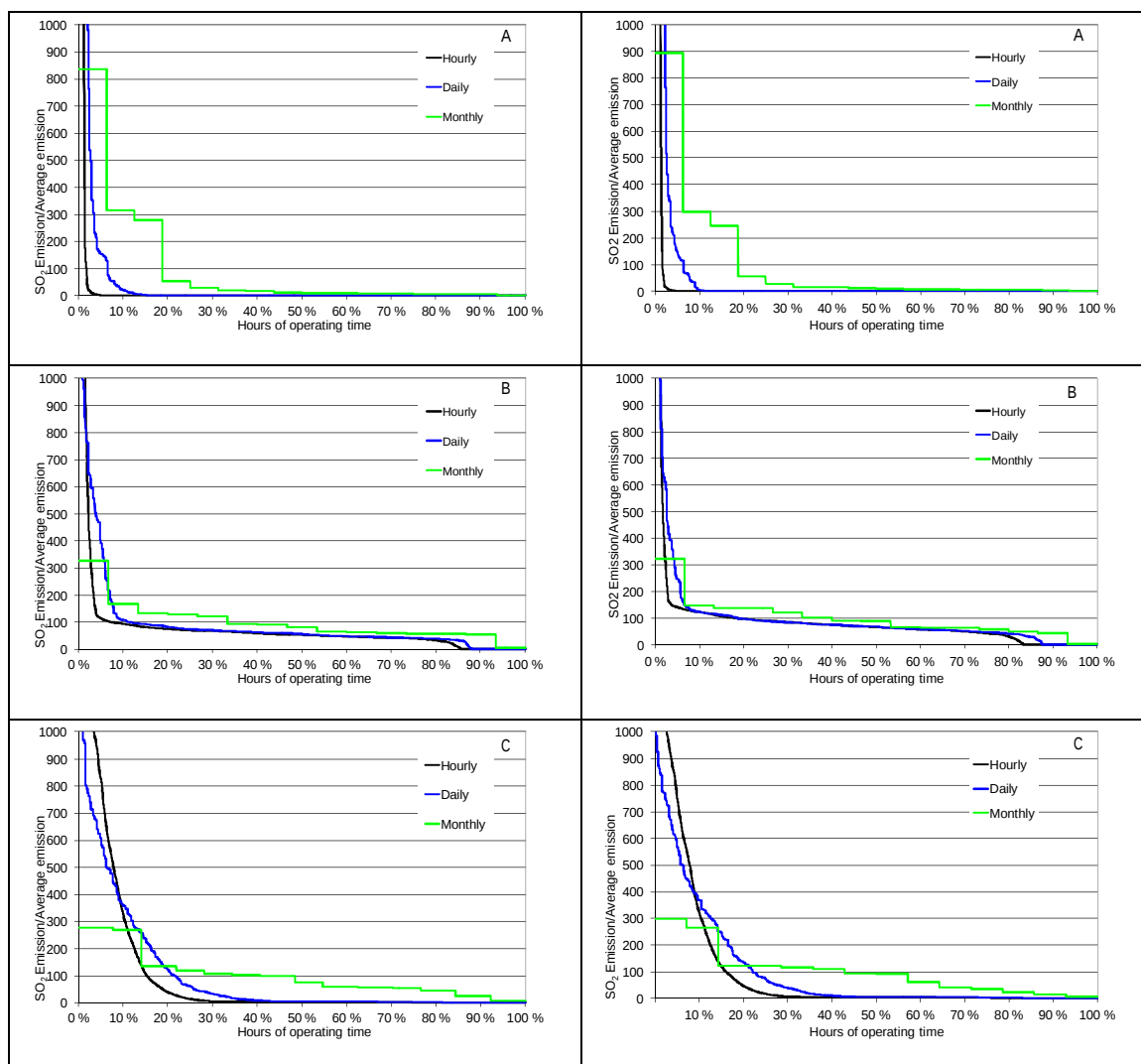


Figure 46. Recovery boiler SO₂-durability, concentration left flow right, curves.

There seems to be no difference between SO₂ emission distributions expressed as mass flow of emission or as concentration from recovery boiler stack. This is mainly because the boilers mostly operate around the MCR load.

If we look at emissions we note that they look alike. In practice boiler A has lowest SO₂ emission followed by the boiler B and then C. This can be seen in Table 4 where the durabilities follow the same respective trend. Low SO₂ is also signified by high standard deviation (SD).

We note, for example, that hourly SO₂ emissions exceeded the average emission about 2, 10 or 15 % of time respectively for boilers A, B and C. Daily averages exceeded the average emission by about 7, 10 and 25 % of time and in each case 3, 5 and 5 monthly averages exceeded the average emission. So the consequence of analyzing emission data with these different time scales is that depending on the used averaging time scale we

get a different answer to question; How often does the SO_2 emissions exceeded the yearly average emission. The larger time averaging results in smaller standard deviation. This means that if some value is used as e.g. not to be exceeded 5 % of time the resulting maximum average yearly emission depends on the averaging time scale.

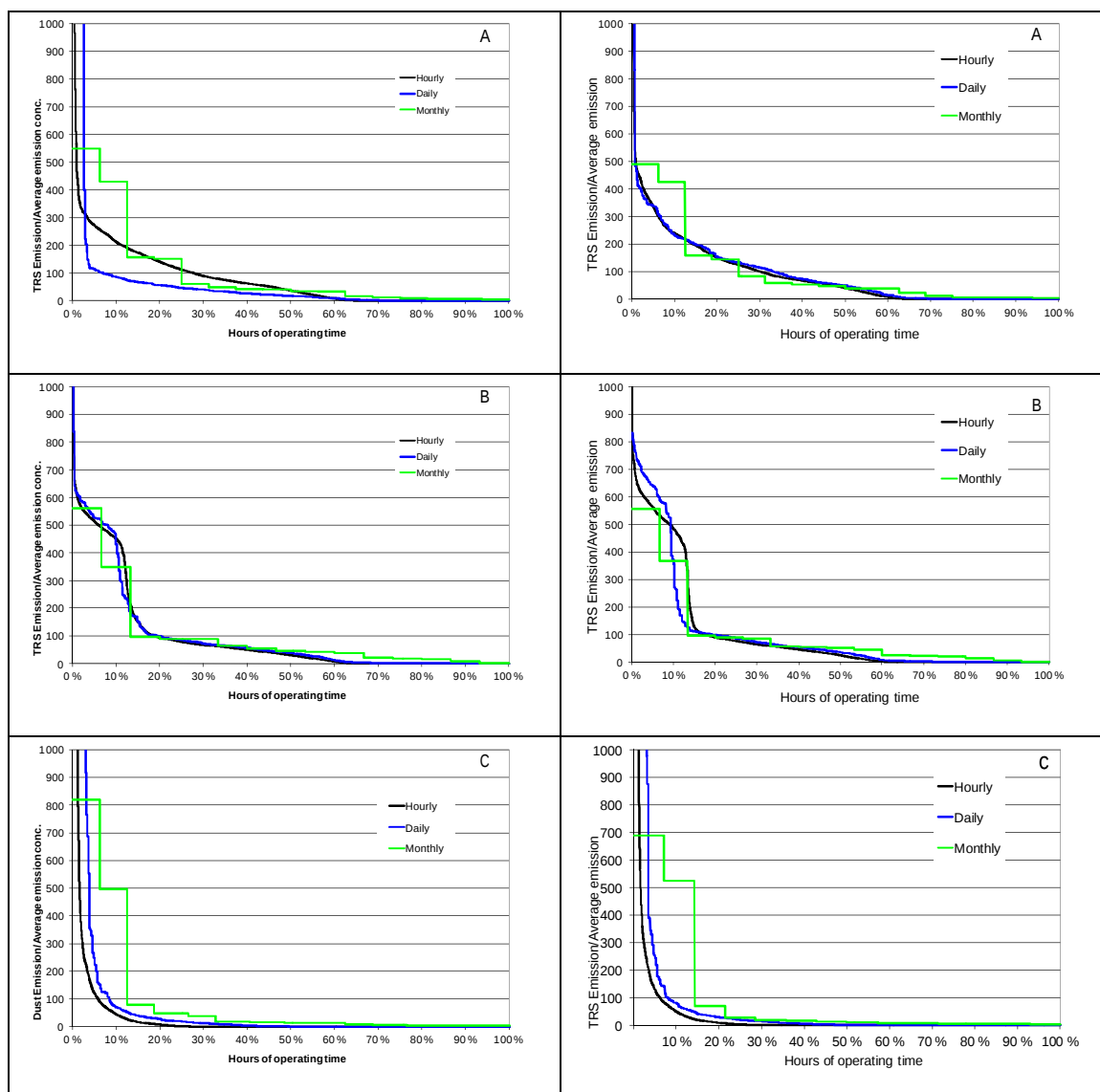


Figure 47. Recovery boiler TRS-durability, concentration left flow right, curves.

There is much more shape variation in the TRS emissions than in the SO_2 emissions. This was because in all cases the level of TRS emissions was very low and practically all the time at the limit of measuring accuracy.

If we look at the Standard deviations of TRS, Table 5, we note that TRS varies more than SO_2 . Statistically the TRS is then signified by abrupt spikes followed by long periods of practically zero.

Table 5: Average and standard deviation of TRS data hourly/daily/monthly.

		A	B	C
Average		100 %	100 %	100 %
Hourly SD		434 %	255 %	980 %
Daily SD		494 %	192 %	457 %
Monthly SD		156 %	148 %	219 %
Hourly average		100 %	100 %	100 %
	99 %	622 %	637 %	2404 %
	95 %	276 %	519 %	128 %
	90 %	215 %	455 %	47 %
	80 %	142 %	96 %	8 %
	70 %	91 %	68 %	0 %
	60 %	63 %	51 %	0 %
Daily Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	3918 %	627 %	3158 %
	95 %	115 %	532 %	267 %
	90 %	87 %	473 %	75 %
	80 %	56 %	99 %	28 %
	70 %	40 %	73 %	13 %
	60 %	26 %	57 %	5 %
Monthly Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	549 %	561 %	820 %
	95 %	549 %	561 %	820 %
	90 %	430 %	350 %	496 %
	80 %	152 %	97 %	49 %
	70 %	60 %	89 %	38 %
	60 %	42 %	65 %	18 %

Allowable recovery boiler TRS emission is often unlike the other emissions regulated based on “time over limit”. Average TRS emission for all recovery boilers is very low, Table 5. The standard deviation of TRS is however very high. TRS is known to “peak every now and then”. If we look at the requirement “95 per cent of the time below limit”, then the hourly data shows that average for boiler C almost fulfils this requirement. For boilers A and B the average is close to 80 per cent of the time. If we look at the daily value, then the limit is from close to five times the average value.

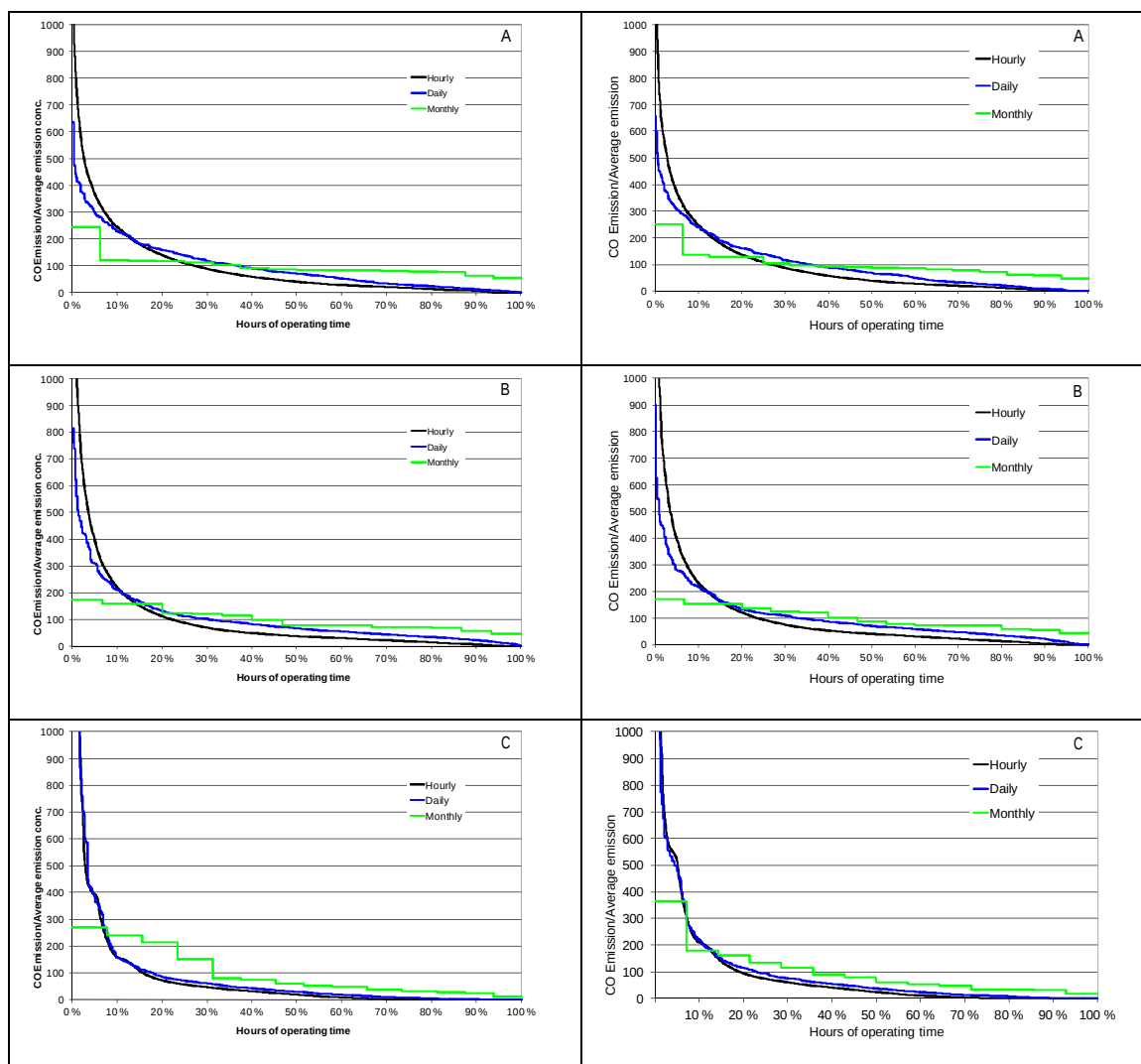


Figure 48. Recovery boiler CO-durability, concentration left flow right, curves.

The emission of CO has a shape like the TRS and SO₂ emissions. It is influenced by the excess air factor shown as O₂ in the flue gases. It can be seen that the difference between the hourly and daily data is rather small. The monthly data tends again to cut the maximum and flatten the peaks.

Table 6 shows standard deviations and durability distributions for carbon monoxide emission from the tree recovery boilers A, B and C. It can be seen that 95 per cent of time means about 400 % for hourly data. The variability does not decrease much even if we look at daily or monthly variation. This is because CO is fairly high all the time and the swings tend to happen fairly regularly.

Table 6: Average and standard deviation of COx data hourly/daily/monthly.

		A	B	C
Average		100 %	100 %	100 %
Hourly SD		151 %	236 %	376 %
Daily SD		97 %	107 %	278 %
Monthly SD		42 %	38 %	86 %
Hourly average		100 %	100 %	100 %
	99 %	806 %	1165 %	2060 %
	95 %	376 %	411 %	396 %
	90 %	247 %	224 %	161 %
	80 %	142 %	113 %	74 %
	70 %	89 %	70 %	48 %
	60 %	60 %	50 %	33 %
Daily Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	447 %	623 %	2008 %
	95 %	303 %	310 %	394 %
	90 %	231 %	211 %	158 %
	80 %	159 %	134 %	89 %
	70 %	120 %	102 %	62 %
	60 %	92 %	83 %	44 %
Monthly Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	244 %	173 %	270 %
	95 %	244 %	173 %	270 %
	90 %	122 %	159 %	240 %
	80 %	116 %	158 %	215 %
	70 %	112 %	121 %	152 %
	60 %	90 %	114 %	75 %

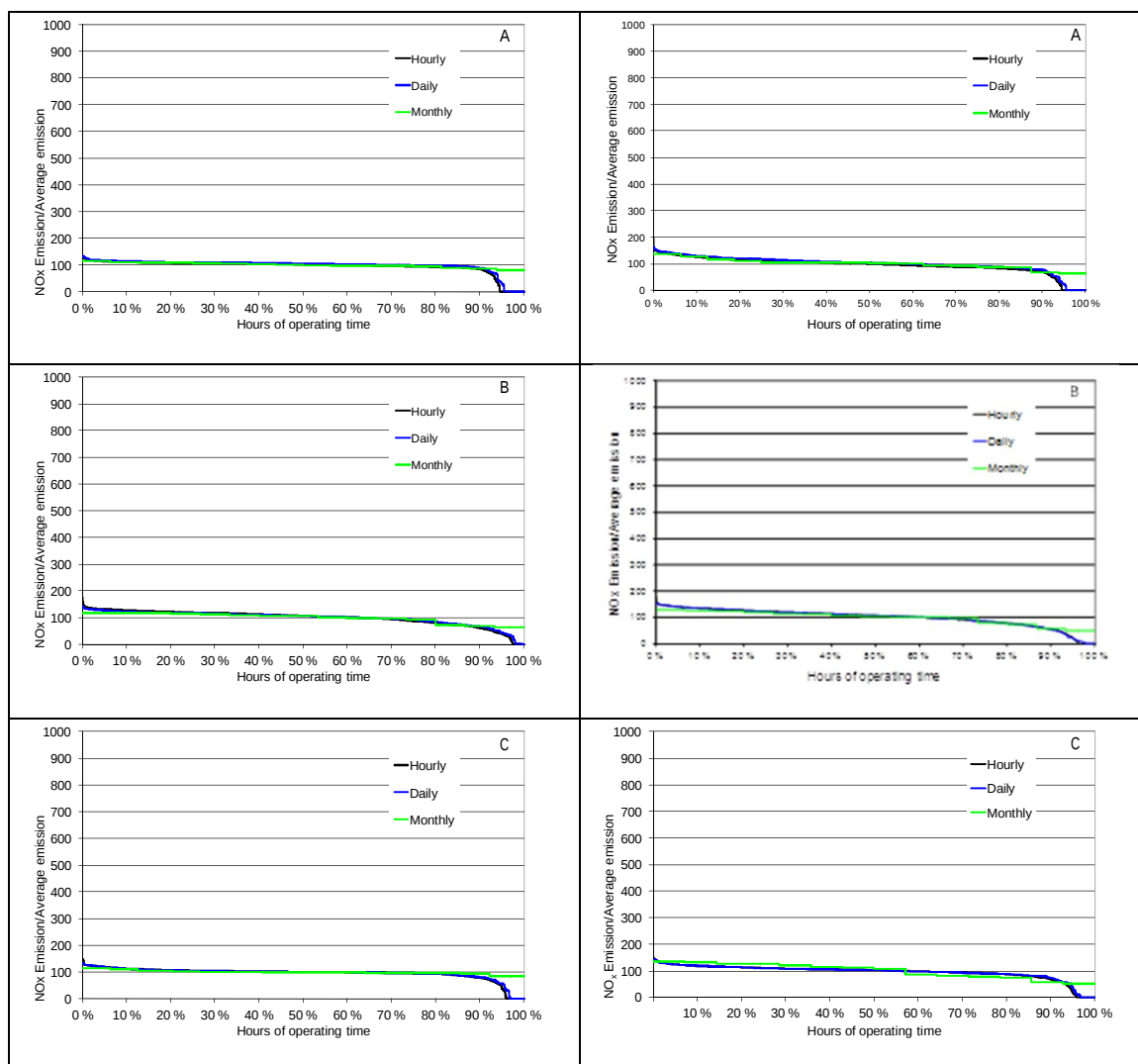


Figure 49. Recovery boiler NO_x-durability, concentration left flow right, curves.

The stability of NO_x emission is a model of how all the emissions are often thought to behave. The formation of NO_x in a recovery boiler is influenced mainly by the nitrogen content in the black liquor, excess O₂ during combustion and amount of additional nitrogen containing flows. We could guess that these variables were also behaving rather steadily as well as the way of how the boiler was run.

Table 7: Average and standard deviation of NO_x data hourly/daily/monthly.

		A	B	C
Average		100 %	100 %	100 %
Hourly SD		15 %	29 %	15 %
Daily SD		24 %	25 %	14 %
Monthly SD		9 %	17 %	7 %
Hourly average		100 %	100 %	100 %
	99 %	123 %	140 %	127 %
	95 %	114 %	132 %	120 %
	90 %	112 %	128 %	114 %
	80 %	108 %	123 %	107 %
	70 %	106 %	118 %	105 %
	60 %	104 %	113 %	103 %
Daily Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	127 %	133 %	127 %
	95 %	117 %	128 %	121 %
	90 %	115 %	124 %	114 %
	80 %	112 %	119 %	107 %
	70 %	110 %	116 %	105 %
	60 %	108 %	111 %	103 %
Monthly Average		100 %	100 %	100 %
	99 %	115 %	118 %	114 %
	95 %	115 %	118 %	114 %
	90 %	111 %	118 %	112 %
	80 %	108 %	117 %	106 %
	70 %	108 %	112 %	101 %
	60 %	102 %	109 %	100 %

The emission durability curves as concentration and as flow look remarkably the same. This is based on the fact that most of the time the recovery boiler seems to operate around some mean target value, with variations. If we assume that emissions are independent of flow then the curves would be exactly alike. Looking at the emission data as classes arranged with load we can conclude that for practical purposes the gaseous emissions do not differ much in during typical operation.

It can also be concluded that limiting recovery boiler emissions by concentration at the stack leads to the same end result as limiting the recovery boiler emissions by mass flow of the same emission at the stack. Concentration variations, therefore, can be used to model the distribution of recovery boiler emissions when we are interested on the total mass flow of some emission.

7 Emission instabilities

Emission instabilities were studied with respect of various recovery boiler parameters.

7.1 Emissions by the load of the recovery boiler

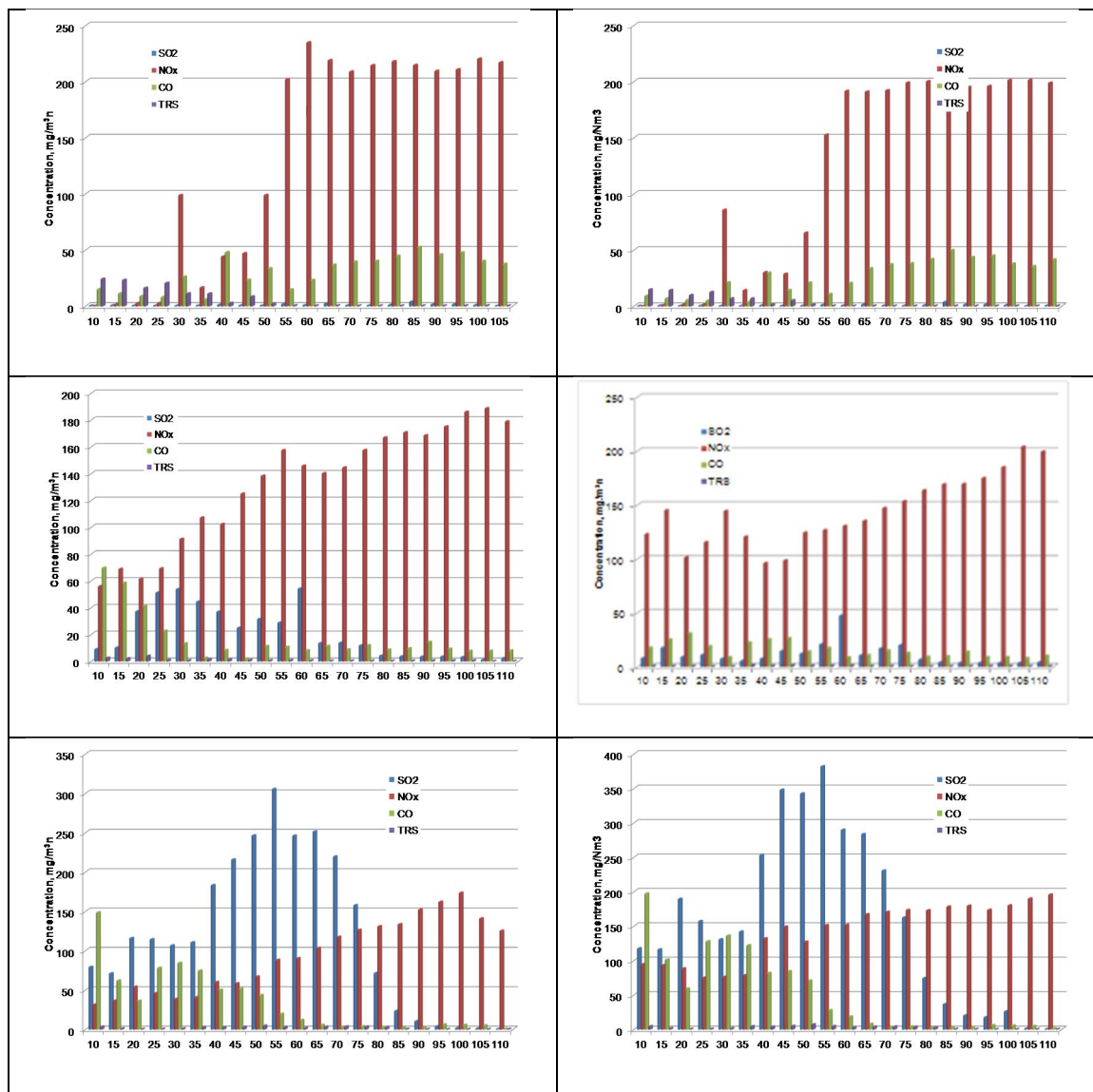


Figure 50. Data organized by recovery boiler load, top A, then B bottom C; left emissions at 3 % O₂, right emissions uncorrected.

The data of emissions normally are presented chronologically, though there are many other ways to study the emissions depending in what we are interested. Analyzing the emission from the recovery boiler we can find out that they are function of many

variables as temperature (in many different points of the combustion process), how is (air pattern) and how much air is supplied, composition of the black liquor, and others.

We can assume that MCR is how the RB should work at optimum load; this means that we can calculate how the emissions are according with the recovery boiler load. That is represented in the following figure where the emissions are ordered by the load, and the load is split 5% by 5%, Figure 50. This figure is not useful to evaluate the quantities of the emissions, but it is useful to see how they behave with the load, and to observe how emissions follow a trend.

Looking all the emission together, it is possible to realize that around 60 - 70 % there is a change in the behaviour of the emissions. It is also possible to appreciate how fairly steady the emissions NO_x are down to the 60 - 70 % range. NO_x seems to slightly increase with the load. TRS and SO₂ seem to be very low at full load in all the boilers. Looking at the boilers we notice that lowering the load increases TRS and SO₂ at same manner no matter what the final emission seems to be. CO is low and steady when the RB is run over 70% load.

7.2 Operation by the stack temperature of the recovery boiler

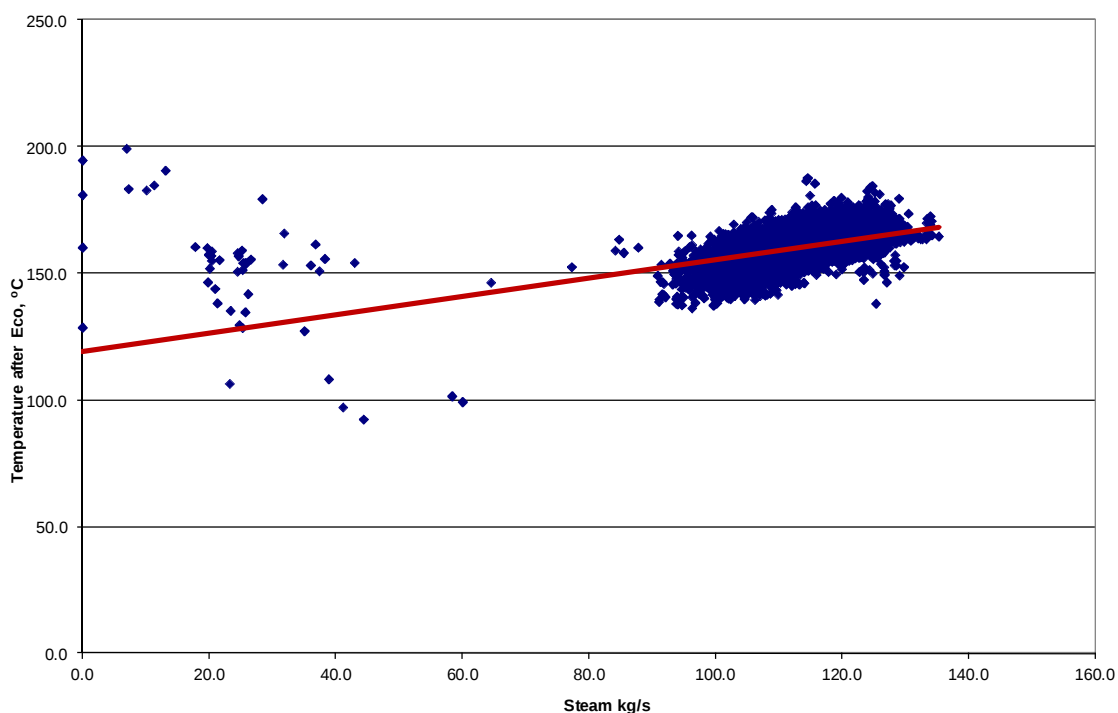


Figure 51. Stack flue gas temperature versus load in the recovery boiler C.

We have also studied how the load in a recovery boiler affects stack temperature. The temperature is a variable that is easy to measure and it can give us some information about how the recovery boiler is working. We can observe in the figure that when the

recovery boiler is working over rate 60 % load, there is a correlation (in this case clearly lineal) between the load and the temperature, below this value it is difficult to find out correlation. This is because the air ratio (flue gas O_2) varies. We can observe that the range of temperature is large. There is a 30 °C of difference between the lowest temperature (~150 °C) and highest temperature (~180 °C) when the recovery boiler is working at 100% load. The temperature differences are caused by differing flue gas flows. High load means higher flue gas flow which is more difficult to cool down.

We reach the same conclusion again from this point of view. The recovery boiler follows somehow a trend from the 60% of its load. In the case of stack temperature and load it was easy to suppose that they should have a lineal correlation.

7.3 Operation by the stack oxygen of the recovery boiler

The measured oxygen indicates us how close to the full oxidation the combustion has been done. The Figure 52 is showing us again two different regimes, one until 60% and other from 60% until over 100% of MCR. Between 0% and up to almost 60% the level of oxygen is the maximum measured, after 60 % the oxygen has a clear trend, but some of the measurements are out of this trend. It seems that the recovery boiler when is working at full load, the stack is emitting an average of 3% of oxygen.

Oxygen is typically regulated though CO. One lowers the oxygen content until CO starts to spike. It is possible to look the NO_x as function of carbon monoxide, Figure 52. In all three boilers one sees a clear trend of lower NO_x with higher CO. It should be noted that A has the highest CO, then B and boiler C runs the lowest carbon monoxide.

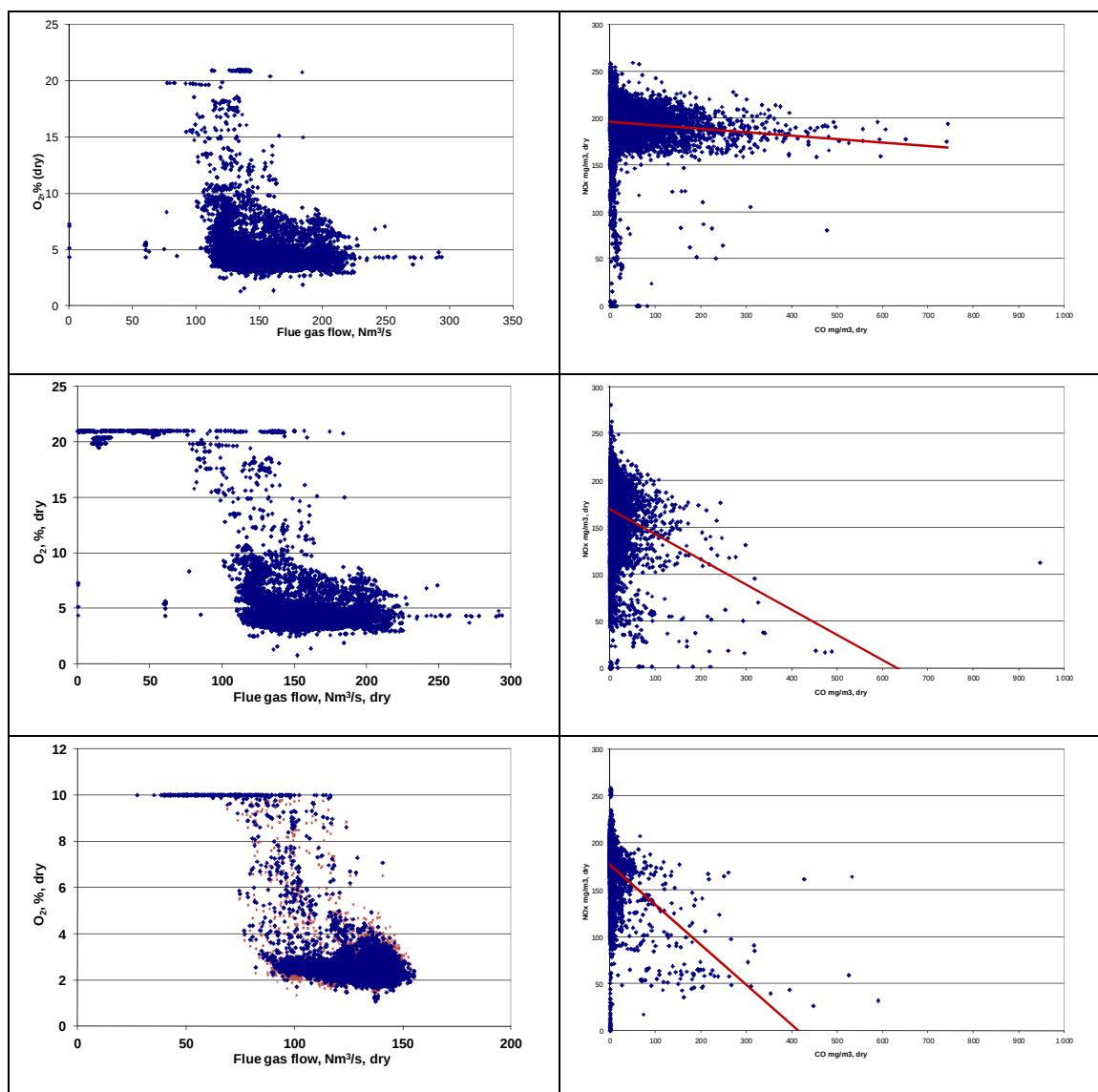


Figure 52. Left O_2 versus load in the recovery boiler, top A, then B bottom C. Right NO_x versus O_2 in the recovery boiler, top A, then B bottom C.

7.4 Instabilities in the behaviour of the emission

The idea is to find an explanation with the moments when the recovery boiler C is working below the 60% of the load. Actually, time that the recovery boiler is working with this load is considerable. This time is over the 7% of the all time, as we can see in the figure “time versus recovery boiler load” in the previous point of the paper. If we plot the load of the data we get the following graphic, Figure 53.

In the figure we can see that the recovery boiler has been running below 60 % MCR loads many times. The “low loads” have been organized into three groups. They are distinguished by colour. The organisation is based on dividing load decreases into three

groups. The first group is indicated with red circle, (circles one, three and five starting from the left). The drops of load in red circles are strong and last long. The second kind is indicated with green circle (circles two, six and eight). The load decrease at these points is not to as low as at the red ones. The third group is indicated with purple (four and seven). The load drop in purple circles is quicker than at the red ones.

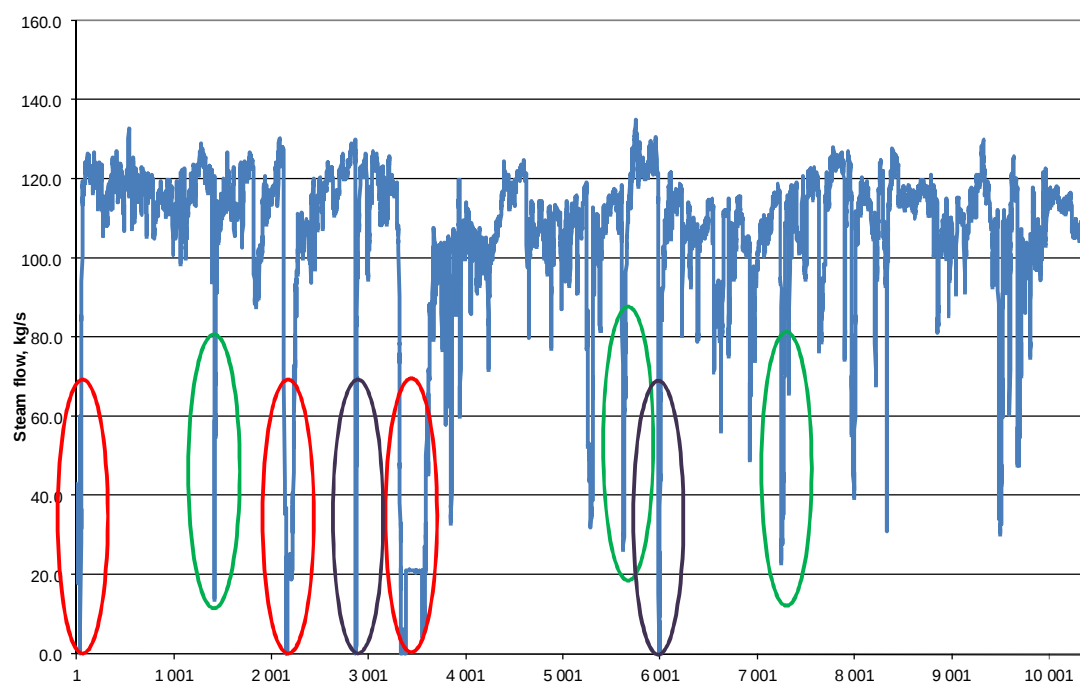


Figure 53. Steam flow versus hours.

It is not simple to make conclusions from these kinds of graphics, but analysis can give some hints to further research. So

Looking into the load change 1, Figure 54, we can see four different changes. They have been numbered as 1 2 3 and 4. The number 1 (around the second hour) starts with SO_2 increase, NO_x decrease, CO increase and TRS decrease. The number 2 (around thirteenth hour) is triggered by decrease of load; it means in this case, SO_2 decreases, NO_x decreases, CO decreases and TRS spikes. Before any comment on what happens at the point number 3, it is interesting to note that SO_2 presents a strong increase, NO_x also increases a bit, CO does not seem to follow any trend. Event number 3 is also triggered by a decrease of the liquor firing load; this is the strongest decrease in this first event. With the drop in load, we can see in there is a decrease of SO_2 , also in NO_x , but on the other hand CO and TRS increase. Particularly, the increase of CO is very strong. The event number 4 is the increase in load: It takes around ten hours to reach over 60% MCR. The reactions of the emissions are; the SO_2 increases similarly with NO_x , and TRS. CO is reduced.

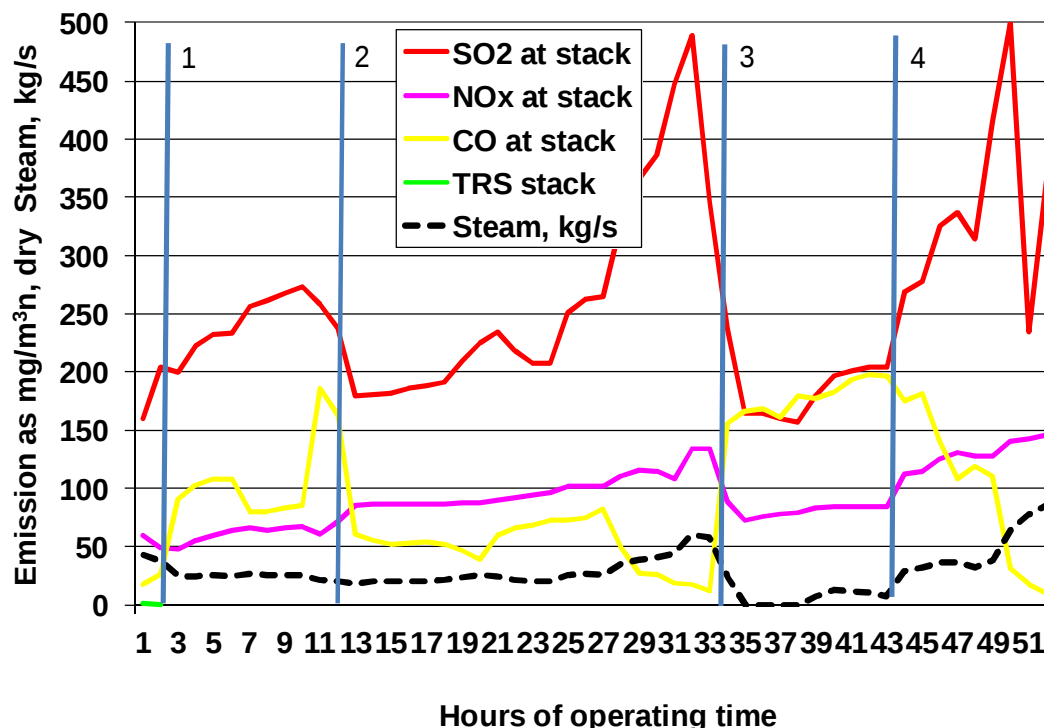


Figure 54. Load event number 1 (start of the boiler).

The start-up after shut down is represented in the figure 55. Low load operation is quite long, with a total of 96 hours below 60 % MCR. Four events are commented.

The load is decreased quickly in eight hours from 100% to below 40% (event 1). We see an increase of SO₂, first decrease and then increase of NO_x and a very strong increase of CO with some TRS. Then at event number 2 the liquor firing is stopped. The emissions answer with a somewhat steady behaviour. We can observe that the O₂% was all the time over the maximum level that the device can record, or over 10% O₂. Looking at the event number 3, where the steam load keeps constant, but the gaseous emissions have a jump upwards and later start unstable downward trend with the exception of NO_x, that keeps flat. The change during event number four coincides with an increase of the load. The instability finishes with the load being constant. The emissions react with SO₂ spiking strongly and then decreasing, when the recovery boiler is reaching 70% of the load. NO_x also increases but at the end it keeps up. CO starts a strong descent until levels very low. TRS, as it has done during the whole shut down, maintains unsteady spiking.

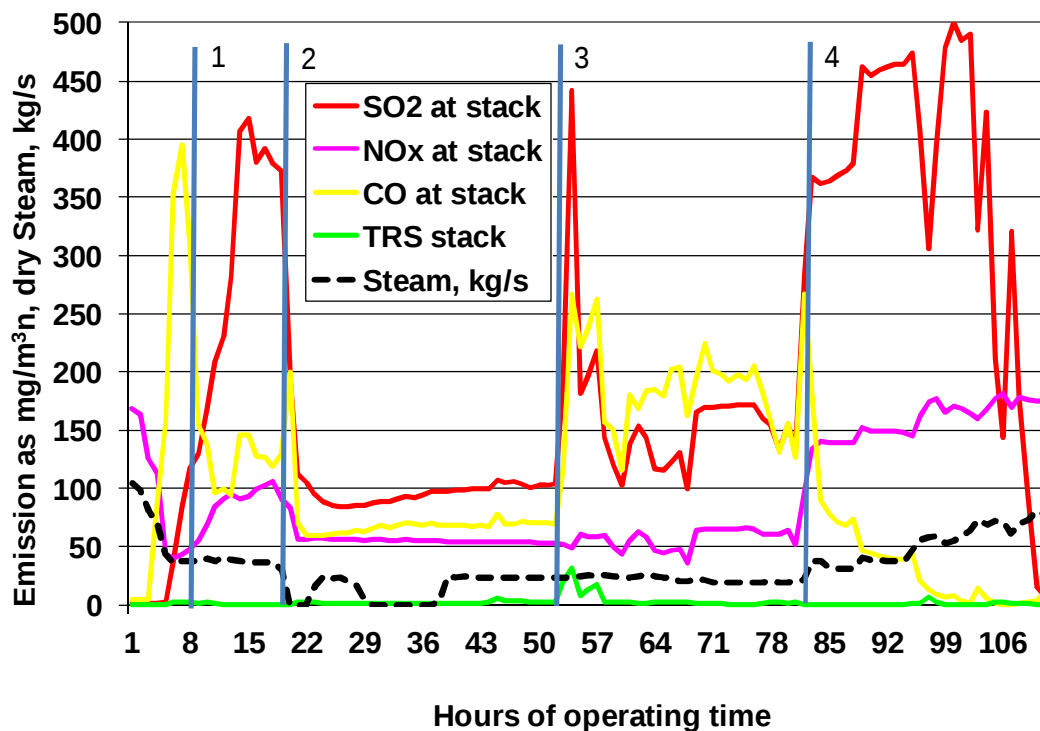


Figure 55. Load event number 3.

In the following tables the previous paragraphs are put as arrows. The arrows mean the trend of the emission during each event. The number in the load means the range where it is situated versus the MCR load of the recovery boiler C.

Table 8: Trends of emission and loads during load event number one.

	Line1	Line2	Line3	Line4
%load	50-100 ↓	0-50 ↓	0-50 ↓	0-50 ↑
SO ₂	↑	↓	↓	↑
NO _x	↓	↓	↓	↑
CO	↑	↓	↑↑	↓
TRS	↓	↑	↑	↓

The other load event three looks similar

Table 9: Trends of emission and load event number three.

	Line1	Line2	Line3	Line4
%load	50-100 ↓	0-50 ↓	0-50→	50-100 ↑
SO₂	↑	↓	↑	↑
NO_x	↓	↓	→	↑
CO	↓↓	↑↑	↑↑	↓
TRS	↓↓	↑↑	↑	↑↓

The conclusion is that the emissions exhibit large changes when there is a strong change of load. SO₂ is really sensible to load changes. The reason is the lower furnace temperature which affects to sodium volatilization when load changes happen. NO_x seems to be more insensible to these changes. NO_x seems to depend mainly on the amount of nitrogen put in to the furnace with the fuels. TRS is all the time low. CO exhibits large spikes.

8 Conclusions

Recovery boiler operation in a pulp mill is a complex process with several interrelated parameters and almost infinite variables. To better understand these phenomena, the present study gathered emission and operation data on more than 10 000 continuous hours. Recovery boiler average emissions can be expressed with different time scales. Hourly averages can be compiled to daily, monthly and yearly average emissions. The hourly average emission as mass flow (g/s) is the hourly average concentration multiplied with the hourly average flue gas flow. This emission flow data can similarly be expressed also as daily, monthly and yearly average.

The averages change only slightly if we organize the data by hour, day or month. This is due to the fact that there are hours in the year when no reliable emission measurement exist. It was noted that the larger the averaging time period the smaller the variation for every emission. The maximum emission is reduced strongly for the monthly averages. There seems to be no difference between emission duration distributions expressed as mass flow of emission or as concentration from recovery boiler stack. It can be concluded that during at least most of the recovery boiler operating time the flue gas flow is independent from the emission concentration.

It can also be concluded that limiting recovery boiler emissions by concentration at the stack leads closely to the same end result than limiting the recovery boiler emissions by mass flow of the same emission at the stack. One can also conclude that concentration variations can be used to model the distribution of recovery boiler emissions when one is interested in the total mass flow of some emission. It should be noted that emissions are strongly related the load of the recovery boiler. It seems that for this boiler the emissions are rather stable from the 60 to 70 per cent load.

Of special interest is the start-up and the shut-down of the recovery boilers. To understand the effect of these on boiler emission, more data is required. Also it is beneficial to make a comparative study of the recovery boiler with other boiler types, to obtain a better understanding of how the emissions from boilers in general behave.

9 Acknowledgements

We especially want to extend our gratitude to the mill personnel who helped to gather this data.

Special acknowledgement is due to the Suomen Soodakattilayhdystys r.y. which in addition to financially assisting this work did comment this work.

References

Adams, Terry N., Frederick, Wm. James, Grace, Thomas M., Hupa, Mikko, Iisa, Kristiina, Jones, Andrew K., Tran, Honghi, (1997), "Kraft recovery boilers." AF&PA, TAPPI PRESS, Atlanta, 381 p. ISBN 0-9625985-9-3.

Almeida, Gustavo Matheus de, Cardoso, Marcelo, Oliveira, Éder Domingos de, Costa, Andréa Oliveira Souza da and Park, Song Won, (2000), "Estudo da influência das variáveis operacionais da caldeira de recuperação sobre a geração de vapor utilizando redes neurais artificiais." (Investigating the influence of operational variables of a recovery boiler on steam generation using artificial neural networks) In Portuguese, ABTCP, 35th Annual Pulp and Paper Congress and Exposition, 14 a 17 de Outubro 2002, São Paulo, Brasil, 7 p.

Brink, Anders, Engblom, Markus and Hupa, Mikko, (2009), Nitrogen Oxide Emission Formation in a Black Liquor Boiler. Tappi Journal, Vol. 7, No. 11, November 2008, pp 28 - 32.

Bruce, D. and Van der Vooren, T., (2003), "Trends in air emission limits for world class mill." Pulp & Paper Canada, Vol. 104, No. 7, July 2003, pp. 51

Costa, A. O. S., Biscaia, Jr. E. C. and Lima, E. L., (2004), "Mathematical description of the kraft recovery boiler furnace." Computers & Chemical Engineering, Vol. 28, No. 5, May 2004, pp. 633 – 641.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), (2001), "Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry." European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, December 2001, 509 p.

Hupa, Mikko, (2004), "Research highlights in recovery boiler chemistry." 40th Anniversary International Recovery Boiler Conference, Finnish Recovery Boiler Committee, Haikko Manor, Porvoo, May 12-14, 2004, pp. 125 – 132.

Salmenoja, Keijo, (2009), "NOxEmissions From Kraft Pulp Mills." Finnish Swedish Flame Days 2009, Naantali SPA Hotel, Naantali, Finland, January 28-29, 2009, 17 p.

Tikka, Matti, (2008), "UPM Kymin uusi talteenottolinja." (UPM Kymi new recovery line) In Finnish, Soodakattilapäivä 29 October 2008 Finnish Recovery Boiler Committee.

Vakkilainen, Esa, (2000), "Recovery boiler." Chapter 13 in Chemical Pulping, Book 6, series editors Johan Gullichsen and Carl-Johan Fogelholm, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI. ISBN 952-5216-06-3.

Wallén Jonas, Ruohola Tuomo and Aikio Anne, (2004), "Sulfur dioxide emission dependency on kraft recovery boiler operation parameters." Proceedings of 2004

International Chemical Recovery Conference, June 6-10 2004, Charleston, South Carolina, USA, pp. 483-490.

Vakkilainen, Esa K., (2005), "Kraft recovery boilers – Principles and practice." Suomen Soodakattilayhdistys r.y., Valopaino Oy, Helsinki, Finland, 246 p. ISBN 952-91-8603-7.

Appendix I Boiler A, Data by concentration and by flow

Variation, concentration mg/m³n, dry

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	1	195	38	0
Hrly SD	11	28	57	1
Daily SD	8	45	36	3
Mthly SD	2	17	15	1

Variation, concentration from average 100%

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
Hrly SD	1124%	15 %	151 %	434 %
Daily SD	720 %	24 %	97 %	494 %
MthlySD	212 %	9 %	42 %	156 %

Time below average concentration, hourly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	3446%	123 %	806 %	622 %
95 %	2 %	114 %	376 %	276 %
90 %	0 %	112 %	247 %	215 %
80 %	0 %	108 %	142 %	142 %
70 %	0 %	106 %	89 %	91 %
60 %	0 %	104 %	60 %	63 %

Time below average concentration, daily

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	4649%	127 %	447 %	3918%
95 %	155 %	117 %	303 %	115 %
90 %	22 %	115 %	231 %	87 %
80 %	0 %	112 %	159 %	56 %
70 %	0 %	110 %	120 %	40 %
60 %	0 %	108 %	92 %	26 %

Time below average concentration, monthly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	835 %	115 %	244 %	549 %
95 %	835 %	115 %	244 %	549 %
90 %	315 %	111 %	122 %	430 %
80 %	53 %	108 %	116 %	152 %
70 %	28 %	108 %	112 %	60 %
60 %	17 %	102 %	90 %	42 %

Variation, flow g/s

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	4	15	0	0
Hrly SD	10	7	1	1
Daily SD	8	6	1	0
Mthly SD	3	4	0	0

Variation, flow from average 100%

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
Hrly SD	257 %	44 %	274 %	1005%
Daily SD	202 %	42 %	176 %	455 %
Mthly SD	84 %	27 %	88 %	210 %

Time below average flow, hourly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	1245%	160 %	1354%	2372%
95 %	825 %	152 %	548 %	143 %
90 %	347 %	147 %	221 %	55 %
80 %	53 %	139 %	100 %	10 %
70 %	7 %	134 %	63 %	0 %
60 %	6 %	125 %	43 %	0 %

Time below average flow, daily

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	995 %	158 %	1116%	3089%
95 %	575 %	150 %	488 %	282 %
90 %	355 %	146 %	243 %	81 %
80 %	141 %	138 %	129 %	30 %
70 %	45 %	133 %	87 %	14 %
60 %	10 %	125 %	63 %	5 %

Time below average flow, monthly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	299 %	134 %	364 %	688 %
95 %	299 %	134 %	364 %	688 %
90 %	264 %	132 %	180 %	525 %
80 %	123 %	126 %	160 %	70 %
70 %	116 %	120 %	115 %	18 %
60 %	110 %	115 %	90 %	16 %

Appendix II Boiler B, Data by concentration and by flow

Variation, concentration mg/m³n, dry

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	6	160	10	0
Hrly SD	24	46	25	1
Daily SD	15	41	11	1
Mthly SD	5	28	4	1

Variation, concentration from average 100%

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
Hrly SD	392 %	29 %	236 %	255 %
Daily SD	242 %	25 %	107 %	192 %
Mthly SD	72 %	17 %	38 %	148 %

Time below average concentration, hourly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	2174%	140 %	1165%	637 %
95 %	116 %	132 %	411 %	519 %
90 %	94 %	128 %	224 %	455 %
80 %	75 %	123 %	113 %	96 %
70 %	67 %	118 %	70 %	68 %
60 %	59 %	113 %	50 %	51 %

Time below average concentration, daily

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	1499%	133 %	623 %	627 %
95 %	468 %	128 %	310 %	532 %
90 %	109 %	124 %	211 %	473 %
80 %	83 %	119 %	134 %	99 %
70 %	70 %	116 %	102 %	73 %
60 %	62 %	111 %	83 %	57 %

Time below average concentration, monthly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	326 %	118 %	173 %	561 %
95 %	326 %	118 %	173 %	561 %
90 %	166 %	118 %	159 %	350 %
80 %	133 %	117 %	158 %	97 %
70 %	120 %	112 %	121 %	89 %
60 %	93 %	109 %	114 %	65 %

Variation, flow g/s

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	4	15	0	0
Hrly SD	10	7	1	1
Daily SD	8	6	1	0
Mthly SD	3	4	0	0

Variation, flow from average 100%

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
Hrly SD	257 %	44 %	274 %	1005%
Daily SD	202 %	42 %	176 %	455 %
Mthly SD	84 %	27 %	88 %	210 %

Time below average flow, hourly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	1245%	160 %	1354%	2372%
95 %	825 %	152 %	548 %	143 %
90 %	347 %	147 %	221 %	55 %
80 %	53 %	139 %	100 %	10 %
70 %	7 %	134 %	63 %	0 %
60 %	6 %	125 %	43 %	0 %

Time below average flow, daily

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	995 %	158 %	1116%	3089%
95 %	575 %	150 %	488 %	282 %
90 %	355 %	146 %	243 %	81 %
80 %	141 %	138 %	129 %	30 %
70 %	45 %	133 %	87 %	14 %
60 %	10 %	125 %	63 %	5 %

Time below average flow, monthly

	SO ₂	NOx	CO	TRS
Average	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	299 %	134 %	364 %	688 %
95 %	299 %	134 %	364 %	688 %
90 %	264 %	132 %	180 %	525 %
80 %	123 %	126 %	160 %	70 %
70 %	116 %	120 %	115 %	18 %
60 %	110 %	115 %	90 %	16 %

Appendix III Boiler C, Data by concentration and by flow

Variation, concentration mg/m³n, dry

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	45	174	6	1	166
Hrly SD	116	25	22	8	114
Daily SD	94	24	18	4	103
Mhly SD	35	12	6	1	105

Variation, flow g/s

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	4	15	0	0	17
Hrly SD	10	7	1	1	12
Daily SD	8	6	1	0	12
Mthly SD	3	4	0	0	9

Variation, concentration from average 100%

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Hrly SD	256 %	15 %	376 %	980 %	69 %
Daily SD	207 %	14 %	278 %	457 %	68 %
Mthly SD	78 %	7 %	86 %	219 %	65 %

Variation, flow from average 100%

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Hrly SD	257 %	44 %	274 %	1005%	71 %
Daily SD	202 %	42 %	176 %	455 %	70 %
Mthly SD	84 %	27 %	88 %	210 %	53 %

Time below average concentration, hourly

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	1109%	127 %	2060%	2404%	297 %
95 %	846 %	120 %	396 %	128 %	252 %
90 %	343 %	114 %	161 %	47 %	220 %
80 %	40 %	107 %	74 %	8 %	130 %
70 %	5 %	105 %	48 %	0 %	109 %
60 %	4 %	103 %	33 %	0 %	98 %

Time below average flow, hourly

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	1245%	160 %	1354%	2372%	299 %
95 %	825 %	152 %	548 %	143 %	261 %
90 %	347 %	147 %	221 %	55 %	231 %
80 %	53 %	139 %	100 %	10 %	137 %
70 %	7 %	134 %	63 %	0 %	120 %
60 %	6 %	125 %	43 %	0 %	101 %

Time below average concentration, daily

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	1025%	127 %	2008%	3158%	284 %
95 %	624 %	121 %	394 %	267 %	265 %
90 %	364 %	114 %	158 %	75 %	225 %
80 %	126 %	107 %	89 %	28 %	126 %
70 %	33 %	105 %	62 %	13 %	117 %
60 %	8 %	103 %	44 %	5 %	105 %

Time below average flow, daily

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	995 %	158 %	1116%	3089%	295 %
95 %	575 %	150 %	488 %	282 %	260 %
90 %	355 %	146 %	243 %	81 %	233 %
80 %	141 %	138 %	129 %	30 %	137 %
70 %	45 %	133 %	87 %	14 %	119 %
60 %	10 %	125 %	63 %	5 %	100 %

Time below average concentration, monthly

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	276 %	114 %	270 %	820 %	254 %
95 %	276 %	114 %	270 %	820 %	254 %
90 %	268 %	112 %	240 %	496 %	176 %
80 %	134 %	106 %	215 %	49 %	166 %
70 %	106 %	101 %	152 %	38 %	114 %
60 %	102 %	100 %	75 %	18 %	105 %

Time below average flow, monthly

	SO ₂	NOx	CO	TRS	Dust
Average	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
99 %	299 %	134 %	364 %	688 %	193 %
95 %	299 %	134 %	364 %	688 %	193 %
90 %	264 %	132 %	180 %	525 %	181 %
80 %	123 %	126 %	160 %	70 %	169 %
70 %	116 %	120 %	115 %	18 %	126 %
60 %	110 %	115 %	90 %	16 %	113 %

LIITE 8

YTR/ATR: Hajukaasutyöryhmän pöytäkirja 16.3.2012

Suomen Soodakattilayhdistys ry

HAJUKAASUJEN POLTTOSUOSITUKSEN PÄIVITYS

PROJEKTIKOKOUS 2/2012

AIKA 16.3.2012 klo 10.00 – 15.00

PAIKKA UPM-Kymmene, Kymi, Kuusankoski

LÄSNÄ

Ismo Tapalinen	UPM Kaukas
Marja Heinola	Andritz Oy
Raine Rantanen	UPM Kymi
Risto Honkanen	Andritz Oy
Kari Haaga	Metso Power Oy
Tuomo Hilli	Metso Power Oy
Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa

LIITE 1 Hajukaasusuositus muokattu 20.3.2012

JAKELU Projektityöryhmä, Hallitus



26.3.2012

2 (4)

1 POISSAOILOILMOITUKSET

Esa Vakkilainen	LUT
Lauri Mattila	UPM Pietarsaari

2 HAJUKAASUJEN POLTTOSUOSITUKSEN PÄIVITYS

2.1 Projektin tavoite

Päivittää suositus viime vuosina toteutettujen sellutehdasprojektien kokemusten perusteella ja ehdottaa missä laajuudessa suositus käsittelee myös hajukaasukeräilyjärjestelmää

2.2 Työsuunnitelma ja tehtävänjako

Jokainen lukee tahollaan suosituksen läpi ja merkitsee kommentit/päivitystä vaativat kohdat. Kokouksessa kommenttien läpikäynti, keskustelu ja tekstin päivittäminen.

Lisäksi työryhmän laitetoimittajajäsenet käyvät läpi suosituksen laimeiden/väkevien/hönkien kapasiteettirajoitukset (milloin hajukaasun polton voi aloittaa) ja selvittävät voidaanko nykyisiä rajoja perustellusti alentaa.

Työryhmän tehdashenkilöt kokoavat tahollaan listan kokemukseen perustuvista asioista jotka tulisi huomioida laimeiden/väkevien/hönkien keräilyn sekä polton osalta ylös/alasajossa ja seisokkitilanteissa.

3 PÄIVITYKSEN TILANNE

Käytiin läpi liuottajan hönkien poltto (kappale 6) sekä metanoli/tärpätin poltto (kappale 8).

Yhteenveto päivitystilanteesta:

1. Yleistä s. 1-2 (OK)
2. Määritelmiä ja lyhenteitä s.3-7 (OK)
3. Vaikutukset soodakattila päästöihin s. 8-11 (OK)
4. Hajukaasujärjestelmien riskit ja korroosio s. 12-16 (OK)
5. Laimeiden hajukaasujen järjestelmät s. 17-26 (OK)
6. Liuottimen höngän käsittelyjärjestelmät s. 27-33 (OK)
7. Väkevien hajukaasujen poltto s. 34-45 (OK)
8. Metanolin/tärpätin poltto s.46-50 (OK)
9. Toiminta erikoistilanteissa s. 51-53 (KOMMENTOIMATTA)



26.3.2012

3 (4)

10. Erikoisohjeet hajukaasulinjojen suunnittelussa s.54-59 (KOMMENTOIMATTA)
11. Suunnitteluun ja käyttöön vaikuttavat muut ohjeet s.60-62 (KOMMENTOIMATTA)
12. Poikkeamat muiden ohjeiden käyttöön (s.64-65) (KOMMENTOIMATTA)
13. Esimerkkejä vaurioista s.66-68 (KOMMENTOIMATTA)
14. Loppusanat s.69
15. Kirjallisuusviitteitä s.70

3.1 Standardi 12952-8

Standardissa 12952-8 "Water-tube boilers and auxiliary installations. Part 8: Requirements for firing systems for liquid and gaseous fuels for the boiler" todetaan että:

- A.3.3.1 Introduction of any toxic or odorous gas or gas mixture into the furnace shall not be allowed unless at least 50 % of the rated capacity of the boiler is established by means of black liquor firing.

Tämän asian muutos täytyy laittaa vireille suosituksen julkaisun jälkeen.

3.2 Tärkeitä asioita myöhemmin pohdittavaksi:

- sekoitussäiliön höngät väkeviä (missä tilanteissa mahdollista)
- metanolin ja tärpätin sekoitus
- metanolin ja tärpätin poltto kaasumaisena
- liuottajan hönkäkaasupuhallin, syttymislähde
- metanolin nesteytys
- seisokki- ja starttitilanteissa lauhtunut tärpähti
- laimeiden kaasujen käyttöturvallisuustiedote -> määritelläänkö edelleen haitalliseksi
- potentiaaliset vaaratilanteet
- väkevien happimittaus

4 AIKATAULU

Nykyisen suosituksen läpikäynti ja tekstin päivitys pyritään tekemään vuoden 2012 aikana.

Seuraavassa kokouksessa käydään teksti vielä kerran läpi kokonaisuutena.



26.3.2012

4 (4)

5 MUUT ASIAT

6 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous sovittiin pidettäväksi 9.5.2012 Metso Powerilla
Tampereella klo 10 alkaen.

LIITE 1

**Hajukaasusuositus muokattu
20.3.2012**

E. Vakkilainen/EPT

16.12.2005

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Hajukaasujen polttosuositus

Alkuperäinen versio 30.5.2002

Revisio A 16.12.2005

Revisio B

ESIPUHE

Tämä Soodakattilayhdistyksen suositus on päivitetty versio 30.5.2002 ilmestyneestä suosituksesta. Suositus on päivitetty vastaamaan uusimpia tarpeita ja siihen on lisätty liuottimen hönkien käsittelyä koskeva osa.

Alkuperäisen suosituksen jälkeen on julkaistu ATEX-ohjeet. Soodakattilayhdistys katsoo että ATEX ei vaikuta tähän ohjeeseen.

Tämän täydennetyn suosituksen tekemisestä on vastannut Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Jens Kohlmann Jaakko Pöyry Oy ja jäseninä Hanna Anttila Andritz Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Mikko Anttila Kvaerner Power Oy, Kari Parviainen Teknillinen korkeakoulu, Harri Jussila UPM-Kymmene Oy, Kymi, Jorma Torniainen Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Alkuperäisen suosituksen tekemisestä vastasi Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Sebastian Kankkonen Jaakko Pöyry Oy ja jäseninä Aimo Hakkarainen Andritz-Ahlstrom Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Markku Isoniemi Kvaerner Pulping Oy, Kari Parviainen Jaakko Pöyry Oy, Matti Tikka Kymi Paper Oy, Esko Talka Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Ympäristötyöryhmä kiittää Reijo Hukkasta Stora Enso Oy ahkerasta ja asiantuntevasta kommentoinnista.

Tämä suositus ei yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta tai pakottaa käyttäjiä tai valmistajia samanlaisiin laitteisiin tai prosessiratkaisuihin.

Suosituksessa esitetään perustietoutta, jota voidaan käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna. Yhdistyksen Ympäristötyöryhmä on kommentoinut työtä ja valvonut sen edistymistä työn valmistumiseen asti. Suosituksessa on käytetty hyväksi sitä tietoa jota on ollut käytettävissä syksyllä 2005.

Yhdistys ei vastaa tämän suosituksen virheistä eikä tästä johtuvista mahdollisista ongelmista. Mahdollinen päivitetty versio on jäsenten löydettävissä yhdistyksen kotisivuilta tai saatavissa sihteeristöstä.

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Matti Tikka
Hallituksen puheenjohtaja

Pekka Posti
Ympäristötyöryhmän puheenjohtaja

SISÄLLYS

1	YLEISTÄ	1
2	MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ	3
2.1	VÄKEVÄT HAJUKAASUT	3
2.2	LAIMEAT HAJUKAASUT	4
2.3	LIUOTINSÄILÖN HÖNKÄ	5
2.4	METANOLI	5
2.5	TÄRPÄTTI	5
2.6	MÄÄRITELMIÄ	6
2.7	LYHENTEITÄ	6
2.8	RÄJÄHDYSRAJOJEN LASKENTAKAAVOJA	7
3	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN	9
3.1	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN RIKKIPÄÄSTÖIHIN	9
3.2	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN NO _x PÄÄSTÖIHIN	9
3.2.1	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS	9
3.2.2	LIUOTINHÖNGÄN VAIKUTUS	10
3.2.3	VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS	10
3.3	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TRS PÄÄSTÖIHIN	11
3.4	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TUKKEENTUMISEEN	11
3.5	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN MUUHUN TOIMINTAAN	11
4	HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO	12
4.1	HAJUKAASUJEN KARKAAMINEN TYÖSKENTELYTILAAN	12
4.1.1	TUULETUS/HÖYRYTYS	13
4.1.2	HAJU	13
4.1.3	SUOJAUTUMINEN	13
4.2	LAUHTEN POISTO-ONGELMAT	13
4.2.1	VESILUKON KUIVUMINEN	14
4.2.2	VESILUKON TUKKEUTUMINEN	14
4.2.3	VESITYSTASKUN TÄYTTYMINEN	14
4.3	RÄJÄHDYSVAARAT HAJUKAASULINJOISSA	14
4.3.1	ALAS- JA YLÖSAJOTILANTEET	14
4.3.2	TULENKÄSITTELY- JA TUPAKOINTIKIELTO	15
4.4	KAASURÄJÄHDYS KATTILASSA	15
4.5	SULAVESIRÄJÄHDYS KATTILASSA	15
4.6	KORROOSIO-ONGELMAT	15
4.7	KIPINÖINTI/STAATTINEN SÄHKÖ	15
4.8	KORJAUS JA HUOLTOTOIDEN LUVAT	16
5	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA	17
5.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ	17
5.2	LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS	19
5.3	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN POLTON LOGIIKKA	20
5.3.1	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET	20

Deleted: 4

Deleted: 7

Deleted: 10

Deleted: 11

Deleted: 12

Deleted: 13

Deleted: 13

Deleted: 14

Deleted: 14

Deleted: 14

Deleted: 14

Deleted: 15

Deleted: 15

Deleted: 15

Deleted: 15

Deleted: 15

Deleted: 16

Deleted: 16

Deleted: 16

Deleted: 16

Deleted: 17

Deleted: 17

Deleted: 17

Deleted: 19

Deleted: 19

Deleted: 21

Deleted: 22

Deleted: 22

5.3.2	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN KESKEYTYS.....	21	Deleted: 23
5.3.3	KAPASITEETTIRAJOITUS	22	Deleted: 24
5.4	PUHALLIN.....	22	Deleted: 24
5.5	VARASILMAYHDE.....	22	Deleted: 25
5.6	KANAVAT	22	Deleted: 25
5.6.1	KANAVAMATERIAALI.....	23	Deleted: 25
5.6.2	VIRTAUS.....	23	Deleted: 26
5.6.3	MAADOITUS	23	Deleted: 26
5.7	LAUHTENPOISTO.....	24	Deleted: 26
5.7.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	24	Deleted: 26
5.7.2	LAUHTENPOISTOYHTEITTEN SJOITUS.....	24	Deleted: 27
5.7.3	VESILUKOT.....	24	Deleted: 27
5.8	PESURI.....	25	Deleted: 27
5.9	VENTTIILIT	25	Deleted: 27
5.9.1	VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI.....	25	Deleted: 27
5.9.2	SULKULAITTEET	25	Deleted: 28
5.10	OHITUS.....	25	Deleted: 28
5.11	PISARANEROITIN.....	25	Deleted: 28
5.12	LIEKINESTIN	26	Deleted: 28
5.13	RÄJÄHDYSLEVY	26	Deleted: 28
5.14	ALIPAINESUOJA	26	Deleted: 29
5.15	YLIPAINESUOJA	26	Deleted: 29
5.16	PITOISUUSMITTAUS.....	26	Deleted: 29
6	LIUOTTIMEN HÖNGÄN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA		Deleted: 29
	27		Deleted: 30
6.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ	27	Deleted: 30
6.2	LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS	28	Deleted: 31
6.3	LIUOTTIMEN HÖNKIEN POLTON LOGIIKKA.....	28	Deleted: 31
6.3.1	LIUOTTIMEN HÖNKIEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET.....	29	Deleted: 31
6.3.2	LIUOTTIMEN HÖNKIEN SYÖTÖN KESKEYTYS.....	29	Deleted: 32
6.3.3	KAPASITEETTIRAJOITUS	30	Deleted: 32
6.4	PUHALLIN.....	30	Deleted: 33
6.5	KANAVAT	30	Deleted: 33
6.5.1	KANAVAMATERIAALI.....	30	Deleted: 33
6.5.2	VIRTAUS.....	30	Deleted: 33
6.5.3	MAADOITUS	31	Deleted: 33
6.6	LAUHTENPOISTO.....	31	Deleted: 33
6.6.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	31	Deleted: 33
6.6.2	LAUHTENPOISTOYHTEITTEN SJOITUS.....	31	Deleted: 34
6.6.3	VESILUKOT.....	31	Deleted: 34
6.7	PESURI.....	32	Deleted: 34
6.8	VENTTIILIT	32	Deleted: 34
6.8.1	VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI.....	32	Deleted: 35
6.8.2	SULKULAITTEET	32	Deleted: 35
6.9	OHITUS.....	32	Deleted: 35
6.10	PISARANEROITIN.....	32	Deleted: 35

6.11	LIEKINESTIN	<u>33</u>	Deleted: 35
6.12	RÄJÄHDYSLEVY	<u>33</u>	Deleted: 36
6.13	ALIPAINESUOJA	<u>33</u>	Deleted: 36
6.14	YLIPAINESUOJA	<u>33</u>	Deleted: 36
6.15	PITOISUUSMITTAUS.....	<u>33</u>	Deleted: 37
7	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTO SOODAKATTILALLA	<u>34</u>	Deleted: 37
7.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ	<u>34</u>	Deleted: 39
7.2	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON LOGIIKKA.....	<u>37</u>	Deleted: 40
7.2.1	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	<u>37</u>	Deleted: 40
7.2.2	KAPASITEETTIRAJOITUS	<u>38</u>	Deleted: 41
7.2.3	TUKILIEKIN TARVE.....	<u>40</u>	Deleted: 41
7.2.4	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON PYSÄYTTÄMINEN.....	<u>38</u>	Deleted: 43
7.2.5	VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN POLTTOA EI TARVITSE PYSÄYTTÄÄ	<u>42</u>	Deleted: 43
7.3	POLTIN	<u>42</u>	Deleted: 44
7.3.1	TUKI/PILOTTILIEKKI.....	<u>42</u>	Deleted: 44
7.4	PUTKISTO	<u>42</u>	Deleted: 44
7.4.1	PUTKISTON RAKENNEMATERIAALI	<u>42</u>	Deleted: 44
7.4.2	PUTKISTON HÖYRYTYS	<u>42</u>	Deleted: 45
7.4.3	PUTKISTON PAINEMITTAUKSET	<u>42</u>	Deleted: 45
7.5	MAADOITUS JA POTENTIAALITASAUUS	<u>43</u>	Deleted: 45
7.6	VENTTIILIT	<u>43</u>	Deleted: 45
7.6.1	VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI	<u>43</u>	Deleted: 46
7.6.2	SULKUVENTTIILIT	<u>43</u>	Deleted: 46
7.6.3	VENTTIILIEN TOIMINTAENERGIA	<u>43</u>	Deleted: 46
7.7	LAUHTENPOISTO.....	<u>44</u>	Deleted: 46
7.7.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	<u>44</u>	Deleted: 46
7.7.2	LAUHTENPOISTOYHTEIDEN SJOITUS	<u>44</u>	Deleted: 46
7.7.3	VESILUKOT.....	<u>44</u>	Deleted: 47
7.8	EJEKTORI.....	<u>45</u>	Deleted: 47
7.9	LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS	<u>45</u>	Deleted: 48
7.10	POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIikka	<u>45</u>	Deleted: 48
7.11	LIEKINEROTUS	<u>45</u>	Deleted: 48
7.11.1	LIEKINEROTTIMEN PESU	<u>45</u>	Deleted: 48
7.11.2	LIEKINEROTTIMEN PAINEMITTAUS	<u>46</u>	Deleted: 48
7.12	VAIHTOEHTOINEN PAIKKA	<u>46</u>	Deleted: 49
7.12.1	VENTTIILIT.....	<u>46</u>	Deleted: 49
7.12.2	HÖYRYTYS	<u>46</u>	Deleted: 49
7.12.3	SOIHDUN SJOITUS	<u>46</u>	Deleted: 49
7.13	ALIPAINESUOJA	<u>46</u>	Deleted: 49
7.14	YLIPAINESUOJA	<u>46</u>	Deleted: 49
7.14.1	RÄJÄHDYSLEVY	<u>47</u>	Deleted: 49
7.14.2	RÄJÄHDYSLEVYJEN SJOITUS.....	<u>47</u>	Deleted: 50
7.15	PITOISUUSMITTAUS.....	<u>47</u>	Deleted: 50
8	METANOLIN / TÄRPÄTIN POLTTO SOODAKATTILALLA	<u>48</u>	Deleted: 50
8.1	METANOLIN/TÄRPÄTIN POLTON LOGIIKKA	<u>49</u>	Deleted: 51
			Deleted: 52

8.1.1	METANOLIN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	50	Deleted: 53
8.1.2	METANOLIN POLTON PYSÄYTTÄVÄT TAPAHTUMAT.....	51	Deleted: 54
8.1.3	TÄRPÄTIN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	51	Deleted: 54
8.1.4	TÄRPÄTIN POLTON PYSÄYTTÄVÄT TAPAHTUMAT	51	Deleted: 55
8.2	POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIikka	51	Deleted: 55
8.3	VENTTIILIT	52	Deleted: 55
8.3.1	VENTTIILIEN RAKENNEMATERIAALI	52	Deleted: 55
8.3.2	SULKUVENTTIILIT	52	Deleted: 56
8.3.3	VENTTIILIEN TOIMINTAENERGIA	52	Deleted: 56
9	TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA.....	53	Deleted: 57
9.1	TOIMINTA HÄIRIÖN YHTEYDESSÄ	53	Deleted: 57
9.2	TOIMINTA ALASAJON YHTEYDESSÄ	53	Deleted: 57
9.3	TOIMINTA YLÖSAJON YHTEYDESSÄ	53	Deleted: 57
9.4	TOIMINTA SEISOKIN AIKANA.....	54	Deleted: 58
9.4.1	OHJEITA HAJUKAASUJÄRJESTELMÄN VALMISTELEMISEKSI SEISOKKI- TAI HUOLTOTÖITÄ VARTEN 54	54	Deleted: 58
9.4.2	OHJEITA SEISOKIN AIKAIKSIIN KUNNOSSAPIDON TÖIHIN.....	55	Deleted: 59
9.5	TOIMINTA HÄIRIÖIDEN YHTEYDESSÄ.....	55	Deleted: 59
10	ERIKOISOHJEET HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA.....	56	Deleted: 60
10.1	LUOKITTELU	56	Deleted: 60
10.2	KYLIT	56	Deleted: 60
10.3	VESITYKSET	57	Deleted: 61
10.4	VENTTIILIT	57	Deleted: 61
10.5	KANAVIEN KALLISTUKSET	57	Deleted: 61
10.6	KANAVAMATERIAALI	58	Deleted: 62
10.7	KANAVIEN ERISTYKSET	58	Deleted: 62
10.8	LAIPAT, YHTEET	58	Deleted: 62
10.9	PUHALTIMET.....	58	Deleted: 62
10.10	EJEKTORIT.....	58	Deleted: 62
10.11	KANAVAMITOITUS	58	Deleted: 62
10.12	LIEKINEROTTIMEN SJOITUS	59	Deleted: 63
10.13	RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN SJOITUS	59	Deleted: 63
10.14	OHITUKSEN SJOITUS.....	60	Deleted: 63
10.15	TILALUOKITUKSET	60	Deleted: 64
10.16	VALMISTUSLUVAT	60	Deleted: 64
11	SUUNNITTELUUN JA KÄYTTÖÖN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET	62	Deleted: 65
11.1	SUOMEN LAINSÄÄDÄNTÖ	62	Deleted: 66
11.1.1	HAZOP.....	62	Deleted: 66
11.1.2	PUTKISTOJEN LUOKITTELU	62	Deleted: 66
11.1.3	RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN LUOKITTELU (ATEX)	63	Deleted: 67
11.2	EUROOPPALAISET STANDARDIT	63	Deleted: 67
11.3	OLEMASSA OLEVAT OHJEET.....	63	Deleted: 67

11.3.1	SODAHUSKOMMITTÉN	63	Deleted: 68
11.3.2	BLRBAC	64	Deleted: 68
12	POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN	66	Deleted: 70
12.1	POIKKEAMAT BLRBACn OHJEISIIN	66	Deleted: 70
12.2	POIKKEAMAT SHKn OHJEISIIN	66	Deleted: 70
13	ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA	68	Deleted: 72
13.1	ESIMERKKI: VARKAUDEN TAPAUS 1980-LUVULLA	68	Deleted: 72
13.2	ESIMERKKI: KLABININ TAPAUS BRASILIASSA 10.10.1998	69	Deleted: 73
13.3	ESIMERKKI: OY METSÄ-BOTNIA AB, KEMIN TEHTAAN VAURIO 29.12.1998	69	Deleted: 73
14	LOPPUSANAT	71	Deleted: 75
15	KIRJALLISUUSVIITTEITÄ	72	Deleted: 76
LIITTEET			
Liite I	Esimerkkilaskelma		

1 YLEISTÄ

Hajukaasujen poltto soodakattiloissa on yleistä. Suomen Soodakattilayhdistys ei ota kantaa siihen missä hajukaasujen poltto pitäisi suorittaa. Kuitenkin soodakattilayhdistys suositaa että liuottimen hönkä poltetaan soodakattilassa. Hajukaasujen poltto soodakattilassa lisää onnettomuusriskejä ja hajukaasujen käsittely aiheuttaa työturvallisuusongelmia. Koska hajukaasuja kuitenkin poltetaan, niin yhdistyksen jäsenistö on kaivannut selkeää ohjetta sellutehtaan hajukaasujen käsittelyyn ja poltoon soodakattilalla. Taustana on huoli turvallisuudesta ja kokonaisprosessin toimivuudesta.

Tämä suositus koskee hajukaasujärjestelmiä soodakattilalla ja siihen liittyviä laitteita. Hajukaasujen keräilykohteisiin ja keräilytapoihin sekä niihin liittyviin laitteisiin ei oteta kantaa. Keräilyn suunnittelu täytyy kuitenkin tehdä kokonaisvaltaisesti. Suositus ei myöskään yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta eikä pakottaa samanlaisiin laitteisiin tai prosessiratkaisuihin. Sen sijaan esitetään perustietoutta jota tulee käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna.

Soodakattila vaatii käyttöympäristönä erittäin luotettavat ja turvalliset järjestelmät. Laitteiden laatuun ja niiden oikeaan käyttöön kannattaa investoida. Sellutehtaalla lyhyetkin häiriöistä aiheutuvat käyttöseisokit maksavat usein enemmän kuin niiden eston tarvitsema investointi. Hajukaasujen poltto lisää soodakattilan käyttöön monimutkaisuutta ja palavien myrkyllisten kaasujen käsittely tuo onnettomuusriskejä. Tämän suosituksen ohjeiden noudattaminen pienentää kyseisiä riskejä ja vaaratilanteita.

Tämä suositus ei ota kantaa hajukaasujen keräilyn ja polton järjestelmien vaatimaan käyttäjäkoulutuksen sisältöön. Ennen kuin uusia laitteita aletaan käyttää ja ennen kuin uudet työntekijät alkavat hajukaasujen polttolaitteilla työskennellä on asianmukainen koulutus ja työhön perehdyttäminen suoritettava.

Suositus ei ota kantaa hajukaasujärjestelmien laitteiden mekaanisiin huolto- ja kunnossapitotoimintoihin. Sen sijaan suosituksessa on otettu kantaa tarkastusväliin ja -tapaan.

Eräillä tehtailla, myös Suomessa metanoli ja tärpätti poltetaan.

Deleted: yhteis

Deleted: Tämä suositus käsittelee vain tapauksia, joissa sekä metanoli että tärpätti erotetaan ja käsitellään koko prosessin ajan erillään.

Suositusta laadittaessa on noudatettu huolellista valmistelutapaa ja yritetty kuulla sekä tehtaiden, laitetoimittajien että vakuutuslaitosten mielipiteitä hajukaasujen poltosta. Tämä suositus lähtee siitä olettamuksesta, että hajukaasujärjestelmän laitteet ensisijaisesti täyttävät ne vaatimukset, jotka Suomen voimassa olevat lait ja oikeussäännökset mm. työsuojelulaki sekä palavia nesteitä ja kaasuja koskevat lait ja asetukset, määräävät tai valvovat viranomaiset asettavat. Hajukaasulaitteistojen oletetaan myös olevan kaikin puolin ensiluokkaisia, asianmukaisia ja käyttövarmoja sekä rakenteeltaan tarkoituksenmukaisia ja lisäksi käytettyjen aineiden ja työn moitteettomuuden suhteen ensiluokkaisia.

Vastuu hajukaasujärjestelmän toimivuudesta ja prosessiratkaisuista on laitteiden suunnittelijoilla. Vastuu hajukaasujärjestelmän oikeasta ja huolellisesta käytöstä on laitoksen käyttäjillä. Soodakattilayhdistys suosittelee että ennen järjestelmän hankkimista toimittaja ja loppukäyttäjä suorittavat laitoksen HAZOPin ja käyvät yhdessä läpi vaaranarvioinnin vaatimat tiedot. Soodakattilayhdistys on raporttisarjassaan julkaissut raportin 11/2001 ”Soodakattilalaitoksen vaaranarviointi”.

Huolimatta siitä mitä tässä suosituksessa on sanottu, on ensisijaisesti noudatettava lakeja, asetuksia ja viranomaisten antamia määräyksiä ja ohjeita.

2 MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

Hajukaasut sisältävät sellun valmistuksen yhteydessä vapautuvia kaasuja, puun mukana tulevia kaasuuntuvia yhdisteitä, vesihöyryä ja ilmaa. Keitossa, mustalipeän käsittelyssä ja kaustisoinnissa vapautuvat kaasut ja höngät; rikkivety, metyyliimerkaptaani, dimetyylisulfidi, dimetyylidisulfidi, metanoli ja tärpätti ovat palavia, räjähtäviä ja voimakkaasti haisevia yhdisteitä, mikä antaa hajukaasuille niiden luontaisen aromin. Puun mukana tulevat kaasuuntuvat yhdisteet; tärpätti ja metanoli, eivät puhtaana haise, mutta sellutehtaassa ne sisältävät epäpuhtautena haisevia komponentteja. Ilma on yleensä vuotoilmaa.

Deleted: ja

Tässä suosituksessa hajukaasut ryhmitellään seuraavasti:

- laimeat hajukaasut
- väkevät hajukaasut
- liuottajan ja sekoitussäiliön hönkäkaasut
- nestemäinen metanoli
- nestemäinen tärpätti

Tässä suosituksessa ei metanolin ja tärpätin polttoon kaasumaisena oteta kantaa.

2.1 Väkevät hajukaasut

Väkevät hajukaasut ovat pääosin peräisin haiduttamolta, strippauksesta, polttoli-
peäsäiliöstä, vahvalipeäsäiliöstä, pieniä määriä voi tulla myös keittämöltä.

Deleted: keittämöltä,

Deleted: tai

Deleted: .

Väkevät hajukaasut sisältävät paljon palavaa kaasua, jolloin väkevien hajukaasujen käsittelyssä riskinä on räjähdysvaara. Räjähdysvaara poistetaan, estämällä ilman vuoto järjestelmään ja eliminoimalla sytytysenergian lähteet.

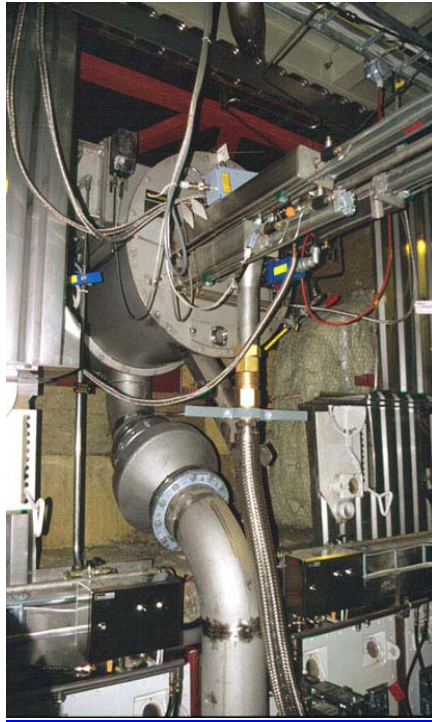
Deleted: a

Deleted: estetään

Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS, Total Reduced Sulphur) ja etenkin tärpätti ovat räjähdysherkkiä laajalla pitoisuusalueella.

Englanninkielinen lyhenne LVHC (Low Volume High Concentration) tarkoittaa väkeviä hajukaasuja. BLRBAC:in ohjeessa käytetään amerikkalaista termiä CNCG (Concentrated Non-Condensible Gas).

SOG (Stripper Off Gases) tarkoittaa stripperiltä tulevia lauhtumattomia väkeviä kaasuja, jossa esim. metanoli on höyryfaasissa. Jos stripperin kaasuille tehdään metanolin nesteytys, niin polttoprosessi saadaan tasaisemmaksi ja varmatoimisemmaksi [varsinkin haihduttamon ja stripperin häiriötilanteissa.](#)



Kuva 2-1. Väkevien hajukaasujen poltin

2.2 Laimeat hajukaasut

Laimeita hajukaasuja kerätään säiliöistä ja laitteilta kuitulinjalta, haihduttamolta, mäntyöljykeitämöltä sekä kaustisointilaitokselta. Paineellisista mustalipeäsäiliöistä [tulevat kaasut pitää ohjata väkeviin hajukaasuihin. Paineettomasta vahvalipeäsäiliöistä](#) tulevat kaasut [suositellaan johdettavaksi](#) väkeviin hajukaasuihin.

Deleted: pitäisi

Deleted: ohjata

Laimeat hajukaasut sisältävät samoja komponentteja kuin väkevätkin hajukaasut. Laimeat hajukaasut sisältävät niin paljon vuotoilmaa, että ne ovat pitoisuuksiltaan räjähdysalueen alapuolella. Laimeiden hajukaasujen käsittelyn prosessiratkaisujen pitää huolehtia kaasujen laimeudesta kaikissa olosuhteissa.

Englanninkielinen lyhenne HVLC (High Volume Low Concentration) tarkoittaa laimeita hajukaasuja. BLRBAC:in ohjeessa käytetään amerikkalaista termiä DNCG (Diluted Non-Condensable Gas).

Deleted: ¶

Tuhkan ja mustalipeän sekoitussäiliö voidaan yhdistää laimeisiin hajukaasuihin tai liuotinsäiliön hönkiin esimerkiksi tyhjennyssäiliön kautta. Sekoitussäiliön höngän keräilyssä pitää prosessiratkaisun olla sellainen, jossa kaasut ovat laimeita kaikissa olosuhteissa.

Deleted: kä

2.3 Liuotinsäiliön ja sekoitussäiliön höngät

Tuhkan ja mustalipeän sekoitussäiliö voidaan yhdistää laimeisiin hajukaasuihin tai liuotinsäiliön hönkiin esimerkiksi tyhjennyssäiliön kautta. Sekoitussäiliön höngän keräilyssä pitää prosessiratkaisun olla sellainen, jossa kaasut ovat laimeita kaikissa olosuhteissa.

Liuotinsäiliön hönkä sisältää haisevia rikkiyhdisteitä. Hönkää ei perinteisesti ole luettu hajukaasuksi. Kuitenkin, jos hönkä johdetaan soodakattilan tulipesään, tulee sen käsittelyssä noudattaa laimeille hajukaasuille annettuja suosituksia höngän suuren kosteuspitoisuuden vuoksi.

2.4 Metanoli

Metanolia syntyy sellunkeitossa. Puhdas metanoli (CH_3OH) on väritön, lähes hajuton ja myrkyllinen kaasu/neste, mutta sulfaattitehtaalla metanolin joukkoon erottuu runsaasti haisevia yhdisteitä. Metanoli tyypillisesti poltetaan.

Deleted: ¶

Tässä suosituksessa otetaan kantaa vain nesteytetyn metanolin poltoon.

2.5 Tärpätti

Tärpättiä syntyy sellun keitossa. Tärpätti erotetaan ja joissain tapauksissa poltetaan. Puhdas tärpätti on väritön ja miedosti tuoksuva kaasu/neste, mutta sulfaattitehtaalla tärpätin joukkoon erottuu runsaasti haisevia yhdisteitä.

Kerättäessä kohteita, joissa voi esiintyä terpeenejä, rajoitetaan suuria pitoisuuksia lauhduttamalla kaasuja. Suoritetusta lauhdutuksesta huolimatta terpeenejä jää aina kaasumaisena käsiteltyyn kaasuseokseen terpentiinien osapainetta vastaava määrä. Edellä olevasta johtuu, että tällaiset mahdollisesti runsaasti terpeenejä sisältävät laimeiden hajukaasujen kohteet on laimennettava keräyspisteen tai lauhdutuksen jälkeen. Keräyskohteen maksimilämpötilan ylittyessä on kohde rajattava automaattisesti pois keräilystä.

Terpeenipitoisia keräyskohteita voi olla esimerkiksi seuraavat: havuhakkeen syöttösiilot, likaislaudesäiliöt, keräily- ja laihaliipeäsäiliöt, jos niihin johdetaan ajoittainkin tärpättipitoisia lauhteita.

Myös seisokki- ja starttitilanteissa voi lauhtunut tärpätti höyrystyä hajukaasujen joukkoon lauhdesäiliöiden pinnalta tai kanavista.

Deleted: a

Deleted:

Deleted: ¶

Tässä suosituksessa otetaan kantaa vain nesteytetyn tärpätin polttoon.

2.6 Määritelmiä

Alempi räjähdysraja, LEL Pitoisuus jota korkeampi palavan kaasun pitoisuus voi räjähtää (pelkkä ilma ei räjähdä)

Ylempi räjähdysraja, HEL Pitoisuus jota alempi palavan kaasun pitoisuus voi räjähtää (pelkkä polttoaine ei räjähdä)

2.7 Lyhenteitä

Lyhennys	Suomalainen määritelmä	Englanninkielinen määritelmä
BLRBAC	Amerikan soodakattilayhdistys	Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee
CH ₃ SH	metyylimerkaptani	methyl mercaptan
(CH ₃) ₂ S	dimetyylisulfidi	dimethylsulfide
(CH ₃) ₂ S ₂	dimetyylidisulfidi	dimethyldisulfide
C ₁₀ H ₁₆	tärpätti	turpentine
CH ₃ OH	metanoli	methanol
C₂H₅OH	etanoli	ethanol
H ₂ S	rikkivety	hydrogen sulfide
SO₂	rikkidioksidi	sulfur dioxide
O₂	happi	oxygen
NH₃	ammoniakki	ammonia
H₂O	vesi	water
CO₂	hiilidioksidi	carbon dioxide
CO	hiilimonoksidi	carbon monoxide
NO	typpioksidi	nitric oxide
CNCG	väkevät hajukaasut	concentrated non condensible gas
DNCG	laimeat hajukaasut	diluted non condensible gas
HEL	ylempi räjähdysraja	higher explosion limit
HVLC	laimeat hajukaasut	high volume low concentration
LEL	alempi räjähdysraja	lower explosion limit
LVHC	väkevät hajukaasut	low volume high concentration
NCG	hajukaasu	non condensible gas
SHK	Ruotsin soodakattilayhdistys	Sodahuskommittén

Deleted: vastine

Deleted: M

SOG	stripperin kaasut	stripper off gases
TRS	pelkistyneet rikkityhdisteet	total reduced sulfur compounds
UEL	ylempi räjähdysraja	upper explosion limit
HAZOP	poikkeamatarkastelu	hazard and operability study

2.8 Räjähdyksrajien laskentakaavat

Räjähdyksraja lasketaan tyypillisesti seoksen komponenttien avulla.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä ([807/2001](#)) [liite 1 kohta 7.7.1](#) antaa kaavan syttyvyyden määrittämiselle. Pohjana on käytetty standardia [ISO 10156](#) ja sen taulukoita 1 ja 2 jotka antavat eri palaville ja inerteille kaasulle laskentavakioita.

Taulukko 2-1. Hajukaasun eri komponenttien syttymisominaisuuksia ilmassa, Burgess ja Young 1992.

Yhdiste	Räjähdyksraja		Liekin nopeus m/s	Itsesyttymislämpötila °C
	Alempi til-%	Ylempi til-%		
H ₂ S	4.3	45.0		260
CH ₃ SH	3.9	21.8	0.55	
CH ₃ S CH ₃	2.2	19.7		206
CH ₃ SSCH ₃	1.1	16.1		300
Alfa-naphtoli	0.8	6.0	0.62	253
Metanoli	6.7	36.5	0.5	464

Deleted: 154*

Syttymis- eli räjähdysrajoja määriteltäessä on syytä käyttää menetelmää, joka varmasti antaa turvalliset rajat. Räjähdyksrajoja voidaan laskea eri periaatteilla. Yleensä sovelletaan yleisesti tunnettua le Chatelierin menetelmää kuten esimerkiksi standardissa ISO 10156 kohdassa 4.6.1. Toinen tapa on tarkkailla ongelmaa termody-

Deleted: *Tämä arvo on mahdollisesti detonaationopeus joka aiheutuu räjähdysen aiheuttamasta paineallostasta. ¶

naamisesti (Hokynar 1999). Eroa ei juurikaan ole alemman räjähdysrajan osalta, mutta ylemmän räjähdysrajan määrittely eroaa koska inertin kaasun vaikutus on eri kahdessa edellä mainitussa menetelmässä.

3 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN

Hajukaasujen poltto soodakattilassa saattaa vaikuttaa soodakattilan emissioihin. Hajukaasujen poltto alentaa soodakattilan tuhkasuolan karbonaattipitoisuutta ja pH:ta. Hajukaasujen mukana tulipesään sisään syötettävä lisärikki näkyy ensin savukaasujen mukana sähkösuodattimille tulevassa tuhkasuolassa olevan karbonaatin korvaantumisena sulfaatilla. Karbonaatin tultua käytetyksi ylimäärä rikistä muodostaa SO₂:ta.

Deleted: jää

Deleted: ksi

3.1 Vaikutukset soodakattilan rikkipäästöihin

Hajukaasujen sisältämä lisärikki nostaa aina soodakattilan tuhkan sulfaattipitoisuutta ja täten saattaa alentaa sen pH:ta. Jollei riittävää karbonaattipuskurivaraa ole, saattaa kattilan SO₂ päästötaso nousta. Kattilan SO₂ päästötasoon vaikuttaa tehtaan korkea sulfiditeetti, polttoliipeän kuiva-aine ja lämpöarvo sekä kattilan kuorma.

Deleted: On syytä tutkia mahdollisimman tarkkaan soodakattilan kyky ottaa vastaan lisärikki-kuorma ennen kuin hajukaasujen poltosta soodakattilassa päätetään.

Deleted: ,

Deleted: ja j

Deleted: aiheuttaa

Deleted: n

Deleted: un

Hajukaasuja ei tulisi polttaa soodakattilalla jos vuositasolla rikkipäästöt nousevat merkittävästi. Kyseisessä tapauksessa hajukaasujen polttopaikaksi suositellaan erillistä polttopaikkaa jossa on rikin talteenotto.

Deleted: Rikkipäästöä voidaan pienentää alentamalla mustaliipeän sulfiditeettia ja nostamalla polttoliipeän kuiva-ainetta. ¶ Rikkipäästöjen voidaan arvioida olevan häiriöttömässä ajossa vähäiset väkeviä hajukaasuja poltettaessa, jos polttoliipeän kuiva-aine on vähintään 72 % ja lipeäkuorma on lähes täysi, kun sulfiditeetti on lähellä 40 %. ¶ Laimeita hajukaasuja poltettaessa rikkipäästön voidaan ajatella nousevan, jos polttoliipeän kuiva-aine on 68 % tai sen alle. ¶ Jos hajukaasuja poltetaan osakuormilla, pitää tapauskohtaisesti analysoida sähkösuodintuhkan pH ja karbonaattipitoisuus sekä savukaasujen SO₂-pitoisuus. Jatkuvasti osakuormalla ajava kattila tarvitsee korkeammat kuiva-aineet kuin nimelliskuormalla tai sen yli ajava kattila häiriöttömän käytön ylläpitämiseksi

3.2 Vaikutukset soodakattilan NOX päästöihin

Varsinkin väkevät hajukaasut sisältävät typpiyhdisteitä. Nämä typpiyhdisteet ovat pääosin ammoniakkia, joka erottuu haihduttamalla mustaliipeästä. Osa tästä tyypestä on muodostunut soodakattilan sulan mukana liuotinsäiliöön tulleen typen reaktioissa kaustisointialueella ja on kiertänyt keiton kautta takaisin soodakattilaan.

3.2.1 Laimeiden hajukaasujen vaikutus

Laimeiden hajukaasujen osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 5... 15 % koko ilmamäärästä. Typpi laihoissa hajukaasuissa on pääasiassa ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 10 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys on silloin

$$NO_x = \frac{(100 + 0.3 * 0.1 * 10)}{100} - 1 \leq 1\%$$

Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu, [jos laimeat hajukaasut ohjataan tulipesässä oikealle lämpötila-alueelle.](#)

3.2.2 Liutinhöngän vaikutus

Liutinhöngän mukana tulevan ilman osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 5 % koko ilmamäärästä. Typpi liutinhöngässä on peräisin haihduttamon sekundäärilauhteista tai sulan mukana liutinsäiliöön tulevan typen reagoimisesta ammoniakiksi. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 100 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys on silloin

$$NO_x = \frac{(100 + 0.3 * 0.05 * 100)}{100} - 1 \approx 1\%$$

[Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu, jos laimeat hajukaasut ohjataan tulipesässä oikealle lämpötila-alueelle.](#)

Deleted: Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu.

3.2.3 Väkevien hajukaasujen vaikutus

Väkevien hajukaasujen osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 0.2... 3 % koko ilmamäärästä. Typpi väkevissä hajukaasuissa on pääasiasa ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 2000 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys [saattaa olla](#) silloin

Deleted: on

$$NO_x = \frac{(100 + 0.3 * 0.01 * 2000)}{100} - 1 \approx 6\%$$

3.3 Vaikutukset soodakattilan TRS päästöihin

Deleted: Vaikutus on näkynyt kattiloiden vuosipäästöissä.¶

Moderneissa kattiloissa, joissa on riittävä sekoitus ja hajukaasujärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla, ei kattilan TRS päästö merkittävästi lisäännä, mikäli hajukaasut syötetään vyöhykkeelle, jossa lämpötila on vähintään 900 °C.

Jos kattilan ylimmälle ilmatasolle syötetään laimeita hajukaasuja, on mahdollista että jonkin verran hajukaasuista kulkeutuu reagoimatta kylmiä seinänvieriä pitkin.

Mitattava vaikutus kokonaisvirrassa on käytännössä ollut joitakin ppm:n kymmenesosia.

3.4 Vaikutukset soodakattilan tukkeentumiseen

[Katso kappale 3.1. Vaikutukset soodakattilan rikkipäästöihin](#)

Jos hajukaasujen [poltto-olosuhteet soodakattilassa eivät ole optimaaliset, jolloin syntyy SO₂ päästöjä](#), niin kattilan [ja sähkösuodattimen](#) tukkeentumis- ja korroosioalttius [erityisesti ekonomaiserialueella](#) happamien tuhkasuolojen takia (alhainen pH) lisääntyy.

Deleted: Tyypillisesti hajukaasujen polttoa kattilassa on tehty vain, jos tuhkasuola on kyennyt sitomaan hajukaasujen mukana vapautuvan rikin. ¶

Deleted: mukana tuleva rikkimäärä on niin iso, että poltto synnyttää SO₂ päästöä

3.5 Vaikutukset soodakattilan muuhun toimintaan

Moderneissa kattiloissa, joissa on riittävä sekoitus ja riittävä kuiva-aine, sekä kun hajukaasujärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla, ei vaikutuksia soodakattilan muuhun toimintaan ole havaittu. Esimerkiksi muutoksista reduktioon ei ole raportoitu.

[Hajukaasujen polton aloittaminen pienentää yleensä tehtaan kokonaisrikkipäästöjä.](#) Tämä vaikuttaa tehtaan kemikaalitaseisiin ja pyrkii nostamaan sulfiditeettia. Rikkitase tehtaalta pitääkin aina tarkastella uudestaan.

Deleted: Hajukaasun polton aiheuttama sulfaatin lisääntyminen tuhkasuolassa nostaa hiukan tuhkasuolan massan määrää. Jos tuhkan kuljettimet ovat kattilan toimintaa rajoittava tekijä, pitää tämä huomioida hajukaasujärjestelmiä toteutettaessa. Lisärikki voi aiheuttaa myös sähkösuotimen tukkeutumisoongelmia. ¶

Liutinhöngän ja laimeiden hajukaasujen mukana kattilaan tulee vesihöyryä, mikä [saattaa hiukan](#) rajoittaa kattilan kapasiteettia.

Deleted: muutaman prosenttiyksikön

4 HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO

Tyypillisiä riskejä hajukaasujärjestelmissä ovat räjähdysvaara ([kaasujen konsentroituminen ja syttyminen kipinästä, esimerkiksi ylipaineesta](#) tulipesässä), myrkytysvaara, lauhtenpoisto-ongelmat ([vesi tulipesään](#)) ja korroosio/eroosio.

Lisäksi hajukaasujen poltto voi aiheuttaa prosessiongelmia kuten rikkipestä kattilasta, ekojen ja keittopintojen tukkeutumista ja polttohäiriöitä.

4.1 Hajukaasujen karkaaminen työskentelytilaan

Hajukaasuja voi vuotaa liitoksista, venttiileistä, vesityksistä tai vauriokohdista laitteiston ulkopuolelle. Varsinkin väkevissä hajukaasuissa on orgaanisten rikkiyhdisteiden ja rikkivedyn pitoisuus niin korkea, että myrkytysvaara on olemassa. Jos vuoto tapahtuu kattilahuoneeseen tai muuhun tilaan, pitää koko huone tai muu tila tuulettaa [hyvin](#) ja mittauksin varmistaa tilan sopivuus työskentelyyn.

Hajukaasuja on vuotanut työskentelytilaan esimerkiksi silloin, kun hajukaasujen keräily ei toimi keräilykohteissa tai kunnossapitotöiden yhteydessä. Tyypillisemmin vuoto on tapahtunut [hajukaasujärjestelmän vesilukkosäiliöiden](#) kautta. Erityistä huolellisuutta vaaditaan metanoli- ja tärpätpolttimien käsittelyssä. Pienetkin vuotavat määrät (alle desilitra) aiheuttavat merkittävän hajuhaitan.

Deleted: liikaisten lauhteiden keräilyjärjestelmän

Koska väkevien hajukaasujen linjat ovat ylipaineisia ejektorin jälkeen soodakattilarakennuksessa, voi soodakattilarakennukseen muodostua kaasumyrkytysvaara [hajukaasulinjan vuotaessa](#) ja jollakin huonosti tuuletetulla alueella voi olla kaasuräjähdyksivaara.

Sallittu rikkivety-pitoisuus sisätiloissa on 10 [5 ppm \(7 mg/m³\) /8 h](#) ja 10 [ppm \(14 mg/m³\) /15 min](#) Sosiaali- ja Terveysministeriön ohjeen ”[Työpaikan ilman epäpuhtauksien enimmäispitoisuudet](#)” mukaisesti. [Nämä ns. HTP-arvot \(haitalliseksi tunnettu pitoisuus\) ovat pienimpiä pitoisuuksia, joiden uskotaan voivan vahingoittaa työnteekijää.](#)

Tehtailla on sekä kiinteitä että kannettavia rikkivetymittareita. Tehtailla on myös käytössä vilkkuvia hälytysvaloja ja summereita, jos rikkivetypitoisuus ilmassa on liian korkea.

Deleted: Monilla t

Deleted: henkilökunnalla

Deleted: Yleensä t

Kun hajukaasulinjoilla tai -laitteilla tehdään korjaus- tai huoltotöitä, täytyy ko. työkohteilla saada erityislupa työn suorittamiseksi.

Deleted: ,

Deleted: katso kohta 4.8.

4.1.1 Tuuletus/Höyrytys

Hajukaasulinjat, kuten muutkin lipeäosaston linjat, on saatettava turvalliseen tilaan ennen kuin niiden sisällä voidaan työskennellä. Laimeiden hajukaasujen linjat on huolellisesti tuuletettava. Väkevien hajukaasujen linjat vaativat höyrytyksen sekä tarvittaessa typetyksen. Hajukaasulinjat vaativat myös LEL ja rikkipitoisten kaasujen mittauksen ennen töiden aloittamista.

Tuuletus on aina johdettava ulkoilmaan.

4.1.2 Haju

Hajuaisti turtuu suuremmissa pitoisuuksissa, joten nenään ei saa luottaa. Tilanne voi muodostua hengenvaaralliseksi, jollei asianmukaisia suojatoimia käytetä. Kaikkien hajukaasuja sisältävien laitteiden parissa työskentelevien on tutustuttava laimeitten – ja väkevien hajukaasujen käyttöturvallisuustiedotteisiin.

Deleted: Hajukaasujen sisältämät orgaaniset komponentit ovat nenällä havaittavissa jo erittäin pieninä pitoisuuksina. Sen vuoksi on pienintäkin toistuvaa vuotoa vältettävä.¶

Deleted: pelkkään

4.1.3 Suojautuminen

Hajukaasuilta suojautumiseen käytetään ainoastaan paineilmalaitteita. Kaasunamari ja hengitysilmasuojain on tarkoitettu vain vaara-alueelta poistumista varten.

Deleted: saa

Deleted: t

Deleted: ää

4.2 Lauhteen poisto-ongelmat

Jos hajukaasulinjastossa vesi pääsee kondensoitumaan, on olemassa sulavesiräjähdyksvaara, mikäli tämä vesi pääsee soodakattilaan.

Vesityksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja ne pitää järjestää linjoihin kattavasti.

4.2.1 Vesilukon kuivuminen

Vesilukon kuivumista edistää hajukaasujen lämmitys lauhtumislämpötilaa korkeammalle. Vesilukkoihin on kuivumisen estämiseksi aina johdettava riittävä tuorevesivirta ja ne on varustettava vähintään virtausvahdeilla.

Vesilukkojen kuivuminen on estettävä myös seisokkien aikana.

4.2.2 Vesilukon tukkeutuminen

Hajukaasujen mukana kulkeutuu pieniä määriä lipeävaahtoa/suopaa, joka saattaa kerääntyä, kanaviston alimpiin kohtiin kuten vesityksiin. Jos putkien halkaisija ei ole riittävän suuri, voi putkisto tukkeutua kokonaan.

Deleted: .

Deleted: rtyy

4.2.3 Vesitystaskun täyttyminen

Yleinen ongelma hajukaasujärjestelmissä on ajoittainen runsas lauhdemäärä. Vesitystaskut lähimpänä soodakattilaa, on varustettava yläpinnan hälytyksellä sekä tarvittaessa lukituksella jolloin hajukaasut kääntyvät pois poltosta.

Deleted: , joissa voi esiintyä runsaasti lauhdetta

Deleted: .

4.3 Räjähdyksvaarat hajukaasulinjoissa

Väkevän hajukaasun siirto, ja poltto toteutetaan siten, että kaasu ei ole missään tilanteessa räjähtävää. Räjähdyksvaara syntyy, jos väkevän hajukaasun joukkoon vuotaa ilmaa. Väkevien hajukaasujen konsentraatio pidetään ylemmän räjähdysrajan yläpuolella huolehtimalla tiiviyydestä.

Deleted: kuljetus

Laimean hajukaasun siirto, ja poltto toteutetaan niin, että kaasun konsentraatio on alle alemman räjähdysrajan. Laimeiden konsentraatio pidetään alle räjähdysrajan esimerkiksi huolehtimalla ilmalaimennuksesta. Joissain tapauksissa räjähdysvaara voi syntyä kun hajukaasuissa olevaa vesihöyryä lauhdutetaan pois.

Deleted: Joissain tapauksissa räjähdysvaara voi syntyä kun hajukaasuissa olevaa vesihöyryä lauhdutetaan pois.

Deleted: korkealla

Deleted: kuljetus

Deleted: laimeampi, kuin sellainen konsentraatio

Deleted: mikä voi räjähtää.

Deleted: onkin pidettävä tarpeeksi matalana

Syttyminen vaatii syttymisenergiaa. Maadoituksin, rakentein ja laitevalinnoin yritetään kipinän syntyä mahdollisuuksien mukaan estää.

4.3.1 Alas- ja ylösajotilanteet

Erityistä huomiota laimeiden hajukaasujen konsentraatioihin on kiinnitettävä alas- ja ylösajotilanteiden aikana. Usein soodakattiloiden hajukaasuräjähdykset ovat ta-

pahtuneet juuri laimeiden hajukaasujen järjestelmille, joissa seisokki- tai häiriötilanteessa on konsentraatio päässyt nousemaan liian suureksi. Eräs tyypillinen ongelma on ollut räjähävien kaasujen kerääntyminen putkistoon seisokin aikana ja sen höyrystyminen käynnistyksen yhteydessä.

Deleted: tärpätin

4.3.2 Tulenkäsittely- ja tupakointikielto

Hajukaasujen käsittelyalueella on tupakointi ja muu avotulenteko kielletty. Tästä syystä on hajukaasulinjat ja tupakointipaikat sijoitettava erilleen toisistaan. Kriittiset alueet tulee varustaa asianmukaisin varoituskilvin.

4.4 Kaasuräjähdyks kattilassa

Hajukaasut ovat polttoaineen, hapen ja inertin kaasun (typpi, vesihöyry) seos. Kuten aina polttoaineita käsitellessä on vaara, että tulipesässä tapahtuu kaasuräjähdyks. Kaasuräjähdyks saadaan aikaan jos polttoainetta johdetaan tulipesään ilman että se välittömästi palaa ja sen jälkeen seos saa niin paljon energiaa että se syttyy.

4.5 Sulavesiräjähdyks kattilassa

Hajukaasujen kanavistoon lauhtuneen veden joutuminen tulipesään voi aiheuttaa sulavesiräjähdyksen. Veden tulon estämiseksi laimeat hajukaasut lämmitetään riittävästi jotta suurin osa vedestä olisi höyrynä ja hajukaasulinjat rakennetaan niin, että niissä on riittävät lauhteenpoistot ja kallistukset.

Deleted: Merkittävä riski soodakattilassa on sulavesiräjähdyksen vaara.

Sulavesiräjähdyksellä tarkoitetaan kuumen kemikaalikeon kanssa kosketuksiin joutuvan veden erittäin nopeaa höyrystymistä. Höyrystymisen aiheuttama paineaalto saattaa rikkoa tulipesää ja aiheuttaa mahdollisen savukaasu/vesi/höyryvuodon kattilahuoneeseen.

Deleted: o

Deleted: n

Deleted: yleensä

Deleted: ¶
Hajukaasujen kanavistoon lauhtuneen veden johtaminen tulipesään voi aiheuttaa sulavesiräjähdyksen. Veden tulon estämiseksi laimeat hajukaasut tuodaan kattilaan paljon niiden kastepistettä kuumempina ja hajukaasulinjat rakennetaan niin, että niissä on riittävät lauhteenpoistot ja kallistukset.

4.6 Korroosio-ongelmat

Hajukaasujen polttaminen soodakattilassa ei ole todettu lisänneen soodakattilan korroosiota.

Deleted: Hajukaasujen rikki-
toiset lauhteet ovat korrodoivia.¶

Deleted: Eräissä tapauksissa on epäilty laimeiden hajukaasujen polton aiheuttavan korroosiota tertiääri-ilma-aukoissa, mutta varmuutta hajukaasujen osuudesta korroosioon ei ole todennettu.¶ Oikeilla materiaalivalinnoilla voidaan korroosio-ongelmien olettaa olevan vähäisiä.

4.7 Kipinöinti/staattinen sähkö

5 RÄJÄHDYS VAATII ALKUENERGIAN ESIMERKIKSI KIPINÄSTÄ. TURVALLISUUDEN TAKAAMISEKSI HAJUKAASULINJAT MAADOITETAAN

**KOKONAAN KERÄILYPISTEESTÄ LÄHTIEN, JOTTA MISSÄÄN OLOISSA
STAATTISEN SÄHKÖN, GALVAANISEN PARIN TAI POTENTIAALIERON
AIHEUTTAMAA KIPINÄÄ EI VOIDA SAADA AIKAAN.**

Deleted: ¶

On huomioitava, että muovipuhallin ei katkaise linjan maadoitusta.¶

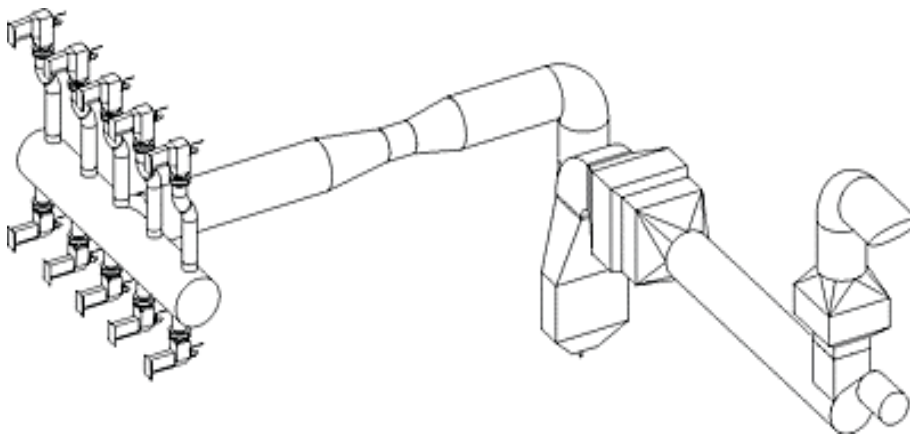
<#>Korjaus ja huoltotöiden luvat¶

Kun hajukaasulinjoilla tai -laitteilla tehdään korjaus- tai huoltotöitä täytyy ko. työkohteilla saada erityislupa työn suorittamiseksi. Tehtailla, joilla hajukaasun polttoa tehdään, on oltava voimassa olevat ohjeet siitä miten tällainen lupa annetaan. Edelleen on määrättävä mitä vaaditaan, jotta voidaan työskennellä hajukaasun käsittelyyn liittyvillä laitteilla ja linjoilla.¶

5 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA

Laimeat hajukaasut eivät ole polttoainetta. Ne koostuvat pääasiassa ilmasta ja vesihöyrystä. Laimeat hajukaasut luokitellaan yleensä haitallisiksi, joten niiden laitteiden hankinta, suunnittelu, asennus ja käyttö tulee hoitaa tämän mukaisesti.

Soodakattilan käyttöturvallisuuden takia pitää veden joutuminen kattilaan estää laimeiden hajukaasujen polton yhteydessä. Laimeat hajukaasut jäähdytetään (osa kaasun sisältämästä vedestä lauhtuu), siirretään puhaltimella ja kuumennetaan, jotta mahdolliset pisarat höyrystyisivät ennen polttoa. Hajukaasulinjat varustetaan lauhteenpoistolla, jottei vettä kerääntyisi hajukaasulinjaan ja joutuisi siitä kattilaan.



Kuva 5-1. Laimeiden hajukaasujen kanavistoa

Deleted: 5-1

5.1 Koostumus ja määrä

Laimeat hajukaasut koostuvat mm. sellutehtaan kuitulinjan säiliö- ja laitehöngistä, haihduttamon säiliöalueen höngistä, kaustistamon höngistä yms. Laimeiden hajukaasujen määrä on noin 300 – 400 m³n/ADt ja niiden rikkipitoisuus on noin 0.1 - 0.5 kgS/ADt. Kuitulinjan laimeat hajukaasut pääsääntöisesti käsitellään pesurityyppisellä hönkäjäjäähdyttimellä, jolloin käsiteltävä hajukaasumäärä pienenee. Sellutehtaan laimeiden hajukaasujen keräilykohteiden tyypillisiä osastomääriä on esitetty taulukossa 5-1.

Taulukko 5-1. Laimeiden hajukaasujen keräilymäärät eri osastoilta lämpötilassa 40 °C

Osasto	kg S / ADt	m³n / ADt
Jatkuvatoimisen keiton höngät	0.1 – 0.5	100 – 400
Superbatch keiton höngät (evakuointi-ilma, paineettomien säiliöiden hönkä)	0.1 – 0.5	150 – 300
Pesemön höngät	0.05 – 0.1	100 – 200
Mäntyöljykeittämön höngät	0.05 – 0.2	2 – 3
Säiliöhöngät, haihduttamo (ilmanpaineiset säiliöt)	0.1 – 0.4	20 – 30
Kaustistamo- ja meesauunialue	0.01 – 0.1	5 – 10
Yhteensä	0.1 – 0.5	300 – 400

Laimeiden hajukaasujen konsentraatio pidetään koko ajan alle räjähdysrajan ja konsentraation nousu tulee estää. Kun konsentraatio ja kosteus pidetään alhaisena, niin laimeita hajukaasuja voidaan käsitellä kattilalaitoksella kuten muuta palamisilmaa. Esimerkkejä laimeiden hajukaasujen analyyseista on esitetty taulukossa 5-2.

Taulukko 5-2. Esimerkkejä laimeiden hajukaasujen analyyseista syntypisteessä.

	Tehdas A	Tehdas B	Tehdas C
Komponentti	ppm	ppm	ppm
H ₂ S	*	*	1
CH ₃ SH	200	40	70
(CH ₃) ₂ S	1 000	60	160
(CH ₃) ₂ S ₂	90	*	270
C ₁₀ H ₁₆ (tärpätti)	1 500	15	*
CH ₃ OH	900	150	*
C ₂ H ₅ OH	80	*	*
O ₂	*	*	*
NH ₃	200	*	*
H ₂ O	70 000	50 000	*
CO ₂	*	300	*

*) ei analysoitu tai havainnointirajan alapuolella

Kun laimeiden hajukaasujen poltto otetaan tehtaalla ensimmäistä kertaa käyttöön tai prosessiin tehdään muutoksia, tulee konsentraatiot linjoissa ja eri keräyspisteistä mitata, jotta todetaan laimeiden hajukaasujen pitoisuudet eri keräyslähdeistä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että hakesiilon höngissä häiriötilanteissa hajukaasujen konsentraatio ei nouse liian korkeaksi. Hakesiilon häiriötilanteessa ei sen hönkääsuja saa johtaa laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

Deleted: pitää

Deleted: erityisesti käynnistysten ja prosessihäiriöitten yhteydessä,

Taulukko 5-3. Laimeiden hajukaasujen komponenttien suositeltavia enimmäispitoisuuksia ennen polttoa

Ominaisuus	Raja	Huom.
Ilmapitoisuus, til-%	> 90	
Vesipitoisuus, til-%	< 10	40 °C
Rikkipitoisuus TRS, ppm	< 200	
Tärpättipitoisuus, ppm	< 1000	
Metanolipitoisuus, ppm	< 1000	

Taulukko 5-3 esittää suosituksen laimeiden hajukaasujen komponenttien enimmäispitoisuuksille ennen polttoa. Laimeat hajukaasut ovat tyypillisesti alle 10 % LEL rajasta.

Lisäksi on selvitettävä, mihin tärpättipitoiset lauhteet johdetaan turvallisesti keittämöhäiriössä. Tiedetään tapauksia, joissa harkitsemattoman kytkennän vuoksi tärpättipitoisuus lauhteessa on noussut keittämöhäiriön seurauksena merkittävästi.

Laimeat hajukaasut syötetään soodakattilaan tyypillisesti osana kattilan polttoilmaa.

Deleted: Soodakattilayhdistys suosittelee laimeiden hajukaasujen syöttämistä soodakattilaan lipeän-polttotason yläpuolelta.

Lauhderyöpyn aiheuttaman sulavesiräjähdyksen vaaran vuoksi hajukaasujen syöttämistä primääri-ilman joukkoon ei suositella.

Deleted: Jos laimeita hajukaasuja syötetään lipeänpolttotason alapuolelle sekundääri-ilmatasolle, niin järjestelmässä on oltava riittävän suuri (koko/virtaus noin $0.1 \text{ m}^3 / \text{m}^3/\text{s}$) lauhteen poistolla varustettu erotussäiliö laimeiden hajukaasujen mukana tulevan lauhderyöpyn erottamiseksi virtauksesta. Siten hajukaasuvirta $10 \text{ m}^3/\text{s}$ vaatii 1 m^3 lauhteen erotussäiliön. ¶

5.2 Jäähdytys/ämmitys

Laimeiden hajukaasujen lauhdetta ei saa päästä soodakattilan tulipesään. Laimeiden hajukaasujen mukana kulkevan vesihöyryn määrä tulipesään on oltava mahdolli-

Deleted: L

Deleted: /jäähdytys

simman pieni. Suositellaan, että laimeiden hajukaasujen lämpötila lauhduttimen jälkeen on 40–50 °C.

Laimeat hajukaasut suositellaan lämmitettävän 30 °C yli lauhdutuslämpötilan, jotta minimoidaan vesipisaroiden pääsy tulipesään.

5.3 Laimeiden hajukaasujen polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan laimeiden kaasujen polton logiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Tämä suositus ei koske laimeiden hajukaasujen keräilyn aloituksen ja ajon lukituksia, vaikka ne usein on osittain toteutettu samassa järjestelmässä kuin polton lukitukset. Nämä lukitukset pitää määritellä tapauskohtaisesti erikseen.

Soodakattilayhdistys suosittelee että hajukaasujärjestelmä on ollut käytössä riittävän pitkään (esim. yli 1 tunti) ennen syötön aloittamista, jotta lauhteen jälleenhöyrystyminen estyy. Jos mahdollista laimeiden hajukaasujen keräily tulisi olla päällä seisokin aikana. Tavoite on että laimeiden hajukaasujen järjestelmässä ei tapahdu konsentroitumista väkeviksi.

Laimeiden hajukaasujen polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja polton aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

5.3.1 Laimeiden hajukaasujen syötön edellytykset

Laimeita hajukaasuja voidaan syöttää kattilan tulipesään kun seuraavat ehdot ovat voimassa. Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilasuoja OK	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä

Deleted: at

Deleted: t

Deleted: Jäähdytetään ennen polttoa edeltävää lämmitystä lämpötilaan 40 °C

Deleted: Lauhtuvan veden määrää pienennetään lämmittämällä laimea hajukaasu ennen sen syöttöä kattilaan. Suositeltava lämpötila on 90 °C. Lämmitys tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle ennen varsinaista syöttökohtaa.

Deleted: Näin lauhteiden pääsy kattilaan olisi mahdollisimman epätodennäköistä.

Deleted: Lämmityksen lämpötilannousuksi suositellaan vähintään 40 °C.

2.	Kattilan höyrykuorma / syöttövesivirtaus on yli 15% kattilan nimelliskuormasta . Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti .	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet (lämpötila, viive-aika). Hajukaasut sisältävät kosteutta.
3.	Laimean hajukaasun puhallin päällä	Varmistaa hajukaasujen syöttö oikeaan paikkaan
4.	Paine kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä	Varmistaa riittävä virtaus kanavassa, jolla estetään liekin eteneminen taaksepäin putkistoon (takatuli)
5.	Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä riittävä	Varmistaa riittävä virtaus kanavassa, jolla estetään liekin eteneminen taaksepäin putkistoon (takatuli)
6.	Lämpötila ennen lämmityspatteria alle lämpötilarajan	Alentaa kaasun tilavuutta ja veden määrää
7.	Lämpötila ennen syöttöä kattilaan / lämmityspatterin jälkeen yli lämpötilarajan	Estää veden pääsy kattilaan nestemäisessä muodossa
8.	Tuuletus katolle (ohitus) on ollut käynnissä riittävän ajanjakson	Estää hajukaasujen konsentroituminen kanavistoon
9.	Hajukaasujärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitasku alle ylärajan	Indikoi vikaa lauhteenpoistojärjestelmässä, joka estää lauhteiden poiston

Deleted: minimikapasiteettirajan

Deleted: 2.

Deleted: Lipeänpoltto päällä

5.3.2 Laimeiden hajukaasujen syötön keskeytys

Laimeitten hajukaasujen syöttö kattilan tulipesään on keskeytettävä kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa. [Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.](#)

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan höyrykuorma/syöttövesivirtaus on alle 15% kattilan nimelliskuormasta. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa riittävä lämpötila/viiveaika tulipesässä
2.		
3.	Pikapysäytys laukeaa	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä
4.	Kattilasuoja laukeaa (mm. seuraavat) - Kattilan primaäri- tai sekundaäripuhallin pysähtyy	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä

Deleted: Kattilan höyrynkehitys on alle minimikapasiteettirajan

Deleted: Lipeänpoltto keskeytyy

	- Primääri- tai sekundääri-ilmakanavan ilman paine laskee alle alarajan - Primääri- tai sekundääri-ilman virtaus laskee alle alarajan	
5.	Laimean hajukaasun puhallin pysähtyy	Estetään liekin eteneminen taaksepäin putkistoon (takatuli)
6.	Jos laimeita hajukaasuja johdetaan erillisen polttimen polttoilmaksi ja tälle polttimelle tulee poltinhäiriö	Varmistaa hajukaasujen syöttö oikeaan paikkaan
7.	Lämpötila ennen lämmityspatteria nousee yli lämpötilarajan	Alentaa kaasun tilavuutta ja veden määrää
8.	Lämpötila ennen syöttöä kattilaan/lämmityspatterin jälkeen laskee alle lämpötilarajan	Estää veden pääsy kattilaan nestemäisessä muodossa
9.	Paine hajukaasukanavassa laskee alle alarajan	Estää liekin eteneminen taaksepäin putkistoon (takatuli)
	Hajukaasujärjestelmässä olevan vesitaskun ylärajan	Indikoi vikaa lauhteenpoistojärjestelmässä, joka estää lauhneiden poiston

Deleted: ennen**Deleted:** poltinta**Deleted:** lauhteenpoistojärjestelmään tulee vika joka uhkaa lopettaa lauhneiden poistumisen (lauhneiden keräys yläraja tai vesitystasku yläraja)**Deleted:** <#>Kapasiteettirajoitus¶

Laimeiden hajukaasujen poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viiveaika, jotta hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä viiveaika >0.5 s saadaan yleensä aikaan helposti. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan tarpeeksi. Minimikapasiteetin määrittää laiteomittaja. Täksi tulitehoksi laimeille hajukaasuille on usein määritelty 30 % nimellishöyrykuormasta. Nimelliskuorma on usein jonkin verran epämääräinen käsite, koska laitetekniikka kehittyy. Samankokoisesta pesästä saadaan usein myöhemmin isompi teho ulos. Siksi suositellaan, että tämä kapasiteetti vastaisi vähintään tulitehoa 0.6 MW/m² pohjaa. Esimerkki kapasiteettirajan laske-
miseksi on esitetty Liite I.¶

Deleted: Laimeiden hajukaasujen puhallin suositellaan sijoitettavaksi kattilahuoneen ulkopuolelle. Jos se jostain syystä sijoitetaan kattilahuoneeseen, on sijoituspaikkaa valitessa etsittävä sellainen suojaisa sijoituspaikka, jossa mahdolliset ongelmat aiheuttavat mahdollisimman pienen vaaran käyttökäyttökunnalle. ¶ Puhallimen materiaali on yleensä EN 1.4436 (SS2343). Puhallimen staattinen sähkö tulee poistaa maadoituksella. ¶ Puhallimen kuori pitää olla varustettu lauhteenpoistoyhteellä alimasta pisteestä huomioiden myös käynnin aikaisen vedenpoiston.¶

Deleted: etään**Deleted:** usein**Deleted:** Jollei varasilmayhteestä tule laimentavaa ilmaa riittävästi, on olemassa vaara, että laimea hajukaasu muuttuu räjähtäväksi kaasuseokseksi.¶**Deleted:** Laimean hajukaasun kanavien vetoa heikon nurkan, liuotinsäiliön, lipeänpoltto-
tason ja muiden jatkuvan työskentelyn tasojen läheisyyteen tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää.

5.4 Puhallin

[Puhallimen rakenne tulee olla riittävän tiivis ja siinä oltava lauhteenpoisto.](#)

5.5 Varasilmayhde

Laimeiden hajukaasujen järjestelmän osana [voidaan](#) käyttää varasilmayhdettä (liisäilmayhdettä, laimennusilmayhdettä), jossa hajukaasujen joukkoon lisätään ilmaa. Jos laimeiden hajukaasujen 'laimeus' riippuu varasilmayhteen toiminnasta, on erityistä huomiota kiinnitettävä siihen, etteivät käyttäjät voi sulkea laimennusilman tu-
loa.

5.6 Kanavat

Laimeiden hajukaasujen vuotaminen kattilahuoneeseen pitää estää. Kanavan pituus kattilahuoneessa pitää minimoida.



Kuva 5-2. [Erään tehtaan laimeiden hajukaasujen suuttimet](#)

Deleted: 5-2

5.6.1 Kanavamateriaali

Korroosiovaaran vuoksi on laimeiden hajukaasujen [keräily](#)kanavat [suositellaan tehtäväksi](#) ruostumattomasta teräksestä EN 1.4301 (SS2333) tai paremmasta.

Deleted: polton

Deleted: ja suuttimet tehtävä

5.6.2 Virtaus

Laimeiden hajukaasujen virtausmäärää [suositellaan mitattavaksi](#). Virtausmäärän mittauksen tulee sijata mahdollisimman lähellä laimeiden hajukaasujen syöttökoh-
taa kattilaan.

Deleted: tulee mitata

5.6.3 Maadoitus

Laimeiden hajukaasujen putkistolle tehdään maadoitus. Lisäksi niissä paikoissa kuten laipoissa, luukuissa ja yhteissä, missä esim. tiivistemateriaalin takia voi muodostua galvaaninen erotus on suoritettava potentiaalitasaus, eli esim. metallilanka kytketään määräysten mukaisesti laippaliitosten yli staattisten kipinöiden ehkäisemiseksi.

5.7 Lauhteenpoisto

Laimeiden hajukaasujen linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet tulee ensisijaisesti johtaa likaislauhteiden käsittelyyn omana järjestelmänä.

5.7.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteitten ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään 50 mm tukkeutumisvaaran vuoksi.

5.7.2 Lauhteenpoistoyhteitten sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Lauhteen poisto muuhun kun virtaussuuntaan on vaikeaa. Suositeltava kanavien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25.

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa suositeltava kanavien kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:50 tai jyrkempi. Viimeinen lauhteiden poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että kanavan pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt.

Deleted: 20

Deleted: 1

Ennen jyrkkää nousua on aina tehtävä vesitys.

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

5.7.3 Vesilukot

Lauhteidenpoistolinjat on varustettava vesilukoilla tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä (lauhteiden keräysastia). Näin estetään hajukaasujen vuoto lauhteenpoistoyhteiden kautta.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai virtausmittauksin varmistetulla jatkuvalla vesivirralla.

Jotta laimeiden hajukaasujen kanavassa vallitseva paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipintojen korkeuden eron voitava vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaava määrä. 10 000 Pa vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1 m.

Jos lauhteet kerätään pumppausastiaan, niin astian pinnankorkeuksien eron tulee voida vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaavan määrä.

5.8 Pesuri

Laimeiden hajukaasujen järjestelmässä tulee olla tarpeellinen määrä pSUREita, jolla poistetaan kaasujen sisältämää vesihöyryä sekä tärpättä.

Deleted: pienennetään kerättävää kaasumäärää.

5.9 Venttiilit/pellit

Laimeiden hajukaasujen polton venttiilit/pellit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyteen. Normaalisti käytetään tiiviitä läppäventtiilejä/peltejä isoille putkikooille.

Deleted: Palloventtiilien käyttö on suositeltavaa

Laimean hajukaasulinjan automaattisen sulkuventtiilin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa.

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava.

Deleted: <#>Venttiilien rakennemateriaali¶

5.10 Ohitus

Laimeiden hajukaasujen ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Normaalisti ohituskanava johdetaan soodakattilalaitoksen katolle tai korkeaan piippuun.

Ohituksen automaattisen sulkuventtiilin on itsestään auettava apuenergian loppuessa.

Deleted: Palloventtiilien tiivistämateriaaliksi suositellaan teflonia tai metallitiivistettä. Läppäventtiileissä suositellaan metallitiivisteitä.¶
<#>Sulkulaitteet¶
 Laimeiden hajukaasujen linjat on varustettava tiiviillä sulkulaitteilla. Lukituksissa mukana olevat runkolinjojen pääsulkulaitteet on varustettava rajakytkimillä.¶
 Mikäli laimeita hajukaasuja poltetaan sellaisissa ilma-aukoissa, jotka pitää puhdistaa käsin, niin kukin aukko on varustettava tiiviisti sulkeutuvalla venttiilillä ja aukolle johtava kanava tiiviillä sulkuventtiilillä. Suuttimen avaus voidaan tällöin turvallisesti suorittaa myös hajukaasujärjestelmän ollessa käynnissä. Mikäli kanavan sulkuventtiilin ollessa kiinni on mahdollista, että lauhdetta syntyy venttiilin tulopuolelle, on kanava varustettava asianmukaisella lauhteenpoistolla. ¶
 Laimean hajukaasulinjan automaattisen sulkuventtiilin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa. ¶

5.11 Pisaneroin

On suositeltavaa käyttää laimeiden hajukaasujen kanavan polttopäässä pisanerotinta ennen kaasujen lämmitystä ja aina sen jälkeen kun laimeita hajukaasuja jäähdytetään tai käsitellään pesurilla.

5.12 Liekinestin

Laimeiden hajukaasujen kanavissa ei tarvitse käyttää liekinestintä.

5.13 Räjähdykslevy

Laimeiden hajukaasujen kanavissa ei tarvitse käyttää räjähdyslevyä.

5.14 Alipainesuoja

Laimeille hajukaasuille voidaan käyttää alipainesuojaa jos putkiston rakennepaine ja puhaltimen imu sitä vaativat. Alipainesuojan toimimisen pitää aiheuttaa hälytys.

5.15 Ylipainesuoja

Laimeille hajukaasuille ei tarvitse käyttää ylipainesuojaa.

5.16 Pitoisuusmittaus

Laimeille hajukaasuille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta.

Soodakattilayhdistys suosittelee, että laimeiden hajukaasujen pitoisuudet lähtöpisteessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia.

[Lisäksi Soodakattilayhdistys suosittelee, että laimeiden hajukaasujen rikki- ja happipitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.](#)

Deleted: ja pitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.

6 LIUOTTIMEN HÖNGÄN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA

Liuottimen höngät vastaavat ominaisuuksiltaan laimeita hajukaasuja. Ne koostuvat pääasiassa ilmasta ja vesihöyrystä. Liuottimen hönkien sisältämän hajurikin talteen saamiseksi niitä on alettu polttaa soodakattiloilla. Soodakattilayhdistys suosittelee liuotinhönkien polttamista soodakattilalaitoksella.

[Liuottajan hönkäjärjestelmään voidaan johtaa mm. sekotussäiliön hönkiä, tuhkan käsittelyprosessin hönkiä sekä tehtaan laimeita hajukaasuja.](#)

Soodakattilan käyttöturvallisuuden takia pitää veden joutuminen kattilaan estää liuottimen hönkien polton yhteydessä.

Liuottimen höngät pestään, jäähdytetään, siirretään puhaltimella ja kuumennetaan, jotta mahdolliset pisarat höyrystyisivät ennen polttoa. Hönkälinjat varustetaan lauhteenpoistolla, jottei vettä kerääntyisi hönkälinjaan ja joutuisi siitä kattilaan.

Deleted:

6.1 Koostumus ja määrä

Liuottimen höngät ovat peräisin pääasiassa vuotoilmasta, sulan lämmön aikaansaamasta liuottimen kiehumisesta ja sulan hajotushöyrystä. Ongelmallisinta käsitteelyn kannalta on liuottimen hönkien sisältämät pienet viherlipeäpisarat, jotka pyrkivät likaamaan hönkäjärjestelmän.

Deleted:

Sellutehtaan liuottimen hönkien määriä ja koostumuksia on esitetty taulukossa 6-1.

Taulukko 6-1. Liuottimen hönkien määrät ja koostumus, Rantanen 1987

Hönkämäärä liuotinsäiliöstä	$\text{m}^3 \text{n} / \text{kgka}$	0.4 – 0.8
Hönkien lämpötila liuotinsäiliöstä	$^{\circ}\text{C}$	85 - 95
Hönkien kosteuspitoisuus liuotinsäiliöstä	til-%	40 - 80
Hönkien kokonaispöly liuotinsäiliöstä	$\text{mg} / \text{m}^3 \text{n}(\text{kuiva})$	1000 – 5000
Hönkien TRS liuotinsäiliöstä	$\text{mg} / \text{m}^3 \text{n}(\text{kuiva})$	150 - 700
Hönkien kokonaisrikki pesurin jälkeen	$\text{kg S} / \text{ADt}$	0.01 - 0.1
Hönkien kokonaispöly pesurin jälkeen	$\text{mg} / \text{m}^3 \text{n}(\text{kuiva})$	100 -200

Deleted: ~

Hönkien TRS pesurin jälkeen

mg / m³n(kuiva)

1 - 10

Liuottimen hönkiä syötetään soodakattilaan esimerkiksi sekoitettuna muihin kattilaan johdettaviin laimeisiin hajukaasuihin sekä ilmaan. Toinen mahdollisuus on syöttää liuottimen höngät omien erillisten suutinten kautta.

6.2 Sekoitussäiliön höngät

Sekoitussäiliön hönkiä johdettaessa liuottimen hönkajärjestelmään on otettava huomioon niiden likaava vaikutus, jolloin sekoitussäiliön hönkajärjestelmään voidaan lisätä oma pesuri.

6.3 Jäähdytys/Lämmitys

Liuottimen hönkien lauhdetta ei saa päästä soodakattilan tulipesään. Liuottimen hönkien mukana kulkevan vesihöyryn määrä tulipesään on oltava mahdollisimman pieni. Suositellaan, että liuottimen hönkien lämpötila lauhduttimen jälkeen on 40–50 °C. Jäähdytys sijoitetaan pesurin yhteyteen ennen puhallinta.

Deleted: /jäähdytys

Deleted: gät

Deleted:

Liuottimen höngät suositellaan lämmitettävän 30 °C yli lauhdutuslämpötilan, jotta minimoidaan vesipisaroiden pääsy tulipesään.

6.4 Liuottimen hönkien polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan liuottimen hönkien polton logiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Liuottimen hönkien polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja polton aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

Deleted: Sekoitettaessa liuottimen höngät muihin tässä suosituksessa käsiteltyihin kaasuvirtoihin tulee seoksen suhteen noudattaa niitä koskevia tässä suosituksessa mainittuja lämpötiloja.¶ Lämmityksen lämpötilannousuksi suositellaan vähintään 20 °C.¶

6.4.1 Liuottimen hönkien syötön edellytykset

Liuottimen hönkiä voidaan syöttää kattilan tulipesään, kun seuraavat ehdot ovat voimassa. [Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella](#)

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan höyrykuorma/syöttövesivirtaus on yli 5% kattilan nimelliskuormasta. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää ta-pauskohtaisesti.	Varmistaa riittävä lämpötila/viiveaika tulipesässä
2.	Liuottimen hönk ä puhallin on päällä	Varmistaa hajukaasujen syöttö oike-aan paikkaan
	Paine kanavistossa ennen sulkuventtiiliä on riittävä	Varmistaa riittävä virtaus kanavassa, jolla estetään liekin eteneminen taak-sepään putkistoon (takatuli)
3.	Lämpötila ennen lämmityspatteria on alle lämpötilarajan	Alentaa kaasun tilavuutta ja veden määrää
4.	Lämpötila ennen syöttöä katti-laan/lämmityspatterin jälkeen on yli lämpötilarajan	Estää veden pääsy kattilaan nestemäi-sessä muodossa
5.	Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä on riittävä (jos erilliset suuttimet)	Varmistaa riittävä virtaus kanavassa, jolla estetään liekin eteneminen taak-se-pään putkistoon (takatuli)

Deleted: Kattilan kuorma on yli minimikapasiteetin

Deleted: ien

Deleted: 3.

Deleted: Virtaus kanavistossa ennen sulkuventtiiliä on riittävä

Deleted: 4.

Deleted: 5.

6.4.2 Liuottimen hönkien syötön keskeytys

Liuottimen hönkien syöttö kattilan tulipesään on keskeytettävä, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa. [Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella](#)

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan höyrykuorma/syöttövesivirtaus on alle 5% kattilan nimelliskuormasta. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää ta-pauskohtaisesti.	Varmistaa riittävä lämpötila/viiveaika tulipesässä
2.	Pikapysäytys laukeaa	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä

Deleted: Kattilan höyrynkehitys on alle minimikapasiteettirajan

3.	Kattilasuoja laukeaa (<u>mm. seuraavat</u>) - <u>Kattilan primääri- tai sekundääripuhallin pysähtyy</u> - <u>Primääri- tai sekundääri-ilmakanavan ilman paine laskee alle alarajan</u> - <u>Primääri- tai sekundääri-ilman virtaus laskee alle alarajan</u>	<u>Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä</u>
4.	Liuottimen hönkien puhallin pysähtyy	<u>Estää liekin eteneminen taaksepäin putkistoon (takatuli)</u>
5.	Lämpötila ennen lämmityspatteria nousee yli lämpötilarajan	<u>Alentaa kaasun tilavuutta ja veden määrää</u>
6.	Lämpötila ennen syöttöä kattilaan/lämmityspatterin jälkeen laskee alle lämpötilarajan	<u>Estää veden pääsy kattilaan nestemäisessä muodossa</u>
7.	<u>Vesitaskun pinta yli ylärajan</u>	<u>Indikoi vikaa lauhteenpoistojärjestelmässä, joka estää lauhteiden poiston</u>

6.5 Puhallin

Liuottimen hönkien puhallin sijoitetaan kattilahuoneeseen. Puhaltimen materiaali on yleensä ruostumaton EN 1.4301 (SS2333).

Puhaltimen kuori pitää olla varustettu lauhteenpoistoyhteellä alimmasta pisteestä.

6.6 Kanavat

Liuottimen hönkien vuotaminen kattilahuoneeseen pitää estää. Kanavan pituus kattilahuoneessa pitää minimoida.

6.6.1 Kanavamateriaali

Korroosiovaaran vuoksi on liuottimen hönkien polton kanavat ja suuttimet tehtävä ruostumattomasta teräksestä EN 1.4301 (SS2333) tai paremmasta.

6.6.2 Virtaus

Liuottimen hönkien virtausmäärä voidaan mitata. Virtausmäärän mittauksen tulee sijata lähellä liuottimen hönkien syöttöä kattilaan.

Deleted: <#>Kapasiteettirajoitus¶

Liuottimen hönkien poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viiveaika, jotta hönkien sisältämät hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan lähelle lipeänpolton aloituksen vaatimaa kuormaa. Soodakattilayhdistys suosittelee, että liuotinhönkien polttojärjestelmän toimittaja määrittelee kyseisen kuorman. ¶

Deleted: 436

Deleted: 4

Deleted: Puhaltimen staattinen sähkö tulee poistaa maadoituksella.

Deleted: suositellaan

Deleted: tavaksi

6.6.3 Maadoitus

Liuottimen hönkien [kanavastolle](#) ei tarvitse tehdä maadoitusta. Kuitenkin, jos ne yhdistetään laimeisiin hajukaasuihin, on yhdistyvä [kanavan](#) osa maadoitettava.

Deleted: putkistolle

Deleted: putken

6.7 Lauhteenpoisto

Liuottimen hönkien linjat on varustettava lauhteen poistoyhteillä. Lauhteet tulee ensisijaisesti johtaa liuottimeen tai likaisten lauhteiden käsittelyyn.

6.7.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteitten ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään 50 mm tukkeutumisvaaran vuoksi.

6.7.2 Lauhteenpoistoyhteitten sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa ennen tulipesää suositeltava kanavien kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:50 tai jyrkempi. Viimeinen lauhteiden poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että kanavan pituus tästä poistosta tulipesään on mahdollisimman lyhyt.

Deleted: 20

Deleted: 1

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

6.7.3 Vesilukot

Lauhteidenpoistolinjat on varustettava vesilukoilla tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä. Näin estetään haisevien kaasujen vuoto lauhteenpoistoyhteiden kautta.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai virtausmittauksin varmistetulla jatkuvalla vesivirralla.

Jotta liuottimen hönkien kanavassa vallitseva paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipintojen korkeuden eron voitava vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaava määrä. 10 000 Pa vastaa vesilukon pinnan korkeuden eron vaihtelua 1 m.

Jos lauhdeet kerätään pumppausastiaan, niin astian pinnankorkeuksien eron tulee voida vaihdella ainakin 10 000 Pa tai kanavan rakennepainetta vastaavan määrän.

6.8 Pesuri

Liuottimen hönkien järjestelmässä tulee olla pesuri, jolla poistetaan pölyä. Pesurin ja päälaitteiden pesumahdollisuus käynnin aikana on huomioitava.

Deleted: riittävän tehokas jäähdyttävä

Deleted: vettä ja

Deleted: sekä pienennetään kerättävää kaasumäärää

6.9 Jäähdytys

Liuottimen hönkien järjestelmässä tulee olla jäähdytin, joka on voitu kytkeä pesuriin tai voi olla erillinen. Jäähdyttimellä poistetaan vesihöyryä ja siten pienennetään kattilaan menevää kaasumäärää. Jäähdyttimen pesumahdollisuus käynnin aikana on huomioitava.

6.10 Venttiilit/pellit

Liuottimen hönkien polton venttiilit/pellit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviuteen. Normaalisti käytetään tiiviitä läppäventtiilejä/peltejä.

Liuottimen hönkälínjan automaattisen sulkuventtiilin/pellin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa.

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava.

Deleted: <#>Venttiilien rakennemateriaali¶

6.11 Ohitus

Liuottimen hönkien ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Normaalisti ohituskanava johdetaan soodakattilalaitoksen katolle tai korkeaan piippuun.

Ohituksen automaattisen sulkuventtiilin on itsestään auettava apuenergian loppuessa.

Deleted: Läppäventtiileissä suositellaan metallitiivisteitä.¶
<#>Sulkulaitteet¶
Liuottimen hönkien linjat on varustettava tiiviillä sulkulaitteilla. Lukituksissa mukana olevat laitteet on varustettava rajakytkimillä.¶
Mikäli liuottimen hönkiä poltetaan sellaisissa ilma-aukoissa, jotka pitää avata auki käsin, niin kukin aukko on varustettava tiiviisti sulkeutuvalla venttiilillä ja aukolle johtava kanava tiiviillä sulkuventtiilillä. Suuttimen avaus voidaan tällöin turvallisesti suorittaa myös hönkajärjestelmän ollessa käynnissä. Mikäli kanavan sulkuventtiilin ollessa kiinni, on mahdollista että lauhdetta syntyy venttiilin tulopuolelle, on kanava varustettava asianmukaisella lauhteenpoistolla. ¶
Liuottimen hönkälínjan automaattisen sulkuventtiilin on mentävä itsestään kiinni apuenergian loppuessa. ¶

6.12 Pisaraneroitin

Liuottimen hönkien järjestelmässä suositellaan pisaraneroitinta kaasun jäähdytyksen jälkeen.

6.13 Liekinestin

Liuottimen hönkien kanavissa ei tarvitse käyttää liekinestintä.

6.14 Räjähdyslevy

Liuottimen hönkien kanavissa ei tarvitse käyttää räjähdyslevyä.

6.15 Ylipainesuoja

Liuottimen hönkäjärjestelmän on kestävä puhaltimen aiheuttama ylipaine. Lisäksi liuottimelta menee erillinen kanava soodakattilan katolle, joka aukeaa [liuottimen](#) ylipaineesta.

Deleted: <#>Alipainesuoja¶
Liuottimen höngille voidaan käyttää alipainesuojaa jos putkiston rakennepainetta ja puhaltimen imu sitä vaativat. Alipainesuojan toimimisen pitää aiheuttaa hälytys.¶

6.16 Pitoisuusmittaus

Liuottimen höngille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta.

Deleted: Soodakattilayhdistys suosittelee, että liuottimen hönkien pitoisuudet lähtöpisteessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia ja pitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.

7 VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTO SOODAKATTILALLA

Väkevät hajukaasut ovat luonteeltaan matalalämpöarvoinen polttoaine ja niiden polttojärjestelmän tulee noudattaa turvallisuusmääräyksiltään ja logiikaltaan räjähtävien kaasujen poltosta annettuja suosituksia ja määräyksiä.

Väkevien hajukaasujen lähteet ovat mm. haihduttamon tyhjökaivon lauhduttamaton kaasu, stripperin ja metanolitislauksen kaasut, likaislahdesäiliön hönkä, keittimen lauhduttimien kaasut sekä paineistetun lipeän väkevöinnin kaasut. Ilman vuotaminen väkevien hajukaasujen joukkoon pitää yrittää estää kaikissa olosuhteissa.

[Väkevien hajukaasujenjärjestelmien suunnittelussa on huomioitava ATEX-säädökset.](#)



Kuva 7-1. [Soodakattilan tulipesän alaosa, jossa keskellä erillispoltin väkeville hajukaasuille.](#)

Deleted: 7-1

7.1 Koostumus ja määrä

Väkevien hajukaasujen kokonaismäärä modernissa sellutehtaassa on 2 – 4 kgS/ADt. Määrä lisääntyy merkittävästi jos mustalipeää haihdutetaan korkeaan kuiva-aineeseen (yli 80 %). Prosessista johtuen väkevien hajukaasujen määrä voi

vaihdella suuresti eri ajankohtina. Sellutehtaan väkevien hajukaasujen keräilykohteiden tyypillisiä määriä on esitetty taulukossa 7-1.

Taulukko 7-1. Väkevien hajukaasujen tyypillisiä määriä eri osastoilta

Osasto	kg S / ADt	m ³ n / ADt
Eräkeiton pusku	0.4 – 0.8	5 – 15
Eräkeiton kaasaus	0.1 – 0.2	1.0 – 3.0
Jatkuva keitto	0.1 – 0.4	1.0 – 4.5
Stripperi	0.5 – 1.0	15 – 25
Haihduutamo	0.4 – 0.8	1 – 10
Metanolin käsittely	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0
Mustalipeän lämpökäsittely	2 – 3	1.5 – 3.0
Konsentraattori	2 – 5	1.5 – 6.0

Deleted: 2

Deleted: Superk

Taulukko 7-2. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen analyyseista.

	Tehdas A	Tehdas B	Tehdas C
Komponentti	ppm	ppm	ppm
H ₂ S	*	50 000	81 300
CH ₃ SH	80 900	110 000	188 300
(CH ₃) ₂ S	22 000	50 000	116 000
(CH ₃) ₂ S ₂	800	30 000	3 000
C ₁₀ H ₁₆ (tärpätti)	1 900	*	*
CH ₃ OH	*	*	*
O ₂	*	*	*
NH ₃	*	*	*
H ₂ O	20 000	330 000	*
CO ₂	*	*	*

*) ei analysoitu tai havainnointirajan alapuolella

Väkevät hajukaasut sisältävät merkittäviä määriä rikkiyhdisteitä. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen analyyseista on esitetty taulukossa 7-2. Väkevät hajukaasut luokitellaan sisältönsä mukaan joko erittäin myrkyllisiksi, myrkyllisiksi tai palaviksi.

Taulukko 7-3. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen komponenttien lämpöarvoista, BLRBAC.

Komponentti	kJ/kg(kuiva)
H ₂ S	15 280
CH ₃ SH	26 100
(CH ₃) ₂ S	30 890
(CH ₃) ₂ S ₂	23 630
Tärpätti	41 560
Metanoli(kaasu)	22 720

Väkeviä hajukaasuja ei jäädytetä ja kuumenneta kuten laimeita, vaan väkeville hajukaasuille käytetään ejektoria ja pisananerotinta sekä liekinestintä ennen polttoa.

Väkevien hajukaasujen poltto- ja keräilyjärjestelmältä vaaditaan että vuodot linjoista työskentelytiloihin on estetty, vettä ei pääse kaasujen mukana tulipesään ja tulipalon/räjähdyksen riski on minimoitu.

7.2 Väkevien kaasujen polton logiikka

Väkevien hajukaasujen polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja sen aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan väkevien kaasujen polttimen polttologiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Tämä suositus ei koske väkevien hajukaasujen keräilyn aloituksen ja ajon lukituksia, vaikka ne usein on osittain toteutettu samassa järjestelmässä, kuin polton lukitukset.

Deleted: Soodakattilayhdistys ei suosittele, että väkevien hajukaasuja käsiteltäessä ne voivat automaattisesti kääntyä soodakattilaan. Jos soodakattila on väkevien hajukaasujen polton varapaikka, käännön tekee operaattori.¶

7.2.1 Väkevien kaasujen polttimen käynnistykseen edellytykset

Väkevien kaasujen poltto voidaan aloittaa kun seuraavat ehdot ovat voimassa. [Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.](#)

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan tuliteho suurempi kuin 0,7 MW/m². Kuitenkin tämä raja tulee määrittää ta- pauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet (lämpötila, viive-aika)
2.	Polttimen tukiliekki on päällä.	Varmistaa tukiliekin palaminen
3.	Liekinvartija näyttää tukiliekin olevan päällä	Varmistaa tukiliekin palaminen
4.	Väkevien hajukaasujen lanssi on kyt-	Varmistaa hajukaasujen syöttö oikeaan

Deleted: Kattilan kuorma on yli minimikuorman¶

Deleted: ollut

Deleted: vähintään 1 min

	ketty	paikkaan
5.	Polttimen polttoilman tulopaine on yli minimiarvon	Varmistaa ilmansaanti
6.	Polttimen polttoilman virtaus on yli minimiarvon	Varmistaa ilmansaanti
7.		
8.	Poltinlaukko vapaa	Varmistaa hajukaasujen syöttö oikeaan paikkaan

Deleted: Lipeänpoltto on päällä

Soodakattilayhdistys suosittelee, että lipeää poltetaan väkevien polton aikana jotta syntyvä natrium voisi sitoa syntyvän rikin.

7.2.2 Kapasiteettirajoitus

Väkevien hajukaasujen poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viive-aika, jotta hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan tarpeeksi. Minimikapasiteetin [höyryvirtana](#) määrittää laitetoimittaja. Koska nimelliskuorma on usein jonkin verran epämääräinen käsite, suositellaan, että tämä kapasiteetti vastaisi vähintään tulitehoa [0,7 MW/m²](#) pohjaa. Esimerkki kapasiteettirajan laskemiseksi on esitetty Liite I.

Deleted: 1

7.2.3 Väkevien kaasujen polton pysäyttäminen

Väkevien kaasujen poltto pitää pysäyttää, kun [esimerkiksi](#) jokin seuraavista ehdoista on voimassa. [Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.](#)

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan tuliteho alle 0,7 MW/m² Kuitenkin tämä raja tulee määrittää ta-pauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet (lämpötila, viive-aika)
2.	Pikapysäytys laukeaa	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä
3.	Kattilasuoja laukeaa (mm. seuraavat) - Kattilan primääri- tai sekundääripuhallin pysähtyy	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä

Deleted: Kattilan kuorma on yli minimikuorman

	- Primääri- tai sekundääri-ilmakanavan ilman paine laskee alle alarajan - Primääri- tai sekundääri-ilman virtaus laskee alle alarajan	
4.	Hajukaasun lauhteenpoistojärjestelmän pintakytkimet laukeaa.	Indikoi vikaa lauhteenpoistojärjestelmässä, joka estää lauhteiden poiston Estää veden pääsy kattilaan
5.	Kattilan höyrynykehitys laskee alle minimikuorman	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet (lämpötila, viive-aika)
6.		
7.	Hajukaasun paine ennen poltinta laskee alle alarajan	Estää liekin eteneminen taaksepäin putkistoon (takatuli)

Deleted: 5

Deleted: 5n

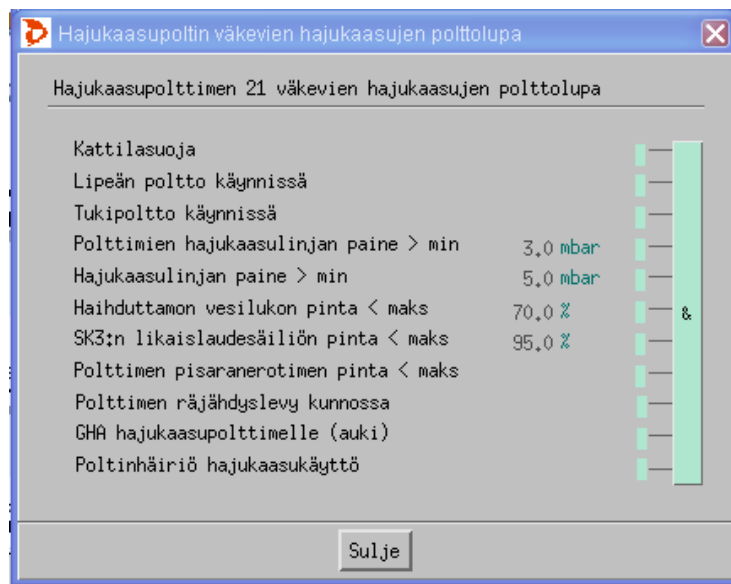
Deleted: tulee vika, joka uhkaa lopettaa lauhteiden poistumisen (lauhteiden keräys yläraja tai vesitystasku yläraja)

Deleted: 6

Deleted: 9

Deleted: Lipeänpoltto loppuu

Deleted: 10



Kuva 7-2. Esimerkki erään tehtaan väkevien hajukaasujen polttoehdoista

Deleted: 7-2

Väkevien kaasujen poltto suositellaan pysäytettävän, jos [esimerkiksi](#) jokin seuraavista [häilytyksistä aktivoituu](#).

Deleted: ehdoista on voimassa (suositus toteutetaan häilytyksen avulla)

	Häilytys	Häilytyksen tarkoitus
1.	Kattilan CO päästö on huomattavan korkea (yli 1000 ppm yli 1 min)	Poltossa merkittävä häilytys
2.	Kattilahuoneen rikkipitoisuushäilytys	Tarkistaa vuotaako hajukaasujärjestel-

	(H ₂ S) laukeaa	mä
3.	Polttomustaliipeän kuiva-aine laskee alle hälytyksen aiheuttavan alarajan	Palamisen varmistaminen
4.	Liekinerottimen paine-ero yli ylärajan	Liekinerotin tukossa/tukkeutumassa
5.	Hajukaasun virtaus polttimelle laskee alle alarajan (varsinainen virtaus varmistetaan paineen kautta)	Estää takatuli

7.2.4 Poltin ja tukiliekien käyttö

Deleted: T

Deleted: tarve

Väkevät hajukaasut voidaan polttaa ainoastaan asianmukaisella ja tarkoitukseen soveltuvalla erillispolttimella. Poltin tulee varustaa erillisellä ilmarekisterillä ja erillisellä lansirilla tuki/pilottipolttoaineelle, joka voi olla [esimerkiksi](#) öljy, kaasua, [metanoli, tärpätti, pikiöljy](#). Väkevien hajukaasujen polttimen ilmaksi ei suositella laimeita hajukaasuja [kaasujen kosteuden ja epäpuhtauksien takia](#).

Deleted: tai

Deleted: .

Deleted: voi olla myös

Deleted: .

Väkevien hajukaasujen palaminen vaatii riittävää [polttovyöhykkeen](#) lämpötilaa. Yleisesti vaatimuksena pidetään 900 °C. Lämpötilavaatimus täyttyy, jos hajukaasuja johdetaan, kattilan toimiessa stabiilisti ja riittävällä kuormalla, lipeäruiskujen alapuolelle. Jos väkeviä hajukaasuja johdetaan lipeäruiskujen yläpuolelle, pitää varmistaa, että ne johdetaan kattilan sellaiseen osaan, jossa tämä lämpötila ylitetään. Toinen mahdollisuus on käyttää riittävän kapasiteetin omaavaa tukiliekkiä.

Tukiliekien tarkoitus on varmistaa, että hajukaasujen palaminen jatkuu eikä liekin irtoamista tai sammumista polttimella tapahdu. Tukiliekien polttoaineteho tulee olla vähintään 10 % polttimen maksimaalisesta polttoainetehosta. [Tukiliekkiä valvotaan liekinvalvojilla.](#)

Deleted: Väkevien hajukaasujen polttimen käynnistyksen aiheuttamien häiriöiden minimoimiseksi suositellaan tukiliekien käyttöä.



Kuva 7-3. Väkevien hajukaasupoltin kuvattuna kattilan sisältä ja ulkoa.

Deleted: 7-3

Deleted: tulee

Deleted: kaikki pysäytykseen ja käynnistykseen liittyvät toimenpiteet voidaan tehdä.

Väkevien hajukaasujen tukipoltin täytyy varustaa paikallisohjauskoteloilla, josta tukipoltto käynnistetään. Hajukaasujen poltto voidaan tämän jälkeen käynnistää valvomosta. Kumpikin edellä mainittu voidaan pysäyttää valvomosta.

Kattilan toimiessa tulitehoalueella suurempi kuin 0,7 MW/m², tukiliekkin voi yrittää sytyttää valvomosta max. 2 kertaa. Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.

Tukiliekkin sammussa väkeviä hajukaasuja voidaan johtaa soodakattilaan jonkin aikaa (esim. 3 minuuttia) ennen pikasulkuventtiilien sulkeutumista. Tänä aikana voi vaihtoehtoisen polttopaikan käynnistyssekvenssi käynnistyä.

Tukiliekkiä ei tarvita kun seuraavat ehdot ovat voimassa. Alla olevat ehdot saattavat vaihdella kattilan käyttöönottovuoden perusteella.

Taulukko 7-1. Edellytykset hajukaasujen poltto ilman tukiliekkiä

	<u>Ehto</u>	<u>Ehdon tarkoitus</u>
1.	<u>Kattilan tuliteho suurempi kuin 1,5 MW/m².</u> <u>Kuitenkin tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.</u>	<u>Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet (lämpötila, viive-aika)</u>

--	--	--

7.3 Putkisto

Väkevien hajukaasujen linjojen pituus soodakattilahuoneessa on pidettävä mahdollisimman lyhyenä. Putkisto on vedettävä välttämällä mahdollisia ongelmapaikkoja kuten liuotussäiliö ja sen ympäristö, heikko nurkka, hätäpoistumistiet ja porraskäytävät.

Putkiston rakentamisessa on noudatettava paineastia- ja kemikaalilakia.

7.3.1 Putkiston rakennemateriaali

Putkiston rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (SS2343) tai vastaavaa. Hajukaasun eräät yhdisteet, kuten tärpätti ja metanoli, ovat voimakkaita liuottimia, minkä johdosta lasikuitu- ja muoviosien käyttöä ei sallita.

7.3.2 Putkiston höyrytys

Polton pysähtyttyä suositellaan väkevien kaasujen linjojen tuuletusta sulkuventtiileiltä kattilaan puhaltamalla ne puhtaaksi inertillä väliaineella. Inerttejä väliaineita ovat mm. höyry ja typpi. Linjojen puhallusta ilmalla ei suositella, koska puhallusilman ja puhallettavan väkevän hajukaasun rajavyöhykkeelle muodostuu räjähtävä seos. Käytännössä linjat aina höyrytetään.

Höyrytetäessä on olemassa riski, että linjaan lauhtunut vesi [pääsee tulipesään](#), ja aiheuttaa vaaratilanteen. [Putkistosuunnittelussa on otettava huomioon että putkistoon mahdollisesti lauhtuvat vedet johdetaan lauhteenkeräilyyn.](#)

7.3.3 Putkiston painemittaukset

Väkevien hajukaasujen putkisto pitää varustaa painemittauksin ejektorin jälkeen ja välittömästi ennen väkevien hajukaasujen poltinta. Putkiston paineesta on ylipaine- [sekä minimipaine](#)hälytys.

[Putkiston](#) tukkeentumista voidaan valvoa [sekä virtausmäärän että painemittausten](#) perusteella.

Deleted: <#>Väkevien hajukaasujen polttoa ei tarvitse pysäyttää¶
Väkevien kaasujen polttoa ei tarvitse pysäyttää, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa¶
Polttimen automaattisen ilma-aukon puhdistimen toiminnan vuoksi. Automaattinen ilma-aukon puhdistin voi toimiessaan aiheuttaa paine-, virtaus tai muun heilahduksen, josta polttoa ei tarvitse keskeyttää.¶
<#>Poltin¶
Väkevien hajukaasujen polttimen hajukaasulanssi on voitava irrottaa.¶
Polttimen paikaksi suositellaan lipeäruiskujen alapuolta. Paikkaa jossa kattilan savukaasun lämpötila on yli 900 °C.¶
Kukin polttoaine pitää polttaa omalla lanssillaan. ¶
Väkevien hajukaasujen polttimeen voidaan tuoda erillisillä lansseilla myös metanolia ja tärpättiä.¶
<#>Tuki/Pilottilielä¶
Tuki/Pilottilielä tarkoitus on helpottaa varsinaisen polttoaineen syttymistä.¶
Tukilieläkin polttoainetehto tulee olla vähintään 10 % polttimen maksimaalisesta polttoainetehosta.¶

Deleted: Kanavien höyrytys pitää pyrkiä järjestämään joko siten että mahdollisimman iso osa laitteista voidaan höyryttää samasta automaation käyttöliittymästä. Höyrytys pyritään toteuttamaan kunkin osaston automaation käyttöliittymästä aina seuraavalle osastolle asti.¶
Deleted: lähtee liikkeelle
Deleted: Suositellaan että pisanerottimen tukkeutumisesta suoritetaan hälytys. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi mittaamalla paine-ero josta on ylipaine-erohälytys.
Deleted: T
Deleted: myös
Deleted: erottimen jälkeen olevan
Deleted: ksen
Deleted: toteutetulla hälytyksellä.

7.4 Maadoitus ja potentiaalitasaus

Väkevien hajukaasujen putkistolle tehdään maadoitus. Niissä paikoissa, missä esim. tiivistemateriaalin takia voi muodostua galvaaninen erotus, on suoritettava potentiaalitasaus. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi laipat, luukut ja yhteen. Potentiaalitasaus voidaan tehdä esimerkiksi kiinnittämällä metallilanka laippaliitosten yli staattisten kipinöiden ehkäisemiseksi.

7.5 Venttiilit

Väkevien hajukaasujen polton venttiilit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyyteen.

Deleted: Palloventtiilien käyttö on suositeltavaa.

Väkevien hajukaasujen tulolinjassa polttimelle pitää olla kaksi pikasulkuventtiiliä ja välissä tuuletusputkilinja venttiileineen.

7.5.1 Venttiilien rakennemateriaali

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava materiaalia.

Deleted: valu

7.5.2 Sulkuventtiilit

Väkevien hajukaasujen linjat on varustettava tiiviillä sulkuventtiileillä. Sulkuventtiilit on varustettava rajakytkimin.

Deleted: Venttiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflon tai metalli. Kriittisissä kohteissa pitää venttiilien valinnassa ottaa huomioon myös sisä- sekä ulkopuolisen tulipalon vaara.

Kattilahuoneeseen menevät väkevien hajukaasujen linjat on kyettävä sulkemaan myös kattilahuoneen ulkopuolelta. Vaatimus ulkopuolelta sulkemisesta aiheutuu siitä, että vaaratilanteessa ei voida edellyttää hajukaasulinjojen sulkemista kattilahuoneesta. Lisäksi halutaan estää hajukaasujen virtaus kattilahuoneeseen tilanteessa jossa esim. kattilahuoneessa oleva venttiili vuotaa.

7.5.3 Venttiilien toimintaenergia

Sulkuventtiilien on sulkeuduttava ilman ulkopuolista käyttöenergiaa. Samalla on sulkuventtiilien välissä olevan tuuletuslinjan venttiilin avauduttava.

7.6 Lauhteenpoisto

Väkevien hajukaasujen linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet sisältävät runsaasti hajuyhdisteitä. Lauhteet tulee kerätä pumppaussäiliöön ja pumpata säiliön kautta haihduttamolle likaislauhteiden strippaukseen.

7.6.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteitten ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään 50 mm syntyvän lauhde- sekä tukkeutumisvaaran vuoksi. Ulkona olevat yhteydet ja lauhdeputket varustetaan sähkösaatolla jäätymisvaaran takia.

Deleted: de -

Deleted:

7.6.2 Lauhteenpoistoyhteiden sijoitus

Putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Suositeltava putkien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, lauhteen kulkiessa kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja lauhteen kulkiessa kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25. Putket tulee mitoittaa niin suureksi, ettei lauhde ala tulvia putkistossa.

Deleted: Kanavien ja

Deleted: p

Deleted: kanavien

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa suositeltava kanavien kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:100, ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:50 tai jyrkempi. Viimeinen lauhteiden poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin että putken pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt.

Deleted: 20

Deleted: 1

Deleted: kanava

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla putkistoa, on lauhteen poisto tällaisesta putkistosta osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

Deleted: kanavaa

Deleted: kanavan

7.6.3 Vesilukot

Jotta lauhteenpoistoyhteiden kautta estettäisiin hajukaasujen vuoto, on lauhteiden poistolinjat varustettava vesilukoilla ja pumppaussäiliöllä tai yhteisellä vesilukosäiliöllä.

Jotta väkevien hajukaasujen putkistossa ejektorin kehittämä paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on vesilukon mitoituksessa otettava huomioon ejektorin mitoitussarvot (yli- ja alipaine) sekä prosessin tuomat vaateet (esimerkiksi systeemin pulotus).

Deleted: kanavassa

Deleted: vesipinnan korkeuden voitava vaihdella ainakin 15 000 Pa. Tämä vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1,5 m.

Vesilukkosäiliö on mitoitettava riittävän suureksi jotta ejektorin imu ei ota pisaroita mukaansa.

Vesilukkojen pinta tulee varmistaa. Yhtenä keinona on johtaa vesilukkoon jatkuva vesivirtaus, joka varmistetaan virtausmittauksella.

Deleted: Jos laauhteet kerätään yhteiseen vesilukkosäiliöön, niin pinnankorkeuden tulee voida vaihdella 1,5 m.¶

Deleted: Koska pinnankorkeuksien erolla ei kaikissa tilanteissa pystytä kanavan painetta ylläpitämään, on vesilukkojen pinta kyettävä uudistamaan häiriön jälkeen. Pinnan uudistamiseksi johdetaan vesilukkoon virtausindikaatiolla varustettu vesivirta.

Deleted: Ejektori

Deleted: Ejektoriin virtaavan käyttöhöyryn liikemäärä imee hajukaasuja.

Deleted: maksimi

Deleted: 1

Deleted:

Deleted: mikä

Deleted: kylläisen

Deleted: 6

Deleted: .

7.7 Väkevien kaasujen siirto

Väkevien kaasujen siirtoon ei saa käyttää puhallinta. Väkevien kaasujen siirtoon suositellaan ejektoria tai nesterengaskompressoria. Höyryejektorin höyryn lämpötila saa olla maksimissaan 200 °C, (vastaa höyryn painetta noin 12 bar(vp)) kaasukomponenttien itsesyttymislämpötilan takia

Väkevien kaasujen ejektori/nesterengaskompressori voidaan tarvittaessa sijoittaa soodakattilalaitokseen.

7.8 Paineenpitohöyry

Paineenpitohöyrynä käytetään matalapainehöyryä. On varmistettava että höyrylinjojen vesitykset toimivat kaikissa tilanteissa, tällä estetään veden pääsy kattilaan.

7.9 Lämmitys/jäähdytys

Väkevien hajukaasuja ei yleensä polton yhteydessä lämmitetä eikä jäähdytetä.

7.10 Polttimen sähköistys ja automatiikka

Väkevien hajukaasujen polttimen sähköistyksen ja automatiikan täytyy täyttää kaasupolton sähköistyksen ja automatiikan vaatimukset. Jos tukipolttoaineena käytetään öljyä, on nämä määräykset tältä osin täytettävä.

7.11 Liekinerotus

7.11.1 Väkeville hajukaasuille on käytettävä liekinerotinta. Liekinerottimen tarkoitus on sammuttaa putkistoa pitkin pesästä kohti hajukaasujen tuloa etenevä palorintama. Liekinerottimen sijoituspaikan on oltava mahdollisimman lähellä väkevien hajukaasujen poltinta. Liekinerottimen pesu

Jos liekinerottimille on järjestetty pesumahdollisuus, ei pesulinjoja saa kytkeä pysyvästi.

Deleted: kanavaa

Deleted: Sammutus perustuu liekin jäähdyttämiseen.

Deleted: ¶ Väkeville hajukaasuille on käytettävä liekinerotinta. Liekinerottimen sijoituspaikan on oltava mahdollisimman lähellä väkevien hajukaasujen poltinta. Liekinerottimien painehäviö puhtaana ei maksimivirtauksella saa olla yli 500 Pa. Liekinerottimien toiminta on tarkasteltava kaikilla käytön aikana esiintyvillä kaasuvirroilla.¶

7.11.2 Liekinerottimen painemittaus

Liekinerottimen paine-ero on mitattava ja siitä on oltava hälytys.

7.12 Vaihtoehtoinen paikka

Väkevien hajukaasujen polton edellytys soodakattilassa on, että järjestelmässä on olemassa vaihtoehtoinen paikka, minne kaasut voidaan automaattisesti ohjata tilanteessa jossa hajukaasujen poltto soodakattilassa keskeytyy. Kääntö vaihtoehtoiseen polttopaikkaan pyritään toteuttamaan niin että väkeviä hajukaasuja ei pääse ympäristöön.

Deleted: .

Deleted: Tyypillisesti

Deleted: kaasut ohjataan hetkellisesti katolle, erillisiippuun tai käynnissä olevaan soihtuun.

7.12.1 Venttiilit

Soodakattilalaitoksessa sijaitsevien väkevien hajukaasujen venttiilien, joilla hajukaasut ohjataan vaihtoehtoiseen paikkaan, tulee avautua automaattisesti ulkopuolisen käyttöenergian loppuessa.

7.12.2 Höyrytys

Väkevien hajukaasujen varapolton putkilinja on kyettävä höyryttämään.

7.12.3 Soihdun sijoitus

Jos väkevien hajukaasujen vaihtoehtoisena polttopaikkana käytetään soihtua, on sen suositeltava sijoituspaikka soodakattilalaitoksen katto.

7.13 Alipainesuoja

Väkeville hajukaasuille ei saa käyttää ilmaa korvauskaasuna ottavaa alipainesuojaa.

Deleted: kattilarakennuksessa

7.14 Suositellaan että putkisto ja laitteet mitoitetaan kestäämään niin että alipainesuojia ei tarvita, Ylipainesuoja

Deleted: ¶

Väkeville hajukaasuille ei kattilarakennuksessa saa käyttää suoraan kattilahuoneeseen aukeavaa ylipainesuojaa. Ylipainesuojan laukeamisen aiheuttama väkevien hajukaasujen virtaus on johdettava paikkaan, josta siitä ei aiheudu vaaraa ja joka on mahdollisimman haitaton. Ulkoilmaan menevissä ylipainesuojien putkissa huomioitava vesitys jäätyminen estämiseksi. Ylipainesuojan laukeamisesta on tultava hälytys.

Deleted:

Tyypillisin ylipainesuoja on räjähdyslevy, josta tulee hälytys.

7.14.1 Räjähdslevyt

Jos kanaviin voi syntyä niitä käytettäessä kahden sulkuventtiilin väliin kanavien rakennepaineen ylittävä paine, on tämä kanavaosa varustettava räjähdyslevyin. Tällainen paine on esimerkiksi korkeapaineisen höyrypuhalluksen aiheuttama paine.

Suosittelava räjähdyslevyn materiaali on haponkestävä teräs tai grafiitti.

Räjähdslevyt on varustettava indikaattorilla, josta seuraa hälytys räjähdyslevyn toimiessa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää lämpötilamittausta toimintaindikaattorina.

7.14.2 Räjähdslevyjen sijoitus

Räjähdslevyt on sijoitettava siten, että niiden toimiessa ei normaaleilla työskentelytasoilla oleskeleville henkilöille aiheudu vaaraa

7.15 Pitoisuusmittaus

Väkeville hajukaasuille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta.

Soodakattilayhdistys suosittelee, että väkevien hajukaasujen pitoisuudet lähtöpis-
teessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia.

Lisäksi Soodakattilayhdistys suosittelee, että väkevien hajukaasujen rikki- sekä happipitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.

Deleted: ja

Deleted: pitoisuus

8 METANOLIN / TÄRPÄTIN POLTTO SOODAKATTILALLA

Metanoli (CH_3OH) erotetaan likaislauhteesta strippauskolonnissa. Tislaushöyry joka sisältää 30-35 % metanolihöyryä johdetaan metanolikolonneihin. Metanoli nesteytetään ja pumpataan säiliön kautta polttoon. Metanolin liekki nopeus on noin 0.5 m/s. Metanolin lämpöarvo ~20 MJ/kg. Metanolia poltetaan sellutehtailla myös meesauunissa, erillisessä hajukaasukattilassa, voimakattilassa. Metanolin pääseminen ulkoilmaan aiheuttaa merkittävän hajuhaitan.

Deleted: Tämä suositus koskee ainoastaan tapausta, jossa metanolia ja tärpättiä ei ole sekoitettu toisiinsa ja kummallakin on oma lanssi.¶

Deleted: tislataan

Deleted:

Deleted: ja soihdussa

Jollei varapolttopaikka ole käytettävissä, on metanolia kyettävä varastoimaan esimerkiksi 24 h tuotantoa vastaava määrä. Metanolisäiliön sijoituksessa on huomioitava kemikaalilainsäädännön ja palavien nesteiden varastoinnin määräykset. Sitä ei saa sijoittaa kattilahuoneeseen.

Deleted: Mikäli metanoli poltetaan soodakattilassa, se tuodaan omalla linjallaan omalla suuttimella esimerkiksi hajukaasupolttimelle.¶

Deleted: ainakin

Deleted:

Hajukaasuista on syytä poistaa mahdollisimman tarkkaan tärpätti ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$), koska se on räjähdysherkkä erittäin laajalla pitoisuusalueella. Tärpättiä erotetaan pesurissa lauhduttamalla kylmällä vedellä. Pesuri sijaitsee tärpättilauhduksen jälkeen hajukaasulinjassa. Tärpätti erotetaan esimerkiksi metanolitislauksen pohjalauhteesta tärpättidekanterilla. Tärpätin lämpöarvo ~40 MJ/kg

Tyypillinen koostumus on esitetty taulukossa 8-1.

Taulukko 8-1. Tärpätin tyypillinen koostumus

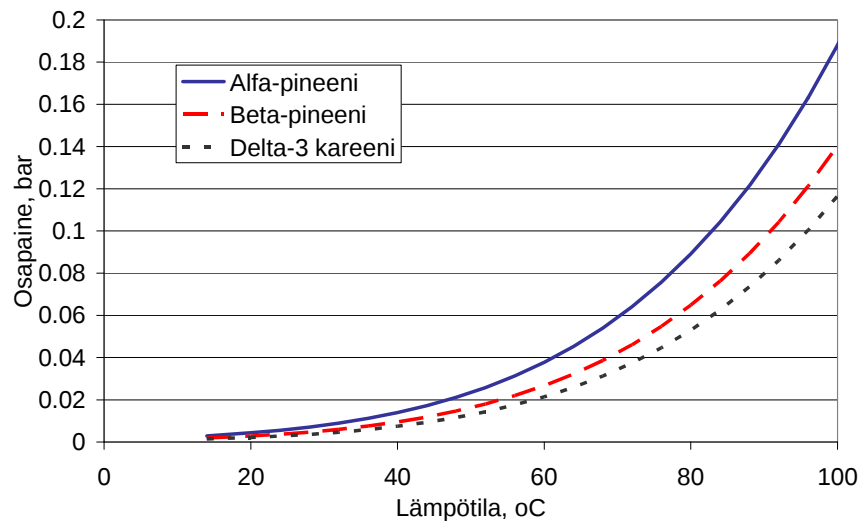
Yhdiste	Pitoisuus, %
Alfa-pineeni	80 - 90
Beta-pineeni	5 - 10
Delta-3 kareeni	5 - 10
Muita C ₁₀ H ₁₆ yhdisteitä	< 1
Metyylimerkaptani	0 - 5
Dimetyylisulfidi	0 - 12
Dimetyylidisulfidi	0 - 1

Deleted: MM

Deleted: DMS

Deleted: DMDS

Eräiden tärpätin komponenttien höyryn osapaineita on esitetty kuvassa 8-1.

**Kuva 8-1.** Tärpätin komponenttien höyryn osapaineita, Drew et al., 1971

8.1 Metanolin/Tärpätin polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan metanolin ja tai tärpätin polttimen polttologiikalta normaalin kaasu/öljypolttimen lisäksi. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää.

Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytke-
ntöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Jos metanolia ja/tai tärpättiä poltetaan väkevien hajukaasujen kanssa samassa polttimessa soodakattilassa, niin ehdot jotka koskevat minimikuormaa, polttimeen tuotavaa ilmvirtaa ja kattilan muita lukitusjärjestelmiä ovat kaikille virroille samat.

Metanolin ja tärpätin polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja sen aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu. Jos metanolia tai tärpättiä käytetään soodakattilassa polttimen tukipolttoaineena, niin väkevien hajukaasujen polton aloitus suositellaan tehtävän muulla polttoaineella (esimerkiksi maakaasu tai polttoöljy).

8.1.1 Metanoli- ja tärpätti polttimen käynnistykseen edellytykset

Metanolin ja tärpätin poltto voidaan aloittaa soodakattilassa kun seuraavat ehdot ovat voimassa

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan tuliteho suurempi kuin 0,7 MW/m ² . Kuitenkin tämä raja tulee määrittää ta- pauskohtaisesti.	Varmistaa riittävä lämpötila tulipesäs- sä
2.		
3.	Metanoli/ <u>tärpätti</u> lanssi on paikallaan ja kytkettynä	Varmistaa metanolin/ <u>tärpätin</u> syöttö oikeaan paikkaan
4.	Metanolin/ <u>tärpätin</u> paine on yli mini- mipaineen (viive)	Varmistaa riittävä metanolin/ <u>tärpätin</u> saanti polttimelle
5.	Polttimen ilman paine on yli paineen alarajan	Varmistaa riittävä polttoilman saanti polttimelle
6.	Polttimen ilma <u>pelti on sytytysasennos- sa</u>	Varmistaa riittävä polttoilman määrä sytytystä varten
7.	Liekinvartija näyttää liekkiä (syttymis- viive)	Varmistaa liekin palaminen
8.	Poltin <u>aukko vapaa</u>	Varmistaa metanolin/ <u>tärpätin</u> syöttö oikeaan paikkaan

Deleted: 1

Deleted: Lipeänpoltto on päällä

Deleted: 2

Deleted: 3

Deleted: 4

Deleted: 5

Deleted: n

Deleted: virtaus on yli alarajan

Deleted: 6

Jos metanolia käytetään soodakattilassa [hajukaasupolton](#) tukipolttoaineena, on metanolin tiheydelle oltava lukitus, jolla varmistetaan ettei tukipolttoaineen lämpöarvo laske liian alas.

Deleted: Pelkän metanolin poltto saattaa aiheuttaa merkittävän hajuhaitan. ¶

Deleted: muun

Deleted: polttimen

8.1.2 Metanolin [ja tärpätin](#) polton pysäyttävät tapahtumat

Metanolin [ja tärpätin](#) poltto pitää pysäyttää, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Kattilan tuliteho alle 0,7 MW/m² Kuitenkin tämä raja tulee määrittää ta- pauskohtaisesti	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet (lämpötila, viive-aika)
2.	Kattilasuoja laukeaa (mm. seuraavat) - Kattilan primääri- tai sekundääripu- hallin pysähtyy - Primääri- tai sekundääri-ilmakanavan ilman paine laskee alle alarajan - Primääri- tai sekundääri-ilman virtaus laskee alle alarajan	Estää metanoli/tärpätin syöttö kun kattila ei ole käytössä
3.	Pikapysäytys laukeaa	Estää metanolin/tärpätin syöttö kun kattila ei ole käytössä
4.	Liekinvalvonta ilmoittaa liekin sam- muneen	Varmistaa liekin palaminen

Deleted: 1

Deleted: Lipeän poltto keskey-
tyy¶

Deleted: 2.

Deleted: Kattilan primääri- tai
sekundääripuhallin pysähtyy¶

Deleted: 3.

Deleted: Polttimen ilmavirtaus
putoaa alle alarajan¶

Deleted: 4.

Deleted: Polttimen ilman paine
putoaa alle alarajan¶

Deleted: 5.

Deleted: Linjan paine laskee alle
painerajan

Deleted: 6.

Deleted: 7

Deleted: Kattilasuoja laukea

Deleted: 8.

Deleted: <#>Tärpätin poltti-
men käynnistyksen edellytykset¶
Tärpätin poltto voidaan aloittaa
kun seuraavat ehdot ovat vo
[1]

8.2 Polttimen sähköistys ja automaatiikka

Metanolin/tärpätin polttimen sähköistyksen ja automaatiikan täytyy täyttää öljy/kaasupolton sähköistyksen ja automaatiikan vaatimukset.

Metanolilanssi ja tärpättilanssi puhalletaan höyryllä [tai ilmalla](#).

8.3 Venttiilit

Metanolin [ja tärpätin](#) polton venttiilit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä [systeemin](#) tiiviyyteen.

Deleted: venttiilien

Deleted: Palloventtiilien käyttö on suositeltavaa.

8.3.1 Venttiilien rakennemateriaali

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan ruostumaton teräs EN 1.4301 (SS2333) tai vastaava. Venttiilien tiivistemateriaalin on oltava sellaista, että se ei liukenisi (metanoli ja tärpätti ovat liuottimia). [Tiivistemateriaalivalintaan on kiinnitettävä erityistä huomioita.](#)

Deleted: Eräs usein käytetty

Deleted: t

Deleted: on PTFE (teflon).

Deleted: S

8.3.2 Pikasulkuventtiilit

Linjat on kyettävä sulkemaan myös kattilahuoneen ulkopuolelta. Vaatimus ulkopuolelta sulkemisesta aiheutuu siitä, että vaaratilanteessa ei voida edellyttää metanoli/tärpättilinjojen sulkemista kattilahuoneesta. Lisäksi halutaan estää metanolin/tärpätin virtaus kattilahuoneeseen tilanteessa, jossa esim. kattilahuoneessa oleva venttiili vuotaa.

Deleted: Metanolin/tärpätin polton linjat on varustettava tiiviillä sulkuventtiileillä.

Metanolin/tärpätin polton [pika](#)sulkuventtiilit sulkeutuvat ilman ulkopuolista käyttöenergiaa.

Deleted: <#>Venttiilien toimintaenergia¶

9 TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA

Tämä luku käsittelee niitä toimenpiteitä, joita on tarkoitus suorittaa niissä tilanteissa kun soodakattilaa ei ajeta vakiokuormalla.

9.1 Toiminta häiriön yhteydessä

Soodakattilayhdistys suosittelee, että kaikkien soodakattilan häiriötilanteiden yhteydessä sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa keskeytetään ja kaasut ohjataan varapolttopaikkaan.

9.2 Toiminta alasajon yhteydessä

Alasajon yhteydessä hajukaasujen poltto soodakattilassa suositellaan lopetettavaksi viimeistään kun kattilan kuorma on alle minimikuorman.

Väkevien hajukaasujen polton loppuessa on putkisto sulkuventtiileiltä kattilaan huuhdeltava höyryllä. Jos väkevien hajukaasujen linjoissa tai niiden lähellä tehdään asennus- tai kunnostustöitä, suositellaan väkevien hajukaasujen linjojen huuhtelua. Väkevien putkiston huuhtelua suositellaan tehtäväksi 24 tuntia ennen pitoisuusmittausta ja huolto/kunnossapitotöiden aloittamista väkevien hajukaasujen putkilla.

Laimeiden hajukaasujen polton loppuessa on kanavisto huuhdeltava ilmalla. Laimeiden kanaviston huuhtelua suositellaan tehtäväksi 8 tuntia ennen pitoisuusmittauksia ja huolto/kunnossapitotöiden aloittamista laimeiden hajukaasujen kanavilla.

9.3 Toiminta ylösajon yhteydessä

Hajukaasujen käsittelyyn liittyvä laitteisto suositellaan pidettäväksi käytössä myös seisokin aikana. Jos hajukaasujen poltto soodakattilalla on kuitenkin ollut keskeytyksissä, on ennen hajukaasujärjestelmän käyttöönottoa soodakattilalla varmistettava että

- seisokin aikaiset kunnossapito- ja korjaustyöt ovat loppuun suoritettut eikä hajukaasulaitteilla ole enää menossa seisokkitöitä

- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleet laitteet ja putkistot on asianmukaisesti asennettu, tarkastettu ja puhdistettu asennusjätteistä
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleisiin laitteisiin liittyvät venttiilit ovat käynnistykseen edellyttämässä kunnossa ja asennossa
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleet laitteet ja putkistot ovat käyttövalmiita ja tiiviitä. Tiiviys pitää kokeilla koe-pyöritysten ja kierrätysten avulla.

Ennen ylösajoa on kaikki seisokissa käyttämättä olleet laimeiden hajukaasujen linjat tuuletettava ja väkevien hajukaasujen linjat höyrytettävä. Tuulettamisen tarkoitus on varmistaa, että seisokin aikana kanaviin ja muihin laitteisiin vuotaneet ja sinne lauhtuneet hajukaasut eivät aiheuta haittaa tai vaaratilannetta.

Ennen ylösajoa on kaikki lauhdesäiliöt tarkastettava ylivuotojen ja kuivumisten havaitsemiseksi.

Ennen ylösajoa on kaikki vesilukkojen lisävedet tarkastettava ja laitettava toimimaan.

9.4 Toiminta seisokin aikana

Seisokin aikana on hajukaasujen vuoto kattilarakennukseen estettävä. Hajukaasulinjojen erottamisen tarkoitus on estää seisokin aikainen hajukaasujen vuoto ja kertyminen kattilarakennuksen sisäisiin kanaviin ja putkiin.

9.4.1 Ohjeita hajukaasujärjestelmän valmistelemiseksi seisokki- tai huoltotöitä varten

Jos hajukaasujärjestelmissä aiotaan tehdä seisokki- tai huoltotöitä on hajukaasujärjestelmän pysäyttämisen ja tarvittavien laitteiston osien erottamisen jälkeen tehtävä tehostettua tuuletusta kaikille erotetuille laitteistoille heti seisokin alussa. Tuulettamisen lisäksi on suoritettava LEL ja rikki pitoisuusmittauksia. Tehostettu tuuletus ja pitoisuusmittaus on toistettava välittömästi ennen seisokki- tai huoltotöiden alkua.

9.4.2 Ohjeita seisokin aikaisiin kunnossapidon töihin

Hitsaus on hajukaasusysteemiin kipinän tuottava toimenpide ja synnyttää räjähdysvaaran. Kunnossapitotyöt hajukaasujärjestelmissä ja putkistoissa edellyttävät aina erikoislupaa. Seisokin yhteydessä on seisokkitöihin osallistuville selvitettävä mitkä linjat ovat hajukaasulinjoja ja kuinka niiden korjaus- ja huoltotöissä tulee menetellä.

9.5 Toiminta häiriöiden yhteydessä

Jos kattilasuoja laukeaa, on metanolin, tärpätin sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa lopetettava ja linjat tuuletettava / höyrytettävä.

Jos hätäpysäytys on käynnistetty, metanolin, tärpätin sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa on lopetettava. Jos hätäpysäytys on käynnistetty, metanolin, tärpätin sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen tuonti soodakattilalaitoksen sisälle on lopetettava. Tällöin ei myöskään esimerkiksi soodakattilalaitoksen katolla olevaa varapoltinta voi käyttää.

Hajukaasujen poltto soodakattilassa on tehtävä siten, että niiden tuonti kattilarakennukseen voidaan keskeyttää.

10 ERIKOISOHJEET HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA

Nämä ohjeet on laadittu hajukaasulinjoja suunnittelevien avuksi. Hajukaasulinjoissa on noudatettava suunnittelutavan ja materiaalien valinnassa tavallisten kanavien suunnitteluohjeiden lisäksi erityisohjeita, koska hajukaasukanavat sisältävät räjähdysherkkiä, liuottavia ja korrodoivia yhdisteitä.

Hajukaasulinjojen tulee kestää mekaaniset, kemialliset ja termiset vaikutukset, jotka aiheutuvat sisällöstä ja ympäristöstä (lumi, jää, kuumat ja kylmät pinnat, tärinä). Putkiston liitostavan on oltava valitulle materiaalille sopivaa.

10.1 Luokittelu

Hajukaasulinjat kuuluvat kemikaalilain alaisiin putkilinjoihin. Nämä linjat luokitellaan niiden myrkyllisyyden mukaan eri luokkiin.

Hajukaasujen jako laimeisiin ja väkeviin hajukaasuihin ei riitä karakterisoimaan sisällön vaarallisuutta. Kaasuseokset pitää luokitella [Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 26.9.2001/807](#) mukaisesti. Täten kukin hajukaasulinjasto pitää luokitella sen nimellisen kaasun sisällön mukaan.

Deleted: Sosiaali- ja terveysministeriön antaman kemikaalien luokitusperusteita ja merkintöjä koskevan päätöksen (739/93, muutos 636/94)

Jos ei muuta esitetä, niin väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin linjoja voidaan esisuunnitella luokituksen myrkyllinen ja syttyvä mukaan.

Jos ei muuta esitetä, niin laimeiden hajukaasujen linjaa voidaan esisuunnitella luokituksen haitallinen mukaan.

Luokitus pitää kuitenkin tarkistaa.

10.2 Kyltit

Hajukaasujen polttolaitteet ja kanavat on varustettava asianmukaisin merkinnöin. Merkinnöissä on luettava ainakin tekstit ”Väkeviä hajukaasuja”, ”Tärpättiä”, ”Metanolia” ja ”Laimeita hajukaasuja” sekä tarvittaessa ”Palavaa”, ”Myrkyllistä” ja ”Ei saa hitsata tai leikata ilman valvontaa” sekä ”Laitteita ei saa avata ilman kirjallista työlupaa”. Lisäksi kanavat on varustettava virtaussuuntaa kuvaavilla merkeillä.

Hajukaasujen käsittelyalueella on tupakointi ja muu avotulenteko kielletty. Alueelle on asennettava asianmukaiset kyltit.

10.3 Vesitykset

Hajukaasulinjojen kanavien alimmista kohdista on tehtävä vesitykset.

10.4 Venttiilit

Hajukaasujen poltossa on käytettävä käsiteltävän hajukaasun ominaisuuksien mukaan valittuja venttiilejä.

Laimeiden hajukaasujen venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaava. Palloventtiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflonia. Läppäventtiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan metallia.

Väkevien hajukaasujen venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaavaa valumateriaalia. Näiden venttiilien tiivistemateriaaliksi suositellaan teflonia tai metallia.

Metanolin/tärpätin polton venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (SS2343) tai vastaavaa. Venttiilien tiivistemateriaalin on oltava sellaista, että se ei liukenisi (metanoli ja tärpähti ovat liuottimia). Eräs usein käytetty tiivistemateriaali on PTFE (teflon).

10.5 Kanavien kallistukset

Hajukaasut sisältävät lähes poikkeuksetta merkittäviä määriä vesihöyryä. Vaikka kanavat ovat huolellisesti eristettyjä ja/tai sähkösaatettuja, on lauhtumiseen aina varauduttava.

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Suositeltava kallistus kaasun virtaussuunnassa on 1:20 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempi.

Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

10.6 Kanavamateriaali

Hajukaasut sisältävät korrodoivia aineita ja siksi kanavamateriaaliksi suositellaan EN 1.4301 (SS2333) tai parempaa. Muovi- tai lasikuitukanavia ei saa käyttää.

Väkevillä hajukaasuilla pitää käyttää putkia PN > 10.

10.7 Kanavien eristykset

Hajukaasut sisältävät runsaasti vettä ja muita lauhtuvia aineita. Lauhteiden muodostuminen ja käsittely on pyrittävä minimoimaan. Hajukaasulinjat on eristettävä missä niiden pintalämpötila on korkea.

Vesitykset on eristettävä ja ulkona olevat vesitykset on lämpösaattava.

10.8 Laipat, yhteet

Laippojen ja yhteitten tiiviyyteen kaikissa olosuhteissa on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tiivisteitä valittaessa on oikeantyyppisen tiivistemateriaalin käyttöön kiinnitettävä erityistä huomiota. Hajukaasut sisältävät liuottavia ja korrodoivia yhdisteitä.

Liitosten on pysyttävä tiiviinä myös käytössä (hapettuminen, reagointi hajukaasujen sisältämien rikkijhdisteiden kanssa, jäätyminen, vääntymät jne.)

10.9 Puhaltimet

Laimeiden hajukaasujen siirtoon suositellaan käytettäväksi puhaltimia.

10.10 Ejektorit

Väkevien hajukaasujen siirtoon ei saa käyttää puhallinta. Niiden siirtoon käytetään höyryejektoria. Höyryejektorin maksimi höyryn lämpötila voi olla 210 °C.

10.11 Kanavamitoitus

Hajukaasuja poltettaessa on kanavanopeudet pidettävä kaikissa käyttöolosuhteissa yli liekin etenemisnopeuden.

Väkevien hajukaasujen linjojen suositeltava mitoitusnopeus on 5... 10 m/s ja laimeiden hajukaasujen linjojen suositeltava mitoitusnopeus on 5... 15 m/s. Väkevien hajukaasujen käytönaikainen kanavan minimivirtausnopeus riippuu kaasun koostumuksesta ja lämpötilasta, mutta ei saa olla alle 3 m/s.

Väkevien hajukaasujen linjojen käytönaikainen paine on – 10 000 ... +10 000 Pa. Laimeiden hajukaasujen linjojen käytönaikainen paine on – 5 000 ... +10 000 Pa.

Laimeiden hajukaasujen linjojen on kestävä alipainetta 10 000 Pa. Väkevien hajukaasujen linjojen on kestävä täyttä alipainetta (100 000 Pa).

Väkevät hajukaasut luokitellaan tyypillisesti erittäin myrkylliseksi, myrkylliseksi tai syttyväksi. Tällaisen aineen putkistot mitoitetaan käyttöpaineen mukaan; kuitenkin mitoituspaineen on oltava vähintään 4 bar (yp). Putkiston varusteen mitoituspaineeksi riittää kuitenkin 1,3 kertaa suunnittelupaine. Suunnittelupainetta valittaessa on huomioitava höyrytyshöyryn paine.

Laimeat hajukaasut luokitellaan tyypillisesti haitalliseksi. Haitalliseksi luokiteltuja hajukaasuja sisältävän putkiston suunnittelupaineen tulee olla vähintään 1,3 kertaa käyttöpaine, mutta kuitenkin vähintään +10 000 Pa.

10.12 Liekinerotin sijoitus

Liekinerotin on sijoitettava mahdollisimman lähelle itse polttolaitetta. Jos liekinerotin pohja on linjan pohjaa alempana, on erottimelle järjestettävä lauhteenpoisto.

10.13 Räjähdyshäviöiden sijoitus

Räjähdyshäviö on sijoitettava siten, että niiden toimiessa ei normaaleilla työskentelytasoilla oleskeleville henkilöille aiheudu vaaraa. Räjähdyshäviöiden poistopiste on sijoitettava ulos kattilahuoneesta.

Räjähdyshäviö on sijoitettava suoran kanavaosan jatkeeksi ilman mutkia. Varsinainen kanava jatkaa matkaa t-haaralla.

10.14 Ohituksen sijoitus

Ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Ohitus suositellaan johdettavaksi omana putkena piippuun tai soodakattilalaitoksen katolle.

Ohiajopiipun tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kattilaa, jotta ohiajopiipun ja soodakattilan välinen linja olisi mahdollisimman lyhyt. Käytännön syystä ohiajopiippu sijaitsee lähellä soodakattilaa, koska ejektori tai puhallin on usein soodakattilarakennuksessa tai sen läheisyydessä, ja piippu on aina painepuolella ejektorin tai puhaltimen jälkeen.

10.15 Tilaluokitukset

Tilaluokituksissa noudatetaan kemikaalilainsäädännön ohjeita ja määräyksiä.

Väkeville hajukaasuille ja tärpättipitoisille likaislauteille joudutaan usein soveltaamaan räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitusta.

Tilaluokat ja niiden vaikutusalueet määritellään myös mahdollisille vuotokohteille. Tilaluokan vaikutusalueelle tulevat laitteistot rakennetaan luokituksen mukaisin komponentein. Luokka 1 tarkoittaa, että räjähtävää kaasua esiintyy satunnaisesti ja luokka 2 tarkoittaa, että kaasua ei odoteta esiintyvän kyseisellä alueella normaalkäytön aikana.

Mikäli tila katsotaan riskialttiiksi, voidaan se varustaa automaattisella tehotuuletuksella, mikäli H₂S-pitoisuus nousee liian korkeaksi.

Kattilahuone ja mahdollinen väkevien hajukaasujen ja metanolin ja tärpätin polttimen lähialue tulee varustaa hälyttävällä rikkipitoisuutta näyttävällä mittarilla, jos hajukaasua sisältävä linja kulkee työskentelytilan kautta.

10.16 Valmistusluvut

Putkistolle, jonka käyttöpaine on yli 0.5 bar (yp) ja sisältönä syttyvä kaasu (tavallisesti väkevät hajukaasut), edellytetään putkiston valmistajalta paineastianäädännön tarkoittamaa valmistuslupaa ja valmistuksen valvojaa.

Jos laimeat hajukaasut sisältönsä puolesta luokitellaan haitallisiksi aineiksi, ei putkiston valmistajalta edellytetä paineastialainsäädännön tarkoittamaa valmistuslupaa ja valmistuksen valvojaa.

Metanoli ja tärpättilinjojen asennustöissä pitää noudattaa asianomaisia määräyksiä (kaasuasennukset, öljyasennukset ja paineastianvalmistus). Käytännössä on syytä menetellä kuten starttipolttimien öljy- ja kaasuputkistojen asennuksessa menetellään.

On suositeltavaa, että kaikissa valmistukseen ja asennukseen liittyvissä töissä käytetään vain pätevyyden osoittamaan pystyviä yrityksiä.

Polttimen ja tukipolttoaineputkiston asennuksen saa tehdä vain kyseiset asennusluvalla omistava liike.

11 SUUNNITTELUUN JA KÄYTTÖÖN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET

Deleted: ¶

11.1 Suomen lainsäädäntö

Tärkeimmät hajukaasujen käsittelyä koskevat kotimaiset lait ja asetukset ovat:

- Kemikaalilaki (744/1989, muutoksineen)
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä (59/1999)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus CLP-asetuksen liitteessä VI tarkoitetuista kemikaaleista (5/2010)

11.1.1 HAZOP

Kemikaalilaki määrittelee vaaralliset kaasut ja vaatii hajukaasun poltolle turvallisuustarkastelun (HAZOP-tarkastelu).

11.1.2 Putkistojen luokittelu

Kemikaalilaki ja asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä antavat teknisiä laitevaatimuksia ja määräävät käytännössä esimerkiksi, miten putket luokitellaan, miten määräaikaistarkastuksia suoritetaan ja että väkevät hajukaasut on siirrettävä ejektorilla eikä esimerkiksi puhaltimella.

Viranomaiset luokittelevat hajukaasut [Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen \(EY\) N:o 1272/2008](#) mukaisesti. Tämä päätös on EU-direktiivin mukainen, eikä viranomainen luokittele hajukaasuja erikseen laimeisiin ja väkeviin hajukaasuihin niin kuin selluteollisuudessa yleensä. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä [26.9.2001/807](#) antaa kaavan syttyvyyden määrittämiselle, pohjana on käytetty standardia [Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets ISO 10156](#) ja sen taulukoita 1 ja 2. Laimeat hajukaasut luokitellaan haitallisiksi kaasuiksi, muttei räjähtäviksi kaasuiksi.

Deleted: Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen 1027/1996

Deleted: (979/1997)

Deleted: [DIS](#)

Väkevien hajukaasujen erillispoltto rakennetaan käytännössä yleensä maakaasun vaatimusten mukaan. Maakaasulle on olemassa ohjeistus joka asettaa mm. venttiileille ja huuhtelulle tarkat vaatimukset.

11.1.3 Räjähdyksvaarallisten tilojen luokittelu (ATEX)

Räjähdyksvaarallisia tiloja koskee [EU ATEX-direktiivi 94/9/EY](#). Lisäksi räjähdysvaarallisten tilojen luokittelusta annetaan ohjeet [standardissa EN 60079-10](#): 1956, joka on käännetty suomeksi ja julkaistu SFS-käsikirjana numero 59 (4. painos 1998). Väkeville hajukaasuille sovelletaan räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitusta. Tilaluokat ja niiden vaikutusalueet määritellään mahdollisille vuotokohteille. Tilaluokan vaikutusalueelle tulevat laitteistot rakennetaan luokituksen mukaisin komponentein. Luokka 1 tarkoittaa, että räjähtävää kaasua esiintyy satunnaisesti ja luokka 2 tarkoittaa että kaasua ei odoteta esiintyvän kyseisellä alueella normaali-käytön aikana.

11.2 Eurooppalaiset standardit

Eurooppalainen paineastioita käsittelevä standardi ([EN 12952-8, Annex A.3.3.](#)) asettaa hajukaasujen poltolle soodakattilassa tiettyjä rajoituksia. Väkeviä hajukaasuja saa polttaa soodakattilassa, mikäli höyrynykehitys on vähintään 50 % kattilan nimelliskuormasta mustalipeällä.

Lisäksi standardi vaatii, että varotoimenpiteisiin ryhdytään, jottei vesiliuoksia joutuisi tulipesään kaasujen tai polttoaineen mukana sekä ettei väkeviä hajukaasuja joutuisi kattilarakennuksen ilmaan. Laimeita hajukaasuja ei tämä edellä mainittu koske.

Kaikkiin hajukaasulinjoihin on asennettava sulkuventtiili.

11.3 Olemassa olevat ohjeet

Ruotsin Sodahuskommittén ja amerikkalainen BLRBAC ovat tehneet ohjeita hajukaasujen käsittelystä ja poltosta. BLRBAC:n ohjeet ovat hyvin seikkaperäisiä ja antavat tarkkoja teknisiä kuvauksia ratkaisuihin.

11.3.1 Sodahuskommittén

Ruotsin sisarorganisaatiomme Sodahuskommittén on julkaissut syyskuussa 1997 ohjeistuksen ”Meddelande från Sodahuskommittén B16” väkevien hajukaasujen,

metanolin ja tärpätin keräily-, polttolaitteistojen ja turvallisuusjärjestelmien suunta-
viivoista.

Ohjeistuksessa kuvataan seuraavat asiat:

Väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin poltto soodakattilassa

Väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin keräily- ja polttojärjestelmät

Polttimet

Turvallisuusjärjestelmät

Lukitukset

Tarkastukset ja huolto

Henkilöturvallisuus

Ohjeistuksessa kerrotaan edellytykset yllä oleville seikoille. Lisäksi suosituksessa
ovat liitteinä esimerkkejä poltto- ja keräilyjärjestelmien PI- ja lukituskaavioista.

11.3.2 BLRBAC

BLRBAC on tehnyt ohjeen vaaratilanteiden minimoimiseksi nimeltä
”[Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black
liquor recovery boiler](#)”. (Vapaasti suomennettu: Suositeltava hyvä tapa jätevirtojen
polttamiseksi soodakattilassa)

BLRBAC ei rohkaise jäseniään polttamaan hajukaasuja soodakattilassa. Ohjeessa
luetellaan palavat hajukaasut ja määritellään niiden räjähdysrajat. Lisäksi ohje ker-
too, mistä hajukaasuja kerätään ja miten niitä voidaan hävittää. Ohje antaa ehdot
esim. millä mustalipeän kuiva-ainepitoisuudella hajukaasuja voidaan turvallisesti
polttaa. Metanolin ja tärpätin poltosta BLRBAC sanoo sen lisäävän riskejä.

Ongelmatilanteissa, eli käytännössä kun suoritetaan pikapysäytys eli Emergency
Shutdown Procedure (ESP), on hajukaasut välittömästi johdettava soodakattilasta
muualle muun polttoaineen tavoin.

Ohje varoittaa myös hajukaasujen myrkyllisyydestä ja niiden aiheuttamasta korroosiovaarasta, vaikkei hajukaasujen poltosta olekaan todistetusti havaittu korroosiota paineastialle.

Ohje on hyvin kattava, se sisältää myös logiikkaehtoja ja esimerkkejä poltto- ja ke-
räilyjärjestelmien PI- ja lukituskaavioista.

12 POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN

Suomen Soodakattilayhdistys on pyrkinyt pääosin noudattamaan eräissä muissa maissa laadittuja suosituksia ja ohjeita hajukaasujen poltosta soodakattilalla. Aina-kin seuraavat asiat poikkeavat muissa suosituksissa esitetyistä.

12.1 Poikkeamat BLRBACn ohjeisiin

Soodakattilayhdistyksen ohjeet poikkeavat BLRBACn ohjeista muun muassa seuraavissa kohdin

Laimeille hajukaasuille ei vaadita 'kipinöimättömän' puhaltimen käyttöä. Uskotaan, että laimeiden järjestelmässä käsitellään ainoastaan laimeita hajukaasuja.

Laimeille hajukaasuille ei vaadita puhaltimen paineitten mittausta. Paine ja virtaus ennen polttoa riittävät.

Laimeille hajukaasuille ei vaadita automaattisen sulkuventtiilin lisäksi käsikäyttöistä sulkuventtiiliä, rajakytkimet riittävät.

12.2 Poikkeamat SHKn ohjeisiin

Soodakattilayhdistyksen ohjeet poikkeavat SHKn ohjeista muun muassa seuraavissa kohdin

Laimeiden hajukaasujen linjaa ei tarvitse varustaa sulkuventtiilillä joka on suljettavissa kattilahuoneen ulkopuolelta.

Väkevien hajukaasujen poltinta ei tarvitse varustaa liekinvalvonnalla. Riittää että kattilan kuorma on riittävä.

Väkevien hajukaasujen lanssiin ei suositella ilmapuhallusta.

Pakollisia paineenmittauksia hajukaasulinjoissa on vähemmän.

Metanoli ja tärpättilanssia ei huuhdella ilmalla.

Metanolin tai tärpätin polttoa ei tarvitse pysäyttää, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa

Kattilan CO päästö on huomattavan korkea (yli 1000 ppm yli 1 min)

Kattilahuoneen rikkipitoisuushälytys laukeaa

13 ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA

Seuraavassa on kuvattu esimerkein eräitä Soodakattilayhdistyksen tietoon tulleita vaurioita ja vaaratilanteita. Vauriot on kuvattu, jotta suosituksen lukijalle tulisi konkreettinen kuva mahdollisista vaaratilanteista, jotka liittyvät hajukaasujen käsittelyyn tai polttoon.

Vastaavanlaisia tapahtumia on esiintynyt muillakin tehtailla.

13.1 Esimerkki: Varkauden tapaus 1980-luvulla

On syytä korostaa kaikille hajukaasulinjojen ja niiden läheisyydessä työskentelemään joutuville henkilöille hajukaasumyrkytyksen vaaraa.

Varkaudessa sattui 1980-luvun alussa tapaturma, jossa kaksi soodakattilan käyttöhenkilöä sai hajukaasumyrkytyksen. Onnettomuus sattui, kun lipeää ei enää virrannut mustalipeän sekoitussäiliöön hönkäputken tukkeentumisen seurauksena. Sekoitussäiliössä pinnanmittauksena oli painelähetin, mikä paineen nousun johdosta näytti väärää nestepintaa. Normaalitilanteessa jätehappo johdettiin sekoitussäiliön pohjalle n. 2 m lipeäpinnan alapuolelle, tällöin rikkivetyä ei pääsisi huonetilaan.

Onnettomuustilanteessa lipeäpinta laski liian alas, jolloin jätehappo aiheutti reaktion, joka vapautti rikkivetyä. Reaktiossa syntynyt kaasunpaine sulki tulevan mustalipeän venttiilin, jolloin rikkivedyn muodostuminen lisääntyi voimakkaasti. Käyttöhenkilö oli puhdistamassa hönkälinjaa ja sai hönkälinjan rassauserästä rikkivetyä hengitykseen. Kyseinen henkilö tunsu huimausta ja poistui ulkoilmaan, jonka jälkeen hän menetti hetkellisesti tajuntansa. Toinen käyttöhenkilö tuli tarkastamaan sekoitussäiliön toimintaa ja havaitsi mustalipeän sekaista vaahtoa pursuavan sekoitussäiliön tarkastusluukun kannen välistä. Samoin hän tunsu huimausta ja poistui soodakattilan valvomoon ilmoittaen valvomonhoitajalle tilanteen ja tämän jälkeen menetti hetkellisesti tajuntansa. Kyseiset henkilöt kävivät sairaalassa tarkkailussa. Tapahtuman jälkeen ylimäärä-jätehapon pumppaus sekoitussäiliöön lopetettiin riskitekijöiden poistamiseksi.

13.2 Esimerkki: Klabinin tapaus Brasiliassa 10.10.1998

Jos hajukaasulinjastossa vesi pääsee kondensoitumaan, on olemassa sulavesiräjähdyksivaara, mikäli vesi pääsee soodakattilaan.

Vesityksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja ne pitää järjestää linjoihin kattavasti. Ohiajopiipun tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kattilaa, jotta ohiajopiipun ja varsinaisen soodakattilarakennuksen välinen linja olisi mahdollisimman lyhyt. Käytännön syystä ohiajopiippu sijaitsee lähellä soodakattilaa, koska ejektori on usein soodakattilarakennuksessa tai sen läheisyydessä, ja piippu on aina painepuolella ejektorin jälkeen.

Klabinissa sattui vakava räjähdys, koska tulipesään joutui suurehko määrä vettä lauhtumattomien kaasujen (NCG) polttimeen läpi. Räjähdyksen seurauksena 4 henkilöä menehtyi ja 13 henkilöä loukaantui. Toinen, pienempi sulavesiräjähdys tapahtui 15 minuuttia myöhemmin.

Räjähdyksen perimmäinen syy oli todennäköisesti tulipesään joutunut vesi, joka sammutti keon. Vesi pääsi ilmeisesti soodakattilaan lauhtumattomien kaasujen polttolinjastosta, kun automatiikka sammutti polttojärjestelmän ja puhalsi höyryllä kaasulinjan tyhjäksi, puhaltaen samalla linjastossa olleen lauhtuneen veden tulipesään.

13.3 Esimerkki: Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehtaan vaurio 29.12.1998

Hajukaasulinjastossa voi olla räjähdysvaara, mikäli kaasun konsentraatio on räjähdysalueella. Kaasun konsentraatio on pidettävä riittävän korkeana tai tarpeeksi matalana. Etenkin alas- ja ylösajotilanteet ovat ongelmallisia.

Yleensä soodakattiloiden hajukaasuräjähdykset ovat tapahtuneet laimeiden hajukaasujen järjestelmille.

Kemissä oli seisokin jälkeen startin aikana laimeiden hajukaasujen polttolinjastossa kaasuseos konsentroitunut liian korkeaksi.

Todennäköisesti räjähdysalueella ollut kaasuseos oli kulkeutunut osittain auki olleen sulkuventtiilin ja/tai vesitysputkistojen kautta soodakattilan tertiääritason taka-

seinän hajukaasusuuttimille seisokin jälkeen tehtaan käynnistyksen aikana. Seos syttyi suuttimilla ja eteni hajukaasukanavistoa pitkin lämmönvaihtimen etuosaan, jossa tapahtui räjähdys.

Nykyään Oy Metsä-Botnia Ab:n tehtaalla Kemissä pidetään hajukaasujen keräily käynnissä myös seisokin aikana.

14 LOPPUSANAT

Suomen Soodakattilayhdistyksen jäsenistö on kaivannut selkeää kannanottoa sellu-tehtaan hajukaasujen keräilyyn ja polttoon. Taustana on huoli turvallisuudesta ja kokonaisprosessin toimivuudesta.

Hajukaasujen syttymis- eli räjähdysalue jakaa hajukaasut laimeisiin, eli pitoisuudeltaan alle räjähdysalueen, ja väkeviin, eli pitoisuudeltaan yli räjähdysalueen.

Väkevien hajukaasujen poltto soodakattilassa on tullut vasta 1990-luvulla voimakkaasti kiinnostuksen kohteeksi. Laimeita hajukaasuja on johdettu soodakattilaan jo aiemmin.

Laimeiden hajukaasujen johtamisessa polttoon on ilmennyt runsaasti ongelmia ja väkevien hajukaasun poltolla on kuten muillakin polttokaasuilla riskinsä, mikä on herättänyt tarpeen ohjeelle. Ruotsissa ja Pohjois-Amerikassa ohje on jo olemassa vaikka väkevien hajukaasujen poltto on siellä huomattavasti harvinaisempaa kuin Suomessa. Hajukaasujen poltolle on myös olemassa eri koulukuntia, mikä on herättänyt hämmennystä ja paljon keskustelua aiheesta.

Soodakattilaa on ohjeistettu monin eri tavoin. Hajukaasujen poltto soodakattilassa vaatii oman suosituksensa, jotta hajukaasujen hävitys voidaan tehdä soodakattilassa turvallisesti. Lainsäädäntö ei juurikaan tunne hajukaasuja. Niitä koskevat lähinnä kemikaalilain yleiset periaatteet. Tämän suosituksen tarkoituksena on mahdollistaa hajukaasujen turvallinen poltto soodakattilassa.

15 KIRJALLISUUSVIITTEITÄ

Meddelande från Sodahuskommittén, Riktlinjer angående utrustning och säkerhetssystem för destructionseldning av starka luktgaser, metanol och terpentin i sodapannor, B16, Sept. 1997.

Meddelande från Sodahuskommittén, Recommendationer angående eldning med tillsatsbränslen samt destruction av industriella restproducter i sodapannor, C 9, Sept. 1997.

Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee, Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black liquor recovery boiler. Oct. 6, 1999.

Allen, Travis, 2001, NCG Handling, incineration concerns drive need for safe system design. Pulp&Paper, April 2001. pp. 39 – 41.

Burgess, Tom ja Young, Randy, The explosive nature of noncondensable gases. Proc. 1992 Tappi Environmental Conf., pp. 81 – 95.

Compilation of 'Air Toxic' Emission Data for Boilers, Pulp Mills and Bleach Plants; NCASI Technical bulletin no. 650, June 1993.

Drew, John, Russel, James and Bajak, Henry W., Sulfate turpentine recovery. Pulp Chemicals Association, New York 1971, 147 p.

Grace, T. M., Klabin / Monte Alegre recovery boiler explosion. Föredrag vid Sodahuskonferensen '99, ÅF-IPK AB 1999.

Huuska, T., Esitelmä Konemestaripäivillä 2000. Soodakattilayhdistyksen raportti 1/2000.

Hokynar, S., Sulfaattisellun valmistuksessa syntyvät hajukaasut ja niiden räjähdysrajat. TKK, Diplomityö, 1999.

ISO 10156:1996 Ed.2, TC58/SC2: Gases and mixtures – Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets.

Jaakko Pöyry Oy:n arkistotietoa.

Janka, K., Haaga, K., Tamminen, A. ja Wallin, E., Advanced Recovery Boilers Reduce Odor Gases Cost-Efficiently; SPCI 1999 s.531-535.

Karjunen, T., Kaasuräjähdykset soodakattiloissa vesivuotojen aikana. Soodakattilayhdistyksen raportti 7/1999.

Kankkonen, S., Pekkanen, M., Soodakattilassa poltettavat ainevirrat. Soodakattilayhdistyksen raportti 2/2000.

Modernin sulfaattiselutehtaan haihtuvat kaasumaiset yhdisteet, Osaprojekti 1 Haihtuvien kaasumaisten yhdisteitten määrittäminen, Loppuraportti. VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka. 45 p.

Mäntyniemi, Jussi, Isoniemi, Markku ja Harila, Pauli, Biosludge and NCG incineration in a recovery boiler. 1995 International Chemical Recovery Conference. pp. B57 – B61.

Rantanen, Asmo, 1987, Soodakattilan liuotinhöngän koostumuksen ja käsittelymenetelmien tutkiminen. Diplomityö LTKK, Energiatekniikan osasto, Lappeenranta, 114 p.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (979/1997) kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (1058/1999) kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä annetun sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen muuttamisesta.

Työpaikan ilman epäpuhtauksien enimmäispitoisuudet (enimmäispitoisuusohjeet). Sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamat teknilliset turvallisuusohjeet N:o 11. Sosiaali- ja terveysministeriö 1972.

Venermo, Mikko, Upgrading of the odour control system of a kraft pulp mill by pre-evaporating the black liquor. Diplomityö, TKK Espoo. 94 p, 1992.

LIITE I

ESIMERKKI POHJAKUORMAN LASKEMISEKSI

Jotta minimikuorma poltolle laskettaisiin yhtenevästi, on ohessa esitetty kaksi tapaa laskea minimikuorma. Toisessa kuorma sidotaan höyryvirtaan ja toisessa lipeävirtaan. Tulitehon yksikkö on höyryntekitykseen saatu nettolämpö jaettuna tulipesän pohjaneliöllä.

	100	%		43	%
Kattilan pohjan ala	100	m ²		100	m ²
Höyryntekitys	80	kg/s		34,3	kg/s
Tuorehöyryn paine	80	bar		80	bar
Tuorehöyryn lämpötila	480	°C		480	°C
Tuorehöyryn entalpia	3349.5	kJ/kg		3349.5	kJ/kg
Syöttöveden paine	100	bar		100	bar
Syöttöveden lämpötila	115	°C		115	°C
Syöttöveden entalpia	489.6	kJ/kg		489.6	kJ/kg
Lieriön paine	90	bar		90	bar
Nuohoushöyryn entalpia	2942.9	kJ/kg		2942.9	kJ/kg
Ulospuhalluksen entalpia	1363.7	kJ/kg		1363.7	kJ/kg
Ulospuhallus	1.5	%		1.5	%
Nuohous	2,0	%		2.0	%
Lämpö höyryyn	2.922	MJ/kg		2,922	MJ/kg
	233.8	MW		100.2	MW
Nettolämpö pohja-alaa kohti	2.34	MW/m ²		1.00	MW/m ²
tai					
	100	%		43	%
Mustalipeävirtaus	2200	tka/24h		943	tka/24h
	25.5	kgka/s		10.9	kgka/s
Nettolämpö (taseesta)	9200	kJ/kgka		9200	kJ/kgka
	234.3	MW		100.4	MW
Nettolämpö pohja-alaa kohti	2.34	MW/m ²		1.00	MW/m ²

Tärpätin polttimeen käynnistytksen edellytykset

Tärpätin poltto voidaan aloittaa kun seuraavat ehdot ovat voimassa

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Lipeämpolotto on päällä	
2.	Tärpättilanssi on paikallaan ja kytketty	
3.	Tärpätin paine on yli minimipaineen	
4.	Polttimen ilman paine on yli paineen alarajan	
5.	Polttimen ilman virtaus on yli virtauksen alarajan	
6.	Liekinvartija näyttää liekkiä (syttymisviive)	
7.	Polttimen ilman virtaus on yli alarajan	

Tärpätin polton pysäyttävät tapahtumat

Tärpätin poltto pitää pysäyttää, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa

	Ehto	Ehdon tarkoitus
1.	Lipeän poltto keskeytyy	
2.	Kattilan primääri- tai sekundääripuhallin pysähtyy	
3.	Polttimen ilmavirtaus putoaa alle alarajan	
4.	Polttimen ilman paine laskee alle painerajan	
5.	Linjan paine laskee alle painerajan	
6.	Pikapysäytys laukeaa	

7.	Kattilasuoja laukeaa	
8.	Liekinvalvonta ilmoittaa liekin sammuneen	

LIITE 9
KTR: Soodakattilan savukaasuräjähdyksen
Oulun yliopisto – tarjous 20.3.2012

1 Tausta ja tavoite

Soodakattilan TLJ-järjestelmiä rakennettaessa on tullut yhä yleisemmäksi tehdä lukitukset happipitoisuuden alarajasta. Lukitusten tarkoituksena on estää vajaasta ilmamäärästä aiheutuva savukaasuräjähdyks palamattomien (vety ja hiilimonoksidi) savukaasukomponenttien seurauksena Lukituksista on aiheutunut kattilan käytettävyyden laskua ja lukituksia on jouduttu muuttamaan suunnittelemattomasti.

On tunnettua ettei savukaasuräjähdyks voi tapahtua olemattomassa tai hyvin matalassa happipitoisuudessa. Esimerkkinä raakaöljyä kuljettavissa tankkilaivoissa turvallisen happipitoisuuden raja-arvona pidetään 8 % happipitoisuutta säiliöiden kaasutilassa.

Työn yhteydessä selvitetään turvallisen savukaasukoostumuksen raja-arvoja ja niiden riippuvuus muista prosessiarvoista kuten lämpötilasta, vesihöyry ja hiilidioksidipitoisuudesta savukaasussa. Rajojen valvonta, mahdollinen laskenta prosessiarvoista ja tehdään ehdotukset TLJ järjestelmien rakentamisen ohjeistuksesta.

Ohjeistuksessa huomioidaan myös pikapysäytys ja pikatyhjennys jälkitilanteen hoito.

2 Organisointi

Projektin organisaatio:

Projektin vastuullinen johtaja: Ulla Lassi (OY, Professori)

Pääasiallinen tutkija: Leena Saukkonen (OY, tutkija)

Työ suoritetaan kestoisuustyöryhmän alaisuudessa. Soodakattilayhdistys antaa tutkijan käyttöön nykyiset TLJ ohjeistukset.

3 Kustannukset ja rahoitus

Työn kustannukset ovat 10 000€ + matkakulut. Projektin raportin painatuksesta vastaa Soodakattilayhdistys.

Kokonaiskustannuksista maksaa Soodakattilayhdistys € 5 000,- + ALV tilauksen yhteydessä ja € 5 000,- + ALV loppuraportin tultua hyväksytyksi. Laskujen maksuehto on 21 päivää.

3.1 Raportti ja aikataulu

Työn loppuraportti kirjoitetaan suomeksi. Työ suoritetaan kokonaisuudessaan kevään 2012 aikana.

LIITE 10

**LTR: Syöttövesipumppujen säätö ja mitoitus, syöttövesisäiliön koko -
konseptitarkastelut
LUT – tarjous 18.3.2012**



LAPPEENRANTA
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TARJOUS

Syöttövesipumppujen säätö ja mitoitus, syöttövesiäiliön koko - konseptitarkastelut Lapivirtaus

Soodakattilayhdistys ry

18.3.2012

Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
Professori Esa Vakkilainen

1

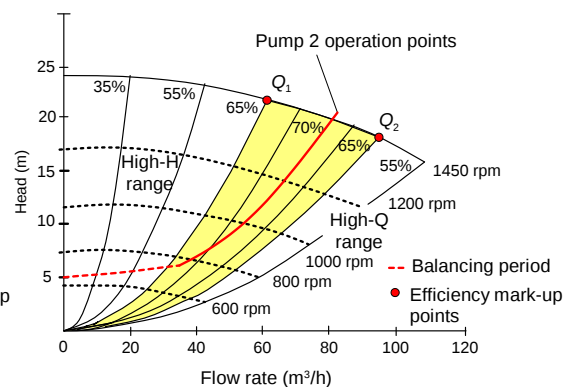
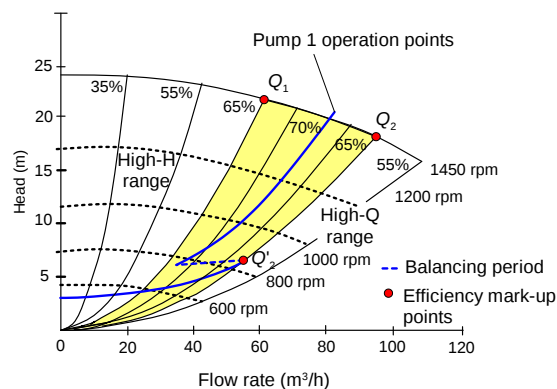
JOHDANTO

Suomen Soodakattilayhdistys (tilaaja) on todennut että soodakattiloilla voitaisiin pohtia syöttövesipumppujen mitoitus ja tähän liittyviä seikkoja.

Sellutehdasprojekteissa tulee aika ajoin vastaan kysymys, montako syöttövesipumppua ja miten säädettyä tulisi kattilassa olla. Yhdistyksen halun mukaan

- työssä laskettaisiin kolmen erikokoisen kattilan optimaalinen syöttövesipumppukoko ja lukumäärä.
- projektissa voisi lisäksi selvittää turbopumpun tarpeellisuutta sekä syöttövesisäiliön mitoitus.

Osana teollisuuden kanssa tehtävää tutkimustoimintaa Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto Energiatekniikka on osallistunut usean rinnakkain toimivan pumpun optimaalisen toiminnan tutkimiseen laskentaa, kokeita ja mallituksia tekemällä. Siksi Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto /Energiatekniikan osasto uskoo pystyvänsä toteuttamaan tilaajan haluaman tutkimuksen tilaajan toivomalla tavalla.



Esimerkki kahden pumpun optimaalisemmasta ajotavasta

2

TAVOITTEET

Työssä tehdään esiselvitys kolmen Soodakattilayhdistyksen valitseman soodakattilan syöttövesipumppauksen mahdollisuuksista säästää sähköä toteuttamalla pumppauksen säätö uudella tavalla. Samalla mietitään miten suurella syöttövesisäiliöllä kukin soodakattila pärjäisi. Lisäksi mietitään monellako syöttövesipumppulla pitäisi soodakattilaprojekti toteuttaa.

Työn loppuraportti luo yhteenvedon työssä tehdyistä soodakattilan syöttövesipumppauksen konseptitarkasteluista. Erityisesti selvitetään

1. Lasketaan energiataloudellisin syöttövesipumppujen ajotapa kullekin kolmesta esimerkisoodakattilasta.
2. Mietitään syöttövesisäiliöltä tarvittavaa kapasiteettia.
3. Esitetään eri pumppujen lukumäärän ja syöttöveden tarpeen mukaisen mitoituksen investointikustannus ja energiankulutusarvot.



4. Selvitetään turbopumpun tarpeellisuutta.

3 RAPORTOINTI JA AIKATAULU

3.1 Raportti

Työn loppuraportti kirjoitetaan englanniksi. Työstä raportoidaan sen kestäessä Suomen Soodakattilayhdistykselle sen haluamalla tavalla.

3.2 Aikataulu

Projektin aloittaminen vaatii kultakin soodakattilalta seuraavat tiedot tuntikeskiarvoina esim. 10 000 tunnin pätkältä:

- syöttövesivirtaus
- paine ennen syöttövesipumppuja
- paine syöttövesipumpun jälkeen
- paine syöttövesiventtiiliryhmän jälkeen
- lämpötila ennen syöttövesipumppua

sekä

- pumppujen hyötysuhdekäyrästäokuva

kultakin osallistuvalla soodakattilalta 10 viikon kuluessa tilauksesta. Sekä mahdollisuus tarvittaessa saada lisätarkennuksia kysiseen dataan esimerkiksi vierailemalla paikalla.

Loppuraportti luovutetaan tilaajalle hyväksymistä varten noin 8 (kahdeksana) kuukautta tilauksesta, viimeistään 15.4.2013 ei kuitenkaan ennen 15.12.2012.

4 RESURSSIT JA YHTEISTYÖ MUIDEN KANSSA

Projektin organisaatio

Projektin vastuullinen johtaja: Esa Vakkilainen (LUT/Professori)

Pääasiallinen tutkija: Juha Viholainen (LUT/Nuorempi tutkija)

Tämän projektin työ ja tulokset tukevat Soodakattilayhdistyksen hanketta soodakattilan kehittämiseksi, erityisesti kun mietitään mahdollisuuksia nostaa energiahyötysuhdetta.



KUSTANNUSARVIO JA RAHOITUSSUUNNITELMA

Projektin kokonaiskustannus on € 23 800,- + ALV. Tämä sisältää palkat, matkat ja muut tutkimusmenot. Projektin raportin painatuksesta vastaa Soodakattilayhdistys.

Kokonaiskustannuksista maksaa Soodakattilayhdistys € 11 900,- + ALV € projektin tultua tilatuksi ja 11 900,- + ALV € loppuraportin tultua hyväksytyksi. Maksuaika 30 päivää.

A handwritten signature in blue ink, reading "Esa Vakkilainen".

Esa Vakkilainen

LIITE 11

SKYREC: Tulistinmateriaalien laboratoriokokeet, OSA 2
Åbo Akademi – alustava raportti 15.2.2012



Skyrec II

Final report

Confidential

Dorota Bankiewicz, Patrik Yrjas

Report written at the Laboratory of Inorganic Chemistry/ÅA
lead by prof. Mikko Hupa

February 2012

Preface

Skyrec II is a continuation of the previous project Skyrec. This report is based on the results obtained from laboratory tests performed at Åbo Akademi University by the Laboratory of Inorganic Chemistry. The experiments were carried out during 2011 in agreement with Suomen Soodakattilayhdistys – Finnish Recovery Boiler Committee. The analyses of the samples were finalized in the beginning of 2012. The first results from Skyrec II were presented on a Skyrec internal meeting at Pöyry October, 5 2011 in Vantaa and also on the Skyrec Seminar October, 20 2011 in Helsinki. This report presents a summary of all tests performed in the project. Due to the high number of SEM and X-ray pictures, only chosen samples with identified corrosion will be presented also in the form of pictures. However, all the results (SEM/EDX) will be delivered together with the report on DVD:s.

In the first part of the Skyrec project it was concluded that only a low reduction level of sulfate to sulfide was achieved with the test setup used. Thus, in Skyrec II Black Liquor (BL) char and Na₂S (simulating reduced Na₂SO₄) were added to the previously tested salts (5 and 10). The goal of the project was to estimate the resistance/behavior of the chosen boiler steam/superheater tube materials under alkali- sulfates/sulfides and alkali chlorides containing synthetic ashes in a reducing atmosphere.

The tests were performed using a laboratory method for studying high temperature corrosion developed at Åbo Akademi. The method is based on the estimation of the oxide/corrosion layer thickness or/and depth of the material degradation. The recognition of the oxide/corrosion layer composition is also included.

The laboratory work was carried out by Jaana Paananen and Jan-Erik Eriksson. The SEM/EDX analyses were done by Linus Silvander. TGA tests were carried out by Peter Backman. The analyses of the results, meeting materials and final report have been written by Dorota Bankiewicz in co-operation with, reviewed and commented by Patrik Yrjas.

1 Attachment: 3 DVD's with SEM/EDX results from all performed tests

The content of the report is confidential and is the property of:

Suomen Soodakattilayhdistys – Finnish Recovery Boiler Committee.

Authors

Åbo Akademi University,

February 2012

Table of Contents

Skyrec II	I
Final report	I
Confidential	I
Dorota Bankiewicz, Patrik Yrjas	I
Preface.....	II
Table of Contents.....	IV
1. Introduction.....	1
1.2 Selection of “new” salts for Skyrec II.....	1
1.2.1 The effect of Black Liquor Char	6
2. Experimental.....	7
3. Results and discussion.....	11
3.1. Tests with salts 5r10, 5r50, and 5r80 ($\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{S}$)	12
3.2. Tests with salts 10r10, 10r50, and 10r80 ($\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{S-K}_2\text{SO}_4\text{-KCl}$)	15
4. Reducing vs. oxidizing conditions	18
5. Conclusions	20
References	21



1. Introduction

1.2 Selection of “new” salts for Skyrec II

Within the first part of the Skyrec project four different steam tube materials used in recovery boilers were tested (10CrMo9-10, T91, Sanicro 28 and HR11N) with four different synthetic ashes containing main black liquor components (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , KCl and NaCl) in a simulated reducing atmosphere (95 N_2 -5CO vol%) at 525°C and 565°C.

The analysis of the results indicated, however, that no or only a small reduction (at 600°C) of the sulfate to sulfide was achieved with the test setup used. In the second part of Skyrec, Skyrec-Part II, the tests were suggested to be done with Black Liquor (BL) char included in the salt despite the fact that it may contain some chlorine. In order to establish the temperature where the reduction of Na_2SO_4 in a mixture with BL-char begins TGA tests were performed.

DTA/TGA tests

Firstly, pure Na_2SO_4 was tested in a TGA in N_2 and then in a $\text{N}_2 + 5\%\text{CO}$ gas mixture (Figure 1). The performed TGA tests were run up to 1000°C (above the Na_2SO_4 melting temperature) with a 20°C/min heating rate. Later on, the mixture of Na_2SO_4 and BL char was tested in N_2 and then in $\text{N}_2 + 5\%\text{CO}$ (Figure 2). In this case, the TGA tests were run above 900°C (above the Na_2SO_4 melting temperature) with a 20°C/min heating rate and then kept in isothermal conditions for 40 min.

Results/conclusions:

- in N_2

Na_2SO_4 - negligible weight loss was observed

Na_2SO_4 + BL char - weight loss 20%

- in $\text{N}_2 + \text{CO}$

Na_2SO_4 - negligible weight loss was observed

Na_2SO_4 + BL char - weight loss 46% (C available from BL char + from CO) - best reduction level

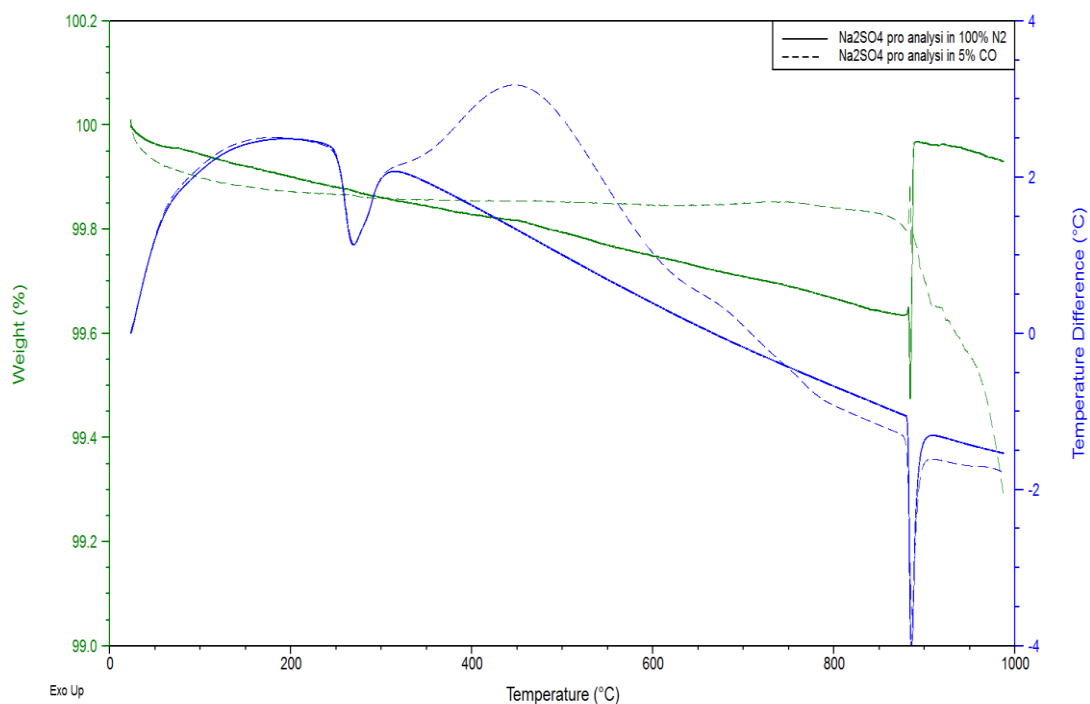


Figure 1. TGA curves of Na_2SO_4 in pure N_2 and $\text{N}_2+5\text{vol}\%\text{CO}$ heated up to 1000°C .

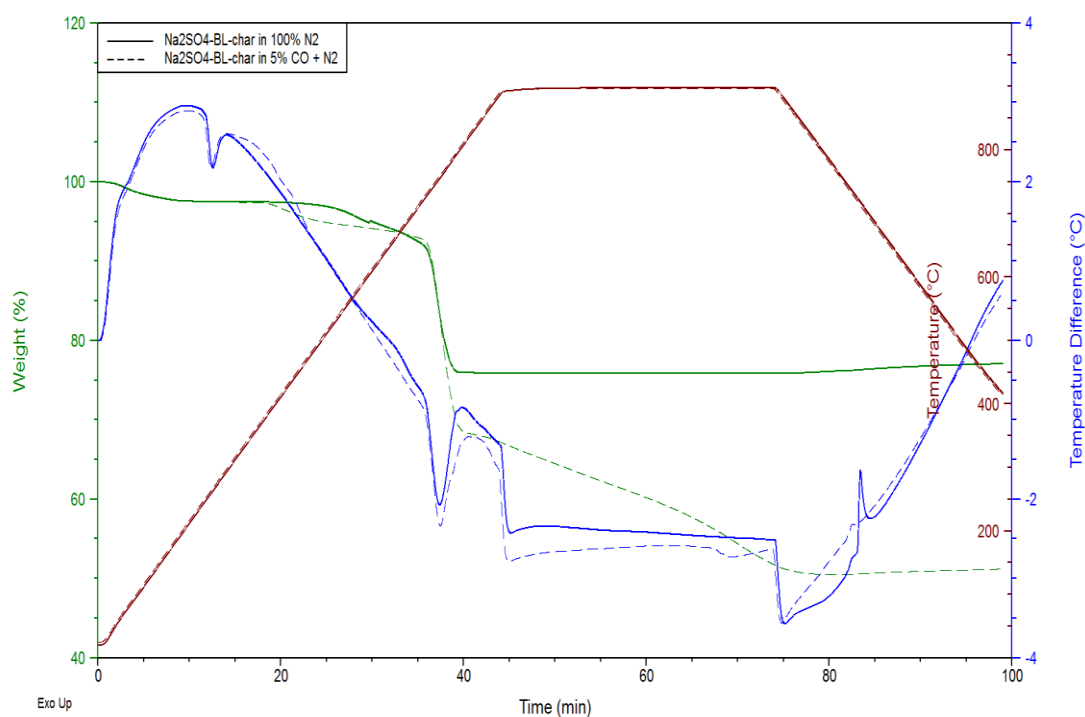


Figure 2. TGA curves of $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 30\text{wt}\%$ BL char run in pure N_2 and $\text{N}_2+5\text{vol}\%\text{CO}$ heated up to 900°C and kept at isothermal conditions for 40 min.

The melting temperature for pure Na_2SO_4 is 882°C but for the mixture with BL char (30 wt-%) the melting temperature dropped down to 726°C . The reduction of Na_2SO_4 to Na_2S (green curves in Figure 2) occurred in both tested atmospheres (N_2 and N_2+CO) with BL

char added but in the presence of CO the reaction seems to continue also after the initial stage (dashed green curve in Figure 2). Accordingly, it was assumed that when all C from the BL char was consumed, CO continued the reduction reaction, but at a slower rate.

Since, the temperature at which most of the reduction occurred was above the temperature of interest for corrosion tests ($>730^{\circ}\text{C}$) few additional tests with the TGA were performed. A mixture of Na_2SO_4 and BL char was heated up to 500 and 600°C in $\text{N}_2 + 5\%\text{CO}$ and kept under isothermal conditions for 2 h in order to study the level of reduction at lower temperatures. Additionally, the amount of CO was increased during the test from 5 to 10 vol% (Figure 3). The increase of CO had no visible influence on the sample's mass loss. The reduction of Na_2SO_4 to Na_2S at 500°C was negligible (green dashed curve in Figure 3). At 600°C , a mass loss of <10 wt% including water evaporation was observed (solid green curve).

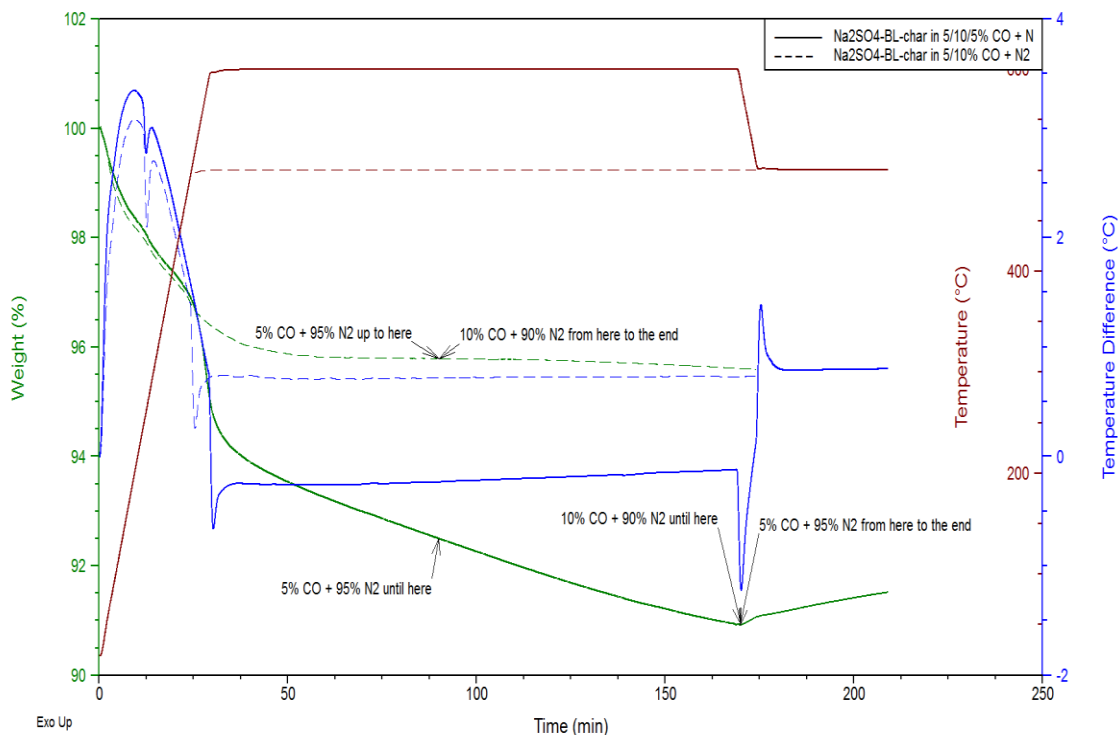


Figure 3. TGA curves of $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 30\text{wt}\%$ BL char run in pure N_2 and $\text{N}_2+5\text{vol}\%\text{CO}$ heated up to 600°C and kept under isothermal conditions for 2 h.

Pre-corrosion tests

Since the reduction of Na_2SO_4 at 600°C proceeded quite slowly it was decided to prepare a salt mixture which already contained a certain level of reduced Na_2SO_4 meaning Na_2S . Half (in mol%) of the Na_2SO_4 in a previously used salt (Salt 10) was exchanged with Na_2S . Additionally, 30-wt% of BL char was added to the salt mixture. The composition of the new salt named Salt 10r, which is thus a modification of Salt 10, is presented in Table 1.

Table 1. The compositions of Salt 10 and Salt 10r (mol%).

	Na_2SO_4	Na_2S	KCl	K_2SO_4	BL char (wt%)
Salt 10 (mol%)	78	-	5	17	-
Salt 10r (mol%)	36	39	5	18	30

A trial corrosion test at 550°C with the new salt mixture (Salt 10r) was done with the same four metals which were used in the first part of the project. Those were: 10CrMo9-10, T91, S28, HR11N. The corrosion test method is described in Chapter 2, and also in the earlier report of Skyrec project. Compared to the normal experimental procedure it is here worth noticing that no pre-melting of the salt mixture was done due to the risk of unwanted Na_2S oxidation.

A 168 h test was performed in a 5CO-95N₂ (vol%) atmosphere at 550°C . The appearance of the samples after the heat treatment is shown in Figure 4. The sample holder was full of “soot” after the test.

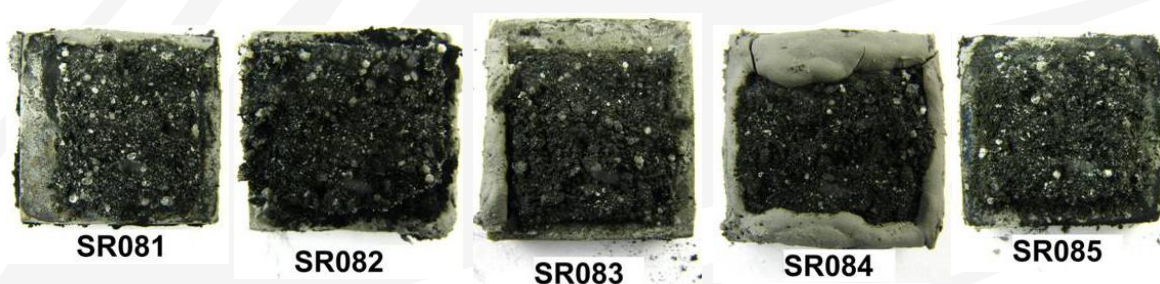


Figure 4. The appearance of the samples after 168 h exposure at 550°C with the Na_2SO_4 - Na_2S -KCl- K_2SO_4 -BL char synthetic ash in a 5CO-95N₂ atmosphere.

The mean corrosion layer thickness from this test together with the results from the previous tests with Salt 10 (Na_2SO_4 -KCl- K_2SO_4) in a reducing as well as in an oxidizing atmosphere is presented in Figure 5. When comparing the results between the two

salts (10 and 10r) under reducing conditions (dark and light red bars) the following can be observed:

- 10CrMo performed significantly worse when exposed with salt 10r when comparing to results from tests with Salt 10
- T91 and S28 performed similar to earlier results and the corrosion layers were in the pre-test about 4 μm , while the thicknesses earlier were about 2 μm
- HR11N corroded slightly more ($\sim 10\mu\text{m}$) than in the test with Salt 10 ($\sim 2\mu\text{m}$) but the difference was not dramatic

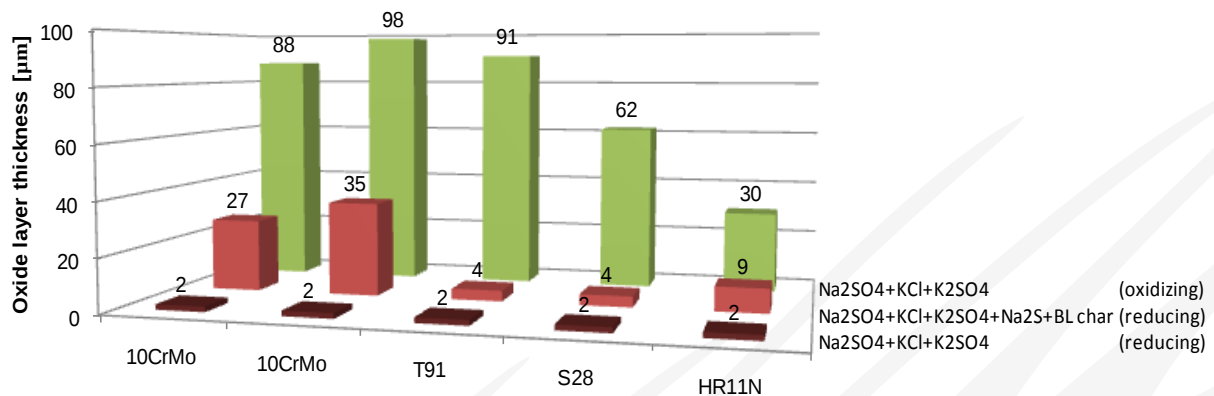


Figure 5. The mean corrosion layer thickness of the tested materials in reducing and oxidizing atmosphere at 550°C. The corrosion tests duration 168h. Exposures with Salt 10 and 10r.

The corrosion products formed on 10CrMo were well adhering to the steel surface and resembled a molten phase. The steel surface was rich in Na, S with Cl enrichment in the corrosion products, Figure 6. The surface of HR11N is presented in Figure 7. The thin pieces of the steel from the sample's surface became loose.

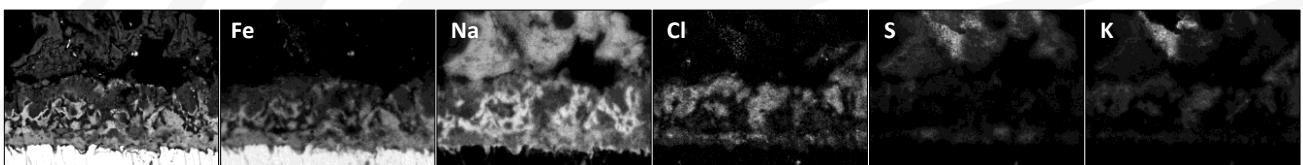


Figure 6. X-ray maps of 10CrMo steel after the test with Salt 10r.

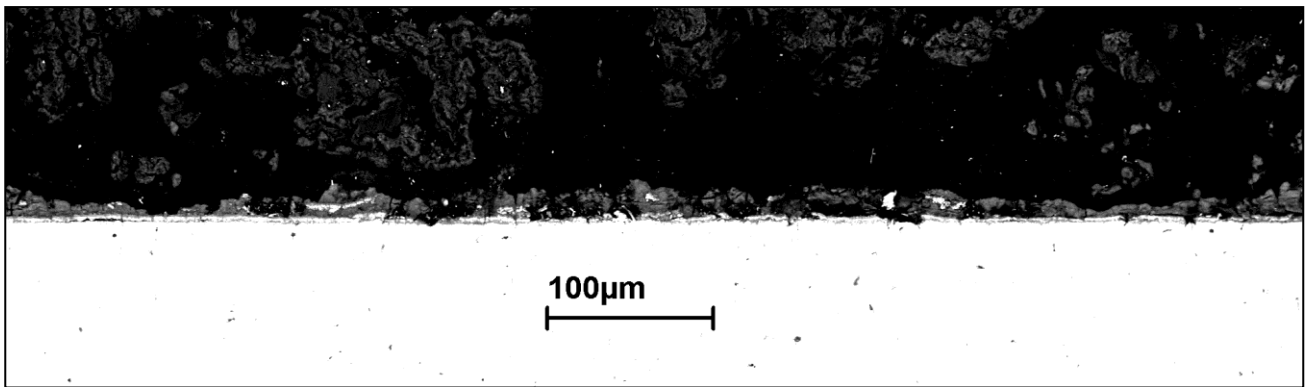


Figure 7. A panorama image of HR11N after the test with Salt 10r.

1.2.1 The effect of Black Liquor Char

Apart from replacing part of the Na_2SO_4 with Na_2S in the salts it was decided also add some BL-char to additionally enhance the reducing properties of the tested salts. One test was performed to estimate the optimal amount of BL char to be added to the synthetic ashes. Five coupon samples of 10CrMo were tested with 0, 5, 5, 10 and 30 % of BL char added to the salt mixture (Salt 10r; $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KCl}$). The tests were performed in reducing atmosphere at 565°C for 168 h.

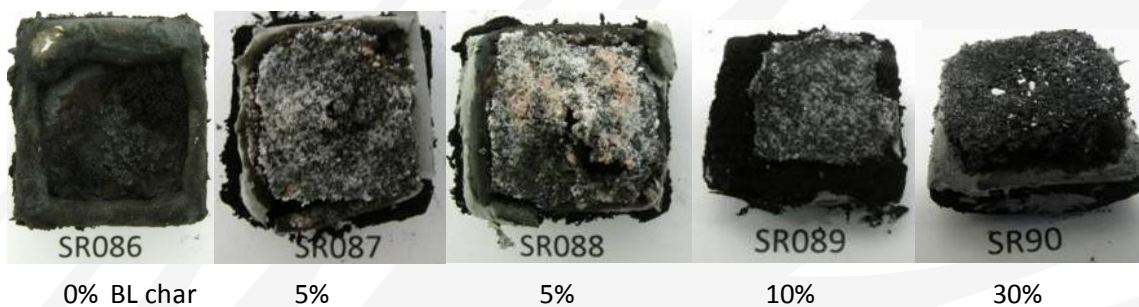


Figure 8. Digital pictures of 10CrMo9-10 samples after tests in 565°C under reducing conditions with $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KCl} + \text{BL-char}$ mixtures (Salt 10r + 0-30 wt-%BL char).

After the test, the salts containing BL-char were swollen and very brittle, which was not observed in the salt without BL-char. The surrounding of the sample was full of black, soot like powder (Figure 8). The mean corrosion layer thicknesses from this test are presented in Figure 9. In all cases the corrosion rates were significant. When no BL-char was added to the salt mixture, the surface of the steel was mainly internally degraded, while not much of the corrosion products were found on the surface of the sample exposed to salt containing 30% BL-char. The surface was, however, visibly damaged. The

sample was swollen and it was difficult to retain all the corrosion products exactly as they were (this was case for all the samples containing BL-char). The low corrosion in the case with 30 wt-% BL-char was concluded to be due to the dilution of the salt with char, while the additions of 5 and 10 wt-% BL-char to the salt mixture caused an increased degradation with visibly consumed material. It was decided that the addition of 5 wt% of BL-char is enough to enhance the reducing properties of the salt mixtures.

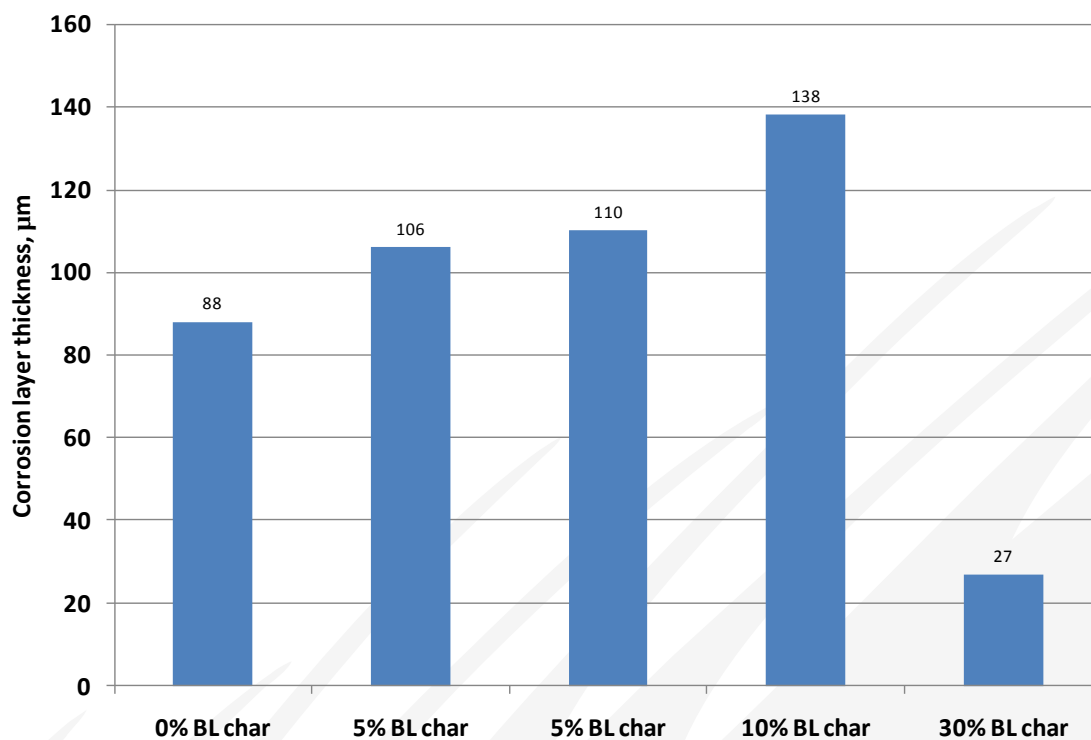


Figure 9. The mean corrosion layer thickness as a function of BL char amount added to the salt mixture. Test performed with 10CrMo9-10 in 565°C under a reducing atmosphere.

2. Experimental

Four different superheater materials were delivered by the customer of the project and used in the experiments. Table 2 presents the detailed steel compositions (weight-%) as analysed with a SEM/EDX analyzer.

Table 2. The detailed compositions of the tested steels (wt%).

	10CrMo9-10	T91	Sanicro 28	HR11N
Fe	95,96	88,82	36,11	28,81
Cr	2,24	8,76	27,36	28,67
Mo	1,00	0,95	3,51	0,96
Mn	0,45	0,45	1,15	0,91
Si	0,25	0,35	0,46	0,27
Ni		0,19	31,38	40,24
V		0,21		
C	0,07	0,10	0,01	
Nb		0,08		
N		0,05		0,15
Al		0,02		
P	0,01	0,01	0,01	
S	0,01		0,01	

The materials can be classified as two low alloy steels: ferritic (10CrMo9-10) and martensitic (T91), one high nickel austenitic stainless steel (S28) and one nickel based austenitic stainless steel (HR11N). The test specimens had a size of approximately 20x20 mm and a thickness of 5 mm. Before the experiments all steel specimens were polished in ethanol using first a 600 and then a 1000 grid SiC paper and cleaned in an ultrasound bath. Before the tests, the specimens were pre-oxidised for 24 h at 200°C and covered with a certain salt mixture (of 0.25g/specimen), which is also called synthetic ash. Then the material samples (up to 5 at a time) were exposed to high temperature in a horizontal tube furnace for 168 h (7 days), at 525°C and 565°C. The furnace was equipped with a tightly closed glass reactor. The composition of the gas flowing through the reactor during the tests was 5% CO, 95% N₂ with a flow of 2.0 l/min. The furnace with the inner reactor is shown in Figure 10.

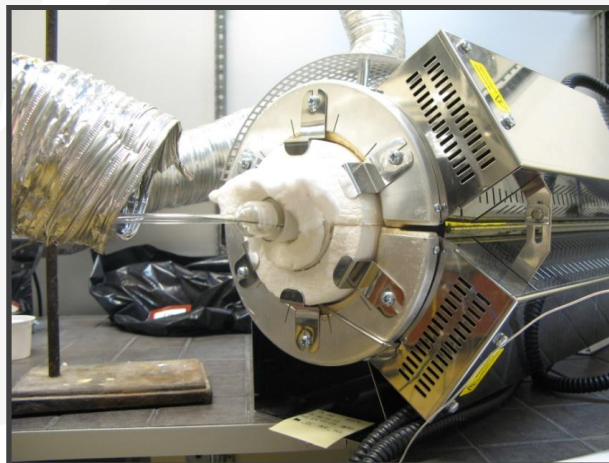


Figure 10. The horizontal tube furnace with an inner glass reactor.

The chemical composition of the synthetic ashes used in the experiments is shown in Figure 11. The names: Salt 5r and Salt 10r are introduced in aspect to the previous project – Skyrec/SOTU2 dealing with salts 5 and 10 and are used for comparison and recognition purposes. The difference between Salts 5 and 10 and 5r and 10r lies in a fact that in salts 5r and 10r part of the Na_2SO_4 (10 mol%, 50 mol% or 90 mol%) was replaced with Na_2S and additionally 5 wt-% of BL-char was added to each mixture. The numbers 10, 50 or 80 (mol%) after “r” stands for the amount of Na_2S instead of Na_2SO_4 in the salt mixtures. The detailed composition is presented in Table 3.

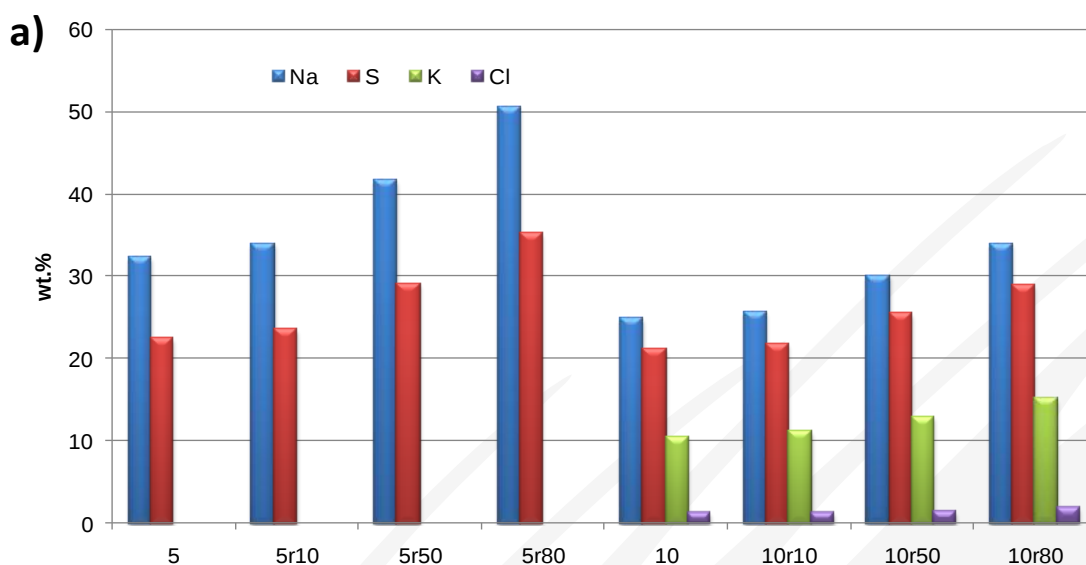


Figure 11. The chemical compositions of the salts (synthetic ashes) used in the corrosion tests in wt%, BL-char was not included.

Table 3. The detailed compositions of the salts and their first calculated melting points, T_0 .

Salt	Na_2SO_4	Na_2S	K_2SO_4	KCl	BL char	T_0 , °C
	mol%				wt%	
5	100					886
5r10	90	10	0	0	5	585*
5r50	50	50	0	0	5	583*
5r80	20	80	0	0	5	571*
10	78		17	5		
10r10	70	8	17	5	5	494
10r50	39	39	17	5	5	498
10r80	15	62	17	5	5	513

* very little melt, a lot starts to form at 730°C, calculated by Daniel Lindberg/ÅA

The composition of a typical BL char is presented in Table 4. The same composition of BL char was used in the calculations of T_0 . As already implied in Table 3, the calculations show only a very small amount of melt at T_0 in salts 5r10, 5r50, and 5r80. A significant increase in melt formation takes place at temperatures above 700°C, according to the calculations. The melting curve in Figure 12 was calculated for Salt 5r80 as an example.

Table 4. The composition of the BL char added to the salt mixtures

Element	Wt-%
Na	29,9
K	2,5
Cl	0,23
S	10,5
C	43,1

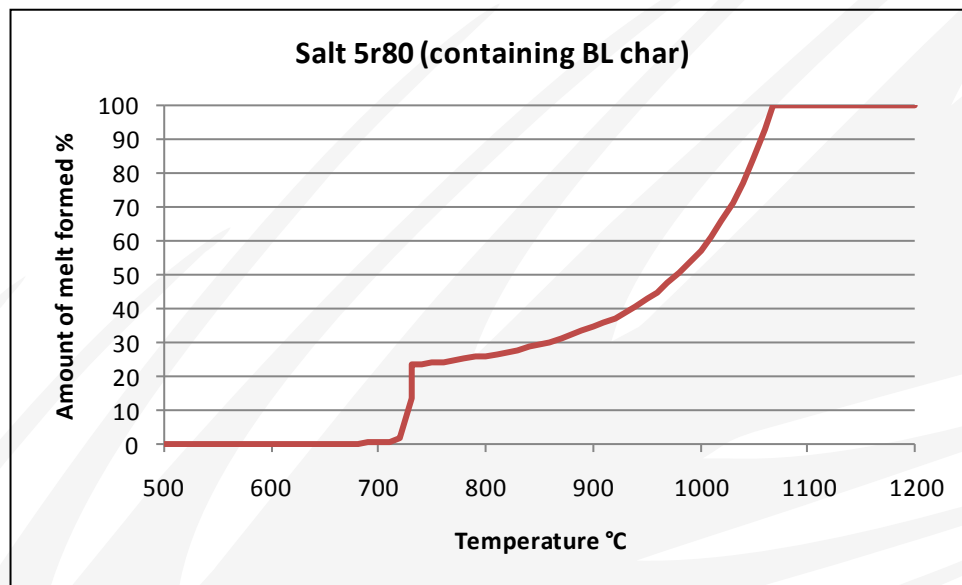


Figure 12. The calculated melting curve for Salt 5r80

After the corrosion test, the specimens were allowed to cool down to room temperature inside the furnace with a continuous flow of the gas mixture through the reactor. The samples were then placed in a mould and cast in epoxy, then cut off in the middle to reveal the specimen's cross-section. The cross-section surfaces were further polished in kerosene, using 1000 and 1200 grid SiC paper, cleaned in petroleum ether

and ultrasound bath. The samples were then ready to be analyzed with SEM/EDX in order to identify various chemical elements.

The corrosion products were identified using x-ray images. The corrosion layer thickness was determined using scanning electron microscope back-scatter images. Several SEM images were combined into one panorama image. After that the panorama images were digitally treated by using contrast differences. An example of the treatment stages of a typical SEM panorama image is shown in Figure 13. After the panoramic images were colored, the thickness of the corrosion layer was determined for each vertical line of pixels and recalculated into μm .

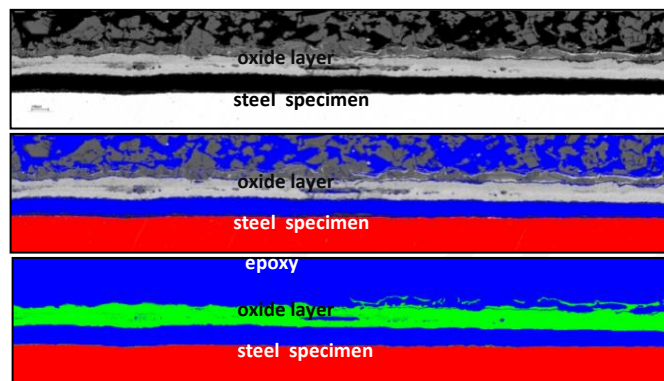


Figure 13. A schematic view of the coloring stages in order to determine the corrosion layer thickness.

The corrosion layer was defined as the thickness of the corrosion layer for each line and the material degradation is expressed as the mean thickness of the corrosion layer [1, 2].

3. Results and discussion

All together, six salt mixtures (with respect to Na_2S content) were tested within this part of the project. The bases of the salts were same as for Salt 5 and Salt 10 tested in previous projects Skyrec/SOTU2 with a part of the Na_2SO_4 substituted with different amounts of Na_2S . This chapter is divided in two separate sections which describe firstly the results from tests with Salt 5r and secondly the results from the tests with Salt 10r.

3.1. Tests with salts 5r10, 5r50, and 5r80 ($\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{S}$)

(Salt 5 – Na_2SO_4)

Salt 5r10 - 90 Na_2SO_4 + 10 Na_2S mol% + 5wt% BL char, $T_0 = 585^\circ\text{C}$

Salt 5r50 - 50 Na_2SO_4 + 50 Na_2S mol% + 5wt% BL char, $T_0 = 583^\circ\text{C}$

Salt 5r80 - 20 Na_2SO_4 + 80 Na_2S mol% + 5wt% BL char, $T_0 = 571^\circ\text{C}$

In Table 5 a full matrix and the mean corrosion layer thicknesses for the samples exposed to Salts 5r10, 5r50 and 5r80 are presented. For each oven test there was one duplicate sample. The results from duplicate samples are listed at the end of the table and are marked in green.

Table 5. Corrosion test matrix and the mean corrosion layer thicknesses from the tests with Salts 5r10, 5r50 and 5r80.

Temp, °C	Salt	Steel	Mean corr layer thickness, μm
525	5r80+5% Blchar	10CrMo	18
525	5r80+5% Blchar	T91	72
525	5r80+5% Blchar	Sanicro 28	6
525	5r80+5% Blchar	HR11N	2
565	5r10+5% Blchar	10CrMo	53
565	5r10+5% Blchar	T91	92
565	5r10+5% Blchar	Sanicro 28	8
565	5r10+5% Blchar	HR11N	6
565	5r50+5% Blchar	10CrMo	120
565	5r50+5% Blchar	T91	151
565	5r50+5% Blchar	Sanicro 28	5
565	5r50+5% Blchar	HR11N	3
565	5r80+5% Blchar	10CrMo	192
565	5r80+5% Blchar	T91	170
565	5r80+5% Blchar	Sanicro 28	10
565	5r80+5% Blchar	HR11N	6
duplicates			
525	5r80+5% Blchar	Sanicro 28	2
565	5r10+5% Blchar	10CrMo	15
565	5r50+5% Blchar	HR11N	2
565	5r80+5% Blchar	T91	118

The results from all the tests with Salts 5r10, 5r50 and 5r80 are also presented in a bar diagram in Figure 14.

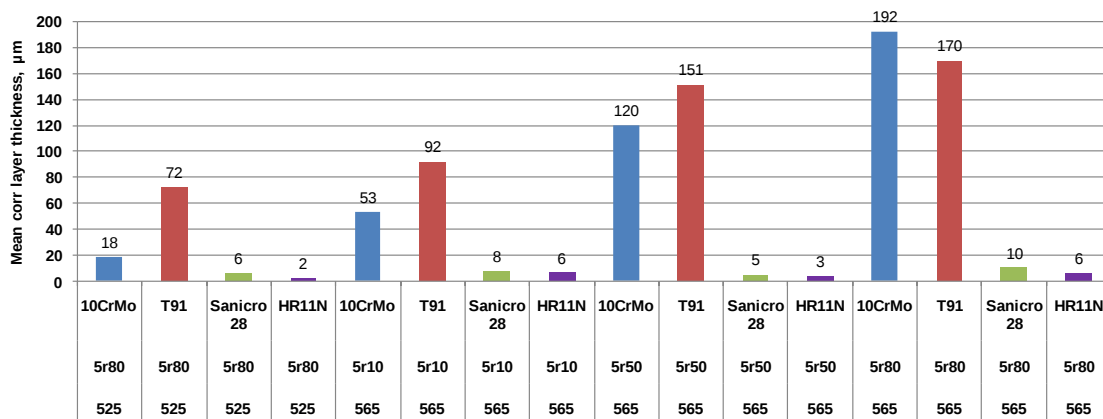


Figure 14. The mean corrosion layer thickness of the tested materials with Salts 5r10, 5r50 and 5r80 in reducing atmosphere at 525°C and 565°C. The corrosion tests duration 168 h.

The results show that both Fe-based steels 10CrMo9-10 and T91 did not stand mixtures of Na_2SO_4 - Na_2S very well. The mean corrosion layer thickness was substantial already at 525°C and degradation of the materials increased further at a higher temperature (565°C). The results show that the corrosion on Fe-based materials increases with increasing amount of Na_2S . Both austenitic stainless steels (Sanicro 28 and HR11N) corroded significantly less with Salts 5rX much better than Fe-based materials. The mean corrosion layer thickness did not exceed 10 µm.

The corrosion products on the Fe-based steels (10CrMo9-10 and T91) were growing in a form of curled, cloudy flakes under the salt cake, lifting the salt up, and composed mainly of Fe, O and C, sometimes with some Na and S. Although, the corrosion products did not have a homogenous form, the surface of the steel looked in some cases quite smooth. However, on the sides of sample where the protective paste was still quite well adhering, a material loss was observed. The degradation of T91 at 565°C is presented in Figure 15.

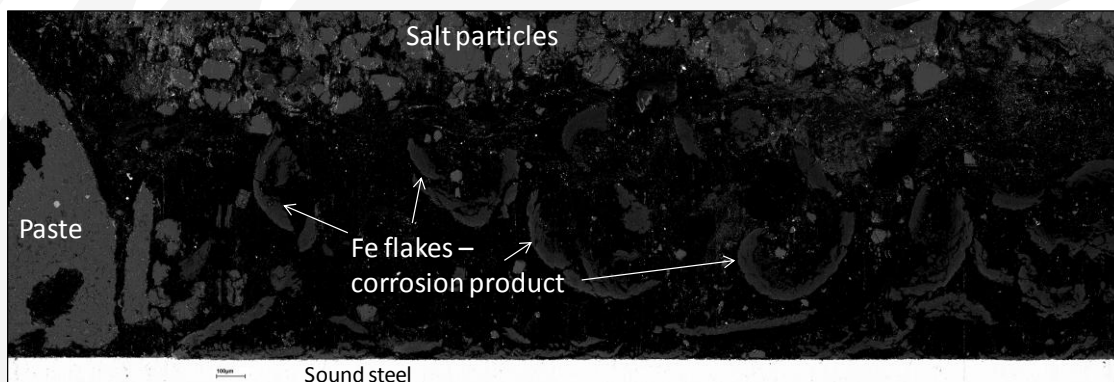


Figure 15. A SEM image of T91 exposed to Salt 5r50 at 565°C, 168h.

The image of the second tested low alloy steel - 10CrMo9-10 together with the x-ray maps is shown in Figure 16.

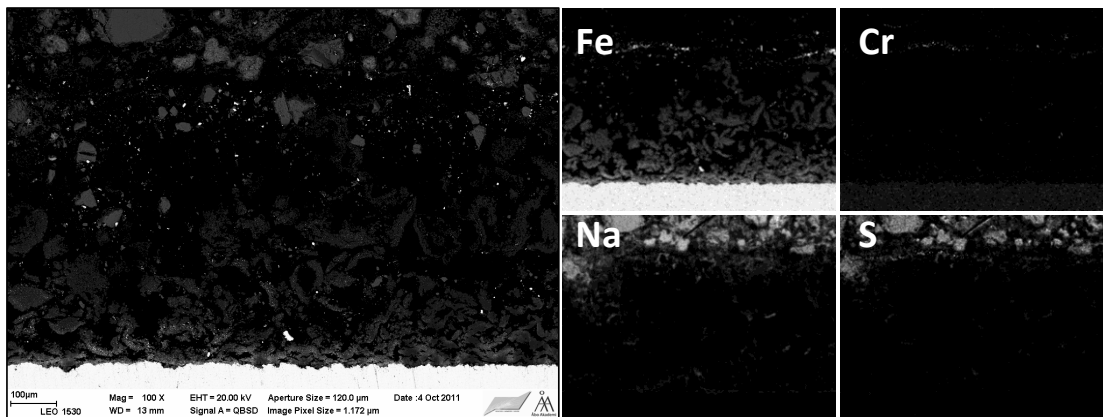


Figure 16. A SEM image and x-ray maps of 10CrMo9-10 exposed to Salt 5r80 at 565°C, 168h.

In this case the surface of the material was characterized by a visible roughness. As already discussed in the T91 case, the corrosion products were also here in a form of curled flakes composed of Fe, O and a lot of C. The SEM analysis of the corrosion product, described above as a “flake” is presented in Figure 17.

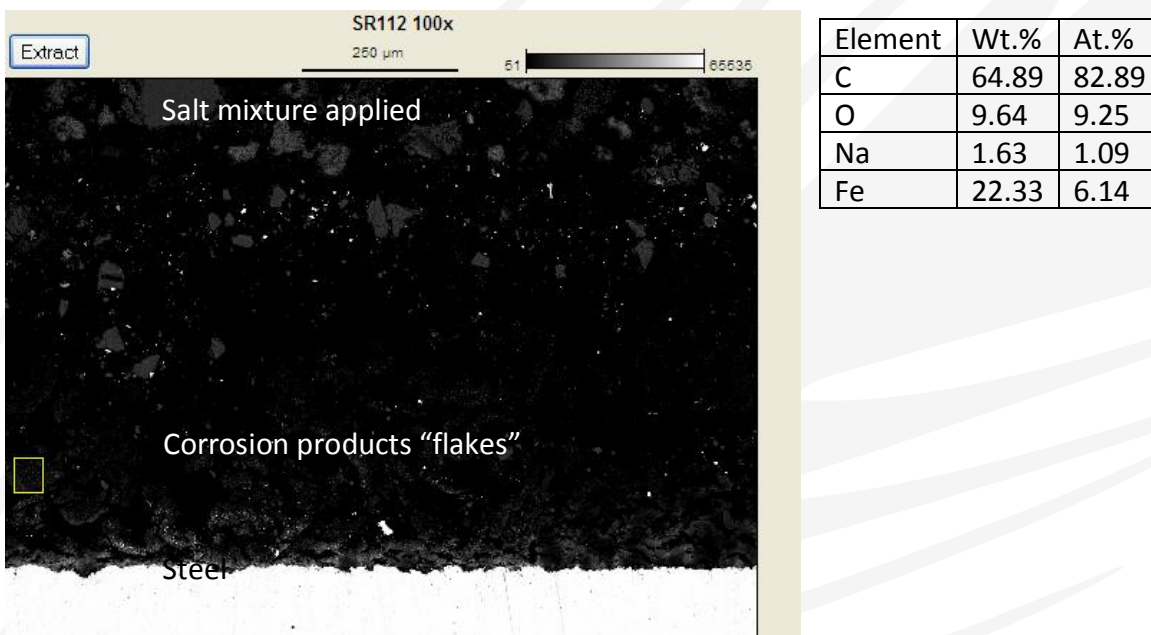


Figure 17. Composition analysis (with SEM) of corrosion products, a “flake” on 10CrMo9-10 after exposure to Salt 5r80 at 625°C for 168 h.

The corrosion products on the high alloy steels, Sanicro 28 and HR11N, were usually in a form of (often broken) layer on the steel surface. The small amounts of corrosion

products that could be found contained Ni, Cr and Fe. The surface of the materials was smooth and the corrosion was very low with Salt 5rX.

3.2. Tests with salts 10r10, 10r50, and 10r80 ($\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{S-K}_2\text{SO}_4\text{-KCl}$)

(Salt 10 - 78 Na_2SO_4 + 17 K_2SO_4 + 5 KCl mol%)

Salt 10r10 - 70 Na_2SO_4 + 8 Na_2S + 17 K_2SO_4 + 5 KCl mol% + 5wt% BL char, $T_0 = 496^\circ\text{C}$

Salt 10r50 - 39 Na_2SO_4 + 39 Na_2S + 17 K_2SO_4 + 5 KCl mol% + 5wt% BL char, $T_0 = 504^\circ\text{C}$

Salt 10r80 - 15 Na_2SO_4 + 62 Na_2S + 17 K_2SO_4 + 5 KCl mol% + 5wt% BL char, $T_0 = 510^\circ\text{C}$

In Table 6 a full matrix and the mean corrosion layer thicknesses for the samples exposed to Salts 10r10, 10r50 and 10r80 are presented. For each oven test there was one duplicate sample. The results from duplicate samples are listed at the end of the table and are marked in green.

Table 6. Corrosion test matrix and the mean corrosion layer thicknesses from the tests with Salts 10r10, 10r50 and 10r80.

Temp, °C	Salt	Steel	Mean corr layer thickness, μm
525	10r10+5%Blchar	10CrMo	11
525	10r10+5%Blchar	T91	12
525	10r10+5%Blchar	Sanicro 28	17
525	10r10+5%Blchar	HR11N	55
525	10r80+5%Blchar	10CrMo	180
525	10r80+5%Blchar	T91	189
525	10r80+5%Blchar	Sanicro 28	6
525	10r80+5%Blchar	HR11N	14
565	10r10+5%Blchar	10CrMo	274
565	10r10+5%Blchar	T91	735
565	10r10+5%Blchar	Sanicro 28	9
565	10r10+5%Blchar	HR11N	51
565	10r50+5%Blchar	10CrMo	562
565	10r50+5%Blchar	T91	467
565	10r50+5%Blchar	Sanicro 28	18
565	10r50+5%Blchar	HR11N	80
565	10r80+5%Blchar	10CrMo	490
565	10r80+5%Blchar	T91	316
565	10r80+5%Blchar	Sanicro 28	26
565	10r80+5%Blchar	HR11N	19
duplicates			
525	10r10+5%Blchar	HR11N	32
525	10r80+5%Blchar	Sanicro 28	4
565	10r10+5%Blchar	10CrMo	185
565	10r50+5%Blchar	HR11N	38
565	10r80+5%Blchar	T91	90

The results from all the tests (apart from the ones with Salt 10r10 at 525°C which are presented separately in Figure 19) with Salts 10r10, 10r50 and 10r80 are presented in a bar diagram in Figure 18.

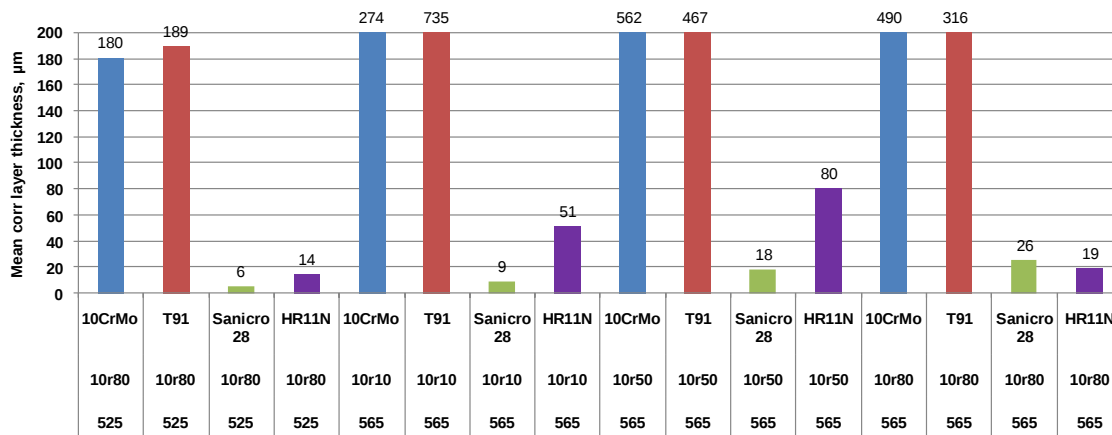


Figure 18. The mean corrosion layer thickness of the tested materials with Salts 10r10, 10r50 and 10r80 in reducing atmosphere at 525°C and 565°C. The corrosion tests duration 168 h.

The exposures with Salt 10rX resulted in a dramatic degradation of Fe-based materials. The corrosion layer thickness reached over 700 µm in some cases. Also, the austenitic stainless steel, HR11N, suffered from heavy corrosion, while Sanicro 28 managed quite well, although, a slowly increasing corrosion layer growth followed with the increase of Na₂S in the salt mixture was observed. At 565°C, with Salt 10r80 the thickness of the corrosion products was already substantial also for Sanicro 28.

In Figure 19 a comparison of the results with salts 10r10 and 10r80 at 525°C is presented. At 525°C with 10r80 the corrosion layer on HR11N was not extreme; however, at the same temperature with Salt 10r10 (with decreased amount of Na₂S) the measured corrosion layer was thicker. A similar situation was observed with Sanicro 28, although the numbers are smaller and the difference is not as obvious. The reason of such behaviour is not clear.

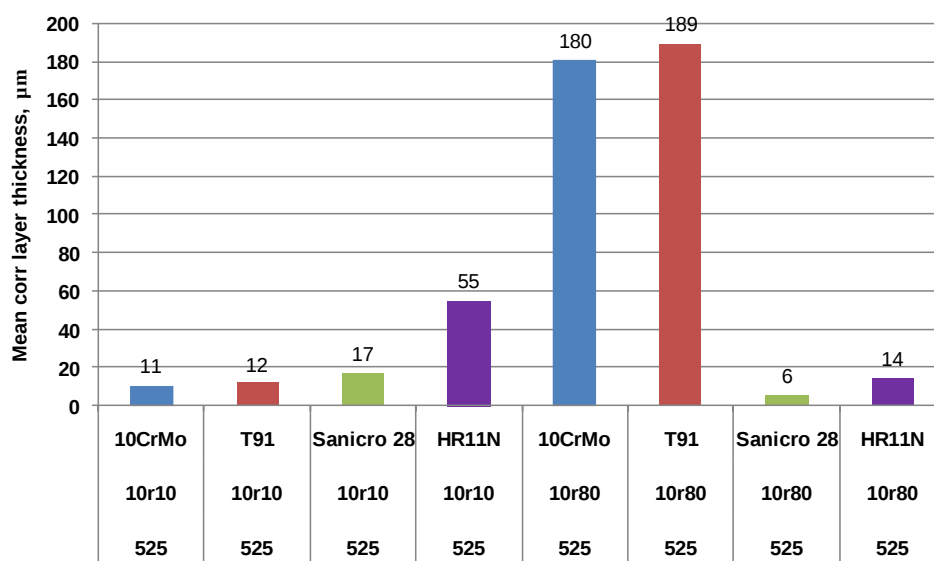


Figure 19. The mean corrosion layer thickness of the tested materials exposed to Salts 10r10 and 10r80 at 525°C in a reducing atmosphere for 168 h.

The morphology and the composition of the corrosion products on the low alloy materials (10CrMo9-10 and T91) were very similar to the cases with Salt 5rX. Under the salt cake, the growth of curly, flake shaped corrosion products was observed. The composition of such a formation on one of the low alloy materials is presented in Figure 20. The flakes contained Fe, O, little of Na and a lot of C. Close to the steel surface the amount of Fe and Na increase, and also some S was present.

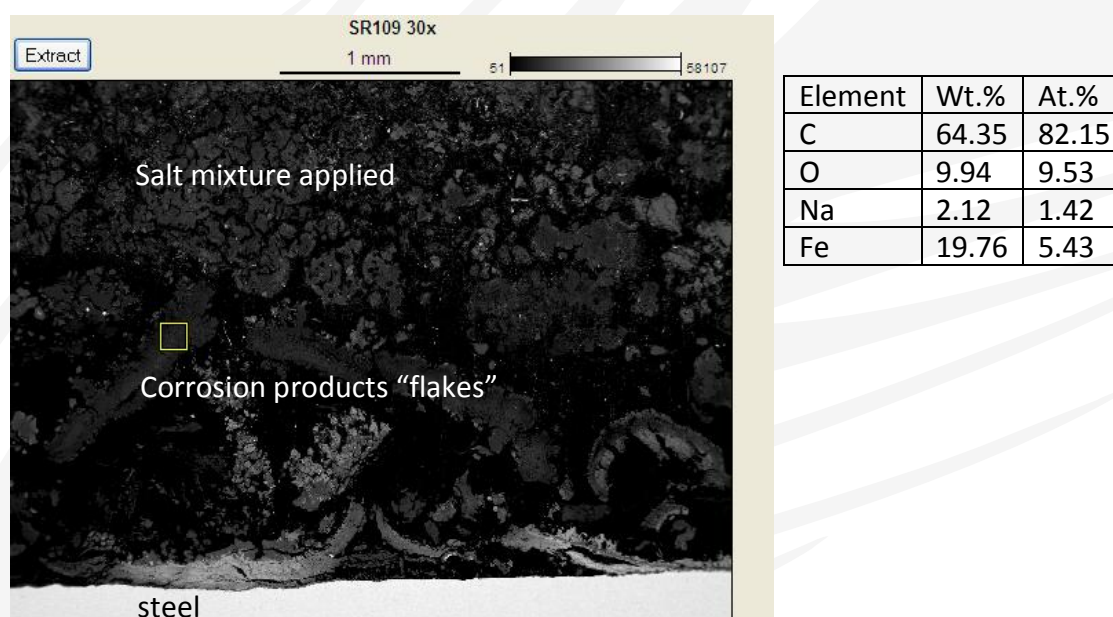


Figure 20. Composition analysis (with SEM) of the corrosion product, a "flake" on 10CrMo9-10 after exposures to Salt 10r50 in 625°C for 168 h.

The corrosion products on the austenitic materials (Sanicro 28 and HR11N) after exposures with Salts 10rX looked different when comparing to what was observed on low alloy materials. All three main steel components: Fe, Cr and Ni were found in the corrosion products. Ni was usually found close to the steel surface together with S suggesting some formation of NiS. Cr was always found above the Fe (under oxidising conditions eventual Cr has always been found below Fe, since Cr or its volatile compounds oxidises at lower $p(\text{O}_2)$ than Fe). The surface of the high alloy materials was depleted from Fe and Cr and was visibly damaged (Figure 21).

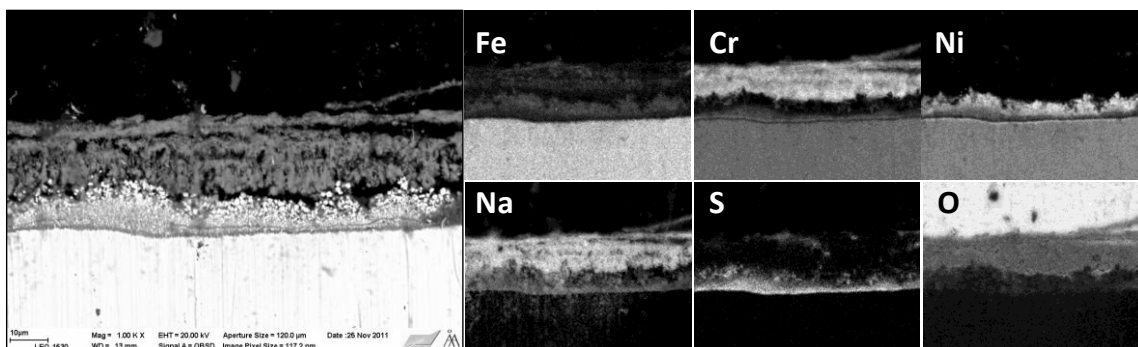


Figure 21. A SEM image and x-ray maps of HR11N exposed to Salt 10r10 at 525°C for 168h.

4. Reducing vs. oxidizing conditions

The tests in Skyrec II were performed under different temperatures than in the previous projects (Skyrec and SOTU2) thus a direct comparison of the results is difficult. Nevertheless, two graphs comparing some of the results from the previous and current projects were plotted. Figure 22 A shows the results from the tests with Salt 5r10 at 565°C compared to the results obtained from tests under oxidizing conditions at 600°C with Salt 5. The corrosion at the lower test temperature (550C) under oxidising conditions showed only some corrosion on 10CrMo while the other steels were intact [3]. The tests with Salt 5r10 under reducing conditions appear to have caused higher damage to the tested materials (especially to the low alloy steels), although the “reducing tests” were performed at a lower temperature. A similar situation was observed after comparing the results from the tests with Salt 10r10 in 565°C compared to with the results obtained from tests under oxidising conditions in 600°C with Salt 10 (Figure 22 B). Also in this case the results from the tests under reducing conditions with

Salt 10r10 showed to cause higher corrosion (although the temperature was lower) to the low alloy steels when compared to tests under oxidizing conditions.

In the cases with HR11N and S28 a thin corrosion layer was observed at 565°C with Salt 5r10, while no corrosion was observed under oxidation conditions even at a higher temperature (600°C) with Salt 5. The situation changes clearly with Salt 10. HR11N corrodes severely under reducing conditions already at 525°C, while under oxidising conditions no corrosion was observed at 500°C, however, at 550°C it corroded heavily. Sanicro 28 seemed to be able to withstand the reducing conditions significantly better than HR11N in the tests with Salt 10rX, although the situation was the other way around under oxidising conditions [3].

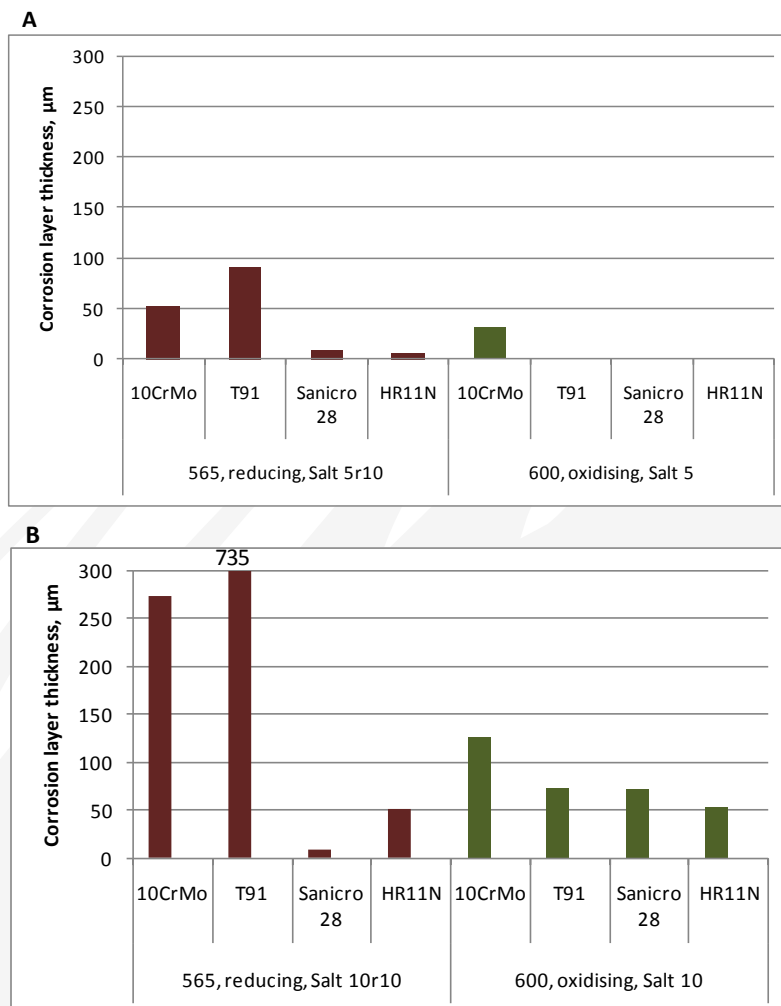


Figure 22. The mean corrosion layer thickness of the tested materials exposed for 168 h to A) Salt 5r10 at 565°C in reducing atmosphere and Salt 5 at 600°C in oxidising atmosphere (results from Skyrec), and B) Salt 10r10 at 565°C in reducing atmosphere, Salt 10 at 600°C in oxidising (results from Skyrec). Red bars – reducing atmosphere, green bars – oxidising atmosphere.

5. Conclusions

The presented results should be taken as indicative. The precision of the received results may differ due to the fact that the handling of the samples, especially of the low alloy materials which corroded to a high degree, after the heat treatment was extremely difficult. The corrosion products were brittle, powdery and swollen. Even the gentlest movement of the sample was causing replacement of the corrosion products. The samples were, however, treated with the highest caution.

Test exposures were carried out with Salt 5r10, Salt 5r50 and Salt 5r80 which were mixtures of Na_2SO_4 and Na_2S , and Salt 10r10, Salt 10r50 and Salt 10r80, which in turn were mixtures of Na_2SO_4 , K_2SO_4 , KCl and Na_2S . To all salt mixtures 5wt-% of Black Liquor char was added. The tests were performed in a reducing atmosphere at 525°C and 565°C.

The exposures to Salt 5r10, Salt 5r50 and Salt 5r80 resulted in high corrosion of the low alloy materials, 10CrMo9-10 and T91. The corrosion products were very brittle, voluminous and had a form of curled flakes. The flakes composed of Fe, O and high amounts of C. The high alloy materials, Sanicro 28 and HR11N, performed well under the tested conditions. The corrosion measured on those materials did not exceed 10 μm .

The exposures to Salt 10r10, Salt 10r50 and Salt 10r80 resulted in an extreme corrosion of low alloy materials, 10CrMo9-10 and T91. The corrosion product thickness was measuring a few hundred μm . The morphology and the composition of the corrosion products was similar to the one observed after exposures with salts 5r. Also significant corrosion was measured on the HR11N in most of the tests. Some exposures indicated slightly better resistance, but since no clear trend could be observed in this case, no finite conclusions can be drawn. The Sanicro 28 performed best out of tested material, however, a clear corrosion was observed at 565°C with the highest amount of Na_2S in the salt.

The results from tests with two salts 5r10 and 10r10 (both at 565°C) in reducing conditions were compared with results from oxidizing conditions (at 600°C) with corresponding salts 5 and 10. The comparison of the results showed that reducing conditions and reduced salts were more aggressive to the tested materials, especially to the low alloy steels 10CrMo9-10 and T91, although the comparison was made to results obtained at a higher temperature. The corrosion layer thickness on austenitic stainless steels was measurable but <10 µm under reducing conditions in tests with Salt 5r10 while in tests under oxidizing conditions with Salt 5 no corrosion was detected. The results for HR11N with Salt 10r10 under reducing conditions at 565°C were comparable to the results obtained from tests under oxidizing conditions with Salt 10 at 600°C while S28 performed better in a reducing environment with Salt 10rX.

References

- [1] Westén-Karlsson, M. *Assessment of a Laboratory Method for Studying High Temperature Corrosion Caused by Alkali Salts*. Lic. Thesis, Åbo Akademi University, Åbo, Finland 2008, ISBN 978-952-12-2116-3
- [2] Bankiewicz, D., Yrjas, P., Hupa, M. *High temperature corrosion of steam tube materials exposed to zinc salts*. *Energy&Fuels* 23 (7), 3469-3474 (2009)
- [3] Bankiewicz, D., Yrjas, P., Hupa, M. Skyrec Final report, February 2010.

LIITE 12

**SKYREC: Aktiivihiiisuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen
suolanpoistolaitokseen lisäveden TOC-tason alentamisessa, OSA 2
Cewic/JP-analysis - loppuraportti 28.2.2012**

AKTIIVIIHILI, UV-KÄSITTELY JA
KÄÄNTEISOSMOOSI
SOODAKATTILALAITOKSEN LISÄVEDEN
ORGAANISEN AINEEN VÄHENTÄMISESSÄ
- TUTKIMUSRAPORTTI

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	3
2. AKTIIVIIHIILI	4
2.1. Koejärjestelyt	5
2.2. Tulokset AQUACARB 607C 14X40 -hiilellä	9
2.2.1. TOC- ja johtokyky mittaukset	9
2.2.2. Suodattimen biologisen aktiivisuuden herätys ja merkityksen arviointi	15
2.2.3. Virtaaman vaikutus puhdistustulokseen	18
2.2.4. Ominaispinta-alamääritykset aktiivihiileistä	20
2.3. Tulokset AQUACARB 608C 12X40 -hiilellä	20
2.3.1. TOC- ja johtokyky mittaukset	20
2.4. Tulokset CPG-LF 12X40 -hiilellä	24
2.4.1. TOC- ja johtokyky mittaukset	24
2.5. Online-TOC-mittaukset	25
2.6. Orgaanisen aineksen karakterisointi	26
2.6.1. SEC-kromatografia	26
2.6.2. LC-OCD-menetelmä	31
3. KÄÄNTEISOSMOOSI	42
3.2. Saatujen tarjousten erittely	42
4. OULUN SOODAKATTILAN JA LEIJUPETIKATTILA K3:N VESI-HÖYRYKIERRON MITTAUKSET	47
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	52
5.1. Aktiivihiiликokeet	52
5.1.1. Aktiivihiiлиlaatujuu vertailu TOC-poistossa	52
5.1.2. Johtokyky mittaukset	53
5.1.3. Suodattimen biologisen aktiivisuuden herätys ja merkityksen arviointi	54
5.1.4. Ominaispinta-alamääritykset	54
5.1.5. Kokojakaumamääritykset	55
5.2. Oulun soodakattilan ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierron TOC-, asetaatti- ja formiaattipitoisuudet	56
6. JATKOTUTKIMUSKOHTEET	57
7. LÄHDELUETTELO	58

1. Johdanto

Tämä tutkimus on jatkoa keväällä 2010 valmistuneelle pro gradu -työlle ”Soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen vähentäminen”.¹ Tutkimus on osa Suomen Soodakattilayhdistys ry:n SKYREC-projektia ja siihen kuuluvaa Kattilaveden ja höyryn laadun varmistaminen -osaprojektia. Tutkimuksen syynä on lisäveden orgaanisten yhdisteiden hajoamistuotteiden (hiilidioksidi ja pienen molekyylikoon orgaaniset hapot) aiheuttama korroosioriski tiettyihin soodakattilalaitoksen vesi-höyrykierron osiin.

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla aktiivihiihluodattusta, UV-säteilyn käyttöä ja käänteisosmoosia soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisten yhdisteiden poistossa. Kokeet toteutettiin kesän 2010 – syksy 2011 välillä. Vuoden 2010 osalta kokeet olivat pääasiassa esikokeita ja varsinainen aktiivihiihluodattimen pitkän aikavälin seuranta toteutettiin vuoden 2011 aikana.

Aktiivihiihluodatuksen osalta tutkimuksen tavoite oli selvittää mahdollisuutta integroida aktiivihiihluodatin osaksi suolanpoistolaitosta. Tutkimuksessa verrattiin kolmea eri happopestyä aktiivihiihluodattua jatkuvatoimisten suodatuskokeiden avulla. Pitkän aikavälin testiin valittiin kolmesta hiilestä parhaaksi osoittautunut, tosin erot olivat hyvin pienet. Lisäksi selvitettiin muun muassa aktiivihiihluodattimen biologisen aktiivisuuden merkitystä puhdistustulokseen, johtokyvyn ja silikaattipitoisuuden muutosta aktiivihiihluopattjassa ja orgaanisen aineksen kokojakauman ja koostumuksen vaihteluja aktiivihiihluodattimessa ja aiemmin vedenpuhdistusprosessissa.

UV-säteilyn käyttö orgaanisten yhdisteiden hajotukseen ilman hapetinkemikaaleja on suhteellisen tuntematon tekniikka suuren mittakaavan sovelluksissa. Tutkimuksessa selvitettiin suolanpoistolaitoksen sivuvirtaukseen kytketyn UV-laitteen vaikutusta veden TOC-pitoisuuteen, johtokykyyn ja orgaanisten yhdisteiden koko- ja rakennejakaumaan. Lisäksi tutkittiin kontaktiajan, titaanidioksidikatalyytin ja vetyperoksidin vaikutusta UV-käsittelyn tehoon.

Käänteisosmoosin osalta tutkimuksessa selvitettiin laitteistojen hankinta- ja käyttökulut pyytämällä laitetoimittajilta tarjoukset soveltuvista laitteistoista.

Tutkimusta rahoittivat Suomen Soodakattilayhdistys ry, CEWIC-projekti (*Center of expertise in the water industry cluster*), Stora Enso Oyj ja Aquator Oy. Tutkimuksen toteutti JP-analysis ja yhteistyötahoina mukana olivat Oulun yliopiston kemian laitos, Hanovia, IP-Produkter Oy, Chemviron Carbon Ltd. ja Haarla Oy.

Tutkimuksen tuloksia on esitelty Soodakattilapäivillä Tampereella 27.10.2010 ja SKYREC-seminaarissa Helsingissä 20.10.2011. Lisäksi projektin aktiivihiihluokeiden tuloksista on laadittu tieteellinen julkaisu.

Projektin yhteistyötahot:



2. Aktiivihiili

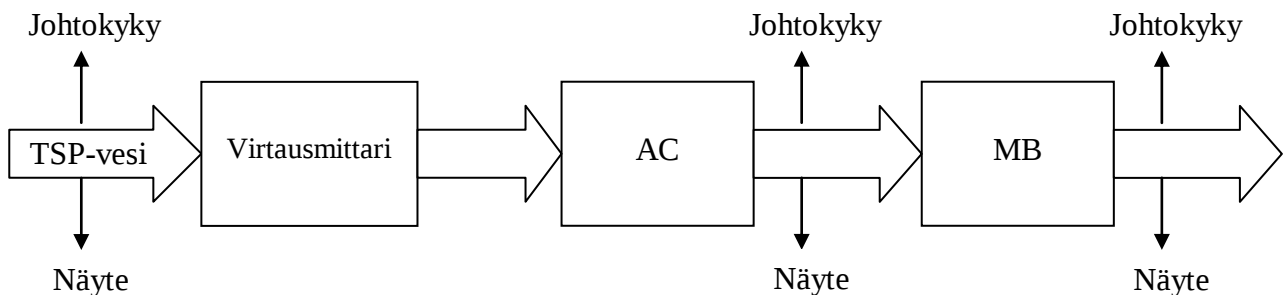
2.1. Koejärjestelyt aktiivihiilien vertailuissa

Projektin aikana tutkittiin kolmea erilaista aktiivihiililaatua: AQUACARB 607C 14X40, AQUACARB 608C 12X40 ja CPG-LF 12X40 (taulukko 1 ja kuvat 4 - 6). Aktiivihiilikokeet toteutettiin kuvan 1 mukaisella järjestelyllä.

AQUACARB 607C 14X40 -aktiivihiilellä tehtiin kokeita 23.6.2010 - 3.11.2010 välisenä aikana. Aktiivihiilisuodattimena ja sekavaihtimena käytettiin Mini-Cyclesorb MS20 -suodatinta (kuva 2). Kummankin suodattimen tilavuus oli 18 litraa. Sekavaihtimessa käytettiin Purolite MB-400 -sekaioninvaihtomassaa.

AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiiltä kokeiltiin 3.11.2010 - 10.12.2010 välisenä aikana. Aktiivihiilisuodattimena toimi kuvan 3 mukainen vedenjakosuuttimilla varustettu suodatin (tilavuus 34 l). Sekavaihtimena käytettiin edelleen Mini-Cyclesorb MS20 -suodatinta.

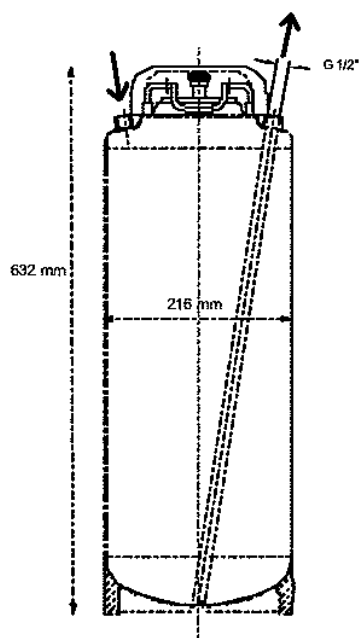
CPG-LF 12X40 -aktiivihiiltä kokeiltiin projektin lopuksi 24.11.2010 - 10.12.2010 välisenä aikana. Aktiivihiilisuodattimena käytettiin jälleen kuvan 3 mukaista suodatinta. Sekavaihdinta tässä koejaksossa ei käytetty.



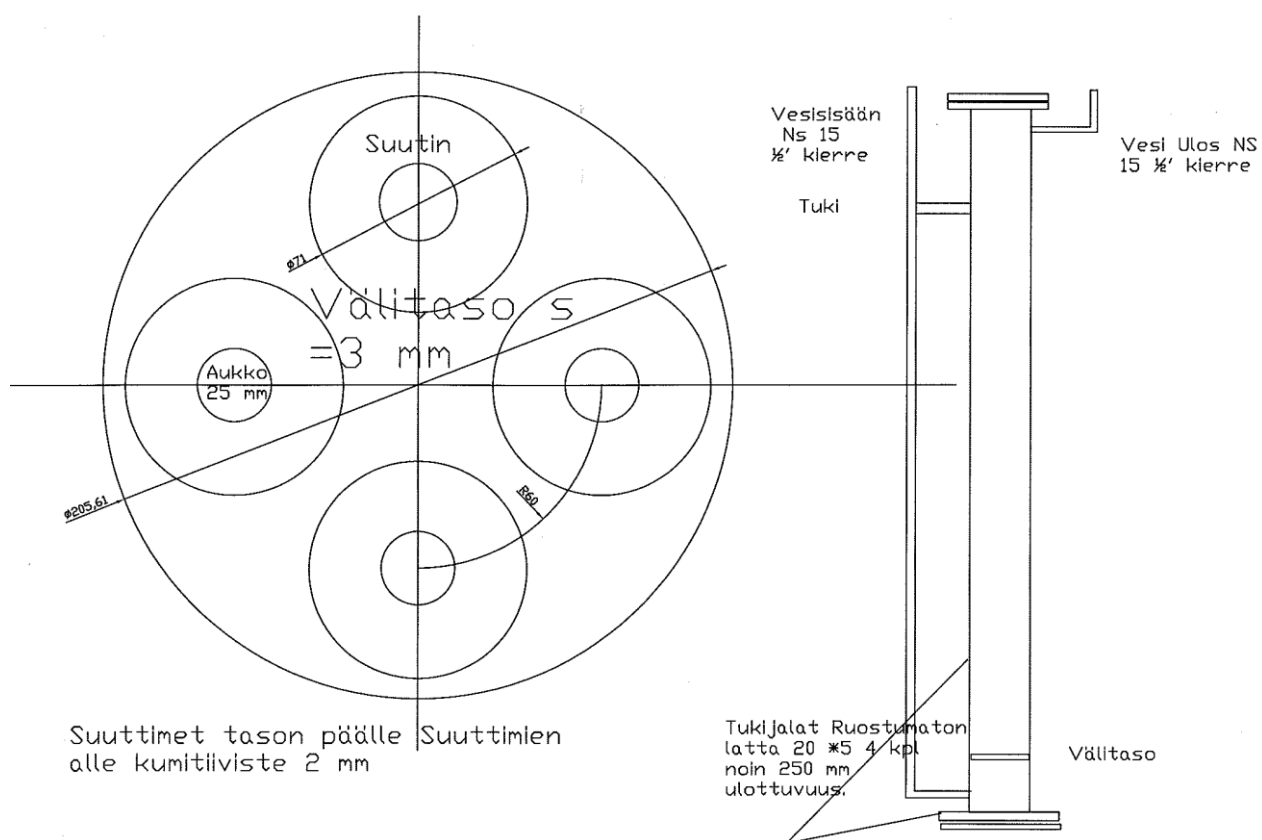
Kuva 1. Aktiivihiilikokeissa käytetty suodattimen ja sekavaihtimen kytkentä. Kuvassa AC = aktiivihiili ja MB = sekavaihdin.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytettyjen aktiivihiilien teknisiä tietoja ja kokeissa käytetyt suodattimet.

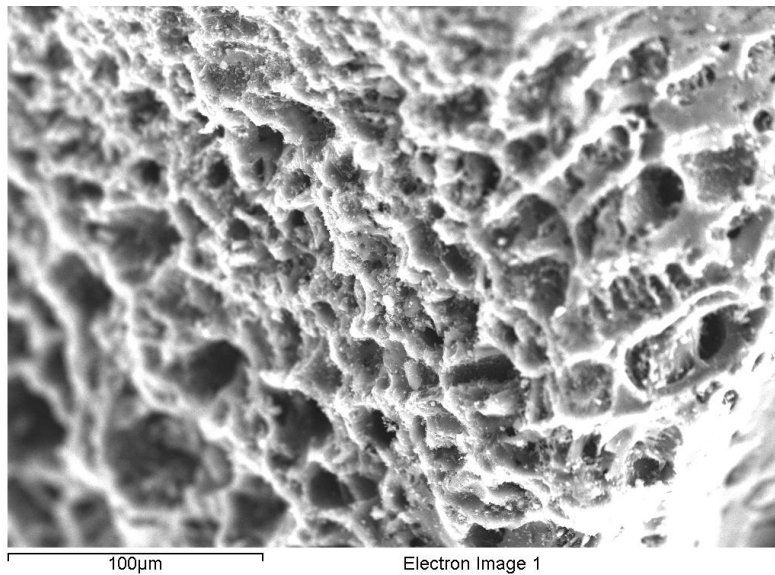
	AQUACARB 607C 14X40	AQUACARB 608C 12X40	CPG-LF 12X40
Valmistusmateriaali	Kookospähkinän kuori	Kookospähkinän kuori	Kivihiili
Partikkelikoko	0,422 – 1,68 mm	0,422 - 1,40 mm	0,422 - 1,40 mm
Jodiluku	1100 mg/g	> 950 mg/g	> 950 mg/g
Tuhkapitoisuus	< 1 %	< 1 %	(ei ilmoitettu)
Kokeessa käytetty suodatin	Mini-Cyclesorb MS20 (kuva 2)	Suodatin jakosuuttimilla (kuva 3)	Suodatin jakosuuttimilla (kuva 3)



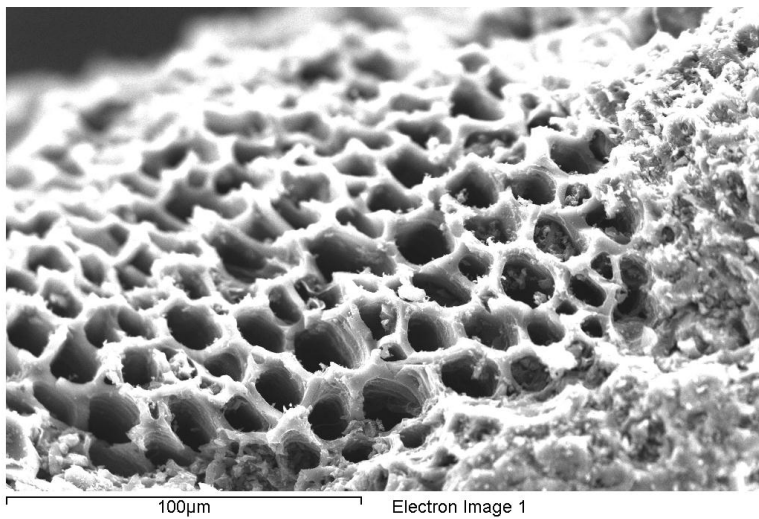
Kuva 2. Vasemmalla: Mini-Cyclesorb MS20 -suodatinyksikön rakenne ja veden virtaus (merkitty nuolilla).² Oikealla: Suodatin toiminnassa.



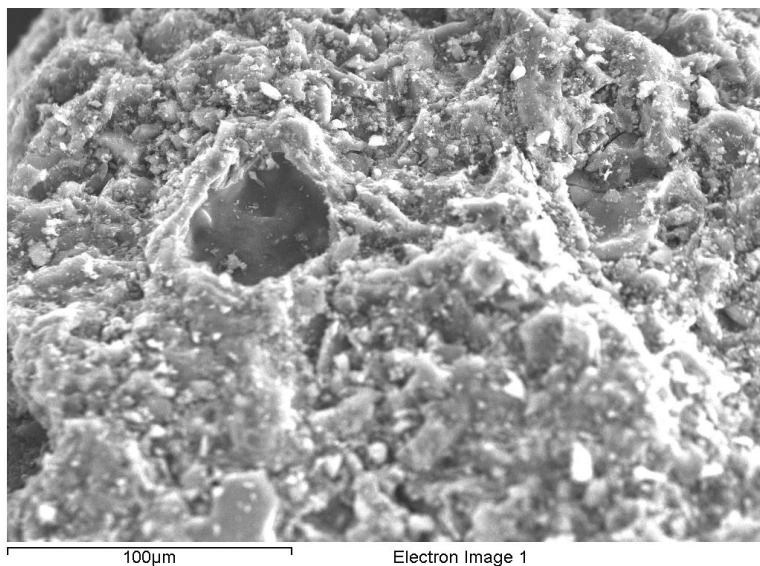
Kuva 3. Vedenjakosuuttimilla varustettu aktiivihiilisuodatin.



Kuva 4. Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva AQUACARB 607C 14X40 -aktiivihielestä.



Kuva 5. Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva AQUACARB 608 12X40 -aktiivihielestä.



Kuva 6. Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva GPG-LF -aktiivihielestä.

2.2. Tulokset AQUACARB 607C 14X40 -hiilellä

2.2.1. TOC- ja johtokykymittaukset

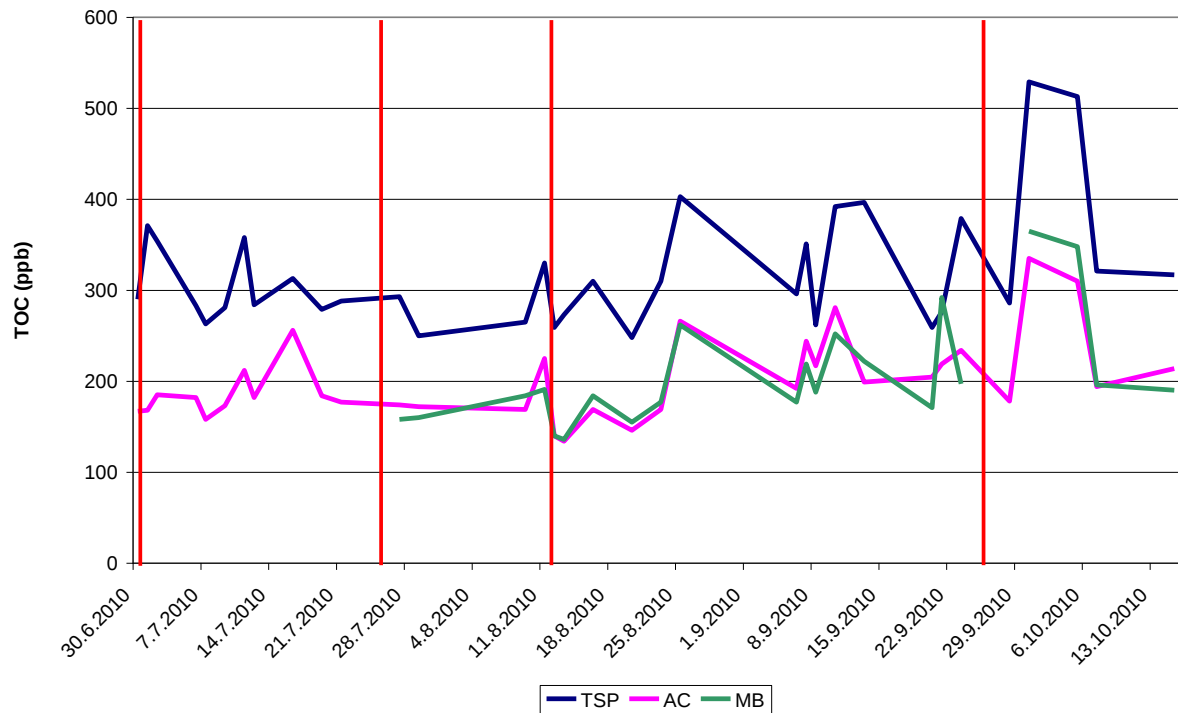
Mittausten toteutus

TOC-mittaukset toteutettiin pääosin keräämällä näytteet happopestyihin (1h HNO₃ ja huuhtelu runsaalla milli-Q-vedellä) TOC-analysaattorin näytepulloihin ja tekemällä mittaukset Oulun yliopistolla Sievers 900 Portable -TOC-analysaattorilla. Tutkimuksen loppuvaiheessa tehtiin samalla laitteella myös online-tyyppisiä mittauksia tehdasympäristössä. Online-mittausten tarkoitus oli muun muassa arvioida näytteenotosta aiheutuva kontaminaatiovaikutus, joka voi olla merkittävä mitattaessa pieniä pitoisuuksia.

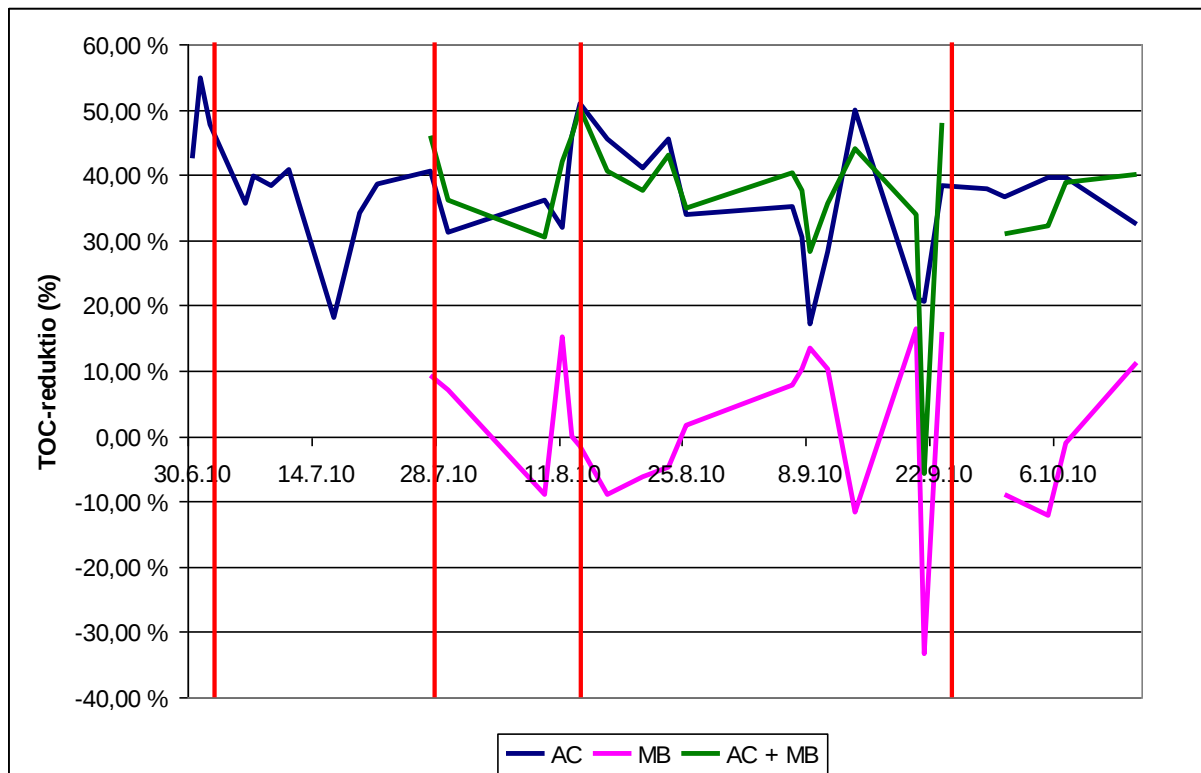
Johtokykymittaukset toteutettiin online-johtokykymittareilla, joista tieto välittyi suoraan tehtaan tietojärjestelmään.

Aktiivihiilisuodattimen ja sekavaihtimen TOC-reduktiot

Aktiivihiilisuodattimen (Mini-Cyclesorb MS20) läpi ajettiin koko koejakson (30.6. – 3.11.2010) ajan täyssuolapoistettua vettä. Täyssuolapoistetun veden TOC oli mittausten perusteella keskimäärin 320 ppb ja aktiivihiilisuodatetun sekä sekaionivaihdetun veden noin 200 ppb. TOC-pitoisuudet ja -reduktio aktiivihiilisuodattimessa ovat esitettyinä kuvissa 7 ja 8. TOC-reduktioita tulee pitää luotettavampina kuin absoluuttisia TOC-lukuarvoja.



Kuva 7. Täyssuolapoistetun (TSP), aktiivihiilisuodatetun (AC) ja sekaionivaihdetun (MB) veden orgaanisen hiilen pitoisuudet koejakson (30.6.- 2.11.2010) aikana. Kuvaan on merkitty punaisilla pystyviivoilla aktiivihiilipatjan vaihdot.

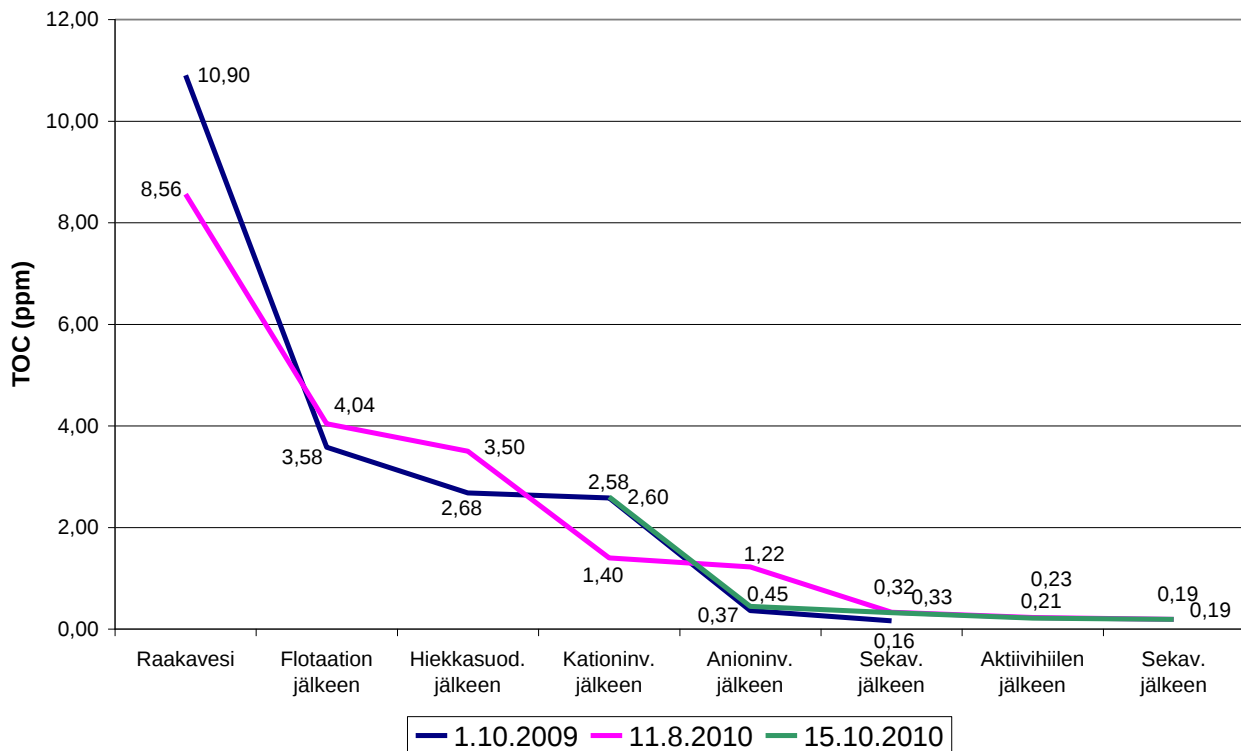


Kuva 8. Aktiivihiilisuodattimen (AC) ja sekavaihtimen (MB) TOC-reduktio sekä kokonaisreduktio (AC + MB). Kuvaan on merkitty punaisilla pystyviivoilla aktiivihiilipatjan vaihdot.

Tulosten perusteella TOC-reduktio aktiivihiihliuodattimessa oli keskimäärin 37 %. Aktiivihiihliuodattimen jälkeen sijaitseva sekavaihdin vaikutti TOC-pitoisuuteen noin ± 10 %, joten sen merkitys orgaanisten yhdisteiden poistossa tässä koevaiheessa oli vähäinen tai jopa haitallinen (kuva 8). Sekavaihtimella on kuitenkin merkitystä johtokyvyn hallinnassa (ks. kpl Johtokykymittaukset, s. 12) sekä liuenneen silikaatin poistossa (ks kpl 2.7.). Kokonaisreduktio (aktiivihiihliuodatin ja sekavaihdin) on käytännössä sama kuin aktiivihiihliuodattimen TOC-reduktio. LC-OCD-menetelmällä tehdyissä mittauksissa kuitenkin havaittiin ero aktiivihiihliuodattimen ja sekavaihtimen välillä DOC-pitoisuudessa (DOC = dissolved organic carbon).

Hiilipatjan vaihto uuteen vaikuttaisi aluksi hieman laskevan TOC-reduktiota tai ei vaikuta siihen lainkaan. Tämä on epätyypillistä, sillä reduktion tulisi olla uudella hiilipatjalla aluksi korkea.

Aiemmassa tutkimuksessa¹, syksyllä 2009, täyssuolapoistetun veden TOC oli selkeästi alempi (ks. kuva 9). Myös aktiivihiihliuodattimella saavutettiin suurempi TOC-reduktio. Todennäköinen syy tähän on Oulujoen veden orgaanisen aineen koostumuksen vaihtelu. Jokiveden orgaaninen aines sisälsi todennäköisesti syksyllä 2009 vähemmän sähköisesti neutraaleja jakeita (polysakkaridit, proteiinit yms.), jotka eivät poistu ioninvaihdossa. Myös orgaanisen aineksen kokojakauma oli todennäköisesti toinen kuin kesällä ja syksyllä 2010. Kuvassa 9 on esitetty vertailu syksyllä 2009 ja 2010 Stora Enson Oulun tehtaiden vedenkäsittelyprosessista mitattujen TOC-arvojen välillä.

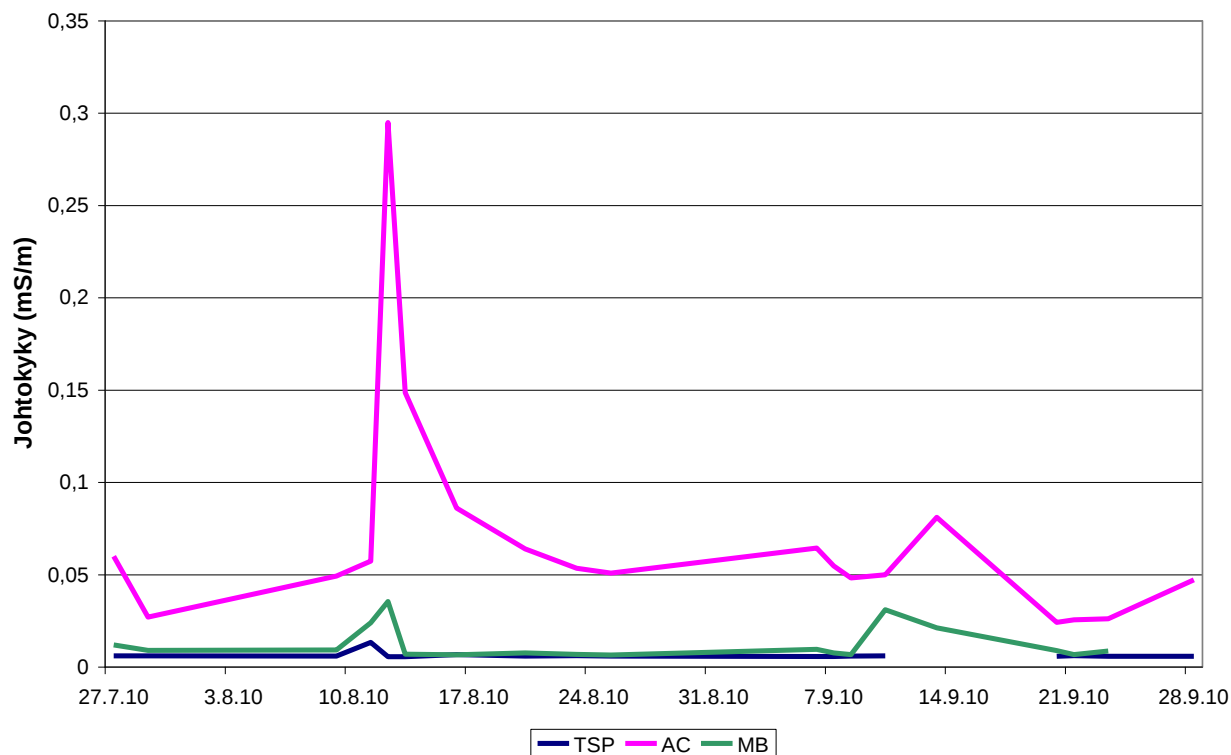


Kuva 9. Stora Enson Oulun tehtaan vedenpuhdistusprosessista 2009 ja 2010 syksyllä mitattujen TOC-arvojen vertailu.

Johtokykymittaukset

Johtokykymittaukset otettiin käyttöön 27.7.2010. Tavoitteena oli selvittää hajoaako orgaaninen aines aktiivihiihluodattimessa ioniseen muotoon ja irtoaako aktiivihiihluipatjasta ionisia epäpuhtauksia. Johtokykymittausten tulokset on esitetty kuvassa 10 (mittaustulokset on kerätty tehtaan tietojärjestelmästä vesinäytteiden keräyshetkiltä).

Johtokyky nousee selkeästi aktiivihiihluodattimessa ja palautuu aktiivihiihluodattimen jälkeisessä sekavaihtimessa takaisin TSP-veden tasolle. Johtokyvyn nousun syy jäi tutkimuksessa osittain epäselväksi. Mahdollisia selityksiä ovat ionisten epäpuhtauksien irtoaminen aktiivihiihluipatjasta tai orgaanisen aineksen hajoaminen ioniseen muotoon. Aktiivihiihluodatetun veden metallipitoisuuksia tarkkailtiin (taulukko 2), mutta merkittäviä muutoksia ei havaittu. Orgaaninen aines ei toisaalta hajoa aktiivihiihluodattimessa merkittävässä määrin ioniseksi, sillä sekavaihtimen tulisi tällöin alentaa TOC:ta. Myöskään ionikromatografiamäärityksissä ei havaittu kohonneita asetaatti- tai formaattipitoisuuksia (oletetut hajoamistuotteet).

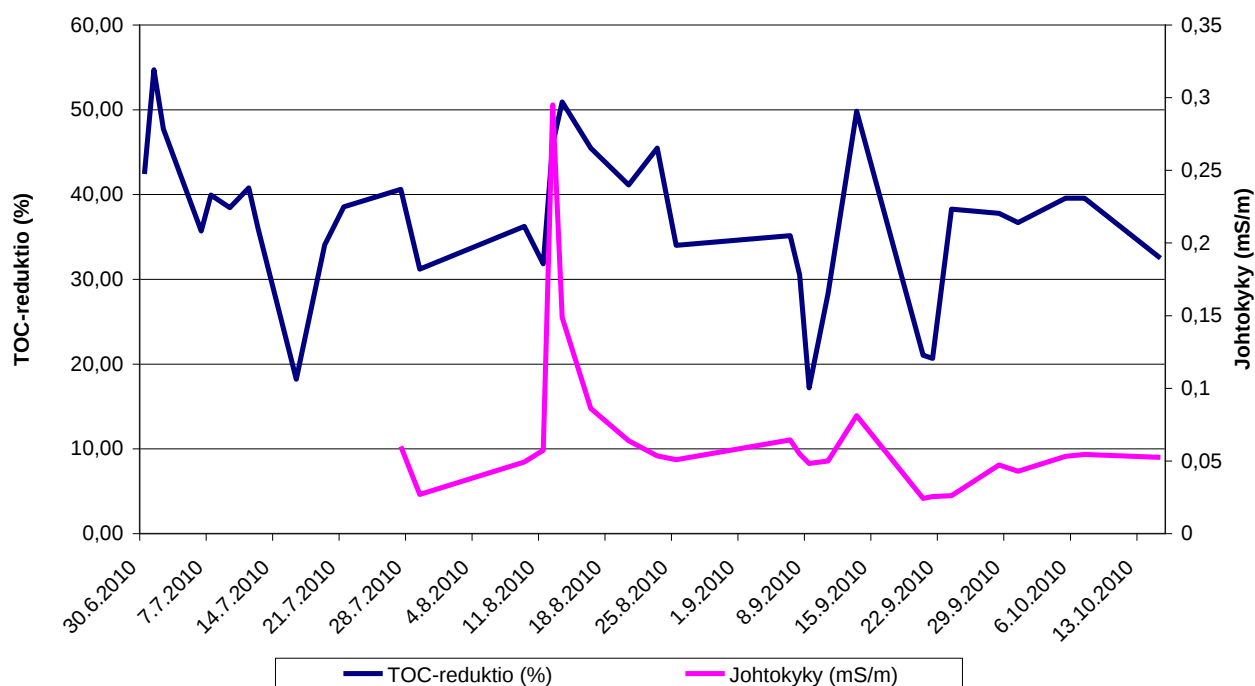


Kuva 10. Täyssuolapoistetun (TSP), aktiivihiilisuodatetun (AC) ja sekavaihdetun (MB) veden johtokyvyt vesinäytteiden keräyshetkillä.

Taulukko 2. Vesianalyysitulokset aktiivihiilisuodatetusta vedestä (28.7.2010) Stora Enson Oulun laboratorion tekemänä.

Ominaisuus	Arvo
pH	5,8
Na	0,001 mg/l
Ca	0,002 mg/l
Mg	0,000 mg/l

Kuvassa 11 on esitetty TOC-reduktio ja aktiivihiilisuodattimen jälkeinen johtokyky samassa kuvaajassa ja niiden välillä voidaan havaita tiettyä korrelaatiota, kuitenkin pitkän aikavälin seurantakokeissa (ks. kpl 2.7.) ei selkeää korrelaatiota havaittu. Kuvassa 12.8.2010 näkyvä johtokykypiikki liittyy kokeiluun lisätä käytettyä aktiivihiiltä uuden hiilipatjan joukkoon biologisen toiminnan tehostamiseksi. Käytetystä hiilestä liukeni tällöin epäorgaanisia epäpuhtauksia.

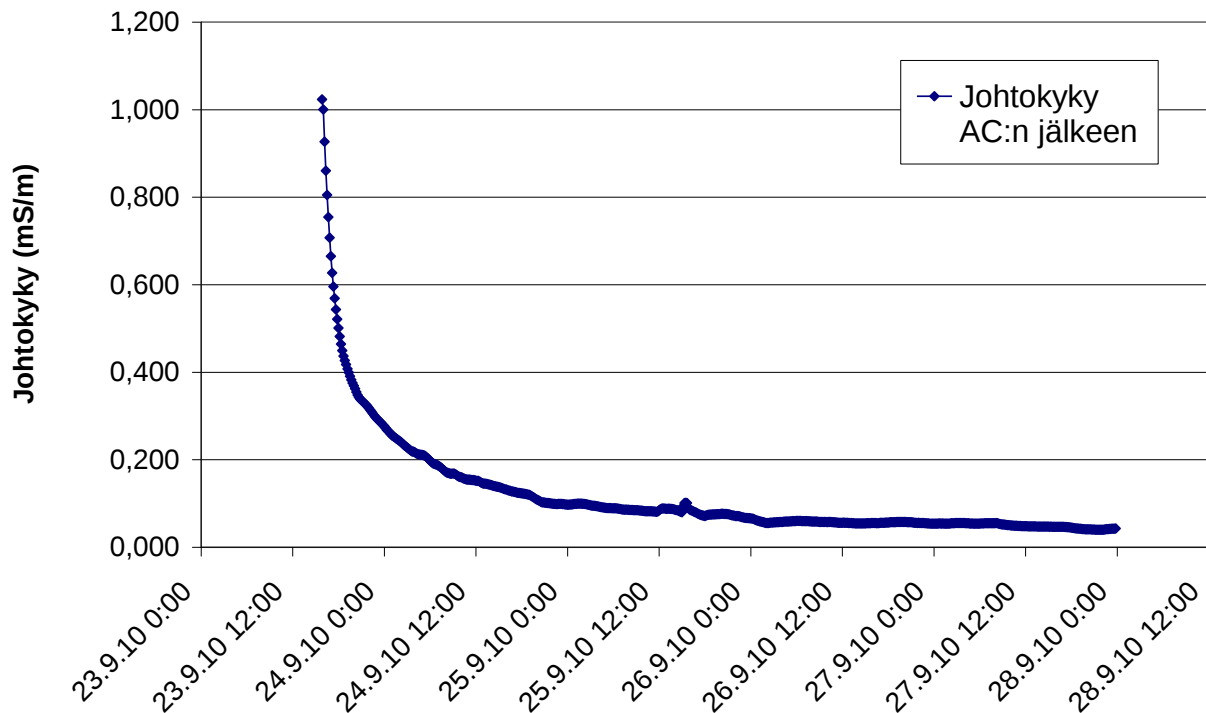


Kuva 11. Aktiivihiiisuodattimen TOC-reduktio ja aktiivihiiisuodatetun veden johtokyky.

Uuden hiilipatjan käyttöönotto

Uusi aktiivihiihipatja otettiin kokeissa käyttöön antamalla hiilen ensin vettyä (kaasut poistuvat aktiivihiihen huokosista) vuorokauden ajan ja tämän jälkeen huuhtelemalla hiilipatjaa noin kaksi vuorokautta virtauksella 1,5 l/min.³

Kuvassa 12 on esitetty aktiivihiiisuodatetun veden johtokyky huuhtelujakson (TSP-vesi, virtaus 1,5 l/min) aikana. Kuvasta havaitaan, että johtokyvyn lasku tasaantuu noin kahden vuorokauden huuhtelun jälkeen, jolloin aktiivihiihi on valmista käytettäväksi.



Kuva 12. Uudella aktiivihiihilipatjalla (käyttöönotto 23.9.2010) suodatetun veden johtokyky huuhtelujakson (TSP-vesi, virtaus 1,5 l/min) aikana.

2.2.2. Suodattimen biologisen aktiivisuuden herätys ja merkityksen arviointi

Aktiivihiiლისuodattimen toimintatapoja ovat mekaaninen (adsorptio) ja biologinen suodatus. Biologisessa suodatuksessa aktiivihiiლის pinnalla elävät mikro-organismit käyttävät veden orgaanista ainesta ravinnokseen. Biologinen suodatus on aktiivihiiლის optimaalinen toimintatapa kun tavoitteena on poistaa orgaanista ainesta. Aktiivihiiლისuodattimeen muodostuvaa mikrobiologista aktiivisuutta on toisaalta pidetty myös riskinä valmistettavan veden puhtaudelle.⁴

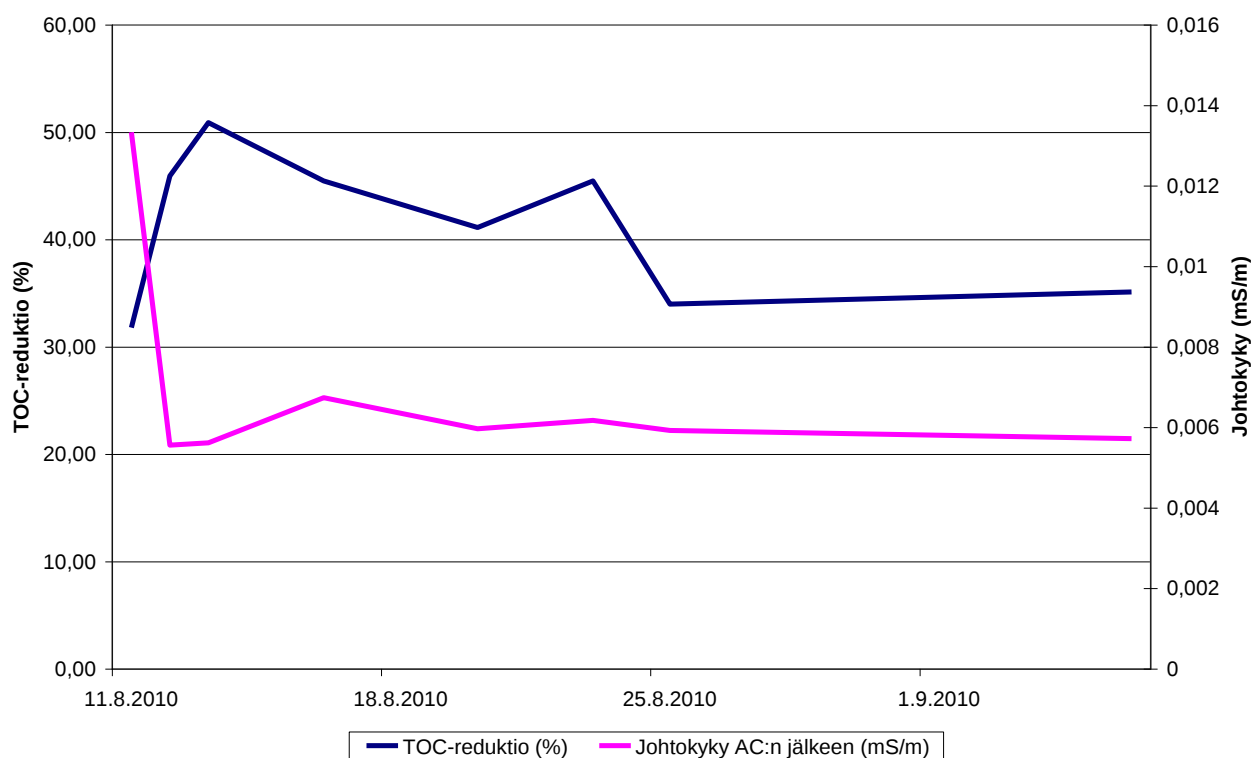
Tutkimuksessa selvitettiin aktiivihiiლისuodattimen toimintamekanismia antamalla suodattimen ensin asettua stabiiliin tilaan ja johtamalla suodattimeen tämän jälkeen kuumaa (lähes 100 °C) lauhdetta. Lauhteen voidaan olettaa tappavan kaiken biologisen toiminnan hiiლისpatjasta. Kuuman lauhteen suodatuksen jälkeen suodatin siirrettiin takaisin TSP-vedelle. Kokeessa tarkkailtiin TOC-reduktiota suodattimessa sekä veden johtokyvyn muutosta (taulukko 3).

Taulukko 3. Aktiivihiiisuodattimen TOC-reduktio ja johtokyky toimintamekanismin selvityskokeessa.

Ominaisuus	Stabiili tila (keskiarvo)	Lauhdekokeen jälkeen
TOC-reduktio aktiivihiiisuodattimessa	40 %	21 %
Johtokyky aktiivihiiisuodattimen jälkeen	0,06 mS/m	0,03 mS/m

Kokeen tulosten perusteella kuumen lauhteen suodatus vaikuttaa TOC-reduktoon alentavasti noin 50 %. Lisäksi havaitaan selkeä korrelaatio aktiivihiiisuodattimen jälkeisessä johtokyvyssä ja TOC-reduktiolla: molemmat puolittuvat kuumien lauhteiden suodatuksen jälkeen.

Aktiivihiiisuodattimen biologista aktiivisuutta koetettiin parantaa seuraavilla tavoilla: puhdistettavan veden seisottaminen suodattimessa, suodattimen siirtäminen aiempaan vedenpuhdistusprosessin vaiheeseen ja käytetyn hiilen sekoittaminen uuden hiilen joukkoon. Testatuista menetelmistä vain käytetyn hiilen sekoittaminen uuden joukkoon paransi TOC-reduktiota hieman, mutta sekin vain hetkellisesti. Käytetty hiili oli peräisin Oulun Veden Hintan vedenpuhdistuslaitoksen aktiivihiiisuodatusaltaasta. Kokeen tulokset on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Biologisen toiminnan tehostamiskokeen tulokset. Kokeessa sekoitettiin (11.8.2010) käytettyä aktiivihiiiltä uuden joukkoon.

Käytetyn hiilen sekoittaminen uuden hiilen joukkoon nostaa johtokyvyn korkeaksi. Johtokyvyn nousu johtuu käytetystä hiilestä liukenevista epäpuhtauksista, joita olivat muun muassa metallikationit (taulukko 4).

Taulukko 4. Käytetyn hiilen lisäämisen jälkeen tehty metallipitoisuusanalyysi Stora Enson laboratoriossa aktiivihiihluodattetusta vedestä.

Metallipitoisuus	13.8.2010 otettu vesinäyte
Ca	0,17
Mg	0,023
Na	0,007

Pesäkelukumittaukset

Pesäkeluku kuvaa veden yleistä mikrobiologista aktiivisuutta. Tässä kokeessa sen oli tarkoitus toimia indikaattorina aktiivihiihluodattimessa tapahtuvalle biologiselle toiminnalle.

Pesäkelukumittaukset toteutettiin ostopalveluna Nab labs Oy:n Oulun laboratoriossa. Pesäkelukumittaukset suoritettiin SFS-EN ISO 6222:1999 -standardin mukaisesti. Pesäkelukumääritykset tehtiin kahdella eri inkubointiajalla ja -lämpötilalla. Näytteet kerättiin steriloituihin muovipulloihin ja toimitettiin välittömästi näytteenoton jälkeen laboratorioon analysoitavaksi. Taulukossa 5 on esitetty pesäkelukumääritysten tulokset.

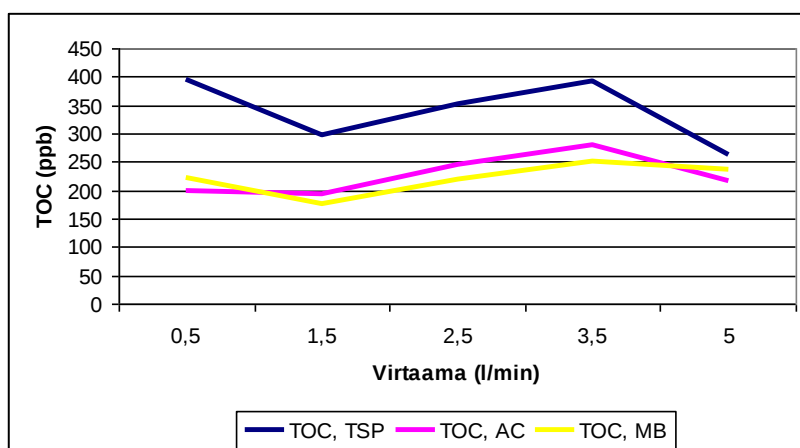
Taulukko 5. Pesäkelukumääritetysten tulokset.

Näyte	Pesäkeluku, kpl/ml (22 °C, 68 h)	Pesäkeluku, kpl/ml (36 °C, 48 h)
TSP-vesi, 2.7.2010	4	0
Aktiivihiihluodattettu vesi, 2.7.2010	7	3
TSP-vesi, 11.8.2010	91	6
Aktiivihiihluodattettu vesi, 11.8.2010	48	31
TSP-vesi, 21.9.2010	0	0
Aktiivihiihluodattettu vesi, 21.9.2010	7	12
Sekaionivaihdettu vesi, 21.9.2010	11	8

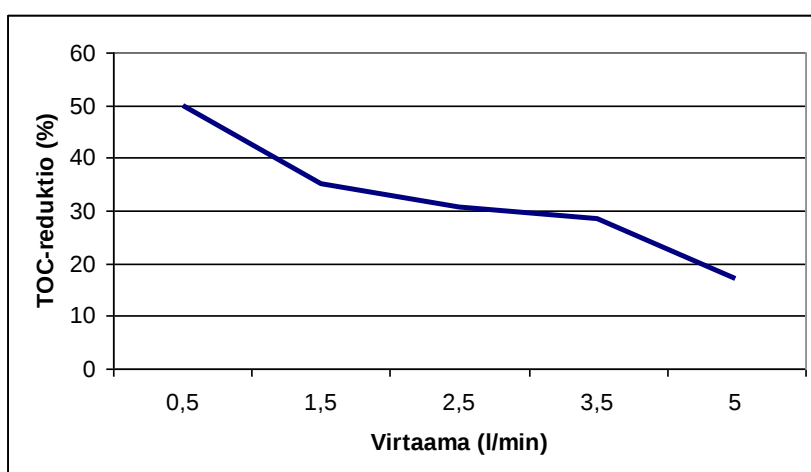
Käytetyistä inkubointilämpötiloista ja -ajoista sopivammalta vaikuttaa 36 °C ja 48 h. Tulosten perusteella pesäkelukumäärä kasvaa aktiivihiihluodattimessa vain vähän. Pesäkelukumäärä on suhteellisen pieni verrattuna esimerkiksi Oulun Veden Hintan vedenkäsittelylaitoksen aktiivihiihluodattimen jälkeisen veden pesäkelukumääriin (suuruusluokka kymmeniä tuhansia). Pesäkelukumääritysten perusteella biologinen aktiivisuus on vähäistä.

2.2.3. Virtaaman vaikutus puhdistustulokseen

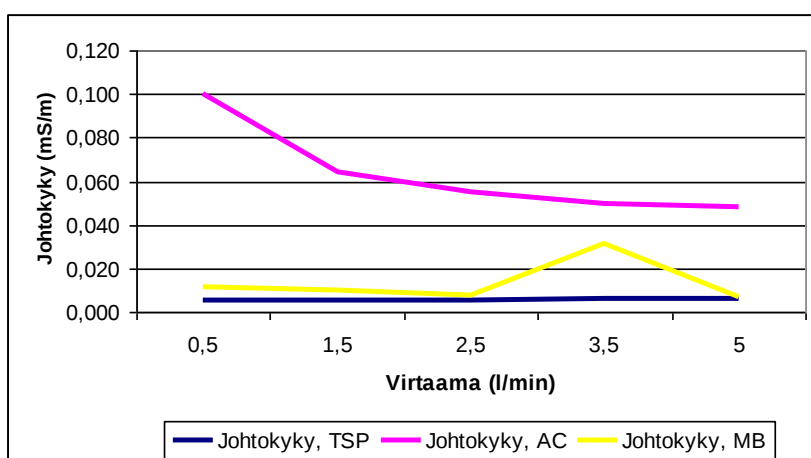
Virtaaman vaikutusta aktiivihiihluodattimen toimintaan tutkittiin virtaaman arvoilla 0,5, 1,5, 2,5, 3,5 ja 5 l/min. Kokeessa havaittiin, että aktiivihiihluodattimen tuli olla ko. virtaamalla noin vuorokausi, jotta aktiivihiihluodattimen ehti reagoida muutokseen (ts. jotta TOC-reduktiossa näkyi vaste). Kuvissa 14, 15 ja 16 on esitetty TOC, TOC-reduktio ja johtokyky virtaaman funktiona.



Kuva 14. Täyssuolapoistetun (TSP), aktiivihiilisuodatetun (AC) ja sekaionivaihdetun (MB) veden TOC-pitoisuus veden virtaaman funktiona.



Kuva 15. TOC-reduktio aktiivihiilisuodattimessa veden virtaaman funktiona.



Kuva 16. Täyssuolapoistetun (TSP), aktiivihiilisuodatetun (AC) ja sekaionivaihdetun (MB) veden johtokyky veden virtaaman funktiona.

Tuloksista voidaan havaita, että aktiivihiiisuodatin toimii tehokkaammin pienemmillä virtaaman arvoilla. Kokeen tuloksista nähdään myös johtokyvyn ja TOC-reduktion välillä korrelaatiota.

2.2.4. Ominaispinta-alamääritykset aktiivihiihilistä

Aktiivihiihen (AQUACARB 607C 14X40) ominaispinta-ala määritettiin typpikaasun adsorptioon perustuvalla BET-menetelmällä. Ominaispinta-ala määritettiin käyttämättömästä hiilestä sekä kahdesta eri ajan käytössä olleesta hiilestä. Näytteet kuivattiin ennen mittausta lämpötilassa 105 °C. Mittausten tavoitteena oli selvittää aleneeko hiilen ominaispinta-ala käytössä, mikä kertoisi hiilen huokosten tukkeentumisesta ja heikentyneestä adsorptiokapasiteetista. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Aktiivihiihinäytteiden ominaispinta-alamittausten tulokset.

Näyte	Ominaispinta-ala (m ² /g)
Käyttämätön aktiivihiihi	Mitattu: 1074 m ² /g Valmistajan ilmoittama: 1100 m ² /g
Käytetty aktiivihiihi (24.2.2010 - 28.6.2010)	1141 m ² /g
Käytetty aktiivihiihi (26.7.2010 - 11.8.2010)	1032 m ² /g

Käytetystä ja käyttämättömästä aktiivihiiilestä otettujen näytteiden välillä ei ole merkittäviä eroja ominaispinta-alassa. Toisen käytetystä aktiivihiiilestä otetun näytteen ominaispinta-ala kasvaa verrattuna käyttämättömään hiileen: tämä voi johtua epähomogeenisesta rakenteesta.

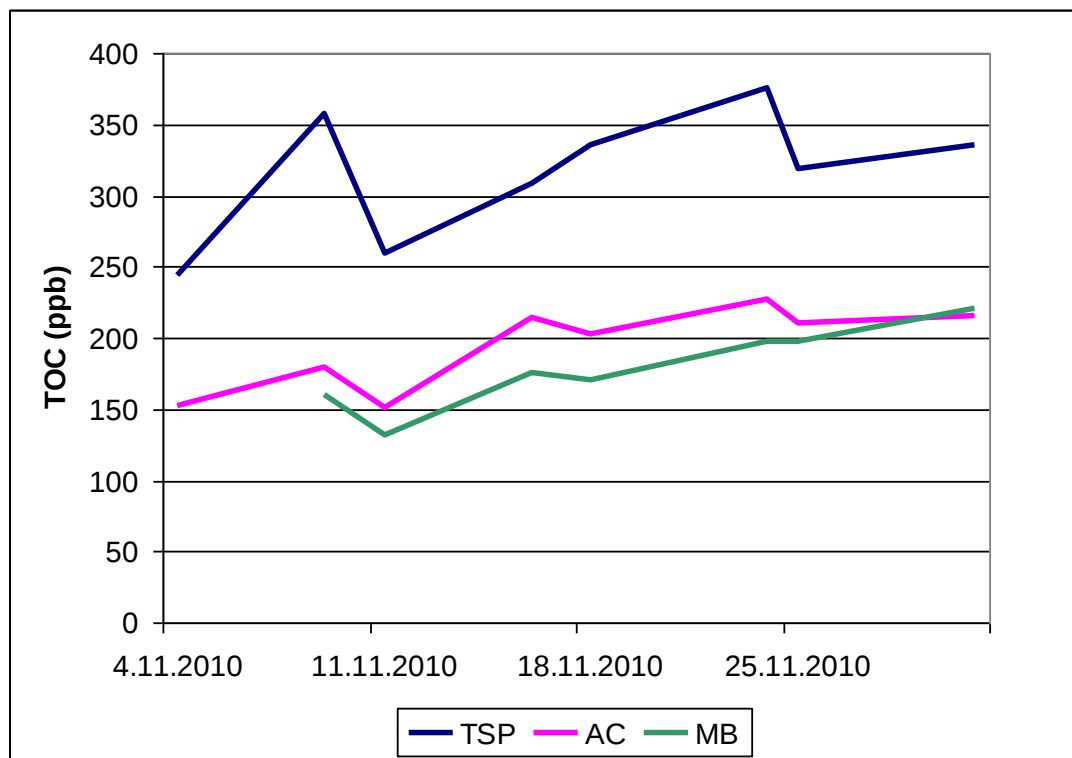
2.3. Tulokset AQUACARB 608C 12X40 -hiilellä

2.3.1. TOC- ja johtokykymittaukset

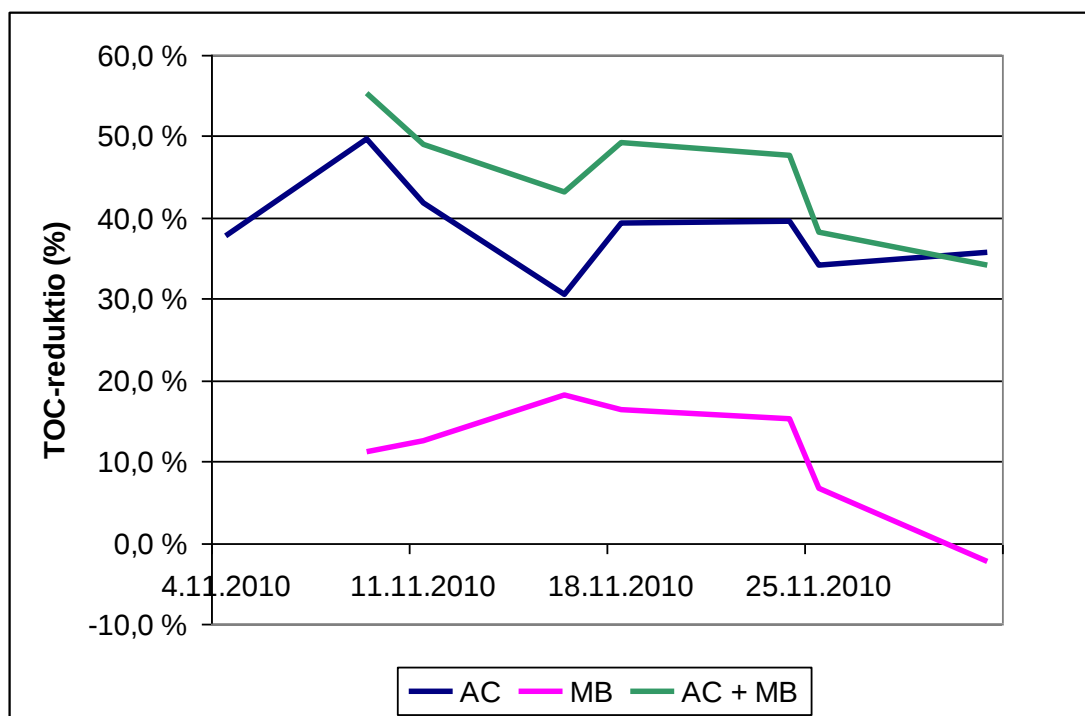
AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiiilellä tehty koesarja (4.11. – 18.11.2010) ajettiin vedenjakosuotimilla varustetulla suodattimella. Suodattimeen ajettiin koko ajan TSP-vettä.

Kuvassa 17 on esitetty saavutetut TOC-tasot ja kuvassa 18 TOC-reduktiot. Aktiivihiihen TOC-reduktio oli keskimäärin 39 %. Aktiivihiihen TOC-reduktio laskee noin kuukauden mittaisen koejakson aikana jonkin verran, mikä viittaa osittaiseen kapasiteetin ehtymiseen. Sekavaihtimen TOC-reduktio oli koejakson aluksi 10 - 20 %. Tämä oli yllättävä tulos, sillä sekavaihtimeen pääsi

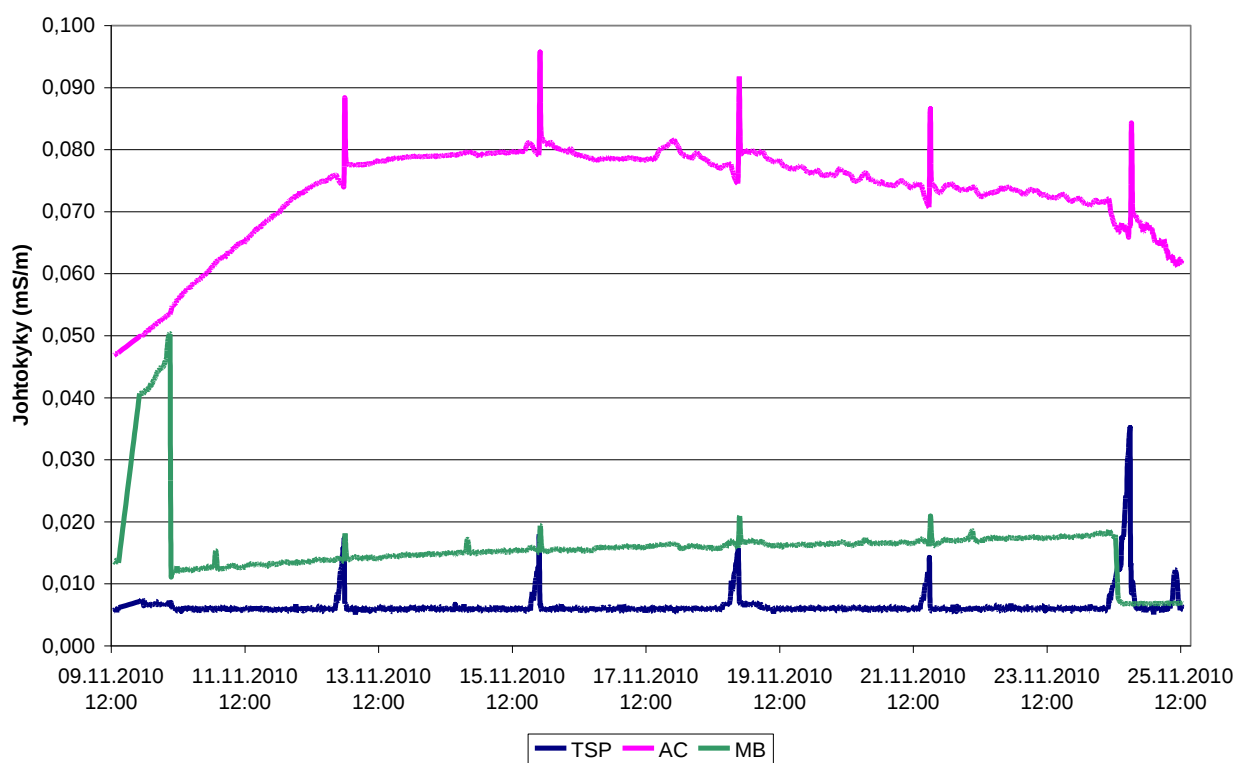
koejakson alussa aktiivihiiilen huuhteluvettä ja pieni määrä itse aktiivihiiiltä. Sekaionivaihtimen massa vaihdettiin 25.11.2010, jolloin myös TOC-reduktio putosi. Koejakson aluksi sekavaihtimessa vaikutti todennäköisesti jokin muu puhdistusmekanismi kuin ioninvaihto.



Kuva 17. Täyssuolapoistetun veden (TSP), AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiiilellä suodatetun veden (AC) ja sekaionivaihdetun veden (MB) TOC-tasot.



Kuva 18. AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiiilen (AC), sekavaihtimen (MB) ja kokonais-TOC-reduktio (AC + MB).



Kuva 19. Johtokyky AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiiilellä tehdyn suodatuskokeen aikana (TSP = täyssuolapoistettu, aktiivihiiლისუდattimelle tuleva vesi, AC = aktiivihiiლისუდattettu vesi, MB = sekaionivaihdettu vesi).

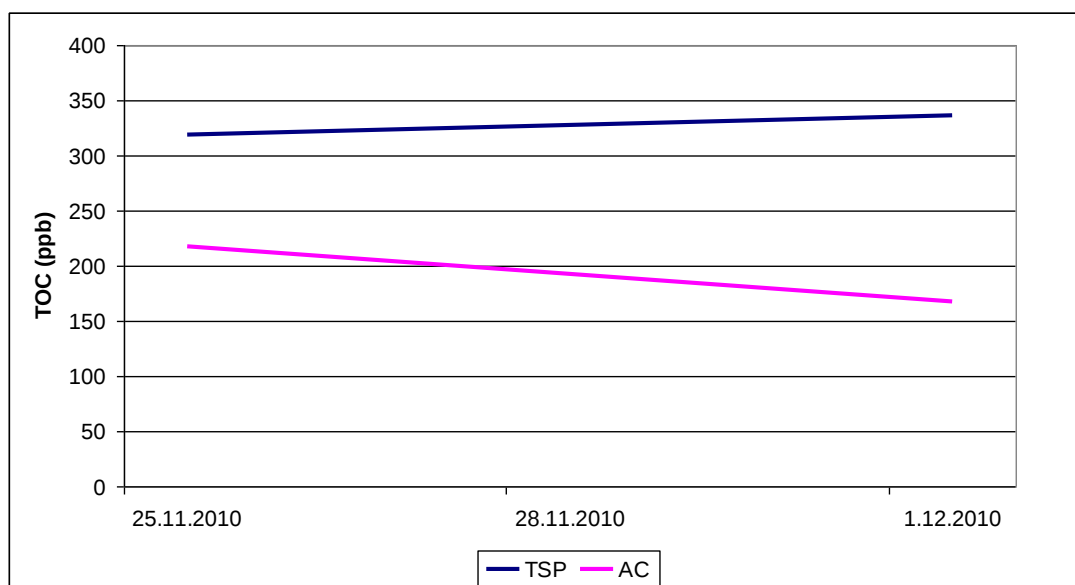
Kuvassa 19 on esitetty noin kaksi vuorokautta TSP-vedellä huuhdellun aktiivihieksen johtokyky koejakson aikana. Johtokyvyssä havaitaan aluksi kasvu tasolle 0,08 mS/m, josta johtokyky alkaa laskea. Tämän tyyppinen trendi esiintyi aina huuhdellussa aktiivihieksessä: kasvu tietylle tasolle ja hidas laskeminen. Syy johtokyvyn havaittuun käyttäytymiseen jäi tutkimuksessa tuntemattomaksi.

2.4. Tulokset CPG-LF 12X40 -hiilellä

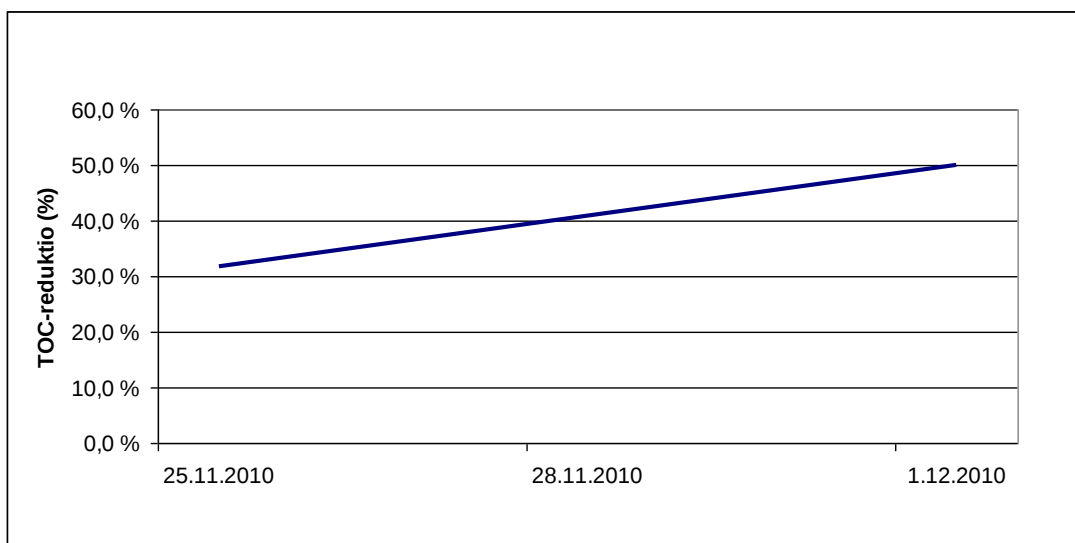
2.4.1. TOC- ja johtokykyymittaukset

CPG-LF 12X40 -aktiivihiiilellä tehty koesarja (24.11. - 10.12.2010) ajettiin vedenjakosuotimilla varustetulla suodattimella. Suodattimeen ajettiin koko ajan TSP-vettä.

Kuvassa 20 ovat esitettynä täyssuolapoistetun veden ja CPG-LF 12X40 -aktiivihiiilellä suodatetun veden TOC-tasot. Kuvassa 21 on esitetty aktiivihiiლისuodattimen TOC-reduktio.



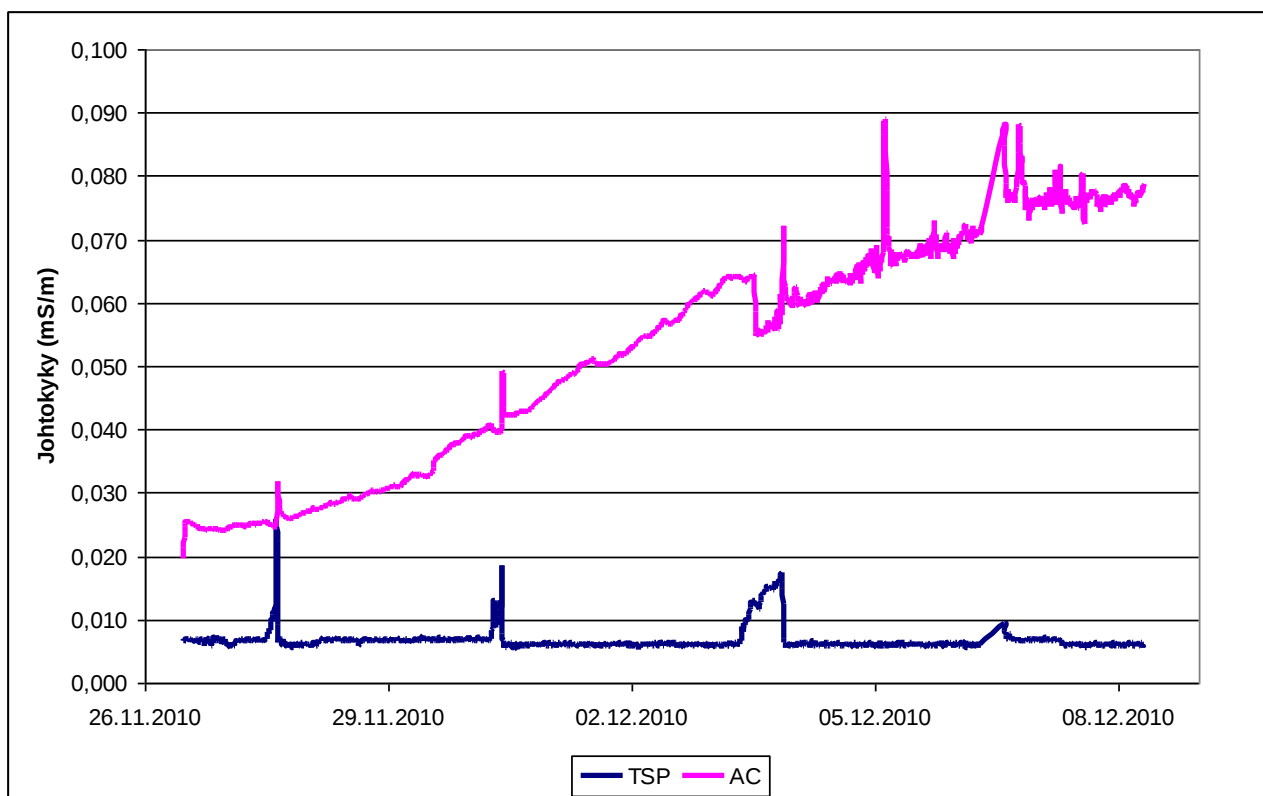
Kuva 20. Täyssuolapoistetun (TSP) ja CPG-LF 12X40 -aktiivihiiilellä suodatetun veden TOC.



Kuva 21. Aktiivihiiლისuodattetun veden TOC-reduktio.

Projektin loppumisen vuoksi näytteitä ehdittiin CPG-LF-aktiivihieillä tehdyn kokeen aikana kerätä vain kaksi. Aktiivihieiden TOC-reduktio oli kahden näytteen perusteella keskimäärin 41 % eli noin samaa tasoa kuin muillakin tutkituilla aktiivihieillä suodatusjakson alussa.

Kuvassa 22 on esitetty täyssuolapoistetun veden ja aktiivihieisuodatetun veden johtokyky. Johtokyvyssä havaitaan sama trendi kuin AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihieilläkin (kuva 27), mutta koejakson lyhyestä kestästä johtuen johtokyky ei ole ehtinyt vielä saavuttaa maksimiarvoa, josta se alkaa laskea.



Kuva 22. Johtokyky CPG-LF 12X40 -aktiivihieillä tehdyn suodatuskokeen aikana (TSP = täyssuolapoistettu, aktiivihieisuodattimelle tuleva vesi, AC = aktiivihieisuodatettu vesi).

2.5. Online-TOC-mittaukset

Online-TOC-mittaukset tehtiin 8.12.2010. Mittaukset toteutettiin mittaamalla online-tyyppisesti puolen tunnin ajan seuraavia näytekohtia tässä järjestyksessä: koe-MB-vaihtimen jälkeen, CPG-LF 12X40 -aktiivihieiden jälkeen, AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihieiden jälkeen, molemmat aktiivihieet peräkkäin, TSP-vesi (yhdistelmä neljältä suolanpoistosarjalta) ja 4. suolanpoistosarjan

TSP-vesi. Ennen mittauksia laitetta huuhdeltiin milli-Q-vedellä noin puoli tuntia (milli-Q-veden TOC oli 130 ppb). Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Online-TOC-mittausten tulokset.

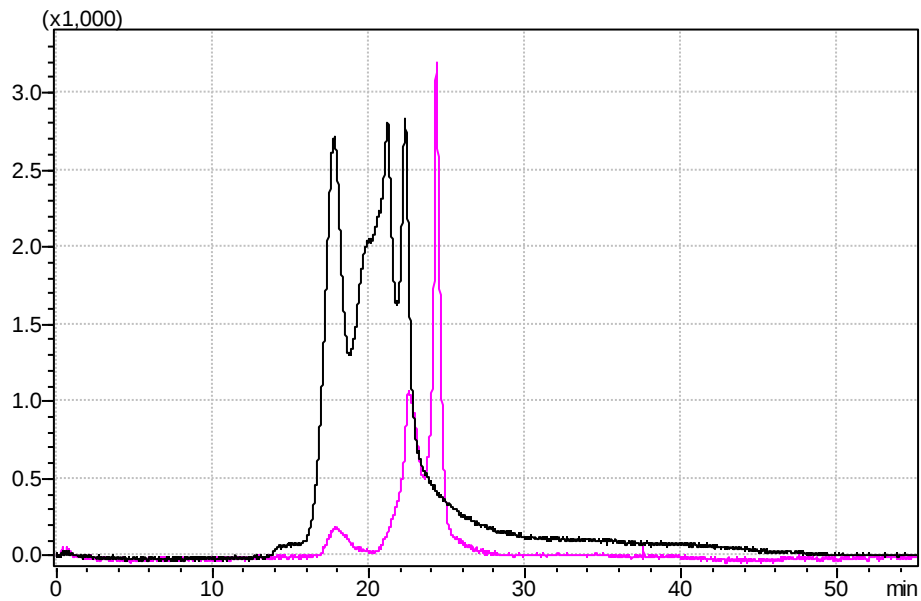
Näyte	TOC (ppb)
TSP-vesi (yhdistelmä ioninvaihtosarjoilta)	290 ppb
TSP-vesi (4. ioninvaihtosarja)	150 ppb
AC (CPG-LF 12X40)	160 ppb
AC (AQUACARB 608C 12X40)	180 ppb
AC (CPG-LF 12X40) + AC (AQUACARB 608C 12X40)	150 ppb
koe-MB	170 ppb

Tulosten perusteella voidaan todeta, että taulukon 7 mukaiset tulokset ovat samaa suuruusluokkaa kuin offline-mittausten tulokset (esim. kuva 7). Taulukossa 7 on kuitenkin yksi poikkeava mittaustulos: TSP-vesi 4. ioninvaihtosarjalta. Sen TOC-pitoisuus on ollut offline-mittauksissa noin 300 ppb ja online-mittauksessa vastaava lukema oli 150 ppb. Saksassa tehtyjen analyysien perusteella (ks. kpl 2.6.2.) TSP-veden todellinen TOC-pitoisuus on todella noin 150 ppb. Toinen huomio liittyy milli-Q-veden ja muiden esimerkiksi aktiivihiihiä suodattettujen vesinäytteiden väliseen hyvin pieneen eroon TOC-lukemassa. Milli-Q-vesi on ultrapuhdasta laboratoriovettä, jonka TOC-pitoisuus tulisi olla hyvin pieni.

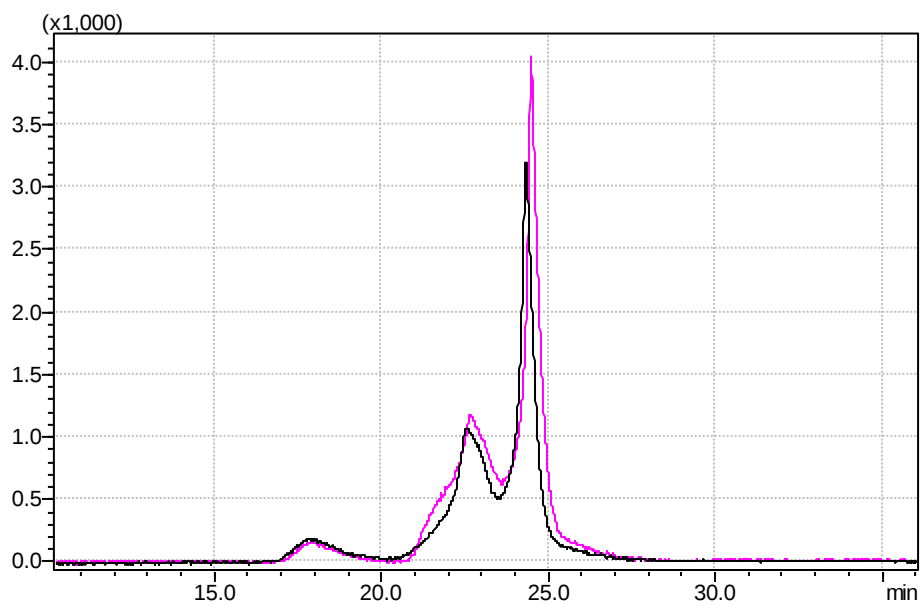
2.6. Orgaanisen aineksen karakterisointi

2.6.1. SEC-kromatografia

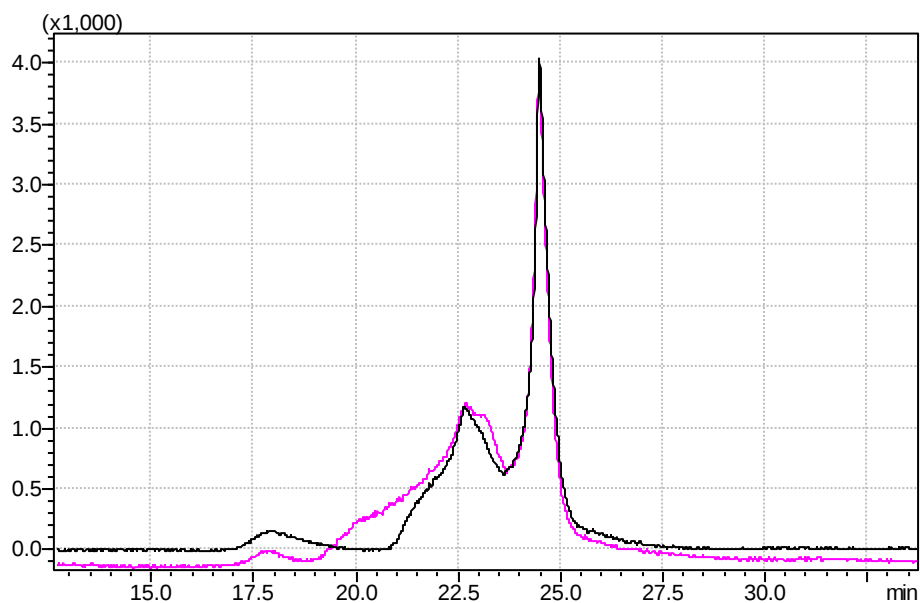
Stora Enson Oulun tehtaiden vesilaitokselta ja suolanpoistolaitokselta 11.8.2010 kerättyjen vesinäytteiden molekyylikokojakaumat määritettiin SEC-kromatografisella (*size exclusion chromatography*) menetelmällä. SEC-kromatografiassa kolonni erottelee erikokoiset yhdisteet siten, että suurten molekyylien retentioaika on pieni ja pienten molekyylien vastaavasti suuri. Seuraavissa kuvissa (23 - 30) on esitetty vesinäytteiden molekyylikokojakaumat.



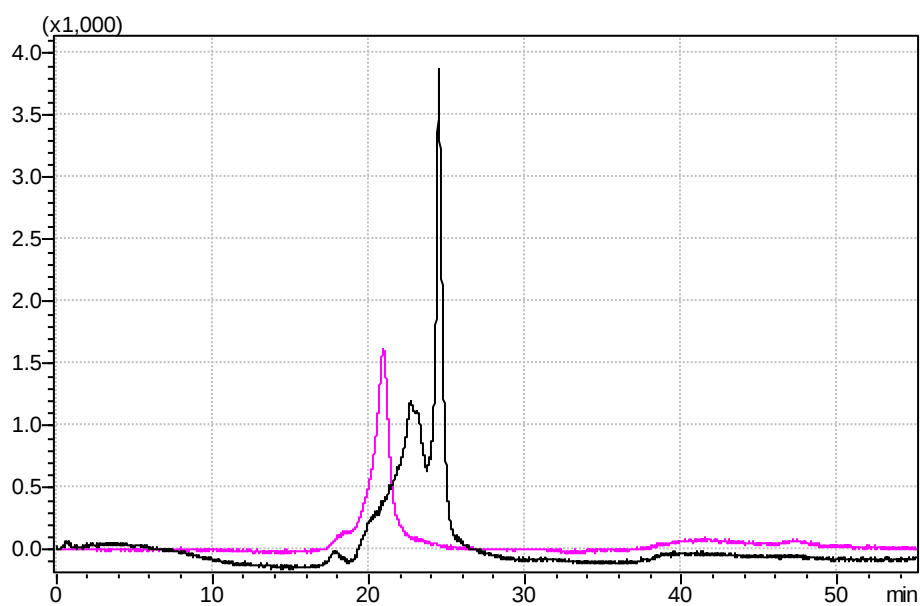
Kuva 23. Raakaveden (musta) ja koagulaatio-flokkaus-flotaatiovaiheen jälkeen (violetti) otetun näytteen molekyylikokojakaumat.



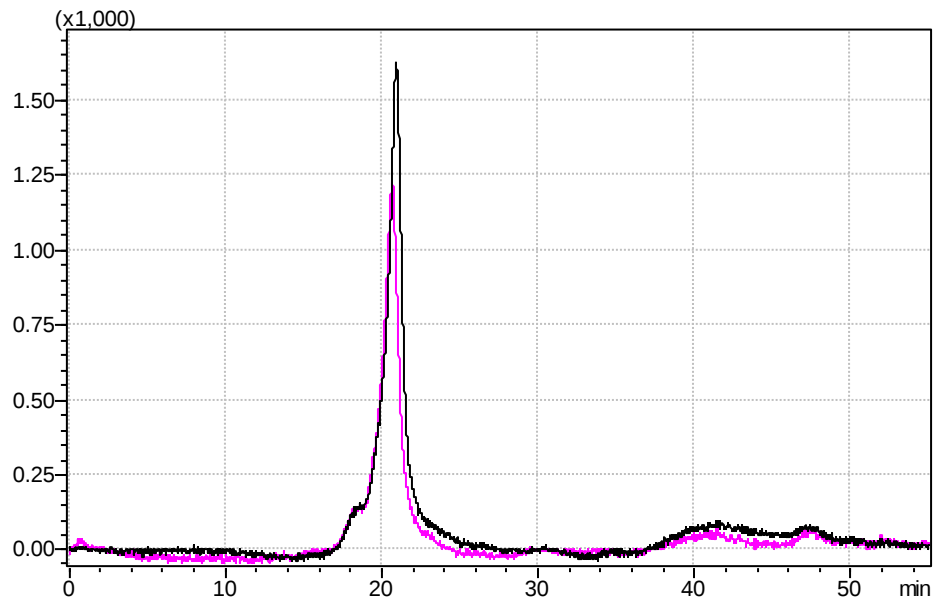
Kuva 24. Koagulaatio-flokkaus-flotaatiovaiheen (musta) ja hiekkasuodatuksen (violetti) jälkeen otettujen näytteen molekyylikokojakaumat.



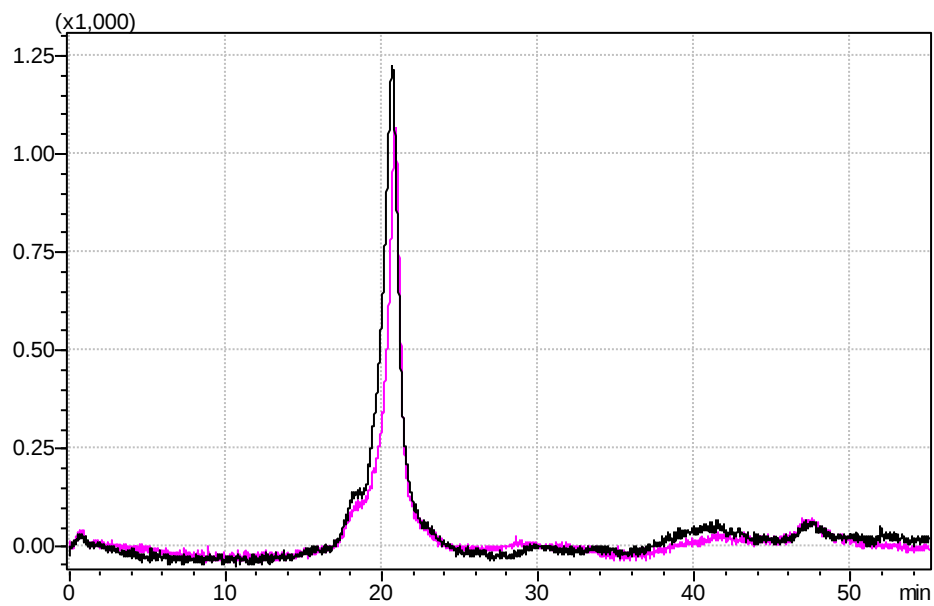
Kuva 25. Hiekkasuodatuksen (musta) ja kationinvaihtimen (violetti) jälkeen otettujen näytten molekyylikokojakaumat.



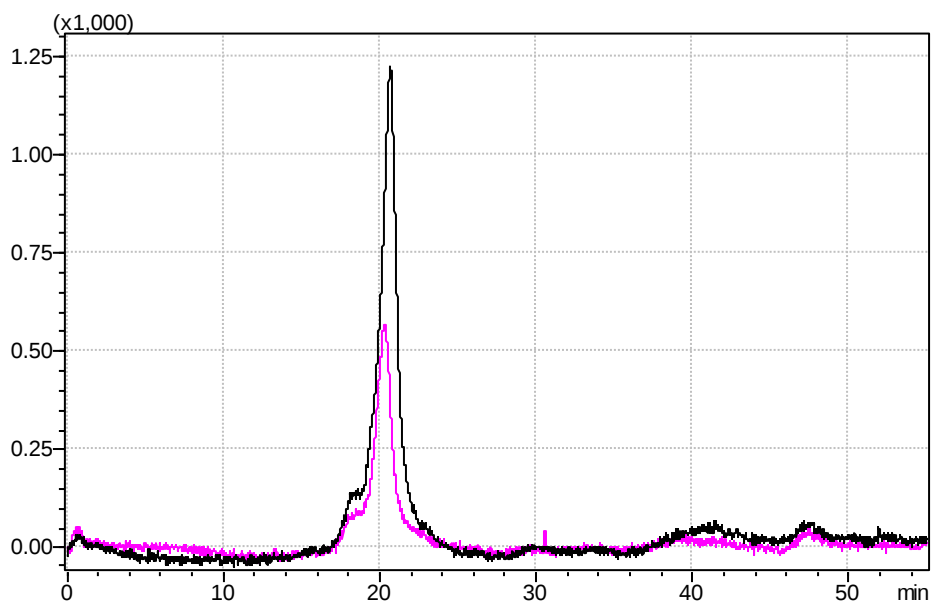
Kuva 26. Kationinvaihtimen (musta) ja anioninvaihtimien (violetti) (kolme kertaa suurempi injektio analysoinnissa) jälkeen otettujen näytteiden molekyylikokojakaumat.



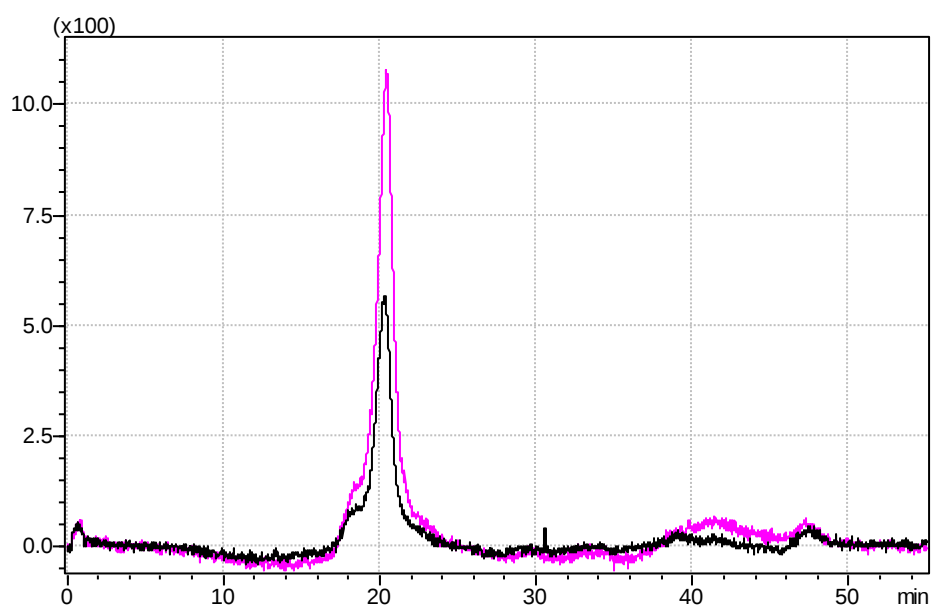
Kuva 27. Anionivaihtimien (musta) ja sekavaihtimen (violetti) jälkeen otettujen näytteiden molekyylikokojakaumat.



Kuva 28. Sekavaihtimen (musta) ja CPG-LF 12X40 –aktiivihiilen (violetti) jälkeen otettujen näytteiden molekyylikokojakaumat.



Kuva 29. Sekavaihtimen (musta) ja AQUACARB 608C 12X40 –aktiivihien (violetti) jälkeen otettujen näytteiden molekyylikokojakaumat.



Kuva 30. AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihien (musta) ja koesekavaihtimen (violetti) jälkeen otettujen näytteiden molekyylikokojakaumat.

Kuvasta 23 havaitaan, että vesilaitoksen koagulaatio-flokkaus-flotaatiovaiheet pilkkovat orgaanista ainesta pienemmiksi molekyyleiksi. Tämä ei ole todennäköisesti orgaanisten yhdisteiden poiston kannalta optimaalista, mutta asian varmistamiseksi tulisi tehdä lisätutkimuksia. Hiekkasuodatusvaihe (kuva 24) ei vaikuta merkittävästi molekyylikokojakaumiin. Suolanpoiston ensimmäinen vaihe (kuva 25), kationinvaihdin, ei kykene poistamaan liuenneita orgaanisia

yhdisteitä. Anionivaihtimen jälkeen otetuista näytteistä on jouduttu tekemään kolmen kertaista injektioita, koska liuenneiden orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet ovat niin pienet. Kuvasta 26 on nähtävissä, että anionivaihdin poistaa suurimman pääfraktion. Sekavaihdin (kuva 27) kykenee poistamaan pienen osan anionivaihtimien läpi menneestä orgaanisesta jakeesta. Kuvasta 28 havaitaan, että CPG-LF 12X40 -aktiivihiili poistaa vain pienen osan jäljelle jääneestä humusfraktiosta. Kookospohjainen AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiili (kuva 29) kykenee poistamaan lähes puolet jäljelle jääneestä humusfraktiosta. Kuvasta 30 nähdään, että koesekavaihdin mahdollisesti aiheuttaa näytteeseen epäpuhtautta tai kyseessä voi olla näytteenotosta johtuva mittausvirhe.

2.6.2. LC-OCD-menetelmä

Vesinäytteiden sisältämät orgaaniset jakeet karakterisoitiin LC-OCD-tekniikalla (tai tarkemmin SEC-OCD-UVD-OND-tekniikalla, *size exclusion chromatography – organic carbon detection – UV detection – organic nitrogen detection*). Menetelmä perustuu SEC-kromatografiaan, jossa detektoidaan orgaanista hiiltä, UV-absorbanssia ja orgaanista typpeä. Tekniikan avulla orgaaninen aines voidaan jakaa kuuteen jakeeseen, joista saadaan myös ko. jakeen pitoisuus. Analyysit teetettiin tilauspalveluna saksalaisessa DOC-Labor Dr. Huber -laboratoriossa.⁵

Vesinäytteitä kerättiin Stora Enson Oulun vesilaitokselta (9.12.2010 ja 22.9.2011) ja UPM-Kymmenen Pietarsaaren vesilaitokselta (10.12.2010). Oulun näytteet olivat raakavesi, kemiallisesti puhdistettu vesi, täyssuolapoistettu vesi, aktiivihiilisuodatettu ja sekaionivaihdettu vesi. Pietarsaaren näytteet olivat raakavesi, kemiallisesti puhdistettu vesi, täyssuolapoistettu vesi, aktiivihiilisuodatettu vesi ja käänteisosmoosilla käsitelty vesi. Pietarsaaren vietiin Oulusta 10.12.2010 Minicyclesorb MS20 -suodatin täytettynä AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiilellä. Suodatin vietiin käyttökunnossa Pietarsaaren ja se ehti olla toiminnassa noin kaksi tuntia. Käänteisosmoosinäyte otettiin Ahlholmens Kraft -voimalaitoksen suolanpoistolaitokselta, jossa tulevana vetenä on UPM:n vesilaitoksen kemiallisesti puhdistettu vesi.

Oulun näytteet talvella 2010

Taulukossa 8a on esitetty Oulun vesinäytteiden DOC (liuennut orgaaninen hiili, *dissolved organic carbon*) sekä eri orgaanisten jakeiden prosenttiosuudet ko. näytteessä. Kuvassa 31a on esitetty vesinäytteiden koostumus kaaviona. Alkuperäinen analyysiraportti on esitetty liitteellä 7.

Taulukko 8a. Oulun vesinäytteiden LC-OCD-analyysien tulokset talvella 2010 (MM = matala moolimassa, TSP = täyssuolapoistettu, RO = käänteisosmoosi).

Näyte	DOC (ppb)	Hydrofobinen jake (ppb)	Hydrofiiliset jakeet (ppb)				
			Biopolymeerit	Humusaineet	Hajoamistuotteet (building blocks)	MM neutraalit	MM hapot
Raakavesi	8410	0 %	2 %	70 %	15 %	14 %	0 %
Kem. puhd.	2646	3,8 %	3 %	32 %	38 %	23 %	0 %
TSP-vesi	145	0 %	14 %	0 %	14 %	70 %	2 %
Aktiivihiihis.	109	0 %	22 %	0 %	14 %	65 %	0 %
koe-MB	86	0 %	26 %	0 %	14 %	59 %	1 %

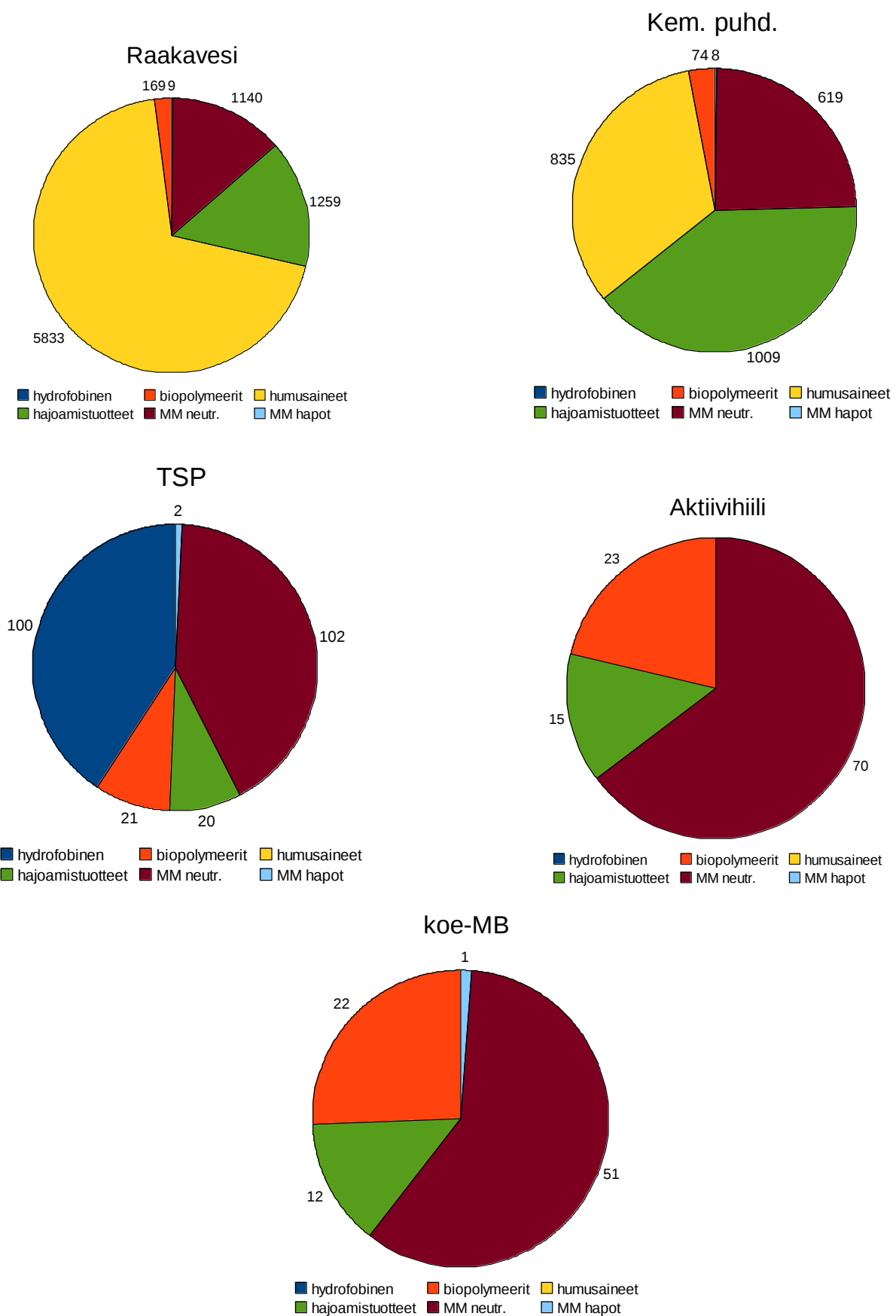
Raakaveden DOC on samaa suuruusluokkaa kuin syksyn aikana mitatuissa näytteissä. Humusaineiden osuus on noin 2/3. Kemialliselta rakenteeltaan sähköisesti neutraalit jakeet muodostavat noin 1/6 orgaanisesta hiilestä.

Kemiallinen vedenpuhdistus (koagulaatio polyalumiinikloridilla ja natriumaluminaatilla pH:ssa noin 6, flotaatio ja hiekkasuodatus) poistavat noin 69 % liuenneesta orgaanisesta hiilestä. Neutraalien jakeiden osuus kemiallisesti puhdistetussa vedessä on jo noin neljännes. DOC-Laborin analyysiraportissa todetaan kemiallisen vedenpuhdistuksen tuloksen olevan ”niin hyvä, ettei sitä voi parantaa”.

Täyssuolapoistetusta vedestä humusaineet ovat hävinneet täysin. Biopolymeereistä poistuu myös merkittävä osa, mikä saattaa aiheuttaa pitkällä välillä likaantumisongelmia ioninvaihtohartseihin. Regenerointi ei välttämättä poista kaikkia biopolymeerejä. Täyssuolapoistetun veden DOC on 145 ppb eli noin kaksinkertainen verrattuna Oulun yliopiston TOC-analysaattorilla saatuihin tuloksiin.

Aktiivihiihisuodatetun veden DOC on 109 ppb. Reduktio aktiivihiihisuodattimessa on 25 % (ko.aktiivihiihipatja, AQUACARB 608C 14X40, ollut käytössä noin kaksi kuukautta). Vaikka absoluuttisissa TOC-lukuarvoissa (tai DOC-) on virhettä Oulun yliopistolla tehtyihin mittauksiin nähden, reduktio vaikuttaa olevan samaa suuruusluokkaa. Aktiivihiihisuodatin poistaa vedestä ioninvaihdon aikana ilmestyneen hydrofobisen jakeen ja osan neutraalista jakeesta. Analyysiraportissa todetaan, että aktiivihiihisuodatin ei voi toimia biosuodattimena, koska vedessä ei ole tarpeeksi ravinteita.

Sekavaihdin poistaa kaikkia jäljelle jääneitä jakeita hieman. Sekavaihtimen jälkeen veden DOC on 86 ppb eli hyvälaatuista lisävetä. Orgaanisen hiilen reduktio TSP-veteen nähden on 41 %.



Kuva 31a. Stora Enson Oulun vesilaitokselta kerättyjen näytteiden LC-OCD-analyysitulokset piirakkakaaviona. Kaavioissa esitetyt numerot ovat ko. jakeen pitoisuus (ppb).

Oulun näytteet syksyllä 2011

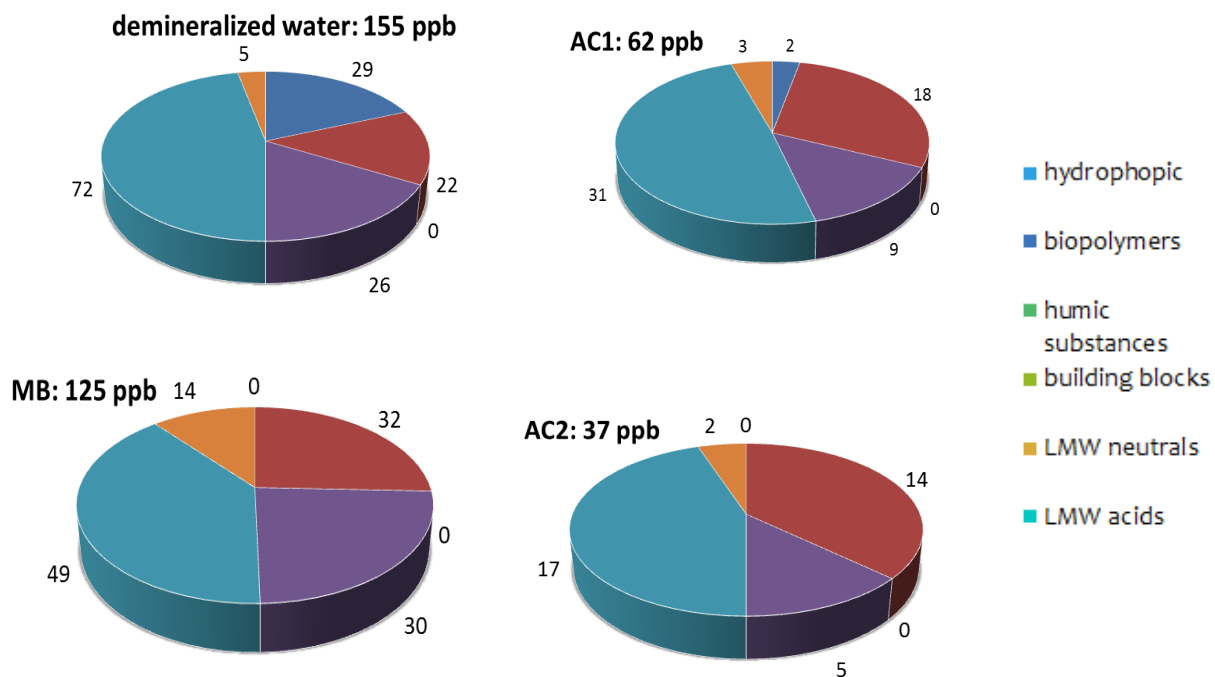
Taulukossa 8b on esitetty Oulun vesinäytteiden DOC (liuennut orgaaninen hiili, *dissolved organic carbon*) sekä eri orgaanisten jakeiden prosenttiosuudet ko. näytteessä.

Taulukko 8b. Oulun vesinäytteiden LC-OCD-analyysien tulokset syksyllä 2011 (MM = matala moolimassa, TSP = täyssuolapoistettu, RO = käänteisosmoosi).

Näyte	DOC (ppb)	Hydrofobinen jake	Hydrofiiliset jakeet				
			Biopolymeerit	Humusaineet	Hajoamistuotteet (building blocks)	MM neutraalit	MM hapot
Raakavesi	7832	8,1 %	2 %	60,7 %	16,2 %	12,5 %	0,5 %
Kem. puhd.	3136	17,2 %	1,8 %	25,6 %	33,1 %	22,3 %	0 %
TSP-vesi	155	18,9 %	14,5 %	0 %	17,1 %	46,6 %	3 %
Aktiivihiihis.	62	2,6 %	29,5 %	0 %	13,9 %	49,1 %	4,8 %
koe-MB	125	0 %	25,4 %	0 %	24,1 %	39,2 %	11 %
Aktiivihiihis.	37	0 %	36,3 %	0 %	13,4 %	44,9 %	5,5 %

Kemiallinen vedenkäsittely ja suolanpoisto toimivat samoin kuin talvella 2010 (ks. ed. kpl). Mielenkiintoista verrattuna taulukkoon 8 on, että aktiivihiihisuodattimen TOC-poistoteho on noin 10 kuukauden käyttöjakson aikana parantunut jonkin verran. Tuloksista havaitaan myös, että koe-MB-suodatin on alkanut nostaa TOC-tasoa, mikä johtuu todennäköisesti ioninvaihtohartsin kapasiteetin täyttymisestä. MB-suodatinta seuraava aktiivihiihisuodatin alentaa veden TOC-tasoa edelleen ja saavutettava DOC on käänteisosmoosilaitteistolla tuotettavan veden tasoista (vrt. taulukko 9).

Kuvassa 31b on esitetty täyssuolapoistetun veden, ensimmäisen aktiivihiihisuodattimen, MB-vaihtimen ja toisen aktiivihiihisuodattimen jälkeisten vesinäytteiden orgaanisen aineen koostumus.



Kuva 31b. Täyssuolapoistetun (demineralized water), 1. Aktiivihiilisuodattimen (AC1), MB-vaihtimen (MB) ja toisen aktiivihiilisuodattimen (AC2) jälkeisen veden orgaanisen aineksen koostumukset (yksikkö ppb).

Pietarsaaren näytteet

Taulukossa 9 on esitetty Pietarsaaren näytteiden DOC sekä eri orgaanisten jakeiden prosenttiosuudet ko. näytteessä. Kuvassa 32 on esitetty vesinäytteiden koostumus kaaviona. Alkuperäinen analyysiraportti on esitetty liitteellä 8. Liitteellä 6 on esitetty Pietarsaaren UPM:n tehtaan vedenkäsittelyn kuvaus.

Taulukko 9. Pietarsaaren vesinäytteiden LC-OCD-analyysien tulokset (MM = matala moolimassa, TSP = täyssuolapoistettu, RO = käänteisosmoosi).

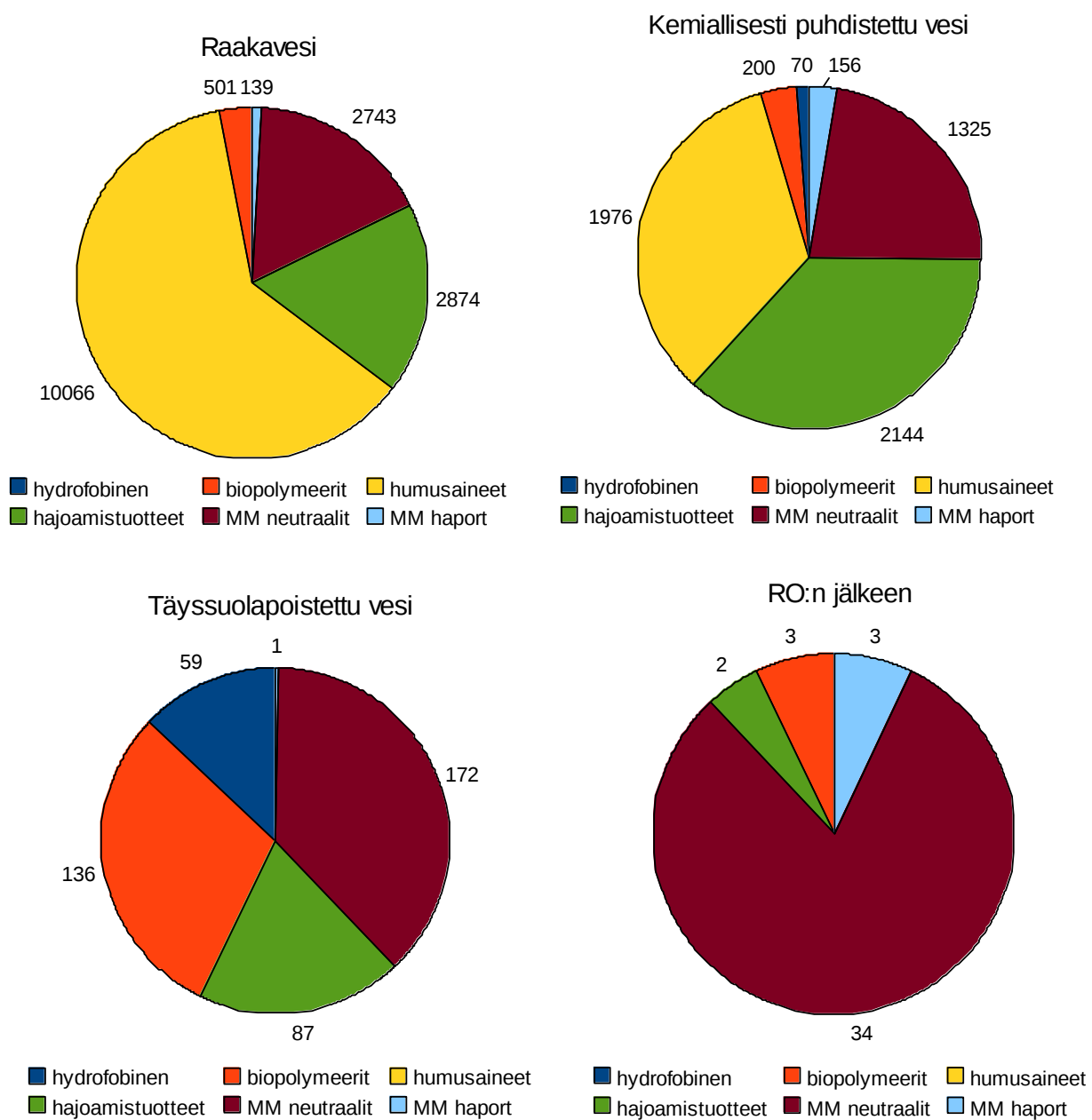
Näyte	DOC (ppb)	Hydrofobinen jake (ppb)	Hydrofiiliset jakeet (ppb)				
			Biopolymeerit	Humusaineet	Hajoamistuotteet (building blocks)	MM neutraalit	MM hapot
Raakavesi	16324	0 %	3 %	62 %	18 %	17 %	1 %
Kem. puhd.	5870	1 %	3 %	34 %	37 %	23 %	3 %
TSP-vesi	455	13 %	30 %	0 %	19 %	38 %	0 %
Aktiivihiilis.							
RO	42	0 %	6 %	0 %	5 %	81 %	6 %

Analyysituloksista havaitaan, että raakaveden liunneen orgaanisen hiilen pitoisuus on korkea. Pitoisuus on samaa suuruusluokkaa kuin Oulujoen vedessä pahimmillaan. Raakavedessä suurin osa orgaanisesta hiilestä on humusaineita. Sähköisesti neutraalien tai matalan varaustiheyden jakeiden osuus on noin neljännes DOC:sta.

Kemiallinen vedenpuhdistus (saostus rauta(III)sulfaatilla ja natriumaluminaatilla, flokkaus ja flotaatio) poistaa humusjakeesta noin 80 %. Kemiallisen vedenpuhdistuksen aikana veteen ilmestyy osuus hydrofobista orgaanista ainesta.

Täyssuolapoistettu (kolme humussuodinta, kationinvaihdin, anioninvaihdin ja sekavaihdin) vesi sisältää huomattavan paljon liuennutta orgaanista hiiltä: 455 ppb. Orgaaninen hiili on pääosin biopolymeereja ja matalan moolimassan neutraaleja yhdisteitä, jotka eivät poistu ioninvaihdossa. Biopolymeerit voivat aiheuttaa pitkällä aikavälillä tukkeutumisongelmia käänteisosmoosilaitteen kalvoilla.

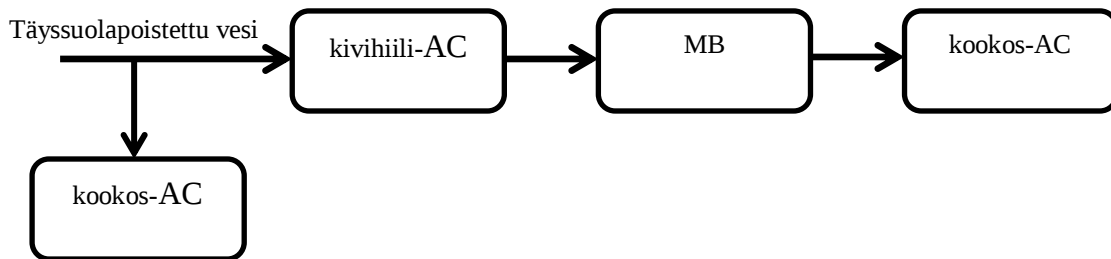
Käänteisosmoosikäsitelty vesi on orgaanisen aineen osalta hyvälaatuista: DOC-pitoisuus on 42 ppb. Suurin osa jäljelle jääneestä hiilestä on pienen molekyyli­massan neutraalia jaetta.



Kuva 31. UPM:n Pietarsaaren vesilaitokselta kerättyjen näytteiden LC-OCD-analyysitulokset piirakkakaaviona. Kaavioissa esitetyt numerot ovat ko. jakeen pitoisuus (ppb).

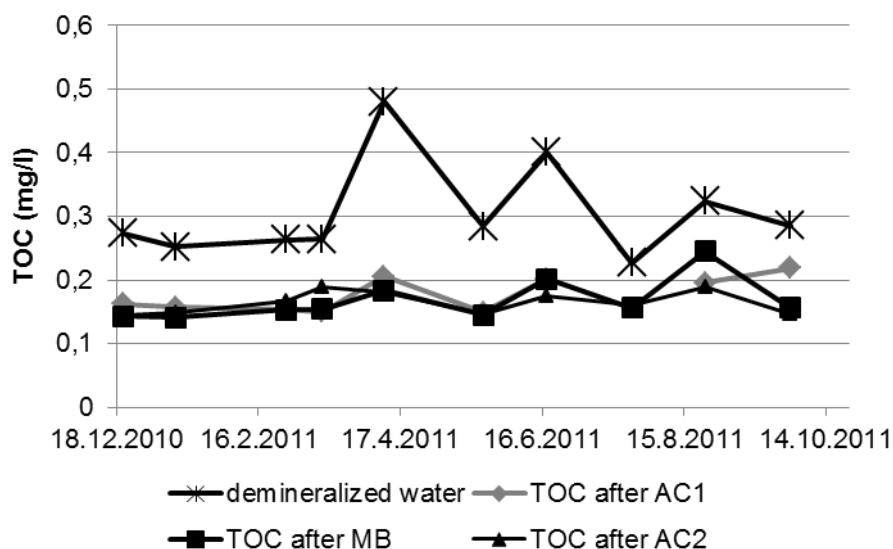
2.7. Aktiivihiihisuodattimen pitkän aikavälin toiminta tutkituissa olosuhteissa

Joulukuusta 2010 alkaen aktiivihiihisuodattimien toimintaa seurattiin kerran kuussa tehdyillä TOC-mittauksilla. Tällöin suodattimien kytkentä oli seuraava:

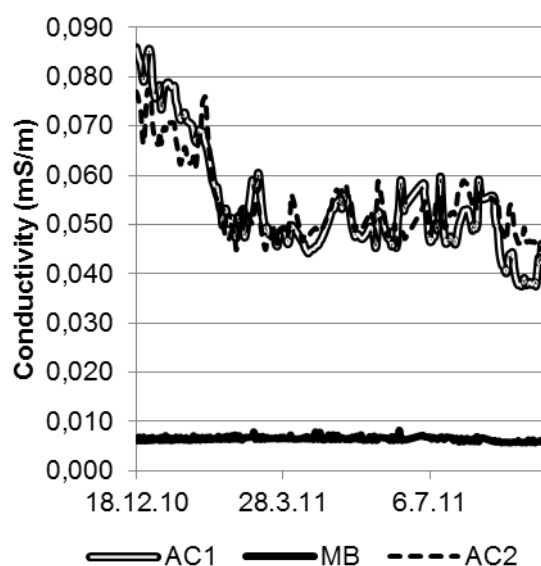


Kuvassa 32 on esitetty TOC-mittausten tulokset aikavälillä 21.12.2010 – 12.10.2011. TOC-reduktio suodattimessa vaihteli välillä 40 - 60 %. Noin 10 kuukautta kestäneen koejakson aikana aktiivihiihisuodattimen TOC-poistoteho ei kuitenkaan muuttunut selkeästi kumpaankaan suuntaan. LC-OCD-tulosten perusteella kuitenkin DOC-poistoteho parantui hieman 10 kk koejakson aikana.

Johtokykymittausten tulokset on esitetty kuvassa 33. Kuvasta nähdään kuinka johtokyky nousee ensimmäisessä aktiivihiihisuodattimessa, laskee sekavaihtimessa ja nousee jälleen toisessa aktiivihiihisuodattimessa. MB-suodattimen rooli on tärkeä johtokyvyn laskemisessa lähelle teoreettista minimiä 0,005 ms/m.



Kuva 32. Pitkän aikavälin aktiivihiiisuodatinkokeiden TOC-mittausten tulokset. Kuvassa demineralized water = täyssuolapoistettuvesi, AC1 = ensimmäinen aktiivihiiisuodatin, MB = koesekavaihdin, AC2 = toinen aktiivihiiisuodatin.



Kuva 33. Johtokykyymittausten tulokset aktiivihiiisuodattimen pitkän aikavälin seurantakokeen aikana. Kuvassa AC1 = ensimmäinen aktiivihiiisuodatin, MB = koesekavaihdin, AC2 = toinen aktiivihiiisuodatin.

2.8. Tehdasmittakaava aktiivihiiilikoe

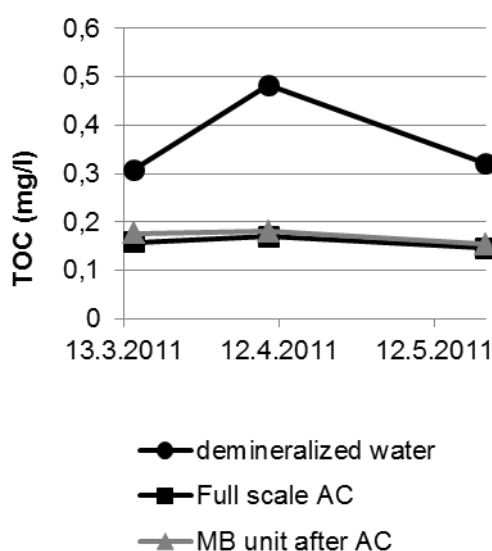
Tehdasmittakaavan aktiivihiiilikoe toteutettiin Stora Enson Oulun tehtaan suolanpoistolaitoksella 23.3.2011 – 6.7.2011. Kokeessa suodatussäiliönä käytettiin tyhjennettyä anioninvaihdinta (tilavuus noin 5 m³), joka täytettiin AQUACARB 608C 12X40 –aktiivihiiilellä. Suodattimeen johdettiin

täyssuolapoistettua vettä noin 8 l/s virtaamalla. Virtaamassa oli jonkin verran vaihtelua aktiivihiihluodattimen pohjan vedenjakosuuttimien osittaisen tukkeutumisen vuoksi. Aktiivihiihluodattimen jälkeen vesi johdettiin täyden mittakaavan MB-vaihtimeen. Vedestä mitattiin johtokykyä ja silikaattipitoisuutta online-tyyppisesti. TOC-mittaukset toteutettiin näytteenoton ja off-line-mittausten avulla.

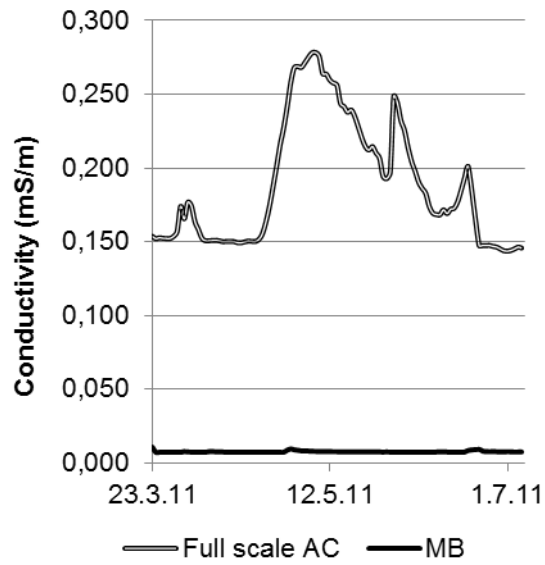
TOC-mittausten tulokset koejaksolla ovat kuvassa 34. TOC-reduktio täyden tehdasmittakaavan aktiivihiihluodattimessa oli noin samaa tasoa kuin pilot-suodattimissakin. Kolmen kuukauden testijaksolle ei havaittu selkeitä muutoksia poistotehossa.

Johtokykymittausten tulokset on esitetty kuvassa 35. Johtokyky korreloi jälleen tietyllä tasolla TOC-reduktion kanssa. Johtokyky tasaantuu aktiivihiihluodatinta seuraavassa sekavaihtimessa. Johtokykymittaukset eivät ole yhtä tarkkoja kuin pilot-kokeissa (anturista johtuen), joten lukemat eivät ole suoraan vertailukelpoisia.

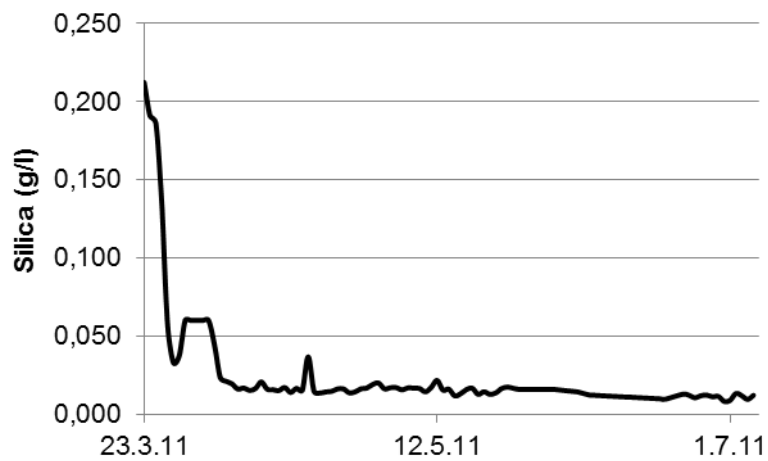
Silikaattimittausten tulokset on esitetty kuvassa 36. Silikaattia irtosi melko suuria määriä aluksi noin 200 mg/l. Silikaatin taso vakiintui noin kahden viikon kuluessa tasolle 20 mg/l. Sekavaihdin poistaa irronneen silikaatin (silikaattitaso MB-vaihtimen jälkeen on noin 0,002 – 0,002 mg/l). Aktiivihiihluodatinta seuraava sekavaihdin on tässä suhteessa erittäin merkittävässä roolissa, sillä silikaatti aiheuttaa hyvin vaikeasti puhdistettavia saostumia vesi-höyry-kiertoon.



Kuva 34. Tehdasmittakaavan aktiivihiihluokeen tulokset. Kuvassa demineralized water = täyssuolapoistettu vesi, AC = aktiivihiihlu.



Kuva 35. Tehdasmittakaavan aktiivihiiликokeiden johtokykyymittausten tulokset.



Kuva 36. Tehdasmittakaavan aktiivihiiликokeiden silikaattimittausten tulokset (aktiivihiiლისuodattimen jälkeinen vesi).

3. Käänteisosmoosi

Käänteisosmoosilaitteiden osalta tutkimus rajoittui tarjousten pyytämiseen laitetoimittajilta ja niiden arviointiin. Tarjouspyyntöjä lähetettiin neljälle Suomessa toimivalle käänteisosmoosilaitteiden toimittajalle. Seuraavassa kappaleessa on esitetty lyhyesti muutamia laitetoimittajien kanssa käydyissä keskusteluissa esille tulleita asioita ja saatujen tarjousten pääkohdat. Täydelliset tarjoukset ovat liitteellä 5.

3.2. Saatujen tarjousten erittely

Käänteisosmoosilaitteita käytetään Suomessa useilla höyrykattilalaitoksilla lisäveden puhdistamiseen (esimerkiksi Pietarsaassa toimiva Alholmens Kraft Oy). Käänteisosmoosin käyttö soodakattilan lisävedenkäsittelyssä on kuitenkin haasteellista suuren veden tarpeen vuoksi (lisäveden tarve noin 50 - 70 kg/s). Saaduissa tarjouksissa laitteisto koostuu useista rinnakkaisista yksiköistä, jolloin tuotettavan veden määrä saadaan suuremmaksi. Laitteiden toimittajat arvioivat laitteistolla päästävän noin 85 % TOC-reduktioon, saavutettavan TOC-tason ollessa noin 30 - 50 ppb. Arvio käänteisosmoosilaitteella tuotettavan veden hinnasta on alle 0,1 €/m³. Tähän vaikuttaa veden suolapitoisuus: jos käänteisosmoosilaitteella puhdistetaan täyssuolapoistettua vettä, tarvittava osmoottinen paine käänteisosmoosilaitteella on pieni. Veden lämpötilalla on myös vaikutusta puhdistuksen kustannuksiin: lämpimämmän veden alempi viskositeetti alentaa kustannuksia. Veden optimilämpötila olisi noin 25 - 40 °C.

Tarjoukset käänteisosmoosilaitteista pyydettiin neljältä laitteiden toimittajalta: HyXo, Separtec, Prominent ja Aquaflow. Tarjoukset saatiin HyXo:lta, Separtecilta ja Aquaflowlta (Prominentilla ei ollut sopivaa laitetta). Tarjousten pääsisältö on esitetty seuraavassa lyhyesti (taulukko 10). Tarjoukset täydellisinä ja laitetoimittajien yhteystiedot ovat raportin lopusta löytyvillä liitteillä.

Taulukko 10. Tarjottujen käänteisosmoosilaitteiden hinnat ja veden tuotot.

Toimittaja	Hinta (0 % Alv)	Veden tuotto
HyXo Oy	205 000 €	120 m ³ /h (33 kg/s)
Separtec Oy	396 400 €	180 m ³ /h (50 kg/s)
Aquaflo Ltd	848 000 €	190 m ³ /h (53 kg/s)

HyXo Oy:n tarjoama käänteisosmoosilaitte sisältää esisuodattimen (2 kpl 1 µm patruunasuodatin), paineenkorotuspumpun, kalvot (72 kpl), instrumentoinnin (mm. virtaus- ja johtokyky mittarit) ja paineputket. Tarjoukseen eivät sisälly laitteiston asennus, taajuusmuuttajat, automaatio ja sähköistys. Käänteisosmoosilaitteen saanto on noin 90 % ja tuotto 33 kg/s.

Separtec Oy:n tarjoama laitteisto koostuu esisuodattimesta (5 µm pussisuodatin), kiertopumpusta, kalvoista (50 kpl, polyamidi), kalvojen pesuysiköstä (CIP), ohjauspaneelist ja tarvittavista putkistoista instrumentteineen ja venttiileineen. Tarjouksessa mainittua korkeapaineista syöttöpumppua ei tarvita. Laitteen saanto on 75 % ja veden tuotto on 50 kg/s.

Aquaflo:n käänteisosmoositarjous sisältää itse laitteiston lisäksi laitteiden toimituksen, prosessisuunnittelun, asennuksen, käyttökoulutuksen, käyttöönoton, laitoksen rakennustehtävätiedot, prosessiautomaation tehtäväkuvauksen ja kenttäinstrumentoinnin. Tarjoukseen eivät sisälly rakennesuunnittelu (paitsi rakennustehtäväsuunnittelu), teräsrakenteet ja hoitotasot ja sähköistys (MCC:ltä kenttäkoteloille ja pumpuille). Käänteisosmoosilaitteen esisuodatin on 1 µm pussisuodatin. Käänteisosmoosilaitteen saanto on 90 % ja tuotto max. 53 kg/s.

4. UV-valon käyttö

UV-valolla suoritettut kokeet tehtiin yhteistyössä Hanovian ja IP-Produkt Oy:n kanssa. Kokeiden ensimmäinen osa suoritettiin 28.3. - 1.4.2011 ja toinen osa 20.9. – 22.9.2011. Kokeissa käytetty laitteisto on esitetty ao. kuvassa. Laitteistossa olevat lamput olivat keskipaine-UV-lamppuja, joiden tuottamassa aallonpituusjakaumassa 185 nm kohdalla on voimakas piikki, mutta lamput tuottavat myös 254 nm UV-valoa vähäisemmässä määrin.



Kuva 37. UV-kokeissa käytetty pilot-laitteisto.

4.1. Kokeiden ensimmäinen osa

4.1.1. Kontaktiajan ja virtaaman vaikutus

Yhden UV-kammion ollessa käytössä 6 m³/h virtaamalla TOC-reduktio oli 20 % (0,099 log). TOC-pitoisuudet olivat tällöin seuraavat: tuleva vesi (täyssuolapoistettu) 274 ppb, UV-kammion jälkeen 261 ppb ja sekavaihtimen jälkeen 218 ppb. Kun virtaamaa kasvatettiin arvoon 9 m³/h, TOC-reduktio oli 14 %, TOC-pitoisuudet olivat tällöin: tuleva 259 ppb, UV-kammion jälkeen 259 ppb ja sekavaihtimen jälkeen 222 ppb. Kun kaikki neljä kammiota otettiin käyttöön ja virtaama oli 6 m³/h, TOC-reduktio oli 38 %, TOC-pitoisuuksien ollessa: tuleva 306 ppb, UV-kammion jälkeen 298 ppb ja sekavaihtimen jälkeen 191 ppb. Kun virtaamaa säädettiin neljän kammion ollessa käytössä välillä 1 - 6 m³/h, TOC-reduktion muutos oli vain 4 %, mikä viittaa siihen, että ko. järjestelyn maksimi TOC-reduktio saavutettiin. Johtokyvyssä huomattiin kasvua UV-kammiossa, mikä viittaa siihen, että UV-käsittely pilkkoi orgaanista ainesta ioniseen muotoon, jonka sekavaihdin poisti.

4.2. Kokeiden toinen osa

Kokeiden toinen aloitettiin mittaamalla UV-laitteistolle tulevan veden TOC-pitoisuutta online-tyyppisesti. Pitoisuuden todettiin olevan 220 ppb. Seuraavaksi todettiin yhden kammion UV-lampun vaikutus TOC-pitoisuuteen: TOC aleni vain noin 5 ppb ja vastaavasti epäorgaanisen hiilen pitoisuus kasvoi 5 ppb.

4.2.1. Lampun tyypin ja aallonpituusjakauman vaikutus

Lampun tyypin ja aallonpituusjakauman vaikutus tutkittiin vaihtamalla keskipaine-UV-lamppu matalapaine-UV-lampuksi. Matalapaine-UV-lampun tuottama aallonpituusjakauma on kapea ja keskittynyt 185 nm alueelle. Matalapaine-UV-lampun virrankulutus on noin 1000-kertaa pienempi kuin keskipainelampun.

Lampun vaihtaminen ei vaikuttanut yhtään tai vaikutti hieman negatiivisesti TOC-reduktioon. Seuraavissa kokeissa siirryttiin käyttämään jälleen keskipaine-UV-lamppua.

4.2.2. TiO₂-katalyytin vaikutus

Seuraavassa koevaiheessa tutkittiin verkkomaiselle tukiaineelle sidotun titaanidioksidi (TiO₂) – katalyytin (ks. kuva 38) vaikutusta TOC-reduktioon. TiO₂-katalyytin käyttö on melko tunnettua mm. itsepuhdistuvien lasipintojen, ns. AOP-prosessien (AOP = *advanced oxidation process*) ja ilmanpuhdistussovellusten yhteydessä. Titaanidioksidin toimintamekanismi on tehostaa hydroksyyli-radikaalien muodostumista vesimolekyyleistä UV-valon kanssa.

Kokeessa havaittiin, että titaanidioksidikatalyytti ei tehostanut TOC-reduktiota lainkaan. Käytetty verkko oli kaupallinen tuote ja tarkoitettu ilmanpuhdistussovelluksiin, mikä saattoi vaikuttaa heikkoon puhdistustulokseen.

Verkkomaista titaanidioksidikatalyyttiä kokeiltiin erilaisissa asennoissa (verkko virtauksen suuntaisesti rullalla ja verkko 90 ° kulmassa virtaukseen nähden). Eri orientaatioilla ei ollut vaikutusta puhdistustulokseen.



Kuva 38. Kokeissa käytetty titaanidioksidi verkkomaisella tukiaineella.

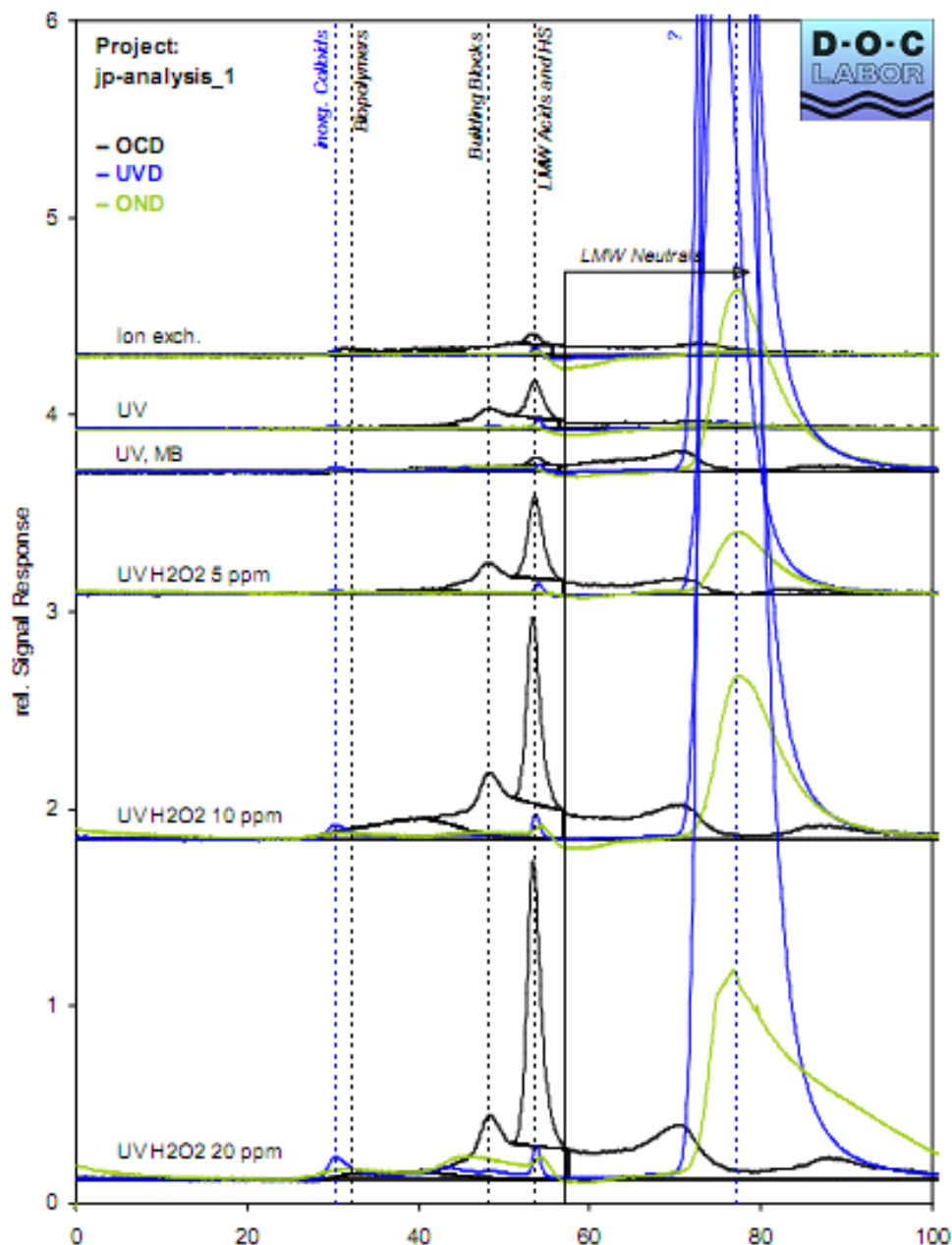
4.2.3. Hapettimen (vetyperoksidin) vaikutus

UV-reaktoriin kokeiltiin annostella 35 % vetyperoksidia (tuotenimi PACS35) pitoisuuksina 3 – 50 ppm H_2O_2 :ta. Vetyperoksidin annostus toteutettiin nostamalla kemikaalisäiliön noin 40 m korkeuteen ja hyödyntämällä muodostuvaa hydrostaattista painetta. Annostus säädettiin halutuksi rotametrin avulla. Ks. ao. kuvat.



Kuva 39. Vasemmalla: kokeissa käytetyn vetyperoksidin kemikaalisäiliö. Oikealla: annostelun säädössä käytetty rotametri.

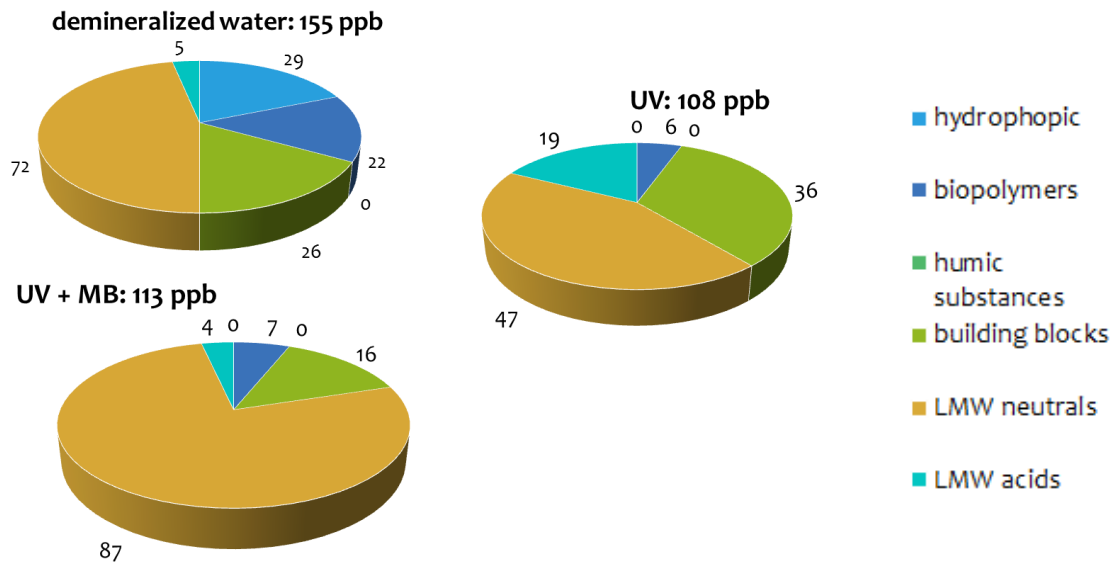
Vetyperoksidin annostus nosti TOC-pitoisuutta lineaarisesti, mikä johtui käytetystä annosteluputkesta: putkesta irtosi väkevän hapetinkemikaalin vaikutuksesta lisä-, pehmitin- yms. aineita. Näiltä osin kokeet epäonnistuivat. Muovin lisäaineet ovat havaittavissa LC-OCD-kromatogrammissa (kuva 40).



Kuva 40. LC-OCD-kromatogrammi UV-laitteen jälkeen otetusta vesinäytteestä, jossa vetyperoksidiannostus ollut käytössä. Kuvaan on ympyröity tunnistamattomat piikit, jotka ovat todennäköisesti muovin lisäaineita.

4.3. UV-laitteen vaikutus orgaanisten yhdisteiden koostumukseen

Kuvassa 41 on esitetty LC-OCD-menetelmällä saadut orgaanisten yhdisteiden koostumukset TSP-vedestä, UV-käsitellystä vedestä ja UV-laitetta seuranneella MB-suodattimella käsitellystä vedestä.



Kuva 41. Orgaanisen aineksen koostumus TSP-vedessä (demineralized water), UV-käsitellyssä vedessä ja UV-MB-käsitellyssä vedessä. Lukuarvot ovat ppb DOC (*dissolved organic carbon*).

Kuten kuvasta 41 havaitaan, UV-valon pääasiallinen vaikutus kohdistuu matalan moolimassa neutraaleihin fraktioihin (LMW neutrals) ja biopolymeereihin (biopolymers). UV-valo vaikuttaisi pilkkovan orgaanista ainesta matalan moolimassa hapoiksi (LMW acids) ja hajoamistuotteiksi (building blocks). Edelleen havaitaan noin 30 % alenema DOC-pitoisuudessa. TOC-pitoisuudessa ei kuitenkaan havaittu näin suurta alenemaa.

5. Oulun soodakattilan ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierron mittaukset

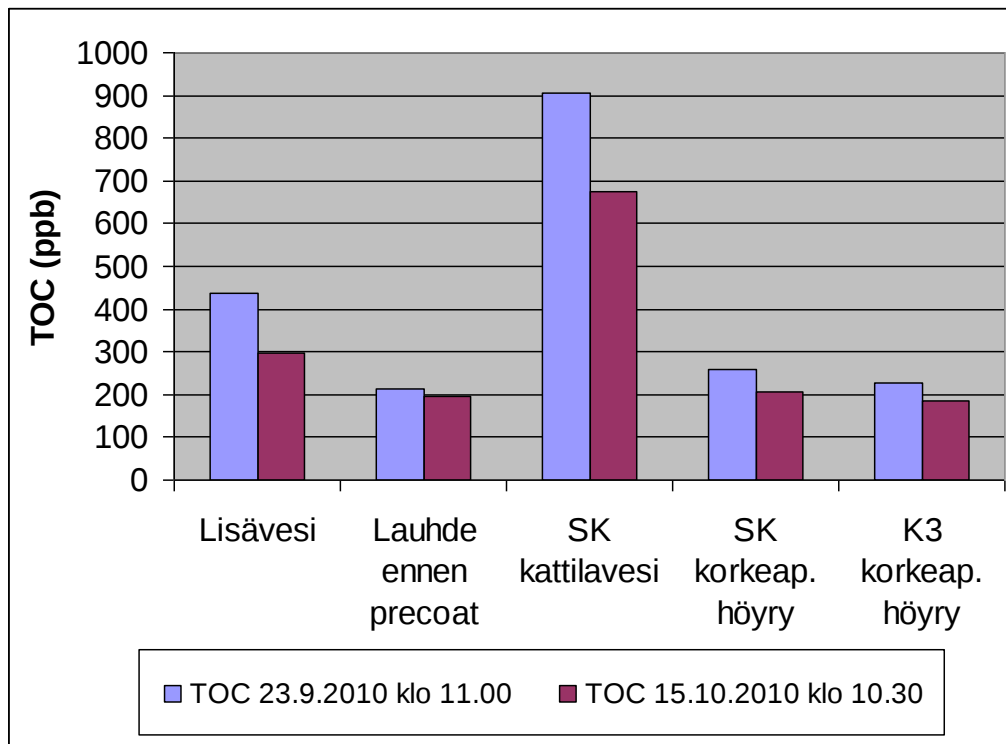
Stora Enson Oulun soodakattilan ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierrosta kerättiin näytteitä TOC- ja ionikromatografiamäärityksiä varten. Tavoitteena oli selvittää vesi-höyrykierron eri näytteiden orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia ja selvittää asetaatti- ja formiaattipitoisuudet. Taulukossa 9 on esitetty TOC- ja ionikromatografiamittausten tulokset 23.9.2010 klo 11.00 otetuille näytteille. Taulukossa 10 on esitetty 15.10.2010 klo 10.30 otettujen näytteiden tulokset. Kuvassa 42 on esitetty 23.9. ja 15.10. otettujen näytteiden TOC-pitoisuudet diagrammimuodossa.

Taulukko 11. Oulun soodakattilan (SK) ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierron vesinäytteiden (23.9.2010 klo 11.00) analyysitulokset.

Näyte	TOC (ppb)	Asetaatti (ppb)	Formiaatti (ppb)	Kloridi (ppb)
Lisävesi	436	-	-	-
SK kattilavesi	905	150	-	18
SK korkeapainehöyry	260	< 10	< 10	< 10
K3 korkeapainehöyry	229	< 10	-	-
Lauhde ennen precoat-suodinta	212	-	-	-

Taulukko 12. Oulun soodakattilan (SK) ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierron vesinäytteiden (15.10.2010 klo 10.30) analyysitulokset.

Näyte	TOC (ppb)	Asetaatti (ppb)	Formiaatti (ppb)	Kloridi (ppb)
Lisävesi	298	-	-	-
SK kattilavesi	676	157	-	55
SK korkeapainehöyry	208	-	-	-
K3 korkeapainehöyry	185	-	-	-
Lauhde ennen precoat-suodinta	195	-	-	-



Kuva 42. TOC-mittausten tulokset Oulun Stora Enson soodakattilan ja K3-leijupetikattilan vesi-höyrykierrosta.

6. Johtopäätökset

6.1. Aktiivihiiликokeet

Aktiivihiiликokeissa tärkein mittausparametri oli orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC). TOC:ta mitattiin offline- ja online-tyyppisesti sekä Saksassa tehtyjen LC-OCD-analyysien yhteydessä. Vaikuttaa siltä, että Oulun yliopiston laitteella saatavat absoluuttiset TOC-lukemat pienille pitoisuuksille sisältävät virhettä noin 50 – 150 ppb. TOC-reduktiot kuitenkin vaikuttavat luotettavilta (virhe supistuu suhteita laskettaessa pois).

6.1.1. Aktiivihiiლilaatujen vertailu TOC-poistossa

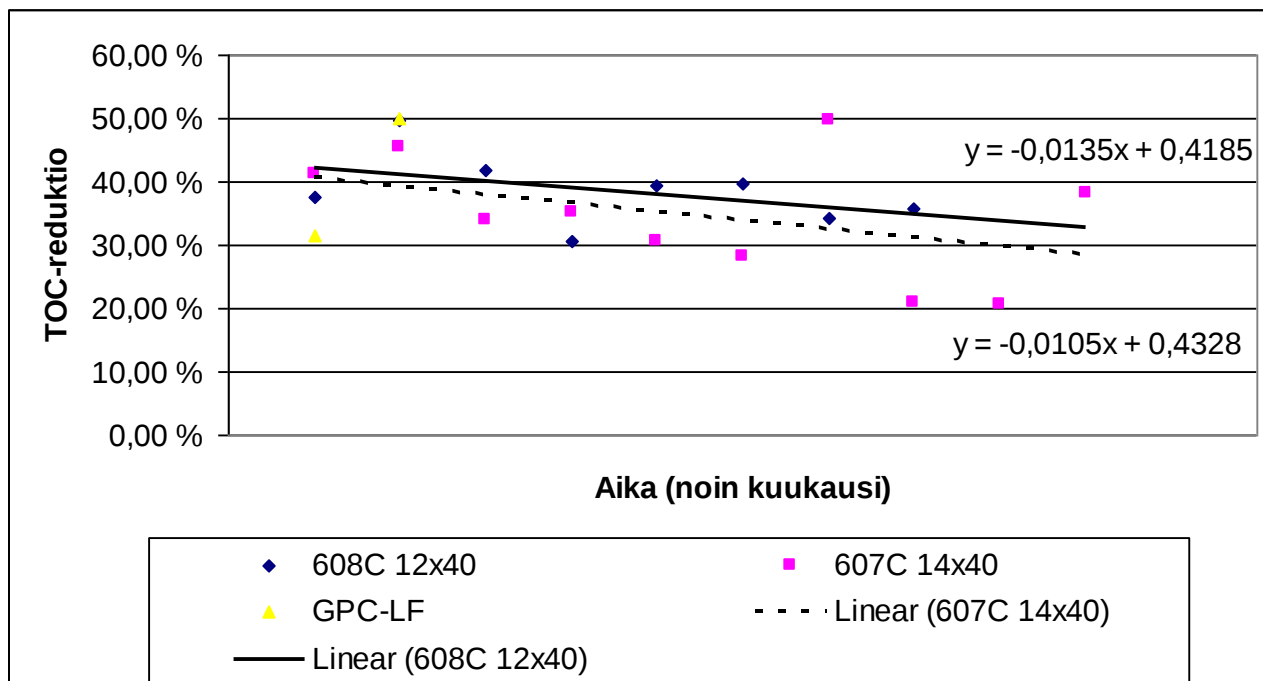
Aktiivihiiლilaatuja vertailtiin jatkuvatoimisilla suodatuskokeilla. Tavoitteena oli selvittää mikä kolmesta aktiivihiiლilaadusta poistaa orgaanisia yhdisteitä tehokkaimmin. Aktiivihiiლiä testattiin erilaisilla suodattimilla (kuvat 2 ja 3), mikä vaikeuttaa suoraa tulosten vertailua. Kokeet tehtiin myös eri aikoina, joten tulevan veden orgaanisen aineksen koostumus on ollut erilainen. Vertailua on tässä yhteydessä tehty keskimääräisen TOC-reduktion perusteella (taulukko 13) ja noin kuukauden mittaisen koejakson tulosten perusteella (kuva 34). Kaikilla testatuilla aktiivihiiლillä päästiin suodatusjakson alussa noin samoihin TOC-pitoisuuksiin.

CPG-LF 12X40 -aktiivihiiли vaikuttaa taulukon 10 vertailun perusteella parhaalta, mutta sen suodatusjakso oli vasta alussa ja näytteitä ehdittiin analysoida vain kaksi. Kahdella AQUACARB -aktiivihiiлellä ei ole merkittävää eroa keskimääräisen TOC-reduktion perusteella. Kuvan 34 perusteella AQUACARB 608C 12X40 vaikuttaa parhaiten toimivalta (GPC-LF -hiiltä ei voi kahden pisteen perusteella kuvasta 33 arvioida), mutta erot eivät ole suuria.

Aktiivihiiлten vertailukokeiden perusteella parhaiten soveltuva aktiivihiiли on joko AQUACARB 608C 12X40 tai GPC-LF 12X40. Ratkaiseva tekijä lienee hiiлilaadun hinta ja saatavuus.

Taulukko 13. Aktiivihiiлillä saavutetut keskimääräiset TOC-reduktiot.

Aktiivihiiли	Keskimääräinen TOC-reduktio
AQUACARB 607C 14X40	37 %
AQUACARB 608C 12X40	39 %
GPC-LF 12X40	41 %



Kuva 34. Aktiivihiililaatujen vertailu noin kuukauden kestäneellä aikajaksolla.

6.1.2. Johtokykymittaukset

Johtokykyä tarkkailtiin TSP-vedestä, aktiivihiilisuodatetusta vedestä ja koesekavaihtimen jälkeisestä vedestä.

Veden johtokyky kasvaa merkittävästi aktiivihiilisuodattimessa kaikilla aktiivihiililaaduilla. Tehdyissä alkuaineanalyysissä ei kuitenkaan havaittu, että aktiivihiilestä irtoaisi epäpuhtauksia. Myöskään merkittävää orgaanisen aineen hajoamista ioniseksi orgaaniseksi aineeksi ei havaittu. Johtokyvyn nousun voisi selittää orgaanisen hiilen muuttuminen epäorgaaniseksi (karbonaatti, vetykarbonaatti), mikä viittaisi suodattimen mikrobiologiseen toimintaan. Kuitenkaan pesäkelukumittaukset eivät tue tätä tulkintaan. TOC-mittauksissa havaittiin aktiivihiilisuodatetussa vedessä kohonnut epäorgaanisen hiilen pitoisuus. Aktiivihiilisuodatetun veden johtokyvyn kasvun syy ja taustalla vaikuttava mekanismi jäi tutkimuksessa kuitenkin osittain tuntemattomaksi.

Tutkimuksessa havaittiin heikohkoa korrelaatiota (R^2 -korrelaatiokerroin lineaariselle riippuvuudelle noin 0,5) aktiivihiilisuodattimen TOC-reduktion ja aktiivihiilisuodatetun veden johtokyvyn välillä (kuva 11). Johtokykymittausten data hyödyntäminen edellyttää johtokyvyn nousun syyn parempaa ymmärtämistä.

Havaittiin, että aktiivihiihluodattimen jälkeinen johtokyky seuraa tietynlaista trendiä, jossa johtokyky nousee ensin tietylle tasolle ja alkaa sieltä hitaasti laskea (kuvat 19 ja 22).

Aktiivihiihluodattimen jälkeisen sekavaihtimen tehtävä on alentaa aktiivihiihluodattimessa noussut johtokyky takaisin hyväksyttävälle tasolle. Sekavaihdin poisti orgaanista hiiltä noin 10 - 20 % kun sekavaihtimeen pääsi epähuomiossa pieni määrä aktiivihiihltä ja aktiivihiihden likaista huuhteluvettä. Tällöin sekavaihtimen toimintamekanismi ei todennäköisesti ollut ioninvaihto. Vaihdettaessa sekavaihtimeen uusi ioninvaihtomassa, efekti poistui. Sekavaihdin ei tulosten perusteella tavallisesti alentanut TOC:ta merkittävästi.

6.1.3. Suodattimen biologisen aktiivisuuden herätys ja merkityksen arviointi

Aktiivihiihluodattimen biologista aktiivisuutta tutkittiin pesäkelukumittauksilla, herätyskokeella ja kuumien lauhteiden suodatuskokeella.

Pesäkelukunäytteitä kerättiin TSP-vedestä, aktiivihiihluodatetusta vedestä ja koesekavaihtimen jälkeisestä vedestä. Pesäkeluku kasvaa aktiivihiihluodattimessa, mutta luvut ovat hyvin pieniä. Pesäkelukumittausten tulosten perusteella aktiivihiihluodattimen biologinen aktiivisuus on vähäistä.

Herätyskokeessa (Oulun Veden Hintan vedenpuhdistuslaitokselta otetun käytetyn aktiivihiihden sekoittaminen uuden hiihden joukkoon) havaittiin hetkellinen kasvu TOC-reduktiossa, joka mahdollisesti liittyy käytetyn aktiivihiihden mukanaan tuomaan mikrobikantaan. Vaikutus poistui noin kahden viikon aikana. TSP-veden ravinne- ja orgaanisen hiihden pitoisuudet ovat niin pienet, että biologisen toiminnan muodostuminen ja ylläpito vaikuttavat epätodennäköisiltä.

Kuumien lauhteiden suodatuskokeessa kuumen lauhteen ajaminen suodattimen läpi alensi TOC-reduktiota noin 50 %. Kuumen lauhteen (lähes 100 °C) oletettiin poistavan biologinen aktiivisuus suodattimesta. Pesäkelukumittaukset eivät kuitenkaan tue tulkintaa, jonka mukaan suodattimen toiminta olisi jopa 50 % biologinen.

Yhteenvedona voidaan todeta, että aktiivihiihluodattimen toimintamekanismi vaikuttaa olevan käytännössä täysin adsorptioon perustuva. Biologisen aktiivisuuden herättäminen näyttäisi olevan mahdollista, mutta vaikutus on suhteellisen lyhytkestoinen.

6.1.4. Ominaispinta-alamääritykset

Ominaispinta-ala määritettiin käyttämättömästä, noin 4 kk ja noin 1 kk käytössä olleista AQUACARB 607C 14X40 -aktiivihiihinäytteistä. Käyttämättömän aktiivihiihden ominaispinta-ala vastasi valmistajan ilmoitusta. Käytettyjen aktiivihiihden pinta-alassa ei havaittu merkittäviä

muutoksia (ks taulukko 6). Johtopäätöksenä voidaan sanoa, ettei aktiivihiihen ominaispinta-ala alentunut, mikä kertoisi huokosten tukkeutumisesta ja alentuneesta adsorptiokapasiteetista.

6.1.5. Kokojakaumamääritykset

Kokojakaumamääritysten perusteella Oulujoen vedessä on selvää vaihtelua orgaanisen aineen koostumuksessa. Tuloksissa näkyy koagulaatio-flokkaus-flotaatiovaiheiden orgaanista ainesta pilkkova vaikutus (kuva 23), joka ei todennäköisesti ole ko. vaiheiden toiminnan kannalta optimaalista. Mielenkiintoista on, että kokojakaumamääritysten perusteella AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiihi toimisi merkittävästi tehokkaammin kuin GPC-LF 12X40 -aktiivihiihi orgaanisten yhdisteiden poistossa (kuvat 28 ja 29). Eroa ei ole havaittavissa TOC-mittausten perusteella. Koesekavaihdin vaikuttaisi hieman vapauttavan orgaanista ainesta, mikä voi olla mahdollisesti näytteenotosta aiheutunut virhe (kuva 30).

6.1.6. LC-OCD-määritykset

LC-OCD-määritysten perusteella aktiivihiihisuodattimien poistamia orgaanisia yhdisteitä pystyttiin karakterisoimaan. Aktiivihiihisuodatin vaikutti poistavan muita orgaanisten yhdisteiden fraktioita paitsi biopolymeerejä melko tehokkaasti. Biopolymeerien huonompi poistoteho voi johtua niiden koosta: toisenlaista huokoskokoa oleva aktiivihiihi mahdollisesti voisi poistaa niitä tehokkaammin.

6.1.7. Pitkän aikavälin seurantakoe (aktiivihiihen käyttöjakson pituus)

Aktiivihiihen TOC-poistoteho pysyi lähes vakiona koko 11 kuukauden koejakson ajan. Tämä näkyi sekä TOC-mittauksissa, että LC-OCD-määrityksessä, joka tehtiin noin 10 kuukautta pitkän aikavälin kokeen alettua. Aktiivihiihen käyttöjakson pituudesta voi tämän tutkimuksen perusteella todeta, että se on ainakin 11 kuukautta.

6.1.8. Tehdasmittakaavan aktiivihiihikoe

Tehdasmittakaavan koe kesti noin kolme kuukautta. Sinä aikana TOC-poistoteho oli noin 40 – 65 %, mikä vastasi pilot-kokeiden poistotehoa. Johtokyky nousi aktiivihiihisuodattimessa myös samoin kuin pilot-kokeissa. Tehdasmittakaavan kokeessa mitattiin aktiivihiihisuodatetun veden silikaattipitoisuutta, joka nousi huomattavasti: noin tasolle 200 mg/l aluksi. Kahden viikon aikana

silikaattitaso aktiivihiihluodotetussa vedessä laski tasolle noin 20 mg/l. Aktiivihiihluodotinta seurannut sekavaihdin poistaa vapautuneen silikaatin ja sen rooli onkin tästä syystä erityisen tärkeä.

6.2. Oulun soodakattilan ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierron TOC-, asetaatti- ja formiaattipitoisuudet

Mitatut TOC-pitoisuudet olivat liian suuria suosituksiin ja kattiloissa käytettäviin paineisiin nähden. Kahden mittaussarjan (taulukot 11, 12 ja kuva 32) välillä oli aika suurta vaihtelua. Huomattavan suuri on taulukossa 11 esitetty lisäveden TOC-pitoisuus. Todennäköisesti tuloksessa on virheellisyyttä.

Asetaatti- ja formiaattipitoisuuksien mittaus ionikromatografilla kertoi orgaanisen aineksen hajoamisasteesta. Ensimmäisen näytesarjan mitatut pitoisuudet (taulukko 11) olivat yllättävän pieniä ja toisessa mittaussarjassa (taulukko 12) ei asetaattia ja formiaattia havaittu kuin ainoastaan kattilavedestä.

6.3. UV-kokeet

UV-valon käyttöä TOC:n hajotuksessa kokeiltiin yhteistyössä Hanovian (UV-lamppuvalmistaja) kanssa. Suurin kokeissa saavutettu TOC-reduktio oli noin 30 % (käytössä yksi UV-kammio ja keskipainelamppu). Kokeissa selvitettiin myös seuraavien tekijöiden vaikutusta TOC-poistotehoon:

- Viipymäaika UV-reaktorissa eli UV-säteilyannos.
- Lampun tyyppi (matalapaine- ja keskipainelamppu).
- TiO₂-katalyytti.
- Vetyperoksidin käyttö hapettimena.

Tutkituista tekijöistä mikään ei oleellisesti parantanut TOC-poistotulosta. Vetyperoksidikokeen toteutus tosin epäonnistui, sillä käytetty putkimateriaali vapautti veteen muovinlisäaineita, mikä näkyi kohonneena TOC-pitoisuutena.

Tehtyjen kokeiden perusteella UV-käsittely TOC:n poistomenetelmänä soodakattilan lisävedestä ei ole kilpailukykyinen suuren energiankulutuksen ja alkuinvestoinnin vuoksi.

7. Jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksessa avoimiksi tai osittain epäselviksi jääneitä kysymyksiä olivat:

- Aktiivihiiilen käyttöjakson pituus: 11 kuukauden mittaisen koejakson aikana ei vielä ehtinyt tapahtua selkeää muutosta TOC-poistotehossa.
- Aktiivihiiilen toimintamekanismi (oletus: adsorptio) ionivaihdetuissa vesissä ja johtokyvyn nousun täsmällinen syy.

8. Lähdeluettelo

1. Luukkonen T. *Soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen vähentäminen*, pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, Oulu, 2010.
2. Chemviron Carbon *Mini-Cyclesorb MS20 -esite*, Calcon Carbon Corporation, 2001.
3. Legros, E. (toim.) *Laboratory evaluation of granular activated carbon for liquid phase applications*, Chemviron Carbon, Belgium.
4. Huber, S.A. *PowerPlant Chemistry* 2006, 8, 105-116.
5. DOC Labor Dr. Huber, *www-sivusto*, <http://www.doc-labor.de/> (haettu 15.12.2010).

LIITE 13

**SKYREC: Reduction of TOC in recovery boiler makeup water – article
Powerplant Chemistry 2/2012**

Reduction of Organic Carbon in Demineralized Make-up Water with Activated Carbon Filtration

Tero Luukkonen, Reijo Hukkanen, Jaakko Pellinen, Jaakko Rämö, and Ulla Lassi

ABSTRACT

Organic compounds in the water-steam cycle are an emerging issue at recovery boiler plants. Decomposition products of organic compounds, mainly organic acids with low molecular weight and carbon dioxide, are often related to corrosion. Removal of organics from recovery boiler make-up water with activated carbon (AC) was investigated both in pilot and full scale experiments. AC was used in a novel way to remove organic compounds from demineralized water. AC is conventionally used before demineralization, but when implemented later in the process the lifetime of AC can be extended. Total organic carbon (TOC), conductivity, silica concentration and composition of organic compounds were monitored during the experiments. Results show that AC filtration is a suitable technology for TOC removal from demineralized water. A TOC reduction of 38–70 % was achieved. Mixed-bed ion exchange after the AC filters proved to be necessary to remove conductivity, which was increased in the AC bed.

INTRODUCTION

Recovery boilers are an essential part of pulp mills using sulphate process. They have two separate functions: recovery of pulping chemicals and steam production by combustion of waste materials (black liquor) [1]. Recovery boilers which supply steam to many separate processes, resulting in incomplete recovery and losses of condensate, are often integrated as part of a large factory complex. Therefore large quantities of make-up water are needed. Make-up water requirements can be up to 50–70 kg · s⁻¹ and even relatively very small amounts of impurities (e.g. organic compounds) present in the make-up water can have dramatic negative effects on the operation of a water-steam cycle. Mathews [2] lists organic compounds in the cycle as one of the most important challenges in water-steam cycle chemistry.

Organic compounds in the make-up water originate from raw water (mainly natural organic matter, NOM), organic internal water treatment chemicals and impurities (lubricants, oils, degraded ion exchange resins etc.) [3–5]. Organic compounds decompose at high temperatures and pressures of the water-steam cycle. End products are low molecular weight organic acids (mainly formic and acetic acid), ammonia and carbon dioxide [4]. Organic acids and carbon dioxide are related to corrosion in a water-steam cycle although there is some controversy on their relevance [6,7]. One of the reasons for the aggressive corrosive nature of the decomposition products is the absence of a balancing counter cation for formed anions

(e.g. formiate and acetate). Anionic decomposition products also mask cation conductivity measurements, preventing the detection of the potentially more corrosive chloride and sulphate [3,4]. Organic compounds can also contain harmful contaminants such as chloride and release them in decomposition processes [8].

The recommended limit for total organic carbon (TOC) in the make-up water is usually 100–200 µg · L⁻¹, depending on the operating temperature and pressure of the boiler [9,10]. There is a need to operate recovery boilers as well as other steam electric power plants at higher temperatures and pressures in order to produce electricity that is more energy efficient. The higher the temperature and the pressure, the greater the decomposition of organic compounds that occurs. Therefore TOC removal efficiency has a link to energy efficiency.

Over 90 % of organic compounds are typically removed with the combination of conventional chemical water treatment and demineralization processes. There are however electrically neutral fractions (e.g. polysaccharides, proteins and low molecular weight compounds) present in surface waters that remain in the produced make-up water [8]. As a result, conventional demineralization performed by ion exchange cannot remove these fractions effectively [8]. Currently, there are a number of processes that can produce very low TOC level water: reverse osmosis (RO), electrodeionization (EDI) and short wavelength

UV radiation [11–13]. However, the production of high volumes of demineralized water can be expensive with these techniques.

In boiler water treatment granular activated carbon (AC) filters are conventionally used as a last step before demineralization whilst powdered AC can also be used after the coagulation phase in a water treatment process [8, 14]. AC can effectively remove organic compounds (especially high molecular weight species) by adsorption and by operating as a bioreactor. The biological mechanism requires certain levels of nutrients in the water before accumulation of microorganisms is sufficient. However the question of microorganisms contaminating treated water often arises if the water to be treated is very pure.

In this study demineralized water was treated further with an AC filter followed by a mixed-bed ion exchanger (MB). There was also a subsequent AC filter after the MB unit. TOC reductions were monitored for 11 months and 3 months in pilot scale filters (Figure 1) and full scale AC filters (Figure 2), respectively. Our goal was to evaluate whether AC can be used to treat demineralized water in order to reduce the residual TOC level without posing a risk of contaminating the water with, for example, microorganisms. We also hypothesized that the operation time of an AC filter could be very long due to low levels of TOC in the influent water.

EXPERIMENTAL

Experimental Setup

The first part of the experimental work was to determine the TOC removal efficiency of an existing water treatment process (plant A) and to compare that with two other water treatment processes (plants B and C) using the same raw water source (the Oulu River). Process schemes of the studied processes are shown in Figures 3–5.

Two pilot scale AC filters and a mixed-bed ion exchange (MB) unit were installed inside a stream at plant A as shown in Figure 1. The volumes of the filters were 34 L

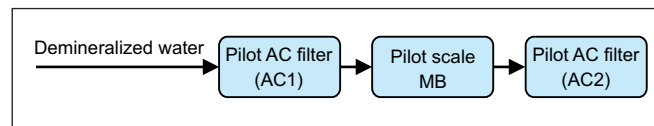


Figure 1:

Testing scheme of pilot scale activated carbon filters (AC1 and AC2) and mixed-bed ion exchanger (MB). Demineralized water was taken from phase 6 in Figure 3.

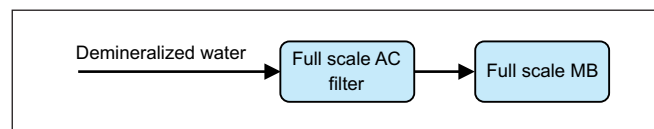


Figure 2:

Testing scheme of full scale activated carbon filter (AC) and mixed-bed ion exchanger (MB). Demineralized water was taken from phase 6 in Figure 3.

(AC2), 18 L (MB) and 18 L (AC1). The ACs used in the experiments were acid washed low ash content CPG-LF 12X40 (AC1 filter) and AQUACARB 608C 12X40 (AC2 filter). The AC beds were wetted for about 24 h and then rinsed continuously until online conductivity measurements settled at a constant value. The MB resin used in the experiment was Purolite MB 400, and the flow at each filter was maintained constant at $1.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ with rotameters. Samples for TOC analysis and side stream for online conductivity measurements were taken after each unit. The AC filters were monitored over the period 18.12.2010 – 12.10.2011.

A full scale AC filter (old anion exchanger tank, volume 3.86 m^3) was also studied at plant A, whose testing scheme is shown in Figure 2. The AC used in the full scale experiment was AQUACARB 608C 12X40. Once again the AC bed (volume 2.2 m^3) was wetted and rinsed in the same way as the pilot scale AC filters. Flow to the AC filter was approximately $8 \text{ L} \cdot \text{sec}^{-1}$. Conductivity and silica were monitored online and TOC samples were taken before and after the AC filter and MB unit. The full scale AC filter was monitored over the period 23.3.2011 – 6.7.2011.

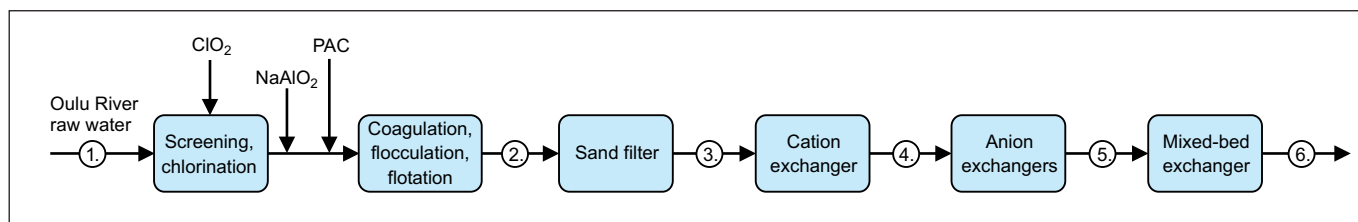


Figure 3:

Plant A water treatment process.

PAC polyaluminium chloride

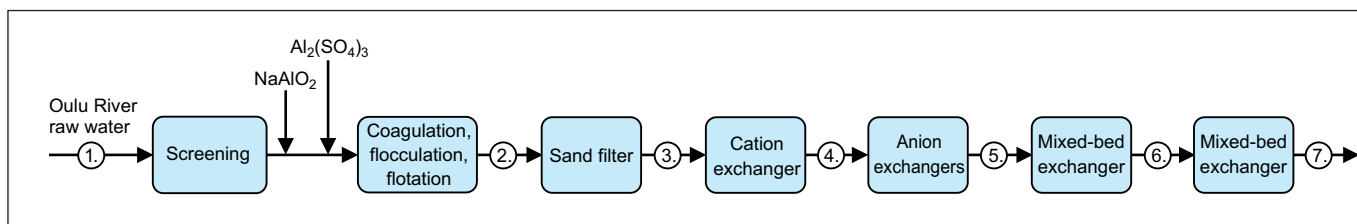


Figure 4:
Plant B water treatment process.

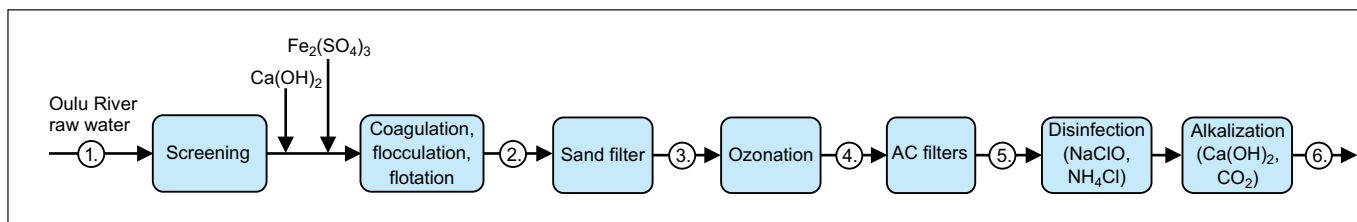


Figure 5:
Plant C water treatment process.

Chemical Analysis

The total organic carbon (TOC, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) of the water samples was measured with a Sievers 900 Portable TOC analyser according to the manufacturer specifications. TOC samples were collected in acid washed (1 h soaking in 10 % HNO_3 and rinsed with ultrapure water) vials and preserved at 4 °C before being measured. Control solutions with known TOC concentrations were prepared from glucose and measured occasionally to control the proper operation of the analyser. The analyser was also flushed carefully with ultrapure water before measurements to avoid contamination from the instrument itself.

The conductivity of the influent and AC filtered water was monitored online (Kemetron online conductivity probe) and the values were logged directly to a computer. Conductivity data was then manually edited to remove peaks which were the result of regeneration of ion exchange units or stopping of the water flow. Silica concentrations were also monitored online (Bran & L  bbe 6-channel analyser) during full scale AC tests.

The compositions of selected water samples were determined with the liquid chromatography – organic carbon detection (LC-OCD) method, which possesses a detection limit of $1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ as TOC. Details of the LC-OCD method are explained in [15]. Samples were again collected in acid washed bottles and preserved at 4 °C before being analysed.

RESULTS AND DISCUSSION

Comparison of Water Treatment Processes Using the Same Raw Water Source

Plant C (Figure 5) supplies potable water while plants A and B (Figure 3 and 4) produce demineralized process water. The main differences in the processes are the coagulation-flocculation chemicals employed and the use of an ozone-AC combination at plant C. A comparison of the results of the three water treatment processes is shown in Figure 6. The comparison is based on three series of samples collected over the period 24.09.2009 – 20.10.2009.

As expected, raw water at all three plants had practically the same TOC level ($11.7\text{--}11.9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) during the sampling period. There is a remarkable seasonal TOC variation in the Oulu River as shown in Figure 7. Plant C has a more efficient coagulation-flocculation-flotation stage (78 % TOC reduction) than plants A and B (71 % reduction). One possible reason for this is the ferric sulphate coagulation chemical used at plant C since ferric-based coagulants generally remove NOM better than aluminium-based chemicals [16–18]. AC filtration at plant C only reduced the TOC level by 17.4 %, which was due to long operation cycles. The AC filter had already been in use for 4.5 years at the time of sampling. The ion exchange series at plants A and B removed a substantial part of the remaining TOC. As expected anion exchangers removed most of the TOC since electrically charged NOM is usually anionic because of carboxyl groups. Finally the MB exchangers acted as polishing filters and removed 69 % of the remaining TOC present at plant B and 5.2 % present at plant A. It is possible that anion exchangers were not working efficiently at plant B during the sampling.

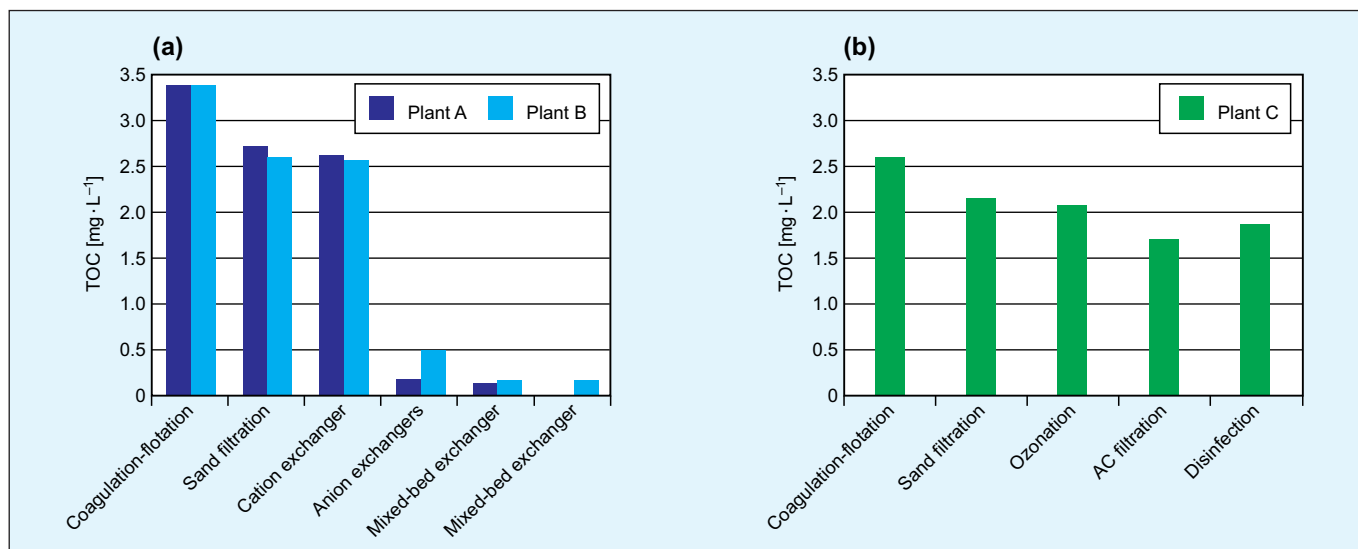


Figure 6:

Comparison of TOC levels after each process stage for all three water treatment plants using the Oulu River as a raw water source. Samples were collected between 24.9.2009 – 20.10.2009.

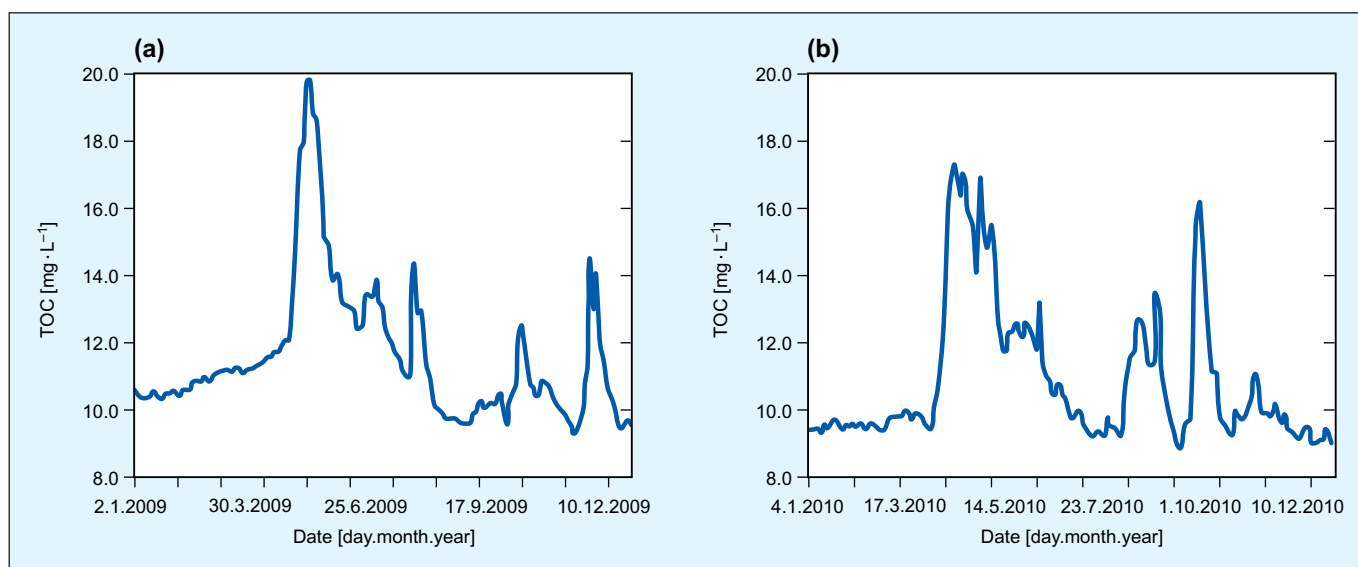


Figure 7:

Oulu River TOC levels in 2009 (a) and 2010 (b).

Data was provided by Oulu Waterworks.

Activated Carbon Filtration

The results of TOC measurements during the pilot scale AC filter tests are presented in Figure 8a. Overall, the first AC filter removed 38–70 % of TOC, the MB unit up to 12 % and the second AC filter up to 13 %. Furthermore, the MB unit and especially the second AC filter occasionally increased the TOC level (Figure 8a). The role of the second AC filter after the MB unit seems to be insignificant in terms of TOC reduction, however dissolved organic carbon (DOC) levels measured with the LC-OCD method showed that the second AC filter removed a sub-

stantial part of residual DOC (Table 1). The role of the MB unit is important since conductivity increases extensively in an AC filter (Figure 9a). The MB unit removes ionized inorganic material which is released from the AC bed. However, the identity of this ionized material remains unclear.

TOC reductions measured in the full scale AC filter are shown in Figure 8b. The TOC reductions were between 40–65 % and were slightly higher than those measured with the pilot scale filters. The conductivity of filtered water (Figure 9b) increased similarly as with the pilot scale

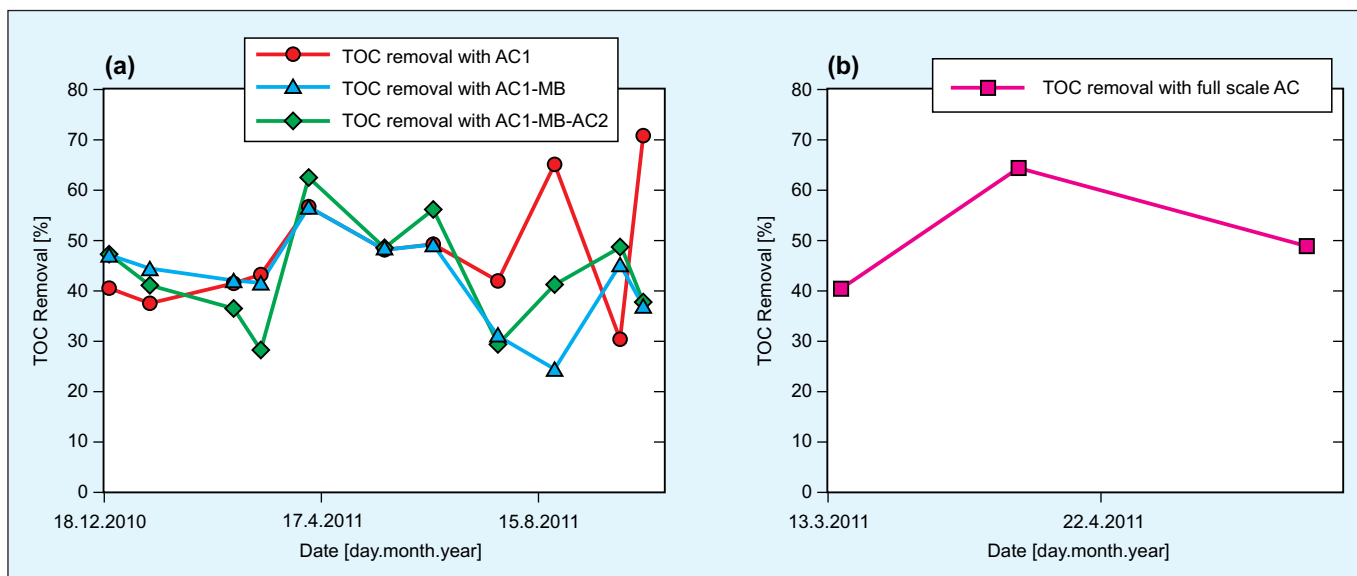


Figure 8:
TOC measurement results of pilot (a) and full scale AC filter tests (b).

	DOC	Hydrophobic	Hydrophilic				
			Biopolymers	Humic substances	Building blocks	LMW neutrals	LMW acids
Raw water	7 832	635	155	4 758	1 267	976	41
Chemically treated water	3 136	541	56	803	1 038	698	n.d.
Demineralized water	155	29	22	n.d.	26	72	5
AC1 filtered water	62	2	18	n.d.	9	31	3
After pilot MB	125	n.d.	32	n.d.	30	49	14
AC2 filtered water	37	n.d.	14	n.d.	5	17	2

Table 1:
Composition of organic compounds in different parts of the plant A water treatment process. Samples were collected on 22.9.2011. All concentrations are stated in $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
n.d. = not detectable ($< 1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); LMW = low molecular weight

filters and so a subsequent MB unit was needed to reduce conductivity. The conductivity sensors used were not as accurate as the ones used with the pilot scale experiments so the actual conductivity values (Figure 9b) are not comparable with the readings in Figure 9a. The silica level of filtered water (Figure 10) was initially $212 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ with a new AC bed, however it took about 14 days for the silica levels to settle to a constant value of $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. By positioning the MB unit after the AC filter, the remaining silica was reduced to a concentration of $0.002\text{--}0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

It was hypothesized that if an AC filter could operate biologically, then the conductivity increase would be due to the conversion of organic carbon to carbonate. However, colony forming unit (CFU) counts of the AC filtered water showed that there was no or insignificant biological activity. The CFU increase in the AC filter was

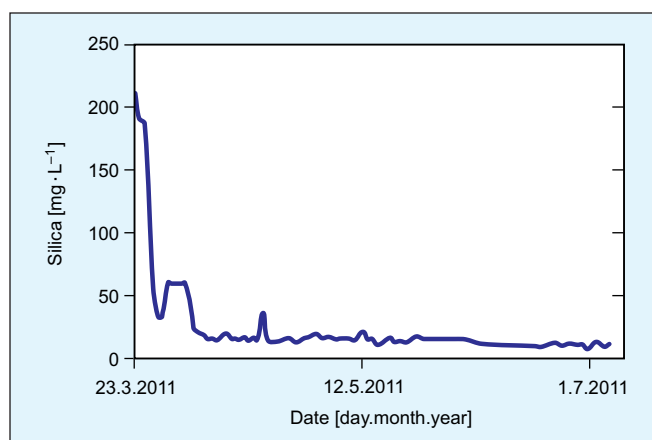


Figure 10:
Online silica measurement results of water after full scale activated carbon filter.

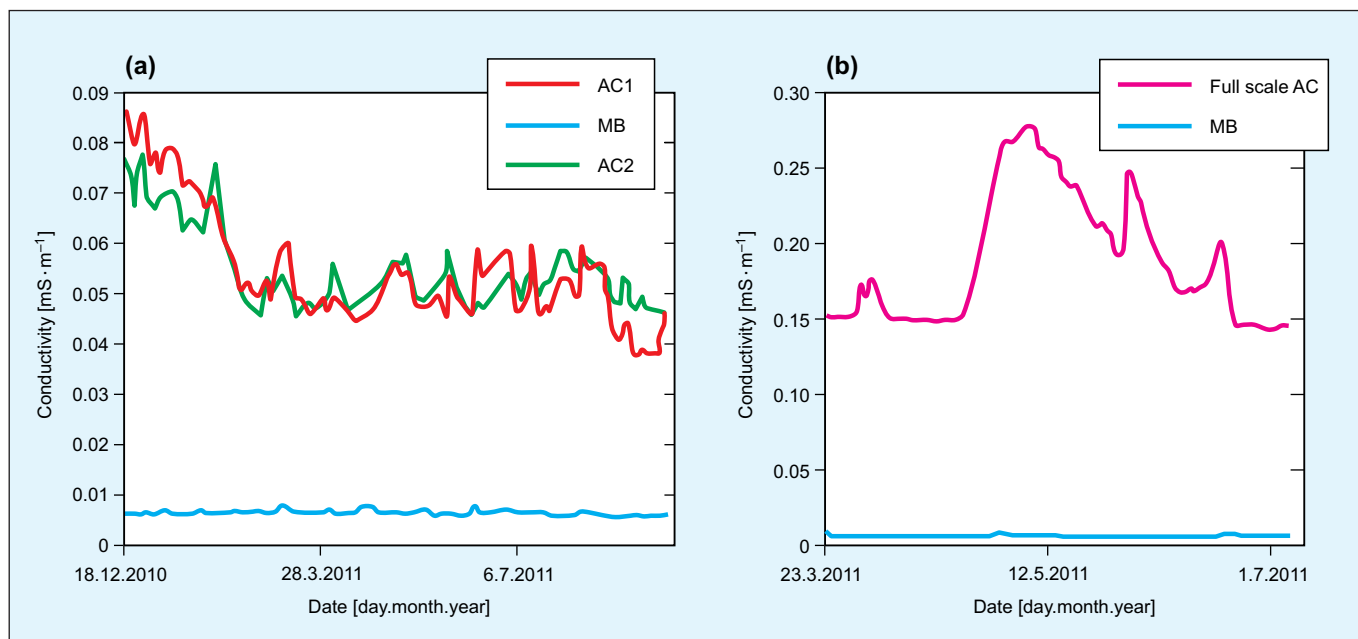


Figure 9:

Conductivity of water:

- a) after pilot scale activated carbon filters (AC1 and AC2) and mixed-bed ion exchanger (MB), and
 b) after full scale activated carbon filter (AC) and mixed-bed ion exchanger (MB).

	DOC	Hydrophobic	Hydrophilic				
			Biopolymers	Humic substances	Building blocks	LMW neutrals	LMW acids
Raw water	8 410	n.d.	169	5 833	1 259	1 140	9
Chemically treated water	2 646	100	74	835	1 009	619	8
Demineralized water	145	n.d.	21	n.d.	20	102	2
AC1 filtered water	109	n.d.	23	n.d.	15	70	n.d.
After pilot MB	86	n.d.	22	n.d.	12	51	1

Table 2:

Composition of organic compounds in different parts of the plant A water treatment process. Samples were collected on 9.12.2010. All concentrations are stated in $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

n.d. = not detectable ($< 1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); LMW = low molecular weight

only 25 CFU per ml maximum. Furthermore the nutrient content of demineralized water is too low to allow microorganisms to accumulate. This is actually beneficial as microbial activity in the AC bed could possibly endanger the water quality.

Composition of Organic Compounds

The compositions of organic compounds at different stages of the plant A water treatment process are shown in Tables 1 and 2. Organic compounds are divided into hydrophobic and hydrophilic fractions, in which the latter is divided into biopolymers ($> 20\,000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$),

humic substances ($1\,000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), building blocks, e.g. decomposition products of humic substances, ($300\text{--}500 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), low molecular weight (LMW) neutrals ($< 350 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) and LMW acids ($< 350 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

Raw water has high levels of humic substances as do most Finnish surface waters. The problematic fractions are biopolymers, building blocks and LMW neutrals, which comprise 1/6 of the DOC. These fractions are characterized by an electrically neutral structure, which is the reason why ion exchange cannot remove them effectively. The AC and MB units remove these fractions in part, resulting in a DOC level of $86 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Table 2) in the produced water. After about 10 months of continuous use

other sets of samples were analysed and it was discovered that the AC1 filter performance had actually improved. However, the pilot MB unit has started to release organic material, probably because it has reached its ion exchange capacity. Interestingly though, AC2 removes a substantial part of the residual DOC, which can't be seen with the TOC measurements (Figure 8a). The final DOC concentration with an AC-MB-AC set-up is comparable to the DOC achieved with reverse osmosis.

CONCLUSIONS

Based on the results of pilot and full scale AC filtration experiments, the following conclusions can be made:

- Activated carbon filtration with acid washed AC is a suitable method for the reduction of residual TOC in demineralized water both in pilot and full scale.
- TOC removal of 38–57 % was achieved in activated carbon filter produced water; the TOC level ranged between 150–200 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. DOC determined with the LC-OCD method was between 62–109 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
- With the AC-MB-AC set-up, as low as 37 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ of DOC was achieved after 10 months of continuous operation.
- Organic fractions removed with AC were mainly decomposition products of humic substances (so-called building blocks) and low molecular weight neutral organic compounds.
- The AC bed releases silica and substantially increases the conductivity of the water.
- The AC filter needs a subsequent mixed-bed ion exchanger, which acts as a polishing filter. The role of the mixed-bed unit is to reduce conductivity and remove silica.
- There was no sign of reduction in the TOC removal efficiency in the pilot scale AC filters during the test period of 11 months.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the Finnish Recovery Boiler Committee SKYREC project, the CEWIC project, Stora Enso Oyj and Aquator. We gratefully thank these bodies for their financial support. The authors also wish to thank Mr. Ilkka Laakso (Stora Enso Oyj), Mr. Lauri Määttä (Kemira Chemicals Oy), Mr. Jarmo Lahtinen (Oulun Vesi) and Mr. Ville Komulainen (Oulun Vesi) for valuable comments and co-operation during the tests. The authors acknowledge the participation of M.Sc. Hanna Runtti and M.Sc. Anne Heponiemi for help with sampling and measurements.

REFERENCES

- [1] Vakkilainen, E., *Recovery Boiler* (Eds.: J. Gullichsen, C. Fogelholm), 1999. Fabet Oy, Helsinki, Finland.
- [2] Mathews, J. A., *PowerPlant Chemistry* 2009, 11(5), 275.
- [3] Robinson, J., Kluck, R., Rossi, A., Carvalho, L., *PowerPlant Chemistry* 2009, 11(11), 690.
- [4] Svoboda, R., *PowerPlant Chemistry* 2009, 11(1), 20.
- [5] Hater, W., Rudschützky, N., Oliviet, D., *PowerPlant Chemistry* 2009, 11(2), 90.
- [6] Daniels, D. G., *Power* 2002, 146, 55.
- [7] Daniels, D. G., *Power* 2006, 150(7), 54.
- [8] Huber, S. A., *PowerPlant Chemistry* 2006, 8(2), 105.
- [9] *Guidelines for Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants/Industrial Plants*, 2004. VGB PowerTech, Essen, Germany, R 455e.
- [10] *Water Quality and Monitoring Requirements for Paper Mill Boilers Operating on High Purity Water*, 1999. Steam & Power Committee of the Engineering Division TAPPI, Norcross, GA, U.S.A.
- [11] Wood, J., *Power Engineering* 2008, 112(9), 62.
- [12] Heijboer, R., van Deelen-Bremer, M. H., Butter, L. M., Zeijseink, A. G. L., *PowerPlant Chemistry* 2006, 8(4), 197.
- [13] Baas, M., *Ultrapure Water* 2003, 20(1), 26.
- [14] Bödeker, J., Gray, R., Gare, S., *VGB PowerTech* 2002, 82(9), 89.
- [15] Huber, S. A., Frimmel, F. H., *Analytical Chemistry* 1991, 63(19), 2122.
- [16] Budd, G. C., Hess, A. F., Shorney-Darby, H., Neemann, J. F., Spencer, C. M., Bellamy, J. D., Hargette, P. H., *Journal of American Water Works Association* 2004, 96(2), 102.
- [17] Matilainen, A., Lindqvist, N., Tuhkanen, T., *Environmental Technology* 2005, 26(8), 867.
- [18] Lovins, W. A., III, Duranceau, S. J., Gonzalez, R. M., Taylor, J. S., *Journal of American Water Works Association* 2003, 95(10), 94.

THE AUTHORS

Tero Luukkonen (M.Sc., Physical Chemistry, University of Oulu, Finland) has been working in water-related research since 2009. He is currently working as a researcher at PAC-Solution Ltd. and also as a doctoral student at the University of Oulu. His present research is focused on the applications of peracetic acid in water and wastewater treatment, but he is also contributing to boiler make-up water treatment research.

Reijo Hukkanen (B.Sc., Energy Technology, Kotka University of Applied Sciences) works as an engineer at the Stora Enso Fine Paper Oulu mill. He has a long working experience with recovery boiler technology and related water systems. He is also the chairman of the Finnish Recovery Boiler Sub-committee.

Jaakko Pellinen (M.Sc., Analytical Chemistry, University of Oulu, Finland) is the managing director at JP-ANALYSIS. He is also a Ph.D. student at the department of chemistry at the University of Oulu. His Ph.D. work is part of a larger co-operation addressing comprehensive water quality management systems. He founded the company JP-ANALYSIS in 2009. This company is active in the water research and treatment areas.

Jaakko Rämö (D.Sc., Process and Environmental Technology, University of Oulu, Finland) has worked at the University of Oulu since 2001, where he transferred from VTT Technical Research Centre of Finland. In addition to private commissions, he has performed academic research, publishing more than 35 scientific articles. His current focus is chemical water treatment, but he is also strongly involved in corrosion phenomena and in chemical analytics.

Ulla Lassi (M.Sc., Chemistry, M.Sc., Chemical Engineering, Ph.D., Chemical Engineering, University of Oulu, Finland) has been the head of the Research Unit of Applied Chemistry and Process Chemistry at the University of Oulu (Finland) since 2006. Her work includes experimental research in the field of material chemistry (especially catalytic materials) in process and environmental applications. She has published more than 40 scientific publications and given a number of conference talks that are relevant to catalysis in exhaust gas and wastewater purification, and catalysis in energy conversion.

CONTACT

Tero Luukkonen
University of Oulu
Department of Chemistry
FI-90014
University of Oulu
Finland

E-mail: tero.luukkonen@pacs.fi