

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattilapäivä 2002

Marina Congress Center, Helsinki

10.10.2002

Raportti 8/2002

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2002

Marina Congress Center, Helsinki, torstai 10.10.2002

OHJELMA

klo 09.00-09.30	Ilmoittautuminen ja kahvi
09.30-09.45	Avaus <i>Eero Ristola, Laminating Papers Oy, ohjelmatyöryhmän puheenjohtaja</i>
09.45-10.15	Lipeän karakterisointi ja sen merkitys <i>Jorma Torniainen, Oy Keskuslaboratorio Ab</i>
10.15-10.45	Burkeittisaostumien muodostuminen <i>Kurt Sirén, Oy Keskuslaboratorio Ab</i>
10.45-11.00	Tauko
11.00-11.30	Kokemuksia ammoniakkia ja hydratsiinia korvaavien kemikaalien käytöstä eri voimalaitoksilla <i>Risto Sonninen, Fortum Engineering Ltd</i>
11.30-12.00	UPM-Kymmene - maailman suurin talteenottolinja <i>Ari Nieminen, Andritz Oy</i>
12.00-13.00	Lounas
13.00-13.30	Soodakattilan rakennusasteen nosto <i>Jukka Suutela, Jaakko Pöyry Oy</i>
13.30-14.00	Increased Pulp Production in Aracruz Celulose, SA, Experiences from RB Retrofits and Ash Leaching <i>Ulf Bergström, Kvaerner Pulping AB</i>
14.00-14.30	Kahvitauko
14.30-15.00	Thermal Deaeration & Boiler Feed Water Quality <i>Albert ter Maat, Stork Thermeq B.V.</i>
15.00-15.30	Materials for High-Efficiency Recovery Boilers in Japan <i>Nobuo Otsuka, Sumitomo Metal Industries Ltd.</i>
15.30-15.45	Tauko
15.45-16.15	Report from the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee <i>Mikael Ahlroth, SNRBC</i>
16.15-16.45	Henkilöturvallisuus <i>Erkki Sohlman, If Vahinkovakuutusyhtiö Oy</i>
16.45-17.00	Yritysesittely <i>Toimitusjohtaja Simo Hassi, Inspecta Oy</i>
17.00-18.30	Cocktailtilaisuus, Inspecta Oy
19.00-	Päivällinen



E Turunen

8.10.2002

1(5)

SOODAKATTILAPÄIVÄ 10.10.2002
RECOVERY BOILER DAY 10.10.2002

Yritys Company	Osallistujat Participants	Luennot Lectures	Päivällinen Dinner
LUENNOITSIJAT LECTURERS			
Laminating Papers Oy, Kotka Ohjelmatyöryhmän puheenjohtaja	Ristola, Eero	x	x
Oy Keskuslaboratorio Ab (KCL), Espoo	Torniainen, Jorma	x	x
Oy Keskuslaboratorio Ab (KCL), Espoo	Sirén, Jorma	x	x
Kvaerner Pulping AB, Sweden	Bergström, Ulf	x	x
Fortum Engineering Ltd, Vantaa	Sonninen, Risto	x	x
Andritz Oy, Varkaus	Nieminen, Ari	x	x
Jaakko Pöyry Oy, Vantaa	Suutela, Jukka	x	x
Stork Thermeq B.V., Netherlands	Ter Maat, Albert	x	x
Sumitomo Metal Industries Ltd, Japan	Otsuka, Nobuo	x	x
Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee, Sweden	Ahlroth, Mikael	x	x
If Vahinkovakuutusyhtiö Oy, Helsinki	Sohlman, Erkki	x	x
Inspecta Oy, Helsinki	Hassi, Simo	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2002
RECOVERY BOILER DAY 2002

Yritys Company	Osallistujat Participants	Luennot Lectures	Päivällinen Dinner
OSANOTTAJAT PARTICIPANTS			
Alstom Finland Oy, Vantaa	Berglund, Nils	x	x
	Luhanka, Sari	x	x
	Pettersson, Ralf	x	x
	Sipolainen Pekka	x	x
	Timonen, Tuomas	x	x
	Tolvanen, Juha	x	x
	Välimaa, Harri	x	x
Andritz Oy, Kotka	Heinola, Ari	x	x
	Heinola, Marja	x	x
	Koskiniemi Juha	x	x
	Kuusio, Marjo	x	x
	Mattelmäki, Esko	x	x
	Teittinen, Markku	x	x
	Tikka, Petri	x	x
Andritz Oy, Varkaus	Anttila, Hanna	x	x
	Hämäläinen, Lauri	x	x
	Paju, Raimo	x	x
	Vihavainen Esa	x	x
Boildec Oy, Vantaa	Karjunen, Timo	x	x
CTS Engineering Oy, Kouvola	Metiäinen Sami	x	x
Enocell Oy, Uimaharju	Matilainen, Juha	x	x
	Räty, Ilpo	x	x
Enwin Oy, Pirkkala	Tamminen, Ari	x	x
If Vahinkovakuutusyhtiö Oy, Helsinki	Mattsson, Bror-Erik	x	x
	Paavonen, Teemu	x	x
	Tukia, Jaakko	x	x
Inspecta Oy, Jyväskylä	Virtanen Markku	x	x
Inspecta Oy, Kouvola	Purho, Heikki	x	x
Inspecta Oy, Lappeenranta	Juvonen, Kari	x	x
	Valtonen, Tapio	x	x
Inspecta Oy, Tampereen toimisto	Lehtonen, Lasse	x	x
Inspecta Py, Varkaus	Kaasinen Veijo	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2002
RECOVERY BOILER DAY 2002

Yritys Company	Osallistujat Participants	Luennot Lectures	Päivällinen Dinner
Jaakko Pöyry Oy, Vantaa	Kankkonen, Sebastian	x	x
	Kohlmann, Jens	x	x
	Kotajärvi, Tarja	x	x
	Parviainen Kari	x	x
	Pekkanen, Markku	x	x
	Rautkorpi, Jyrki	x	x
	Turunen, Eija	x	x
	Vakkilainen, Esa	x	x
Oy Keskuslaboratorio Ab (KCL), Espoo	Järvinen, Risto	x	x
	Niemelä, Klaus	x	x
Kvaerner Pulping Oy, Tampere	Ekholm, Jari	x	x
	Hakulinen Aki	x	x
	Isoniemi, Markku	x	x
	Kylänpää, Jouko	x	x
	Nurminen, Kalevi	x	x
	Raukola, Antti	x	x
	Rautiainen Marko	x	x
	Salmela, Matti	x	x
	Salmi, Kalle	x	x
	Seppänen, Risto	x	x
	Siiskonen, Pekka	x	x
	Wallén, Jonas	x	x
	Wallenius, Katariina	x	x
Kymi Paper Oy, Kuusankoski	Tikka, Matti	x	x
	Suominen, Timo	x	x
Laminating Papers Oy, Kotka	Takala, Matti	x	x
Metso Automation Oy, Tampere	Koskinen Jukka	x	x
	Puhakka Jukka	x	x
	Setälä Ari	x	-
Oy Metsä-Botnia Ab, Joutsenon tehdas	Veitola, Jukka	x	x
	Viinikainen, Jorma	x	x
Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskisten tehdas	Salo, Mika	x	x
	Skrifvars, Kenneth	x	x
	Tuokkola, Timo	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2002
RECOVERY BOILER DAY 2002

Yritys Company	Osallistujat Participants	Luennot Lectures	Päivällinen Dinner
Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehdas	Harila, Pauli Posti, Pekka	x x	x x
Oy Metsä-Botnia Ab, Rauman tehdas	Alamaa, Matti Annala, Kaisu Kiuru, Reijo Korri, Erkki	x x x x	x x x x
Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekosken tehdas	Lindell Kari Saikkonen Ilkka	x x	x x
Ondeo Nalco Finland Oy, Espoo	Ojala Pekka	x	x
Pohto Oy, Lappeenranta	Nikkanen Samuli	x	x
SP Consulting Oy, Tampere	Palkola Seppo	x	X
Stork Thermeq B.V., Netherlands	Spaans, A.	x	X
Stora Enso Oyj, Heinolan Fluting	Sihto, Harri	x	x
Stora Enso Oyj, Imatran tehtaas	Peltola, Seppo	x	x
Stora Enso Oyj, Fine Paper, Oulun tehdas	Hukkanen, Reijo Pihko, Matti Ypyä, Olli	x x x	x x x
Sunila Oy, Sunila	Dufva, Eero Henriksson, Toni Lundén, Petri	x x x	x x x
TKK, Energiatekniikka ja ympäristönsuoje- lu Espoo	Järvinen Mika Miikkulainen Pasi	x x	x x
Turvatekniikan keskus (TUKES), Helsinki	Urho Aarnivuo	x	x
UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas	Kytö, Hannu Lintukangas, Tuomo Maijanen, Jami Virtanen, Olavi	x x x x	x x - x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2002
RECOVERY BOILER DAY 2002

Yritys Company	Osallistujat Participants	Luennot Lectures	Päivällinen Dinner
UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat	Fagerudd, Simon	x	x
	Kojola Heikki	x	x
	Nevala, Pertti	x	x
	Nordbäck, Kaj	x	x
	Saari, Kari	x	x
	Siltala Sanna	x	x
	Wikström, Lars-Martin	x	x
UPM-Kymmene Oyj, Valkeakoski Tervasaari	Kouki, Juha	x	x
	Saarinen Miikka	x	x
Vahinko-Pohjola, Helsinki	Åström, Thomas	x	x
Vattenfall Sähkömyynti Oy, Hämeenlinna	Nieminen, Petri	x	x
VTT Prosessit, Jyväskylä	Mäkipää Martti	x	x
VTT Tuotteet ja Tuotanto, Espoo	Pohjanne, Pekka	x	x
Zellstoff Stendal, Saksa	Heikkinen Pekka	x	x
	Kiimalainen Jorma	x	x
	Söderhjelm Liva	x	-

LIPEÄN KARAKTERISOINTI JA SEN MERKITYS

**JORMA TORNIAINEN
OY KESKUSLABORATORIO AB**

Lipeän karakterisointi ja sen merkitys

Soodakattilapäivä 2002
10.10.2002, Marina Congress Center

Jorma Torniainen, KCL

Mustalipeän ominaisuuksien ja käyttäytymisen tunteminen on oleellisen tärkeää mustalipeän haihdutus- ja polttoprosessien hallinnan sekä haihduttamojen ja soodakattiloiden kehittämisen ja rakentamisen kannalta. Mustalipeän kemiallinen rakenne riippuu pääasiassa raaka-aineista, sekä itse puusta että keittokemikaaleista, käytetyistä keitto-olosuhteista ja nykyisin enenevässä määrin myös suljettujen kiertojen mukanaan tuomista kemikaalivirroista. Mustalipeän kemiallinen koostumus vaikuttaa sen fysikaalisiin ominaisuuksiin, joilla taasen on suuri vaikutus siihen miten lipeä käyttäytyy mm. haihdutuksessa ja poltossa.

Tyypillisen mustalipeän koostumuksesta kaksi kolmasosaa on orgaanista ainesta, kuten ligniinin ja hiilihydraattien hajoamistuotteita, polysakkarideja sekä uuteaineita ja kolmasosa erilaisia epäorgaanisia yhdisteitä, jotka pääosaltaan ovat erilaisia natriumsuoloja, kuten natriumkarbonaattia, -sulfidia -tiosulfaattia, -sulfaattia tai -hydroksidia. Osa epäorgaanisesta aineesta on sitoutunut myös orgaaniseen ainekseen. Mustalipeän epäorgaaniseen osaan kuuluu myös ns. vierasaineet, joista osa rikastuu kemikaalikiertoon. Osa vierasaineista on harmittomia ja ne eivät aiheuta muuta harmia kuin lisäävät inerttiä kuormaa, mutta jotkut vierasaineet sen sijaan aiheuttavat prosessille ongelmia kuten korroosiota, kerrostumia ja energiahäviöitä. Yleisimpiä tällaisia haitallisia vierasaineita ovat varmasti Ca, K, Cl, Al ja Si, jotka aiheuttavat saostumia ja tukkeutumia sekä haihduttamoissa että soodakattilassa. Tyypillinen mustalipeän koostumus on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Mustalipeän koostumus

Alkuaineet	% kuiva-aineesta	Orgaaniset aineet	% kuiva-aineesta
Hiili	34-39	Ligniini	30-45
Vety	3-5	Hydroksihapot	5-35
Typpi	0,04-0,2	Uuteaineet	3-5
Happi	33-38	Etikkahappo	5
Natrium	17-25	Muurahaishappo	3
Rikki	3-7	Metanoli	1
Kalium	0,1-2		
Kloridi	0,2-2		
Muut (Ca, Si, Al, Fe, Mg, Mn jne)	0,1-03		

Mustalipeän perusominaisuuksien selvittäminen vaatii tiettyjä kemiallisia ja fysikaalisia määrittämiä. Kemiallisista määrittämisistä tärkeimpiä ovat kuiva-aine, jäännösalkali, alkuainekoostumus (mm. C, H, N, S, Na), erilaisten anionien, kuten sulfidin, sulfaatin ja karbonaatin pitoisuudet sekä yleisimpien ja haitallisimpien vierasaineiden pitoisuudet. Fysikaalisista määrittämisistä mainittakoon haihduttamon ja soodakattilan kannalta tärkeät kiehumispisteen nousu (BPR), dynaaminen viskositeetti sekä lämpöarvo. Kiehumispisteen nousu ja viskositeetti esitetään useimmiten BPR- tai viskositeettikäyrinä kuiva-aineen funktiona. Viskositeetti voidaan KCL:ssä määrittää korkeissakin lämpötiloissa, aina 170-180 °C:ssa. Mustalipeän viskositeettiin vaikuttaa voimakkaasti sen sisältämä orgaanisen aineksen koostumus ja ennen kaikkea ligniini- ja polysakkaridimolekyylien molekyylipaino. Juuri pitkäketjuiset ligniini- ja polysakkaridimolekyylit aiheuttavat mustalipeälle korkean viskositeetin. Viskositeettia voidaan alentaa mm. lämpötilaa nostamalla, jäännösalkalipitoisuutta säätelemällä (jäännösalkalin oltava riittävän korkea) sekä erilaisilla lämpökäsittelyillä. Kiehumispisteen nousuun (BPR) vaikuttaa taasen voimakkaimmin mustalipeään liuenneet epäorgaaniset yhdisteet. Lämpöarvomäärittämisessä saadaan kuva siitä, miten paljon energiaa vapautuu, kun mustalipeää poltetaan soodakattilassa. Määrittämisessä lipeä poltetaan kalorimetrissä happiatmosfäärissä ja vapautunut lämpömäärä mitataan. Tuloksena saadaan ns. kalorimetrinen lämpöarvo (engl. gross calorific value tai higher heating value, HHV). Kun kalorimetrille lämpöarvolle tehdään ns. vety- ja rikkikorjaukset saadaan tehollinen lämpöarvo (engl. net calorific value tai lower heating value, LHT). Vetykorjaus vastaa vedystä syntyneen veden höyrystymislämpöä ja rikkikorjaus perustuu oletukseen, että kalorimetrissä kaikki rikki on hapettunut sulfaatiksi ja soodakattilassa rikki on täysin pelkistynyt sulfidiksi. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että mitä enemmän mustalipeä sisältää orgaanista ainetta eli mitä pienempi mustalipeän epäorgaanisen ja orgaanisen aineen suhde on, niin sitä suurempi on kalorimetrinen lämpöarvo.

KCL:ssä tehtävät mustalipeämäärittäykset perustuvat valtaosaltaan julkaistuihin menetelmiin, pääasiassa SCAN- tai ns. KCL-menetelmiin, jotka molemmat ovat julkisia menetelmäsarjoja. Taulukkoon 2 on koottu yleisimmät mustalipeän määrittäykset ja niissä käytetyt menetelmät.

Määrittäys	Menetelmä
Kuiva-aine	Kuivaus 105 °C:ssa; SCAN-N 22
Tuhka	Tuhkistus 700 °C:ssa; KCL 59:83
Hiili, Vety, Typpi	Näytteen polttaminen hapessa ja palokaasujen analysointi
Typpi (Kjeldahl)	Kjeldahl-poltto, tislauk ja titraus; mod. menetelmä SFS 5505
Natrium, Kalium	Laimennuksen jälkeen atomiabsorptiospektrofotometrisesti (FAAS); SCAN –N 37:98
Pii, Kalsium, Alumiini	Mikroaaltouunihajotuksen jälkeen atomiemiissiospektrometrisesti (ICP-AES).
Rikki	Schöniger-poltton jälkeen titrimetrisesti; SCAN-N 35:96
Kloori	Polton jälkeen mikrokulometrinen titraus, ns. AOX-laitteisto
Jäännösalkali	Titraus pH-arvoon 11,5; SCAN-N 33:94
Sulfidi	Titraus AgNO ₃ :lla; SCAN-N 31:94
Natriumhydroksidi	Lasketaan jäännösalkalin ja sulfidin perusteella; KCL 67:87
Natriumsulfaatti	Titraus lyijyperkloraatilla; KCL 71:81
Natriumsulfiitti	Titraus HgCl ₂ :lla; KCL 70:83
Natriumtiosulfaatti	Titraus HgCl ₂ :lla; KCL 70:83
Polysulfidi	Titraus HgCl ₂ :lla; KCL 72a:84
Natriumkarbonaatti	Vapautetun CO ₂ :n määrittäminen konduktometrisesti; SCAN-N 32:98
Mäntyöljy	Uutetaan petroolieetterillä, ns. Salzman-Kuiken menetelmä; KCL 207:82
Ligniini	UV-spektrofotometrinen määrittäys
Metanoli + Etanoli	Kaasukromatografisesti käyttäen staattista headspace-tekniikkaa (HS-GC/FID)
Oksalaatti	Ionikromatografisesti
Polysakkaridit	Dialysoinnin ja happohydrolyysin jälkeen ionikromatografisesti
Epäorg./org. aineen suhde	KCL 61:83
Lämpöarvo	Automaattisella kalorimetrillä (kalorimetrinen lämpöarvo)
Viskositeetti	Dynaaminen viskositeetti mitattuna ns. rotaatioviskosimetrillä leikkausnopeudella 288 1/s. Viskositeetti voidaan esittää joko kuiva-aineen tai lämpötilan funktiona.
Kiehumispisteen kohouma (BPR)	Kiehumispiste määritetään lämpötilaksi, jolloin näytteen höyryfaasi ja kiinteä faasi ovat tasapainossa mitatussa lämpötilassa, BPR esitetään kuiva-aineen funktiona.

Jotta mustalipeän kemiallisissa ja fysikaalisissa ominaisuuksissa tapahtuvat muutokset voitaisiin havaita riittävän ajoissa, on suositeltavaa määrittää tietyt ja samat perusanalyysit säännöllisin väliajoin, esim. kaksi kolme kertaa vuoden aikana. Täten saadaan tietoa pidemmältä ajanjaksolta ja näin kootusta tiedosta on hyötyä mahdollisissa korroosiotapauksissa ja muissakin häiriötilanteissa kuten tukkeumien ja saostumien tutkimisessa. Tällaisen datapankin kerääminen tulee entistäkin tärkeämmäksi, kun sellutehtaan vesikiertoja yhä useammin suljetaan, jonka seurauksena jotkut aineet alkavat rikastua kemikaalikiertoon. Suositeltava analyysipaketti sisältäisi ainakin seuraavat määrittäykset: kuiva-aineen, tuhkan, natriumin, kaliumin, rikin, kloorin, hiilen, vedyn, typen, sulfaatin, sulfidin, karbonaatin, jäännösalkalin, oksalaatin sekä lämpöarvon.

BURKEITTISAOSTUMIEN MUODOSTUMINEN

**KURT SIRÉN
OY KESKUSLABORATORIO AB**

BURKEITTISAOSTUMIEN MUODOSTUMINEN

Kurt Sirén, KCL

Mustalipeähaihduttamon lämpöpinnoille muodostuvat natriumsuolakerrostumat, jotka koostuvat pääasiassa burkeittista ja natriumkarbonaatista, vähentävät haihduttamon kapasiteettia heikentämällä lämmönsiirtoa, tukkimalla putkia ja lamelleja sekä vähentämällä tehokasta käyttöaikaa. Ne myös vähentävät voimantuotantoa, ja häiriötilanteissa jopa selluntuotantoa.

KCL:ssä oli vuosina 2000 - 2001 tutkimusprojekti, jossa tutkittiin kemiallisia ja fysikaalis-teknisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat natriumsuolakerrostumien muodostumiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli kohentaa kerrostumamuodostuksen mekanismien ja syiden ymmärtämystä, sekä löytää keinoja kerrostumamuodostuksen vähentämiseksi.

Tekijöitä tutkittiin keräämällä tietoja ja näytteitä tehtailta. Analyysituloksista, haihduttamon rakenteista ja ajo-olosuhteista etsittiin yhteyksiä kerrostumamuodostuksen kanssa. Pääasiallisena kerrostumamuodostuksen mittana käytettiin pesuväliä. Tutkimuksen piiriin otettiin kymmenen haihduttamolinjaa yhdeksässä tehtaassa. Yhteensä tutkittiin 45 yksikköä tai lohkoa.

Mustalipeän natriumpitoisuuden ja kerrostumamuodostuksen välillä ei tullut esille selvää yhteyttä. Eniten määrääväksi kemialliseksi tekijäksi osoittautui sulfaattipitoisuus, mutta ainoastaan kuiva-ainepitoisuusalueessa $< 60 \%$. Suuremmassa kuiva-ainepitoisuudessa karbonaattipitoisuus muodostui enemmän määrääväksi tekijäksi.

Tutkimuksessa laskettiin erilaisia parametrejä, jotka voivat toimia apuvälineinä saostumustaipumusta arvioitaessa ja kerrostumaongelmien diagnostisoinnissa. Sellaisia parametreja ovat esim. IPB ja Adam'sin critical solids.

Muut aineet kuin burkeitin komponentit (natrium, karbonaatti ja sulfaatti) vaikuttivat siten, että kaliumilla oli vähäinen positiivinen vaikutus, kalsium ei osoittanut havaittavaa vaikutusta ja suovasta saatiin indikaatioita positiivisesta vaikutuksesta.

Vastoin odotuksia, tukea ei löytynyt käsitykselle että lentotuhkan mukanaolo haihdutuksessa vähentää kerrostumamuodostusta. Pesuväli oli keskimäärin pitempi yksiköissä joissa ei ollut lentotuhkaa mukana. Emävedellä oli odotuksien mukaisesti vähäinen negatiivinen vaikutus pesuväliin.

Fysikaalis-teknisten tekijöiden osalta tuloksista kävi ilmi, että lipeäkierron lämpötilalla on merkitystä erityisesti $< 60 \%$ kuiva-ainepitoisuudessa. Mitä alhaisempi on lämpötila, sitä vähemmän muodostuu kerrostumia. Lipeätilan ja höyrytilan välinen lämpötilaero eli ΔT on tunnetusti likaantumiseen vaikuttava tekijä. Haihdutusnopeus, eli haihdutettu vesimäärä pinta-alaa ja aikaa kohti, joka liittyy tiiviisti ΔT :hen, vaikuttaa selvästi likaantumiseen.

Lämmönsiirtopinnan tyypin vaikutusta tutkittiin vertailemalla lamelli- ja putkiyksiköitä. Tulokset viittaavat siihen, että lamellityyppi on edullisempi suurimmassa osassa tutkittua kuiva-ainepitoisuusaluetta, mutta putoavafilmi-putkityyppi antoi yllättäen keskimäärin pidempiä pesuvälejä erityisen korkeassa kuiva-ainepitoisuudessa.

Tekijöitä, joita ei voitu tutkia luotettavasti, olivat mm. kierron nopeus, haihdutuspintojen ominaisuudet ja jakolaatikon toimivuus.

**KOKEMUKSIA AMMONIAKKIA JA HYDRATSIINIA KORVAAVIEN
KEMIKAALIEN KÄYTÖSTÄ ERI VOIMALAITOKSILLA**

**RISTO SONNINEN
FORTUM ENGINEERING LTD**

KOKEMUKSIA AMMONIAKKIA JA HYDRATSIINIA KORVAAVIEN KEMIKAALIEN KÄYTÖSTÄ ERI VOIMALAITOKSILLA

1 YLEISTÄ

Ammoniakkia ja hydratsiinia on käytetty kymmeniä vuosia eri tyyppisten höyryvoimalaitosten vesi-höyrykierron peruskemikaaleina. Kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksiensa puolesta nämä kemikaalit soveltuvat erittäin hyvin useimpien höyryvoimalaitosten tarpeisiin. Kummallakin kemikaalilla on kuitenkin omat haittansa ja käyttörajoituksensa, joiden takia eri laitoksilla on jouduttu siirtymään ammoniakkia ja hydratsiinia korvaavien kaupallisten seoskemikaalien käyttöön.

Kaupalliset seoskemikaalit sisältävät aina erilaisia haihtuvia orgaanisia seoskomponentteja, joiden terminen stabiilisuus vaihtelee suuresti. Eräät komponentit ovat termisesti siinä määrin epästabiileja, että ne muodostavat korkeapainekattiloiden käyttöolosuhteissa hajoamistuotteinaan orgaanisia happoja, lähinnä muurahaishappoa ja etikkahappoa, sekä hiilidioksidia. Eräissä tapauksissa nämä hajoamistuotteet ovat lisänneet höyryvoimalaitosten vesi-höyrykierron komponenttien korroosioriskiä sekä mahdollisesti aiheuttaneet korroosioaurioita.

Käytössä olevilla laitoksilla jälkiannostuskemikaalin vaihto hydratsiinia ja ammoniakkia korvaaviin kemikaaleihin ei ole aina ongelmatonta. Tämän takia kemikaalin muutosta suunniteltaessa tulisi aina selvittää kemikaalin soveltuvuus kyseisen voimalaitoksenkäyttöön.

2 HYDRATSIININ JA AMMONIAKIN OMINAISUUDET SEKÄ KÄYTTÖRAJOITUKSET

2.1 Hydratsiinin ja ammoniakin käytön edut ja haitat

Hydratsiinin käytöstä on raportoitu seuraavia etuja ja haittoja:

Edut

- Hydratsiini on tehokas jäännöshapen sitoja.
- Hydratsiini ei muodosta haitallisia hajoamistuotteita eikä reaktiotuotteita. Kattilan käyttöolosuhteissa hydratsiinin hajoamistuotteina muodostuu lähinnä ammoniakkia ja typpikaasua. Hapen kanssa reagoidessaan hydratsiini muodostaa ainoastaan tyypeä ja vettä, jotka eivät vaikeuta vesikemian hallintaa.

Haitat

- Hydratsiini on luokiteltu syöpävaraa lisääväksi kemikaaliksi.

Ammoniakin käytöstä on raportoitu seuraavia etuja ja haittoja:

Edut

- Ammoniakki on termisesti stabiili yhdiste ja se ei muodosta höyryvoimalaitoksen käyttöolosuhteissa haitallisia hajoamistuotteita. Ammoniakki on täysin haihtuva

kemikaali ja oikein käytettynä se antaa hyvän korroosiosuojauksen voimalaitoksen syöttövesijärjestelmässä, kattilassa, turbiinissa sekä lauhdejärjestelmässä.

Haita

- Ammoniakki lisää kuparin ja kuparimetallien korroosiota. Mikäli syöttövesi sisältää vapaata happea ja hiilidioksidia, kuparin ja kuparimetallin ammoniakkikorroosio lisääntyy näiden vaikutuksesta voimakkaasti.
- Ammoniakki on suhteellisen heikko emäs ja sillä on epäedullinen jakaantumisero. Tämän takia se ei pysty täysin neutraloimaan turbiinin kostean höyryn alueella muodostuvia happamia vesipisaroita. Edellä mainittujen ominaisuuksiensa takia ammoniakkia käyttävillä höyryvoimalaitoksilla turbiinin matalapaineosassa esiintyy eroosiokorroosio-ongelmia.
- Ammoniakki on pistävän hajuinen ja jonkin verran myrkyllinen kemikaali.

2.2

Hydratsiinin ja ammoniakin käyttörajoitukset

Hydratsiinin ja ammoniakin käytöstä aiheutuvien haittojen ja riskitekijöiden takia ammoniakille ja hydratsiinille on asetettu seuraavia käyttörajoituksia:

- Ammoniakkia ei tulisi käyttää höyryvoimalaitoksilla, joissa on kuparimetalleista valmistettuja komponentteja.
- Ammoniakkia ei saa käyttää höyryvoimalaitoksilla, jotka tuottavat höyryä panimoteollisuuden, meijeriteollisuuden ja lääkeaineiteollisuuden tarpeisiin.
- Hydratsiinia ei saa käyttää jälkiannostuskemikaalina, mikäli jossakin höyryn kulutuskohteessa höyry voi olla kontaktissa lääkeaineiden, elintarvikkeiden tai niiden kanssa kosketuksiin joutuvien tuotteiden kanssa. Tällaisia tuotteita ovat mm. elintarvike- ja lääkepakkaukset.
- Eräissä maissa hydratsiinin käyttö on kokonaan kiellettyä.

3

KOKEMUKSIA AMMONIAKKIA JA HYDRATSIINIA KORVAAVIEN JÄLKIANNOSTUSKEMIKAALIEN KÄYTÖSTÄ ERI VOIMALAITOKSILLA

Viime vuosien aikoina eräillä seoskemikaaleja käyttävillä höyryvoimalaitoksilla on todettu erilaisia vesikemiaan liittyviä ongelmia, jotka pahimmillaan ovat johtaneet vakaviin putkivaurioihin. Alustavissa selvityksissä on epäilty, että nämä ongelmat ovat ainakin osittain johtuneet voimalaitoksella käytössä olleista hydratsiinia ja ammoniakkia korvaavista seoskemikaaleista.

Seuraavassa esitetään eräitä esimerkkitapauksia hydratsiinia ja ammoniakkia korvaavia seoskemikaaleja käyttäviltä höyryvoimalaitoksilta, joissa on esiintynyt eri tyyppisiä vesikemiaan liittyviä ongelmia tai vauriotapauksia.

Risto Sonninen

20.09.2002

3.1 Tapaus 1: Fortum Engineering Oy:n Unkariin toimittama höyryvoimalaitos

3.1.1 Voimalaitoksen teknilliset tiedot

Lämpövoimalaitosvoimalaitoksella on kaksi kattilaa: höyrykattila ja kaasuturbiinin pakokaasukattila. Kattiloiden käyttöparametrit ovat:

- Tulistetun höyryn paine on 72 bar(g).
- Höyrystinputket ovat vaakaputkia
- Tulistetun höyryn lämpötila on 500 °C.
- Pakokaasukattilassa on kaksivaiheinen tulistus.
- Voimalaitos on vastapainelaitos.

Höyryasiakkaiden lauhteita ei palauteta ja tämän takia voimalaitoksen lisäveden tarve on suuri.

3.1.2 Jälkiannostuskemikaalien valinta

Voimalaitos tuottaa sähköä ja kaukolämpöä sekä myy höyryä ulkopuolisille höyryasiakkaille mm. lääkeaineita valmistavalle tehtaalle. Tämän takia voimalaitoksella ei saa käyttää ammoniakkia eikä hydratsiinia.

Voimalaitoksen jälkiannostuskemikaaleja valittaessa selvitettiin lähes kaikkien saatavilla olevien kaupallisten hydratsiinia ja ammoniakkia korvaavien seoskemikaalien soveltuvuus voimalaitoksen käyttöön. Kemikaalien perusvaatimuksena oli, että niillä on oltava FDA:n hyväksyntä (FDA = Food and Drug Administration) sekä paikallisen viranomaisen lisenssi (OETI Institute licence). Tämän takia suurin osa valintaprosessissa mukana olleista seoskemikaaleista jouduttiin karsimaan jo valintaprosessin alkuvaiheessa.

Kemikaalien alkukarsinnan jälkeen potentiaalisten jälkiannostuskemikaalien valintakriteerinä käytettiin eri seoskemikaalien referenssiluetteloita sekä eri voimalaitoksilta kyseisistä kemikaaleista saatuja käyttökokemuksia. Selvityksen perusteella päädyttiin seuraaviin jälkiannostuskemikaaleihin:

- Syöttöveden, kattilaveden, höyryn ja lauhteen pH:n säätöön valittiin Nalco 1820 kemikaali, joka sisältää mm. seuraavia haihtuvia seoskomponentteja: sykloheksyyliamiinia, morfoliinia ja dietyylietanoliamiinia.
- Hapensidontakemikaaliksi valittiin niukasti haihtuva kemikaali Nalco 1700, joka sisältää lähinnä erytobiinihappoa.
- Kattilaveden pH-arvon säätöön ja höyrystinkierron kerrostumien estoon valittiin trinitriumfosfaatti.

Referenssiluettelon mukaan kyseisiä kemikaaleja on käytetty menestyksellisesti kymmenillä vastaavan paineluokan höyryvoimalaitoksilla.

3.1.3 Voimalaitoksen käyttöönotto

Höyrykattila ja jätelämpökattila peitattiin EDTA-peittausta käyttäen. Peittauksen jälkeen tehtiin kattiloiden magnetiittikalvon kehitysajo ja ulospuhallukset normaalisti. Magnetiittikalvon kehitysajon ja ulospuhallusten sekä kattiloiden käyttöönoton alkuvaiheessa hapensidontakemikaalina käytettiin hydratsiinia erytorbiinihapon asemasta. Muilta osin käytettiin alun perin valittuja jälkiannostuskemikaaleja. Tässä vaiheessa voimalaitoksen vesikemiassa ei havaittu poikkeamia.

3.1.4 Todetut ongelmat

Höyrypuhallusten jälkeen kattiloissa oli teknillisiä ongelmia. Tämän takia ajojaksot olivat erittäin lyhyitä ja kussakin käynnistyksessä jouduttiin käyttämään happipitoista syöttövettä ja tästä johtuen myös normaalia suurempia kemikaalipitoisuuksia. Kattiloiden käyttöönottoa jatkettiin ja muutamia viikkoja myöhemmin pakokaasukattilan kattilaveden pH laski äkillisesti alueelle 6,5 - 7. Trinatriumfosfaatin annostusta lisättiin, mutta tästä huolimatta kattilaveden pH-arvoa ei saatu tasaantumaan normaalille tasolle. Tästä syystä kattila ajettiin alas ja ryhdyttiin selvittämään kattilaveden äkilliseen pH-arvon laskuun johtaneita syitä.

3.1.5 Kattilaveden pH-ongelmaan johtaneiden syiden selvitys

Alustavasti pääteltiin, että kattilaveden pH:n lasku johtui joko lisäveden sisältämistä orgaanisista epäpuhtauksista tai voimalaitoksella käytettävien seoskemikaalien hajoamistuotteina syntyvistä orgaanisista hapoista ja hiilidioksidista. Tämän takia voimalaitoksella käynnistettiin koeohjelma, jossa selvitettiin lisäveden laatua sekä seoskemikaalien mahdollista osuutta kyseiseen ongelmaan.

Lisäveden laadun selvitys

Voimalaitoksen lisävesi valmistetaan voimalaitoksen vanhalla suolanpoistolaitoksella, joka oli modifioitu seuraavasti:

- Vanhat suolanpoistosarjat (3 x vahva kationinvaihdin - heikko anioninvaihdin - vahva anioninvaihdin) automatisoitiin. Sopimuksen mukaan asiakas vastaa siitä, että vanhalta suolanpoistolaitokselta tulevan lisäveden laatu on sopimuksessa esitettyjen laatuvaatimusten mukaista.
- Vanhojen sarjojen jälkeen asennettiin kolme uutta sekaioninvaihdinta. Sopimuksen mukaan toimittaja vastaa siitä, että lisäveden laatu sekaioninvaihtimien jälkeen on sopimuksen mukaista.
- Analyysitulosten perusteella ei voitu täysin pois sulkea vanhan suolanpoistolaitoksen lyhytaikaisia käyttöhäiriöitä ja niistä johtuvia orgaanisten epäpuhtauksien vuotoja, jotka ovat mahdollisesti lisänneet tätä ongelmaa.

Vanhojen suolanpoistosarjojen jälkeen otettiin vesinäytteet standardien mukaisesti ja lähetettiin puolueettomaan laboratorioon yksityiskohtaista analysointia varten. Näytteistä analysoitiin natrium, silikaatti sekä TOC (TOC = total organic carbon). Analyysitulosten perusteella lisävesi oli hyvälaatuista ja orgaanisten epäpuhtauksien pitoisuus oli siinä määrin pieni, että sillä ei ole voinut olla merkittävää osuutta todettuun

kattilaveden pH-ongelmaan. Tämän takia ryhdyttiin selvittämään jälkiannostuskemikaalien mahdollisia haittavaikutuksia.

Selvitys jälkiannostuskemikaalien vaikutuksesta kattilaveden pH-ongelmaan

Jälkiannostuskemikaalien mahdollisten haittavaikutusten selvittämiseksi höyrykattilalla tehtiin kaksi erillistä koetta:

Ensimmäisessä kokeessa vedet vaihdettiin ja syöttöveden pH-arvo säädettiin Nalco 1820 kemikaalilla alueella 9 - 9,1 ja ajoa jatkettiin näissä olosuhteissa noin vuorokauden. Tämän jälkeen lisättiin kemikaalin syöttöä siten, että syöttöveden pH-arvo nousi alueelle 9,4 - 9,6 ja ajoa jatkettiin näissä olosuhteissa noin kaksi vuorokautta. Ensimmäisen koejakson aikana tehtiin seuraavia mittauksia:

- Kattilavedestä mitattiin pH, suora johtokyky, kationinvaihdettu johtokyky, vetypitoisuus ja kokonaisrauta. pH, suora johtokyky ja kationinvaihdettu johtokyky mitattiin jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Kattilaveden vetypitoisuutta seurattiin siirrettävällä vetyanalysaattorilla ja kokonaisrauta analysoitiin voimalaitoksen kemian laboratoriossa.
- Kylläisestä höyrystä mitattiin suora johtokyky ja kationinvaihdettu johtokyky jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Kylläisen höyryn vetypitoisuutta seurattiin siirrettävällä vetyanalysaattorilla ja kokonaisrauta analysoitiin voimalaitoksen kemian laboratoriossa.
- Tulistetusta höyrystä mitattiin suora johtokyky ja kationinvaihdettu johtokyky jatkuvatoimisilla analysaattorilla. tulistetun höyryn vetypitoisuutta seurattiin siirrettävällä vetyanalysaattorilla ja kokonaisrauta analysoitiin voimalaitoksen kemian laboratoriossa.

Kokeen tavoitteena oli saada selville haihtuvan seoskemikaalin sisältämien orgaanisten seoskomponenttien mahdolliset hajoamistuotteet sekä niiden haittavaikutukset.

Ennen toista koejaksoa kattila tyhjennettiin ja täytettiin puhtaalla syöttövedellä, johon oli annostettu ammoniakkia. Kokeen aikana ei käytetty muita jälkiannostuskemikaaleja. Muilta osin kokeet tehtiin kuten edellä. Kokeen tavoitteena oli mitata tavanomaisella ammoniakkivesikemialla saatavat vesi-höyrykieron laatuparametrit.

Koejakson lopulla eri kokeissa saatuja vastaavia analyysituloksia verrattiin toisiinsa. Seoskemikaalien vaikutuksia koskevat johtopäätökset tehtiin tämän vertailun pohjalta.

3.1.6 Koetulokset

Kaupallista seoskemikaalia käytettäessä saatiin seuraavat koetulokset:

- Kattilaveden kationinvaihdettu johtokyky oli noin 3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (normaaliarvo on yleensä selvästi alle 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.)
- Tulistetun höyryn kationinvaihdettu johtokyky oli alueella 4 - 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (normaaliarvo < 0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$.)
- Kattilaveden, kylläisen höyryn ja tulistetun höyryn vetypitoisuudet olivat erittäin korkeita.

Koetulosten perustella tehtiin seuraavat johtopäätökset:

- Nalco 1820 kemikaali ei ollut kattilan käyttöolosuhteissa termisesti stabiili. Höyrystimessä ja eteenkin tulistimissa kemikaali muodosti hajoamistuotteinaan orgaanisia happoja.
- Koejakson aikana höyrystimen korroosionopeus oli normaalitilanteeseen verrattuna 10-kertainen ja tulistimien korroosionopeus jopa 100-kertainen. Voitiin päätellä, että kyseisen seoskemikaalin jatkuva käyttö olisi varmuudella johtanut vakaviin korroosio-ongelmiin sekä kattilassa että turbiinissa.

Ammoniakkia käytettäessä saatiin seuraavat tulokset:

- Kattilaveden kationinvaihdettu johtokyky laski noin 20 tunnissa arvosta 3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alueelle $< 1 \mu\text{S}/\text{cm}$.
- Tulistetun höyryn kationinvaihdettu johtokyky laski tasaisesti alueelta 4 - 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alueelle $< 1 \mu\text{S}/\text{cm}$ noin 20 tunnin ajojakson jälkeen.
- Kattilaveden, kylläisen höyryn ja tulistetun höyryn vetypitoisuus laski ajojakson aikana varsin hitaasti. Voitiin päätellä, että magnetiittikalvon alla oli yhä orgaanisia happoja, jotka poistuivat hitaasti piiristä.

3.1.7 Johtopäätökset

Koetulosten perusteella voitiin todeta erittäin selvästi, että Nalco 1820 kemikaalia ei voida käyttää voimalaitoksen jälkiannostuskemikaalina. Seoskemikaali ei ollut termisesti riittävän stabiili ja se muodosti kattilan käyttöolosuhteissa runsaasti orgaanisia happoja, jotka lisäsivät voimakkaasti höyrystimen, tulistimen ja turbiinin korroosionopeutta.

3.1.8 Korjaavat toimenpiteet

Voimalaitokselle jouduttiin etsimään uusi kattilan käyttöolosuhteisiin soveltuva seoskemikaali. Tämän takia otettiin yhteyttä lähes kaikkiin kemikaalien valmistajiin, joilta pyydettiin yksityiskohtaiset tiedot heidän tuotteidensa kemiallisesta koostumuksesta ja kemiallisista ominaisuuksista.

Selvitystyössä todettiin, että ongelma johtui Nalco 1820 kemikaalin sisältämästä dietyylietanoliamiinista, joka kattilan käyttöolosuhteissa muodosti haitallisissa määrin orgaanisia happoja. Tämän takia uudeksi kemikaaliksi valittiin saman kemikaalitoimittajan kaupallinen tuote Nalco 358 kemikaali, joka ei sisällä kyseistä seoskomponenttia. Muilta osin Nalco 358 kemikaalin kemiallinen koostumus oli sama kuin aikaisemmin käytetyllä Nalco 1820 kemikaalilla.

Nalco 3508 kemikaalin koeajo aloitettiin viime joulukuun alussa. Koeajon aikana voimalaitoksen vesikemiaa seurattiin erittäin tarkasti. Koeajon aikana kattilaveden, kylläisen höyryn, tulistetun höyryn ja lauhteen laatu ovat olleet kattiloiden jaksottaisesta käytöstä huolimatta olosuhteet huomioon ottaen hyväksyttävällä tasolla. Tulistetun höyryn kationinvaihdettu johtokyky on ajotilanteesta riippuen vaihdellut alueella

Risto Sonninen

20.09.2002

0,4 - 0,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tämän perusteella voitiin päätellä, että Nalco 358 kemikaalia voidaan käyttää turvallisesti voimalaitoksen jälkiannostuskemikaalina.

3.2 Tapaus 2: Fortum Engineering Oy:n Thaimaahan toimittama höyryvoimalaitos

3.2.1 Voimalaitoksen teknilliset tiedot

Voimalaitoksella on kaksi identtistä kaasuturbiinin pakokaasukattilaa. Kattiloiden käyttöparametrit ovat:

- Tulistetun höyryn paine 70 bar(g)
- Tulistetun höyryn lämpötila 510 °C.

Voimalaitoksella ei ole lauhteenpuhdistuslaitosta.

3.2.2 Jälkiannostuskemikaalien valinta

Voimalaitos tuottaa sähköä sekä myy höyryä ulkopuolisille höyryasiakkaille mm. kanasäilykkeitä valmistavalle tehtaalte. Tämän takia voimalaitoksella ei saa käyttää ammoniakkia eikä hydratsiinia.

Jälkiannostuskemikaalien soveltuvuusselvityksen perusteella haihtuvaksi syöttövesikemikaaliksi valittiin Nalco 358 kemikaali, joka sisältää sykloheksyyliamiinia ja morfoliinia. kattilavesikemikaaliksi valittiin trinitriumfosfaatti.

Kemikaalien perusvaatimuksena oli, että niillä on oltava FDA:n (FDA = Food and Drug Administration) sekä paikallisten viranomaisten hyväksyntä.

3.2.3 Voimalaitoksen käyttöönotto

Kattiloille tehtiin ainoastaan tavanomainen rasvanpoisto huuhteluineen. Tämän jälkeen kattiloille tehtiin magnetiittikalvon kehitysajo normaalisti. Höyrypuhallusten jälkeen kattilat ovat olleet käytössä lähes yhtäjaksoisesti.

3.2.4 Todetut ongelmat

Voimalaitosta käytettiin yhtäjaksoisesti lähes puoli vuotta. Viime marraskuun aikana todettiin, että kattilaveden pH laski vähitellen alueelle 6,5 - 7. Unkarista aikaisemmin saatujen kokemusten (ks. kohta 3.1) perusteella pelättiin, että jälkiannostuskemikaalina käytetty Nalco 358 kemikaali olisi alkanut muodostamaan kattilassa orgaanisia happeja. Tämän takia voimalaitoksella käynnistettiin selvitystyö kattilaveden pH:n laskuun johtaneista syistä.

3.2.5 Kattilaveden pH-ongelmaan johtaneiden syiden selvitys

Selvitystyössä seurattiin lisäveden ja lauhteen laatua, lähinnä niiden kokonaishiilipitoisuutta. Vesinäytteet otettiin standardien mukaisesti ja lähetettiin ulkopuoliseen laboratorioon, jossa niistä analysoitiin kokonaishiilipitoisuus eli TOC (TOC = total organic carbon).

Risto Sonninen

20.09.2002

3.2.6 Koetulokset ja johtopäätökset

Näytteiden analyysitulosten mukaan lisävesi oli hyvälaatuista. Sen sijaan lauhteen kokonaishiilipitoisuus oli varsin korkea. Tämän perusteella pystyttiin päättämään, että jossakin lauhdetta palauttavassa höyryn kulutuskohteessa täytyy olla pieni öljyvuo.

3.2.7 Korjaavat toimenpiteet

Voimalaitoksella tarkastettiin kaikki lauhdetta palauttavat höyryn kulutuskohteet. Tällöin todettiin, että erästä öljynlämmittimestä palautettiin pieni lauhdevirtaus takaisin voimalaitosprosessiin.

Korjaavana toimenpiteenä tehtiin prosessimuutos siten, että tästä höyrynkulutuskohdesta palautettava lauhde johdetaan suoraan hylkyyn. Muutostyön jälkeen lauhteen kokonaishiilipitoisuus laski varsin nopeasti ja voimalaitoksen vesikemia palautui varsin nopeasti hyväksyttävälle tasolle.

3.3 Seoskemikaaleja käytävillä voimalaitoksilla todettuja vauriotapauksia ja niihin johtaneita syitä

Eräillä hydratsiinia ja ammoniakkia korvaavia seoskemikaaleja käytävillä laitoilla on ollut vakavia vauriotapauksia. Alustavasti voimalaitoksilla on epäilty, että ongelmat ovat johtuneet kyseisten seoskemikaalien käytöstä.

Voimalaitoksilla tehdyissä vesikemian selvityksissä on kuitenkin aina todettu, että kyseisten voimalaitosten vesikemiassa ja sen valvonnassa on ollut toivomisen varaa. Eri voimalaitoksilla todettuja tyypillisiä vesikemian valvontaan ja ylläpitoon vaikuttavia puutteita ovat olleet mm:

- Lisäveden, syöttöveden ja kattilaveden laatu ei ole ollut hyväksyttävällä tasolla. Voimalaitoksella ei ole noudatettu seuraavaa DENÅ:n ohjearvosuositusta " Lämpökuorman noustessa kattilassa paikallisestikin yli 230 kW/m² olisi kaikilla kattilapaineilla sovellettava, SiO₂ pitoisuutta lukuun ottamatta, 160 bar ohjearvoja syöttövesi > 67 bar ohjearvosuositusten mukaisesti."
- Höyrystimen kuumimmilla lämmönsiirtopinnoilla on ollut erilaisia kerrostumia. Tämän takia useimmissa tapauksissa vauriot ovat olleet kerrostumien alapuolella tapahtuneen korroosion aiheuttamia.
- Vesikemian valvonta on ollut puutteellista ja tämän takia vauriota ennakoivia vesikemian muutoksia ei ole voitu havaita riittävän aikaisessa vaiheessa.
- Kemikaalin vaihdon yhteydessä voimalaitoksella ei ole tehty perusteellista kemikaalin soveltuvuusselvitystä. Tämän lisäksi kemikaalin käyttöönoton yhteydessä ei aina ole seurattu kemikaalin käytöstä aiheutuvia vesikemian muutoksia.

Yhdessäkään vauriotapauksessa ei ole voitu sitovasti osoittaa, että vauriot olisivat yksinomaan johtuneet hydratsiinia ja ammoniakkia korvaavien kemikaalien käytöstä. Sen sijaan on täysin mahdollista, että eräissä tapauksissa voimalaitoksen käyttöolosuhteisiin huonosti soveltuvat kemikaalit ovat omalta osalta nopeuttaneet korroosio- vaurioiden etenemistä.

4 HYDRATSIINIA JA AMONIAKKIA KORVAAVIEN SEOSKEMIKAALIEN HALITTU KÄYTTÖ

Ammoniakkia ja hydratsiinia korvaavien seoskemikaalien mahdollisten riskien eliminomiseksi uuteen kemikaalin siirtyminen tulisi aina tehdä hallitusti. Tämän takia uuteen kemikaaliin siirryttäessä ja välittömästi sen jälkeen tulisi aina tehdä seuraavat toimenpiteet:

- Tehdään uuden kemikaalin soveltuvuusselvitys oman voimalaitoksen käyttöolosuhteisiin.
- Tehdään kemikaalin hallittu käyttöönotto.
- Varmistutaan siitä, että voimalaitoksen vesikemiaa voidaan valvoa asiallisesti.

4.1 Uuden kemikaalin soveltuvuusselvitys

Mikäli voimalaitoksella halutaan siirtyä uuden jälkiannostuskemikaalin käyttöön, tulisi aina tehdä kemikaalin soveltuvuusselvitys seuraavine tietojen pohjalta:

- Selvitetään millä voimalaitoksilla kyseinen kemikaalia käytetään tai sitä on aikaisemmin käytetty. Tarvittaessa kysytään voimalaitoksilta kyseisestä kemikaalista saatuja käyttökokemuksia. Mikäli referenssilaitoksella on jouduttu luopumaan kyseisen kemikaalin käytöstä, kysytään kemikaalin vaihtoon johtaneet syyt.
- Selvitetään missä suhteissa referenssilaitosten prosessit poikkeavat omasta prosessista (kattilan rakenne, käyttöparametrit, tulistus, apuhöyryn käyttö, tuorehöyryn ruiskutukset, vesi-höyrykierron materiaalit, höyryasiakkaat).
- Selvitetään referenssilaitoksen vesikemian pääpiirteet ja verrataan niitä oman laitoksen vastaaviin parametreihin (lauhteiden palautusprosentti, lisäveden kulutus, lauhteenpuhdistuslaitos, täyssuolanpoistolaitos, lauhteen ja lisäveden laatu).

4.2 Uuden kemikaalin hallittu käyttöönotto

Mikäli soveltuvuusselvityksen perusteella päädytään kemikaalin vaihtoon, uuden kemikaalin käyttöönotto täytyy tehdä hallitusti:

- Uutta kemikaalia annostetaan kemikaalin myyjän ohjeiden mukaisesti.
- Kemikaalin vaihdon yhteydessä seurataan uuden kemikaalin käytöstä johtuvia vesi- ja höyrykemian muutoksia (suorat johtokyvyt, kationinvaihdetut johtokyvyt ja pH-arvot).
- Vesikemian muutosten perusteella päätellään kemikaalien vaihdosta mahdollisesti aiheutuvat riskitekijät. Kattilaveden, kylmäisen höyryn ja tulistetun höyryn kationinvaihdetun johtokyvyn huomattava nousu viittaa aina kemikaalien termiseen hajoamiseen sekä orgaanisten happojen muodostumiseen. Tällöin höyrykattilan ja turbiinin mahdollinen korroosio voidaan varmentaa mittaamalla kattilaveden, kylmäisen höyryn ja tulistetun höyryn vetypitoisuudet. Veden ja höyryn vetypitoisuuden nousu viittaa aina teräksen korroosioon.

Risto Sonninen

20.09.2002

4.3 Vesikemian käytönaikainen valvonta

Normaalin käytön aikana voimalaitoksella voi olla ilmapuotoja, jotka saattavat lisätä orgaanisten kemikaalien hajoamistaipumusta. Näiden vesikemian ongelmien havaitsemiseksi voimalaitoksella tulisi olla seuraavat jatkuvatoimiset analysaattorit:

Lisävesi

- suora johtokyky
- silikaattianalisaattori (monikanavainen analysaattori)

Syöttövesi

- suora johtokyky
- kationinvaihdettu johtokyky
- pH-mittaus
- silikaattianalisaattori (monikanavainen analysaattori)
- happianalisaattori

Kattilavesi

- suora johtokyky
- kationinvaihdettu johtokyky
- pH-mittaus

Kylläinen höyry

- kationinvaihdettu johtokyky
- natriumanalisaattori

Tulistettu höyry

- kationinvaihdettu johtokyky
- silikaattianalisaattori (monikanavainen analysaattori)

Lauhde

- kationinvaihdettu johtokyky
- silikaattianalisaattori (monikanavainen analysaattori)

Näiden mittausten avulla saadaan hyvä yleiskuva voimalaitoksen vesi-höyrykierron kemiallisista olosuhteista. Tällöin seoskemikaaleista mahdollisesti aiheutuvat vesikemianongelmat voidaan havaita hyvissä ajoin ja mahdolliset vesikemiasta johtuvat vauriot voidaan estää tehokkaasti.

**UPM-KYMMENE WISAFOREST - MAAILMAN SUURIN
TALTEENOTTOLINJA**

**ARI NIEMINEN
ANDRITZ OY**

UPM-KYMMENE, WISAFORST – MAAILMAN SUURIN TALTEENOTTOLINJA

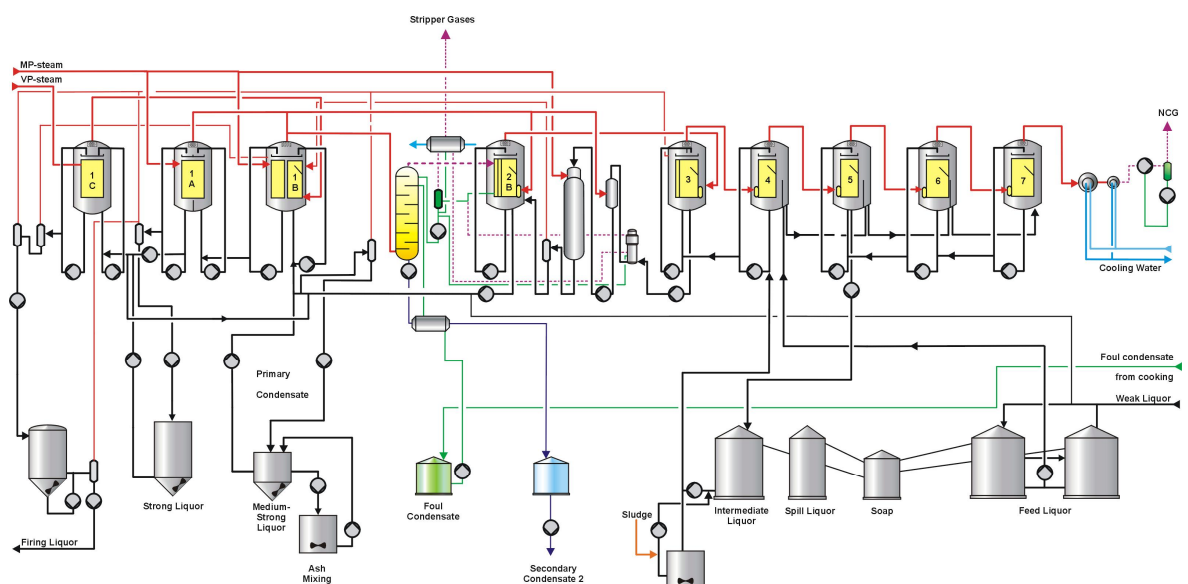
Andritz Oy toimittaa Wisaforst Pietarsaaren tehtaalle maailman suurimman kemikaalien talteenottolinjan. Toimitus käsittää kaikki päälaitteet haihduttamolle, kaustisointiin, meesauunin ja soodakattilan. Sopimus on tehty toukokuussa 2002 ja uusien laitteiden käyttöönotto on keväällä 2004. Kokonaisuudessaan projektin läpimenoaika on 23 kuukautta.

Haihduttamo

Haihduttamo on kapasiteetiltaan 1050 m³/h. Tulevan laihalipeän on havulipeää, jonka kuiva-aine on 14,6 %. Lipeä haihdutetaan 85 % kuiva-aineeseen osittain 8-vaiheisessa haihduttamossa, tästä nimitys 7+ -vaiheinen. Lipeän lämpökäsittely on integroitu viimeiseen lamellikonsentraattoriin (Duplex). Lisäksi haihduttamoon kuuluu kalsiumin *DeActivation* –järjestelmä. Erityistä huomiota on kiinnitetty korkeaan käytettävyyteen, energia-taloudellisuuteen ja lauhdeiden keräilyyn ja puhdistukseen. Kaikki sekundääri-lauhteet pyritään käyttämään optimaalisesti sellunvalmistusprosessin eri vaiheissa riippuen likaisuusasteesta.

Stripperin kapasiteetti on 255 t/h ja metanolipitoisuus puhtaimmassa sekundäärilauhteessa on 50 mg/l. Sekundäärilauhteet keräillään neljässä eri jakeessa, jotka kaikki pyritään käyttämään prosessissa uudelleen. Likaislauhteet jotka sisältävät paljon TRS :a kerätään erikseen. Lauhteet, joiden lämpötila on 85 °C ja puhtaus 50 mg MeOH / l käytetään kuitulinjalla. Tällaisia lauhdeita on noin 30 % kokonaismäärästä. Lisäksi kuitulinja käyttää ne lauhdeet, joiden lämpötila on 75 °C ja puhtaus 150 mg MeOH / l, näitä muodostuu noin 37 % kokonaislauhdemäärästä. Lauhde, jonka lämpötila on 95 °C menee *X-Filtterille* ja kaustisointiin ne lauhdeet joiden lämpötila on 60 – 65 °C.

Vahvalipeäsäiliö on paineistettu korkean kuiva-aineen vuoksi.



Kuva 1. Haihduttamo

Soodakattila

Soodakattilan kapasiteetti on 4450 tka/d, ilmaistuna tuh kattomana lipeänä. Tuhka noudetaan kuiva-aineen noston vaiheiden välissä ja polttoon tullessa lipeän kuiva-aine on 82 %. Haihduttamo on mitoitettu 85 % kuiva-aineelle.

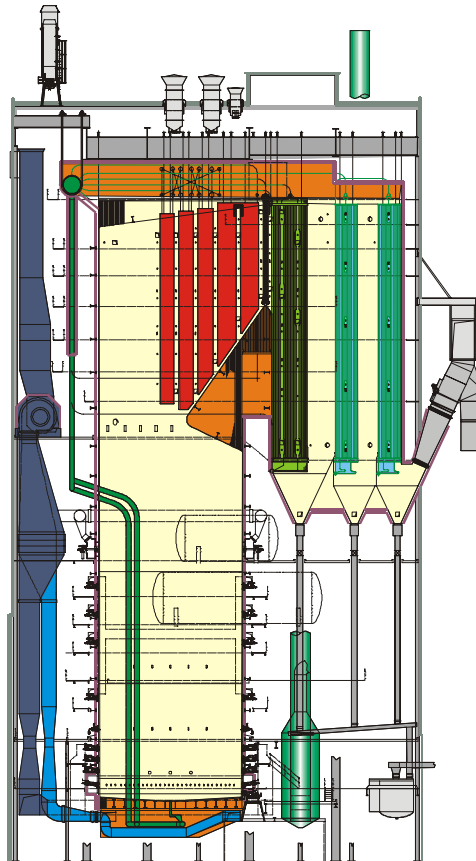
Höyryn paine on 10.2 Mpa ja lämpötila 505 °C. Höyryn tuotanto perinteisellä ajotavalla vaihtelee välillä 178-185 kg/s lipeän laadusta riippuen.

Kattila- ja haihdutinratkaisuissa on eräänä tavoitteena ollut korkea vastapainesähkön tuotantokyky. Tätä tarkoitusta varten kaikki palamisilmavirrat on mahdollista esilämmittää höyryllä 190 °C:een lämpötilaan. Kattila on varustettu korkeapaine-esilämmittimillä. Syöttövesisäiliössä lämpötila nostetaan niin korkealle kuin vastapainehöyry sallii. Näillä toimenpiteillä nostetaan laitoksen lämpövirtojen sisäisiä kiertoja, mikä näkyy kasvaneessa tuorehöyryvirrassa; se nousee maksimissaan yli 200 kg/s :ssa.

Tulipesän pohjapinta-ala on yli 220 m² , tämä on 1,3 kertainen Joutsenoon verrattuna. Kattilahuoneen korkeus on 84 metriä, mikä on 6 metriä enemmän kuin Joutsenon 3150 tka/d kokoisen kattilan korkeus.

Kattilassa on vertikaalinen ilmajärjestelmä ja kaksitasoinen lipeän ruiskutus säädettävyyden ja hallittavuuden parantamiseksi. Samalla levitetään palamisvyöhykettä ja pienennetään paikallisia tulipesän alaosan lämpörasituksia suurimmilla kuormilla.

Väkevät hajukaasut poltetaan kattilassa erillisillä polttimilla. Laimeat hajukaasut sekä liuottajan höngät käytetään palamisilmana.

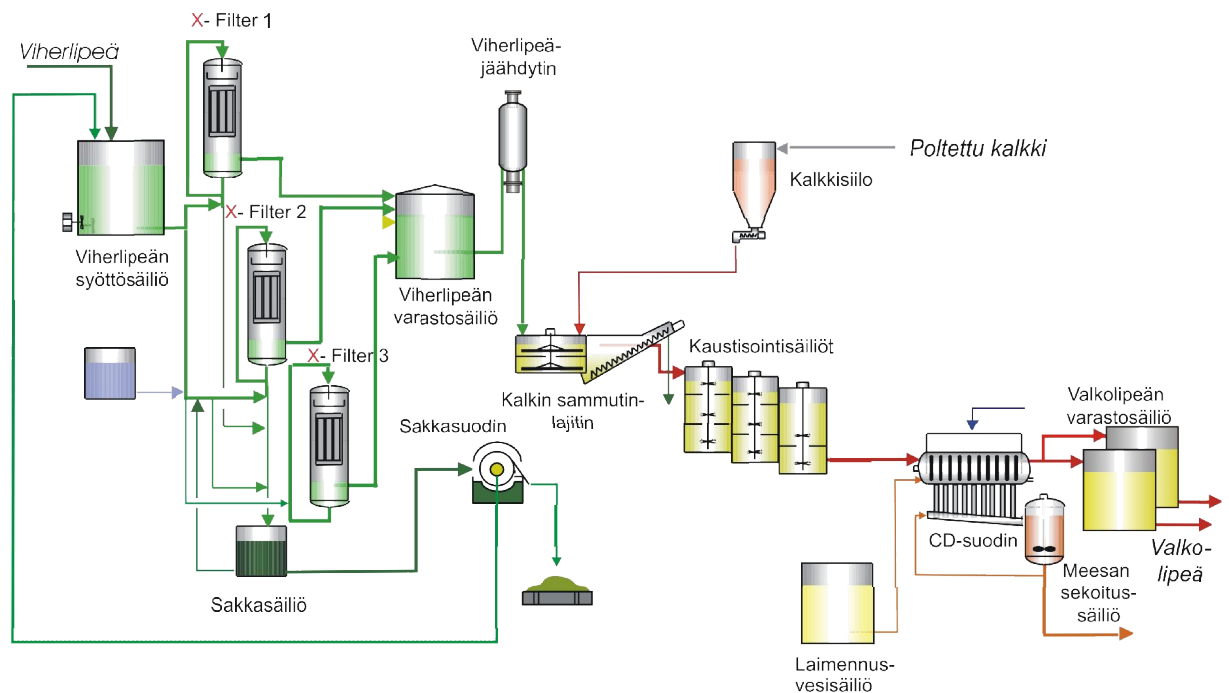


Kuva 2. Wisaforest soodakattila 4450 tka/24h

Meesauuni ja kaustistamo

Meesauuni on kapasiteetiltaan 759 t/24h ja sen halkaisija on 4,75 metriä ja pituus 135 metriä. Uuni on LMD –uuni, jossa on sektorijäähdytin.

Kaustisoinnin kapasiteetti on 10 000 m³/24h. Viherlipeä puhdistetaan vierasaineista ja epäpuhtauksista kolmivaiheisessa *X-Filter*issä. Kaustisointiastioiden jälkeen valkolipeä erotetaan *CD-suotimella* varastosäiliöihin.



Kuva 3. Kaustistamo



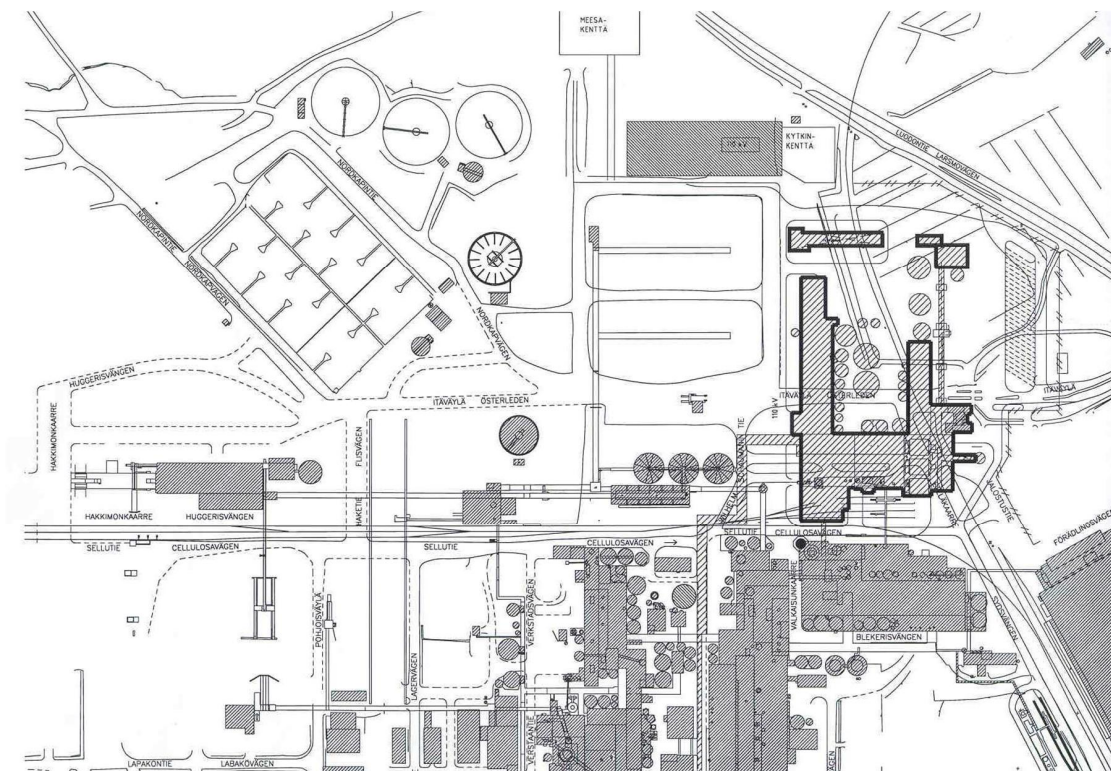
Talteenottolinja 800 000 ADt/a sellutehdasta varten

Talteenotto-osastot:

- uusi haihduttamo 1050 m³/h
- uusi mäntyöljykeittämo 190 t/d
- uusi soodakattila 4450 tka/d
- uusi turbogeneraattori 131 MW
- kaustistamo 10 000 m³/d
- meesauuni 700 t(kalkkia)/d

Kraft Mill Systems

Slide 1 soodakattilapaiva_wisa.ppt 20 September 2002 HAN/Varkaus



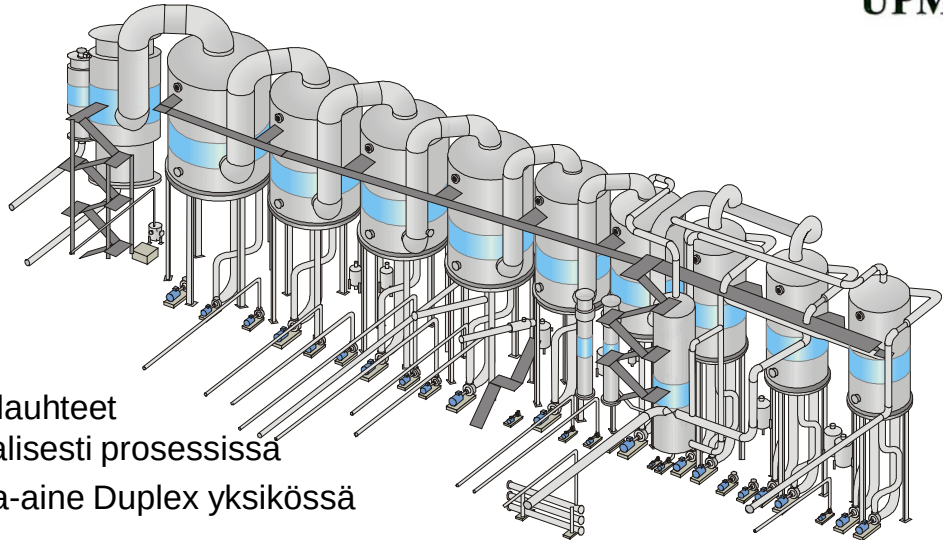
Kraft Mill Systems

Slide 2	soodakattilapaiva	wisa.ppt	20 September 2002	HAN/Varkaus
---------	-------------------	----------	-------------------	-------------





- Kapasiteetti 1050 m³/h
- Kuiva-aine 85 %
- 7+ -vaiheinen



- Kaikki sekundäärilauhteet käytetään optimaalisesti prosessissa
- Korkea loppukuiva-aine Duplex yksikössä
- Lämpökäsittely
- Tarvittavat pesumahdollisuudet
- Korkea käytettävyys

Kraft Mill Systems

Slide 3 soodakattilapaiva_wisa.ppt 20 September 2002 HAN/Varkaus

ANDRITZ



■ Suunnittelun lähtökohdat:

- Käynnistyy keväällä 2004
- Havupuulipeät: kuusi ja mänty
- Haihdutuskapasiteetti 1050 t/h
- Laihalipeän kuiva-aine 14,6 %
- Vahvalipeän kuiva-aine 85 %
- Lämpimän veden lämpötila 50 °C
- Stripperin kapasiteetti 255 t/h
- MeOH -pitoisuus puhtaimmassa sekundääri lauhteessa 50 mg/l

Kraft Mill Systems

Slide 4 soodakattilapaiva_wisa.ppt 20 September 2002 HAN/Varkaus

ANDRITZ



■ Erityispiirteitä:

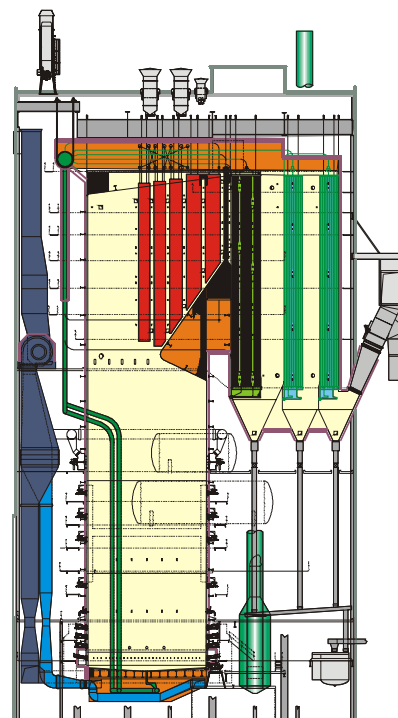
- Optimoitu energiataloudellisuus
 - osittain 8-vaiheinen
 - sekundäärilauhteiden 100 % uudelleenkäyttö
- Sekundäärilauhteiden keräilyn optimointi
 - kerätään neljässä uudelleen käytettävässä virtauksessa
 - likaislauhteet, jotka sisältävät paljon TRS : a kerätään erikseen
- Lipeän lämpökäsittely sisällytetty viimeiseen lamellikonsentraattoriin (Duplex)
- paineistettu vahvalipeäsäiliö
- Kalsiumin DeActivation järjestelmä

Soodakattila



- Kapasiteetti 4450 tka/24h
- Höyryn paine 10,2 Mpa
- Höyryn lämpötila 505 °C

- Vertikaali-ilmat
- Kuumimmat tulistimet nokan suojassa
- Compound ylimmän vertikaalin yli
- Sanicro primääri-ilmojen yli
- Korkea sähköntuotto
- Alhaiset emissiot





■ Mitoitusarvot

- Kapasiteetti 4450 tka/24h
- Minimikuorma 2300 tka/24h
- Höyry 10,2 Mpa / 505 °C
- Syve lämpötila 115°C
- Savukaasut ulos 157°C
- Ilmojen lämpötilat 150/150/ 70°C
- Ilmapattereiden mitoitus max. 190 °C (kaikki ilmat) jolloin syöttöveden lämpötila 140 °C



■ Suorituskykytakuut (mm):

- Polttokapasiteetti, max / min
- Höyrynkehitysarvot useilla erilaisilla lipeillä
- Savukaasujen loppulämpötila
- Nuohoushöyryn kulutus
- Reduktioaste
- Tehonkulutus
- Kattilan käytettävyys
- Päästöarvot viranomaisvaatimusten mukaisesti
- Meluarvot

■ Toimituslaajuus



- Paineenalaiset osat
- Kattilaan liittyvät rakenneosat
- Öljypolttimet (11+5 kpl)
- Lipeäruiskut (18 kpl)
- Nuohoimet yht. 124 kpl
- Ilmanesilämmittimet, 3-vaihetta
- Puhaltimet
- Ilma- ja savukaasukanavat

- Ilmasuuttimien puhdistuslaitteet
- Vahvojen ja laimeiden hajukaasujen polttojärjestelmät
- Tuhkakuljettimet ja -liuotus
- Putkistot ja säiliöt kattilahuoneen sisällä
- Kattilahuoneen teräsrakenteet
- Asennus, peittäus ja koekäyttö

Kraft Mill Systems

Slide 9 soodakattilapaiva_wisa.ppt 20 September 2002 HAN/Varkaus



■ Asiakkaan toimitusosuus



- Perustukset ja betonityöt
- Sähkösuotimet
- Syvepumput, -säiliö ja -putkisto
- Prosessipumput
- Sähköistys
- Automaatio

Kraft Mill Systems

Slide 10 soodakattilapaiva_wisa.ppt 20 September 2002 HAN/Varkaus





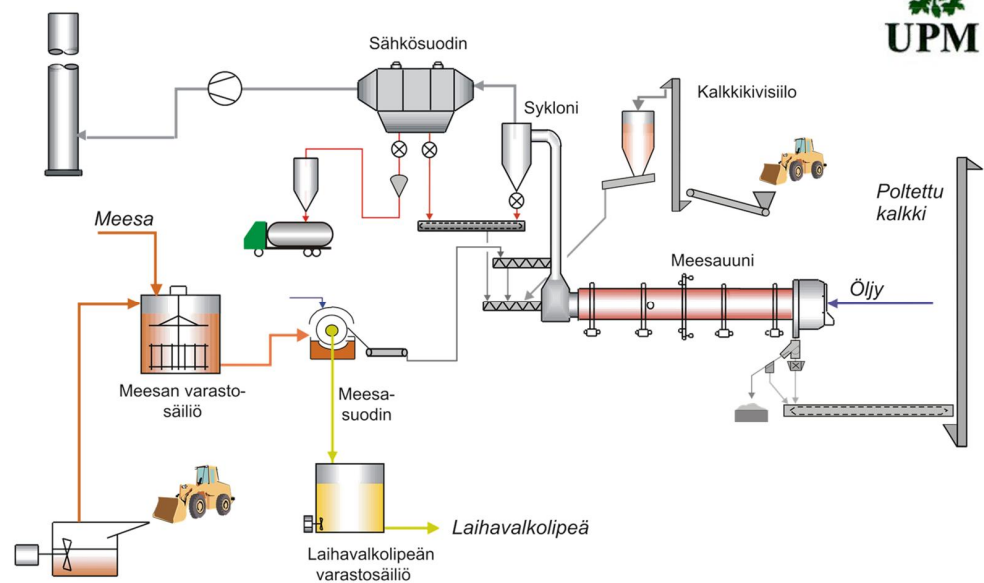
Aikataulu

- Sopimuspäivä: toukokuu 2002
- Rakennustyöt valmiit kesäkuu 2003
- Vesipainekoe: marraskuu 2003
- Mekaaninen asennus valmis: helmikuu 2004
- Koekäyttö alkaa helmikuu 2004
- Luovutus: toukokuu 2004

Meesauuni



- Kapasiteetti 750 t/d
ø 4.75 × 135 m

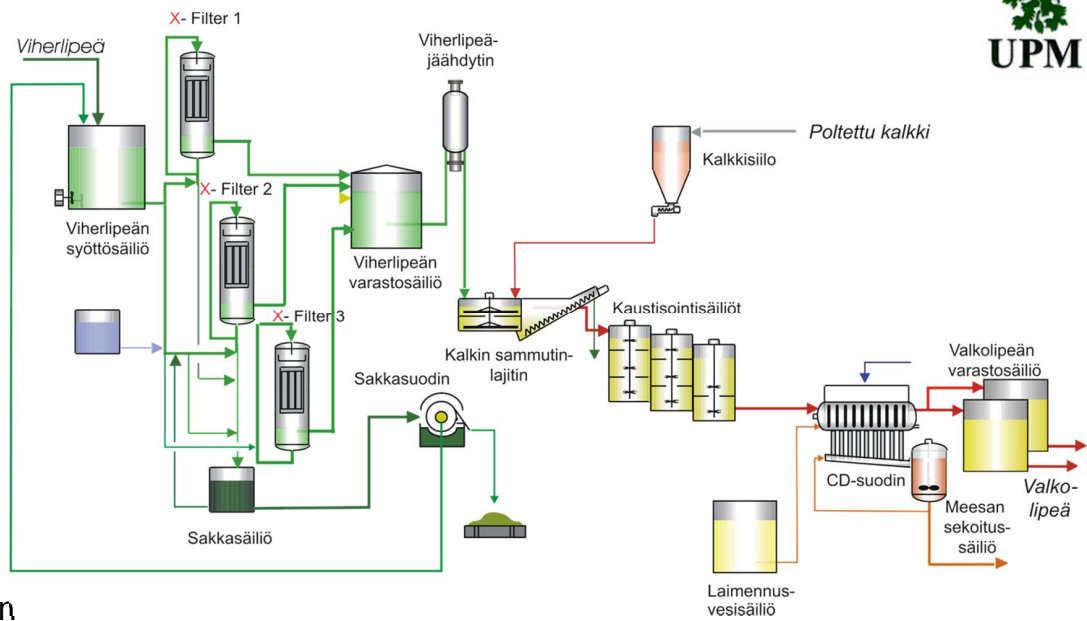


- LMD
- Sektorijäähdytin
- LMCD meesasuoodin



- Kapasiteetti 10.000 m³/d

- X-Filtterit
- CD-suodin



SOODAKATTILAN RAKENNUSASTEEN NOSTO

**JUKKA SUUTELA
VAKKILALINEN ESA
JAAKKO PÖYRY OY**

SOODAKATTILAN RAKENNUSASTEEN NOSTO

Jukka Suutela ja Esa Vakkilainen

Jaakko Pöyry Oy

BIOENERGIA

Sellu ja paperiteollisuudelle on koittanut uusi aikakausi. Ei riitä että tehtaan emissiot on minimoitu. Jotta se voisi väittää olevansa ympäristöystävällinen on myös omakayttösähkön kulutus minimoitava ja biosähkön tuotanto maksimoitava.

Sellutehtaat ovat menestyksellä toteuttaneet energiaa säästäviä investointeja. Korkeakuiva-aineisen lipeän poltto on lisännyt sähkön tuotantoa. Tämän päivän haaste on rakentaa sellutehdas, joka toimii täysin ilman fossiilisia polttoaineita ja tuottaa sähköylijäämää 100 % biopolttoaineilla.

ONKO KAASUTUS VASTAUS SÄHKÖNKEHITYKSEN LISÄYKSEEN?

1990 visioitiin mustalipeän kaasutuksen olevan jokapäiväistä kymmenen vuoden kuluessa. Tämä visio ei ole toteutunut, vaan mustalipeän kaasutus on yhä tulossa seuraavan kymmenen vuoden kuluttua. Kehitystä ajaa lupaus merkittävästä sähkönkehityksen lisäyksestä, Taulukko 1. Ongelmina koetaan vielä olevan ainakin seuraavat asiat^{1,2)}; kaasuttimen olosuhteita sietävien materiaalien löytäminen, lisääntynyt kaustisointikuorma ja käynnistys/pysäytys.

Taulukko 1, Mustalipeän lämpöarvon (HHV) muunto kaasutuskaasun lämpöarvoksi³⁾

Lämpöarvo HHV, MJ/kgkal	14.7 HHV kaasussa % alkup.	13.3 HHV kaasussa % alkup.
Kaupalliset prosessit		
Chemrec (Kvaerner)	55.9	50.7
StoneChem (MTCI)	49.0	42.6
Pilotoidut prosessit		
ABB	70.4	66.6
Tampella	60.7	55.9
Konventionaalinen SK	61.1	58.6

Tarkemmin katseltuna lupaus korkeasta sähkönsaannista ei olekaan niin selkeä. Seuraavassa taulukossa on esitetty tehtaan sähkötase kun poltetaan mustalipeä, pyöreästä puusta tuleva kuori, hakkeen seulonnan puujäte ja turbiinissa on lauhdeperä, Taulukko 2.

Taulukko 2, Sähkönsaanto kaasuttimesta ja soodakattilasta

	Tuotanto kWh/ts	Kulutus kWh/ts	Myynti kWh/ts
Kaasutusprosessit			
Chemrec tyyppi ⁴⁾	1800	950	950
ABB tyyppi	2100	920	1180
Uusi sellutehdas			
Perinteinen SK	1450	700	750
Korkean rakennusasteen ⁵⁾	1700	730	970

MODERNIN TEHTAAN TRENDIT

Moderni tehdas on pystynyt pienentämään lämmön- ja sähkönkulutuksiaan Taulukko 3.

Taulukko 3, Sellun valmistuksen lämmön ja sähkön tarve⁶⁾

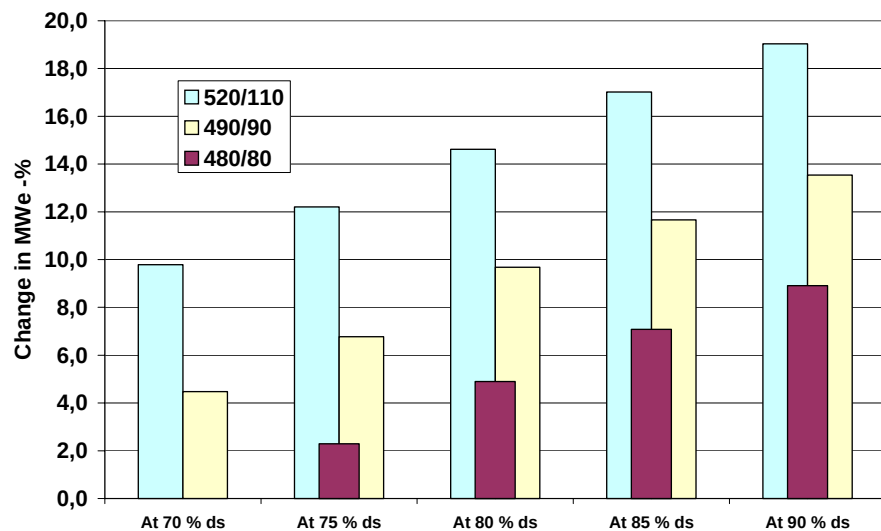
	GJ/t	kWh/t
Havu		
Valkaisematon	7,5 – 10,6	400 - 490
Valkaisematon kuivattu	10 – 13,9	520 – 630
Valkaistu	9 – 12	540 – 680
Valkaistu kuivattu	11,5 – 15	660 – 800
Lehtipuu		
Valkaisematon	7 – 10	390 – 500
Valkaisematon kuivattu	9,5 – 13,2	500 – 650
Valkaistu	8,5 – 11	510 – 620
Valkaistu kuivattu	10,9 - 14	630 – 760

Energian tuotanto on lisääntynyt erityisesti mustalipeän kuiva-aineen nousun myötä. Energian omakäyttö (kulutus) on pienentynyt uusien prosessiratkaisujen ja uusien entistä tehokkaampien laitteiden avulla. Uusimmat sellulinjat tuottavat jo ylijäämä sähköä ilman että kuoren ja ylijäämäpuun polton tuottamaa energiaa on huomioitu. Tehtaan höyryn kulutuksen pienentämien on vähentänyt vastapainetuotannon määrää, joten uusimmissa tehtaissa voidaan tuottaa myös lauhdesähköä..

MAHDOLLISUUDET LISÄTÄ SÄHKÖN TUOTANTOA SOODAKATTILASTA

Korkeakuiva-aineinen lipeä tuottaa enemmän höyryä. Höyrymäärän kasvu lisää sähkön tuotantoa. Jos myös päähöyryn painetta ja lämpötilaa nostetaan, niin seurauksena on merkittävä sähkön tuotannon kasvu, Kuva 1. Kuten huomataan on päähöyryn arvojen

muutos yhtä tärkeää sähköntuotannon kannalta, kuin 5 % kuiva-
aineen nosto.



Kuva 1, Mustalipeän kuiva-aineen ja höyryn arvojen noston vaikutus
sähkön tuotantoon soodakattilasta.

Viimevuosien trendi on ollut lisätä höyryn lämpötilaa ja painetta. Uusimmat suomalaiset tehtaot, Kuva 2, ovat valinneet höyryn arvoiksensa yli 80 bar ja 480 °C. Tässä yhteydessä on hyvä mainita, että tapauksessa, jossa merkittävä osa sähkön tuotannosta on vastapainesähköä ei höyryn lämpötilan nosto 480 °C -> 500 °C juurikaan nosta sähköntuotantoa, jos höyryn painetta ei nosteta.

Tuorehöyryn lämpötilan nostoa voi rajoittaa syntyvän tuhkan ominaisuudet. Tulistimille kerrostuvan tuhkan ensimmäinen sulamislämpötila on syytä huomioida. Kun tehtaiden vedenkäyttöä vähennetään ja pölypäästöjä pienennetään alkavat kalium ja kloori rikastua kiertoön, mikä alentaa sulalämpötiloja.

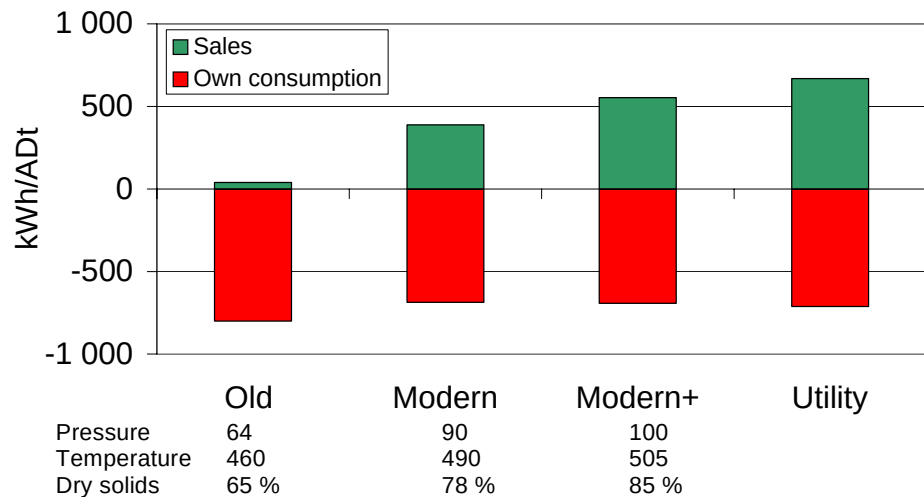
On syytä tehdä tehtaan kokonaistaseet, joiden avulla voidaan valita optimaaliset syöttöveden ja tuorehöyryn arvot, mahdollinen kloorin ja kaliumin poisto huomioiden.



Kuva 2, Uusimmat sellutehtaat ovat energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä.

BIOENERGIAN TUOTANNON MAKSIMOINTI

Jaakko Pöyry on avustanut asiakkaitaan tuottojen maksimoinnissa, kun uusia bioenergian tuotannon mahdollisuuksia on toteutettu. Tässä yhteydessä on varsinkin soodakattilan ja turbiinin kytkennöillä kyetty luomaan uusia mahdollisuuksia, Kuva 3. Uusimmat soodakattilat Skandinaviassa tullaan rakentamaan päähöyryn arvot 100 bar ja 505 °C mielessä. Näissä tehtaissa tarvitaan jo kaliumin ja kloorin poistoa.



Kuva 3, Sähkön tuotanto soodakattilasta.

Jo nyt on uudella sellutehtaalla mahdollista saada lähes 10 % liikevaihdosta sähkön, kuoren ja ylijäämäpuun myynnistä. Tämä summa tulee vielä lähivuosina kasvamaan, kun soodakattiloilla otetaan käyttöön uudentyyppiset voimalaitoskytkennät.

Sellutehtaiden koko on myös kasvanut. Jo nyt isoimpien uusien linjojen kohdalla puhutaan voimalaitoskokoluokan turbiineista (>100 MWe). Suuri koko antaa nyt uusia mahdollisuuksia käyttää perinteisistä voimalaitoksissa jo hyödynnettyjä tekniikoita.

VIITTEET

1. Tucker, Paul, 2002, Changing the balance of power. *Solutions!* February 2002, pp. 34 – 38.
2. Hood, Kenneth T. and Henningsen, Gunnar B., 2002, Black liquor gasification: evaluation of past experience in order to define the roadmap of the future pathway. *Proceedings 2002 TAPPI Fall Technical Conference*, September 8 - 11, San Diego, Ca, 17 p.
3. Grace, Thomas M. and Timmer, William M., 1995, A comparison of alternative black liquor recovery technologies. *Proceedings 1995 International Chemical Recovery Conference*, Toronto. pp. B269 - 275.
4. Warnqvist, Björn and Delin, Lennart, 2001, Techno-economical evaluation of black liquor gasification processes. *Proceedings of 2001 International Chemical Recovery Conference*, pp. 7 – 13.
5. Hakulinen, Aki, Raukola, Antti T. and Ruohola, Tuomo, 2002, Increasing power generation with black liquor recovery boiler.

Proceedings 2002 TAPPI Fall Technical Conference, September 8 - 11, San Diego, Ca, 11 p.

6. Suutela, Jukka and Fogelholm, Carl-Johan, Heat and power co-generation. Chapter 16 in Book Chemical Pulping, Series editors Johan Gullichsen and Carl-Johan Fogelholm, Finnish Paper Engineers' Association.
7. Vakkilainen, Esa K. and Pekkanen, Markku J., 2002, Burning excess streams in recovery boilers. Proceedings 2002 TAPPI Fall Technical Conference, September 8 - 11, San Diego, Ca, 9 p.
8. Wallen, Jonas, Viiala, Juhani and Bjorkstrom, Ingvar, 2002, Operational performance of Billerud Gruvon's new recovery boiler with environmental friendly solutions. Proceedings 2002 TAPPI Fall Technical Conference, September 8 - 11, San Diego, Ca, 10 p.

**INCREASED PULP PRODUCTION IN ARACRUZ CELULOSE SA,
EXPERIENCES FROM RB RETROFITS AND ASH LEACHING**

**ULF BERGSTRÖM
KVAERNER PULPING AB**

Increased pulp production in Aracruz Celulose SA, experiences from RB retrofits and ash leaching.

Ulf Bergtsröm, Kvaerner Pulping AB, Sweden

Summary

Aracruz kraft pulp mill in Brazil has recently upgraded for a pulp production capacity of 2 000 000 tons/year. Kvaerner Pulping AB was contracted on EPC base for the retrofit of the two old recovery boilers and the delivery of a new ash leaching plant. The new total MCR capacity of the two recovery boilers are 6 800 tds/day, and the capacity of the ash leaching plant is 60 tons of ash per day. The ash leaching plant is installed to control the potassium and chloride level in the pulp mill.

Both recovery boilers are now in operation and the capacity has been proved. The ash leaching plant has been in operation for 6 months and the process performance is as expected in terms of chloride and potassium removal efficiency (68-69%) and sulfate recovery (85%).

Description of the ash leaching plant.

In conventional kraft mills, cooking liquor quality is kept high through active management of sodium and sulphur, which are the main elements present in the chemical recovery cycle.

From the combustion of black liquor in the recovery boiler, most of the sodium and sulfate is returned to the liquor cycle as smelt. However, some of the alkali is emitted from the recovery boiler furnace, forming an ash. The ash consists mainly of sodium and sulphur components where Na_2SO_4 is the dominating salt, and to a lesser extent, of chlorine and potassium compounds. As the ash is light, it is entrained by the flue gas flow.

The major part of the ash is then captured in the boiler, either in the boiler bank, the economizers or in the electrostatic precipitator filters. This recycling of ash results in enrichment of chlorine and potassium in the liquor cycle. If the concentration of Cl and K reaches too high values in the black liquor superheater corrosion and ash fouling of superheaters and generating bank will occur.

Traditionally, the chloride and potassium concentration in the liquor cycle has been controlled by dumping recovery boiler ash from the electrical precipitators and thereby reducing the potassium and chlorides in the recovery cycle. However, environmental restrictions for dumping as well as economic issues (since dumped ash has to be replaced with make-up chemicals) have led to demands for a new way of decreasing the concentration of these substances.

By installing an ash leaching system, money for make-up chemicals is saved as most of the sodium sulfate captured as ash can be recycled (although there is some loss in the leaching plant). This is done without enrichment of chlorides and potassium in the liquor cycle.

Apart from economic reasons, tougher environmental legislation will reduce the possibility of dumping ash in the future. The precipitator ash contains some heavy metals, which means that traditional ash dumping will cause contamination of the effluent. The advantage of the ash leaching system is that the majority of the heavy metals will remain in the liquor cycle, preventing them from polluting the effluent. The metals will then be purged along with the green-liquor filter dregs.

Function of the ash leaching system

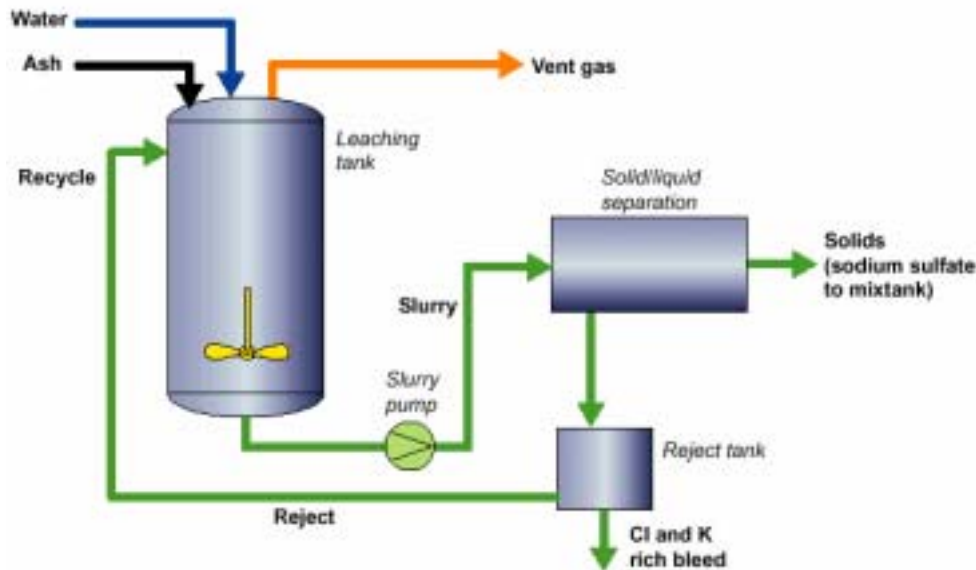
There are two main steps in the process. First there is a leaching step followed by a separation step.

1. In the leaching step, ash and water are mixed into slurry. At a certain optimum slurry temperature, the solubility of sodium sulfate in water is much lower than the solubility of potassium chloride, for which reason most of the potassium chloride dissolves while the main part of the sodium sulfate remains solid. Solubility is dependent on temperature; the colder the slurry, the more sodium sulfate will dissolve in water while potassium chloride begins to precipitate. To recover a high yield of sodium sulfate, the concentration of sodium sulfate in the slurry should be as high as possible. The higher the concentration of sodium sulfate in the slurry, the more salt precipitates. There is, however, a concentration limit governed by the potassium concentration in the ash. The potassium concentration in the slurry can never be too high. At high concentration, potassium salt will begin to precipitate.

2. The leaching step is followed by a separation step in which the liquid fraction is separated from the solid fraction in a centrifuge. The solid fraction contains mainly sodium sulfate with a small amount of potassium chloride. Correspondingly, the liquid fraction which is discharged to sewage contains mainly potassium chloride and a small amount of sodium sulfate.

After separation of the two fractions in the centrifuge, the solid fraction is mixed to virgin black liquor and the sodium sulfate is returned to the liquor cycle.

Consequently, with an ash leaching system installed, ash from the recovery boiler can be returned to the liquor cycle without enrichment of chloride and potassium in the recovery cycle. Money and environment are saved.



Special needs for an ash leaching system in Aracruz Celulose SA

The mill has three recovery boilers. The boilers have had problems with corrosion of superheaters, limiting the final steam temperature to 430°C. There has also been plugging problems due to ash deposits, for example in the boiler bank area. Both of these problems are related to high contents of chlorides and potassium in the liquor cycle.

To offset the content of potassium and chlorides, the ash flow has been partly dumped and partly recycled. Prior to start up of the ash leaching plant, 12 tons of ash per day was dumped. During this period the total black liquor flow was 6 000 tds per day. This amount of ash dumping balanced the potassium content in the precipitator ash to 7 wt-%.

The ash leaching plant is designed to balance the potassium content of the ash to 4 wt-% in the future. The total black liquor flow will be 10 000 tds/d, 57 tons of ash has to be treated daily in the ash leaching plant to maintain the chemical balance in the liquor cycle. The expected removal efficiency of chlorides and potassium is 70%, the recovery efficiency for sodium is 80% and for sulfate 85%. The equivalent amount of ash that would have had to be dumped in order to bleed off the same amount of potassium and chlorides from the recovery cycle is 39 tons per day.

Future environmental legislation will restrict the possibility of dumping ash. Consequently, the traditional way of controlling the concentration of chlorides and potassium in the liquor cycle will be stopped.

To solve this issue, the mill chose to install an ash leaching system. By doing this the concentration of potassium and chlorides in the ash is reduced before recycling it to the liquor cycle. The total ash flow can be recycled, resulting in financial and environmental gains.

Mechanical status since the start up of the ash leaching system

Separation of Solid Phase and Reject

The temperature of the decanter centrifuge bearing increased when the slurry density rose over 1360 kg/m^3 . To solve this problem the centrifuge speed was reduced with good results.

There has also been some dust contamination from the media that passes through the seal between the hood and the shaft, creating bearing problems. The bearings were damaged and replaced.

Plugging in the Ash Chute

The ash chute from the ash collecting conveyor has plugged on occasion. This has been corrected through installation of a vibrator in the chute.

Plugging in Slurry Piping

When the slurry density rises above 1450 kg/m^3 , salt crystals start to precipitate in the slurry piping. The crystals increase in both number and size to finally form a plug. An automatic system for washing all slurry piping and the centrifuge has been installed to solve the problem.

Mixing of Ash Leaching Product into Black Liquor

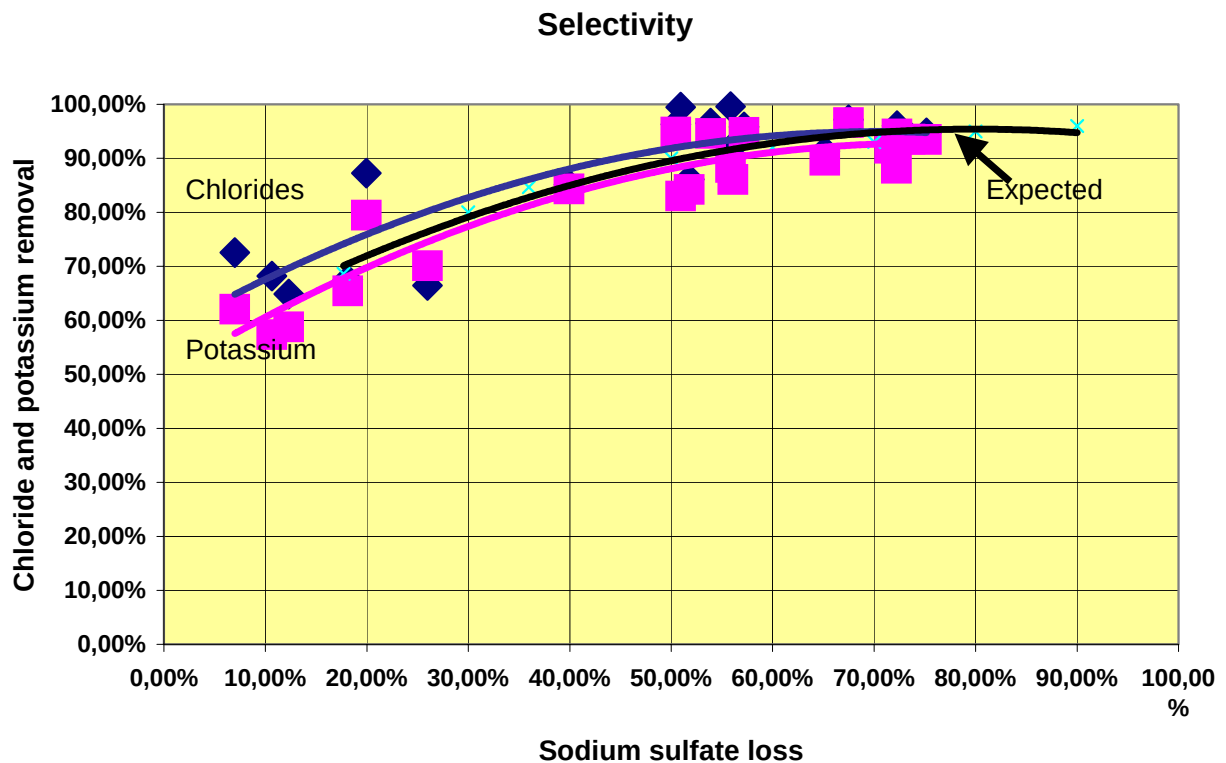
A separate black liquor mixtank has been installed for mixing the solid product from ash leaching into the black liquor. Experience has shown that in future projects this extra mixtank can be excluded as the dryness of the solids from the decanter centrifuge is so high that the black liquor will not become diluted.

Results

Selectivity

In table 1 the removal efficiencies of potassium and chloride in ash are plotted against the loss of sodium sulfate. The target is initially to work in the area of about 65% recovery efficiency for sodium sulfate. When the leaching system has been in operation for a while and, consequently, the concentration of potassium in the liquor cycle has decreased, the working point will move to the left in the table. The recovery efficiency for sodium sulfate will be higher at the expense of lower removal efficiency for chloride and potassium. The long-term point for stable operation will be reached when the potassium concentration in the electrical precipitator ash is as low as 4 wt-%. The predicted performance is then 68-69% removal efficiency for potassium and chloride, and the recovery efficiency for sodium is 80% and for sulfate 85%.

As can be seen in the figure below, there are some measuring points in the range between 50% and 75% sulfate loss. The plant has not yet been operated for a sufficient period of time at design slurry concentration. However, results do indicate that the system can be operated at predicted performance, or even better.



Description of the recovery boiler retrofit:

Recovery Boiler A

Recovery Boiler A was originally taken into operation in 1978. Due to the old pressure parts and the need for a large capacity increase, the decision was made to replace the complete pressure vessel and to reuse almost only the boiler building. The goal was to utilize the available space in the existing boiler building to install the largest furnace possible. It was also decided to install a modern air system of multilevel type. The multilevel system is especially developed for large furnaces to ensure an even velocity profile in the lower furnace, thereby reducing carryover of black liquor and smelt droplets. Compared to earlier deliveries of multilevel systems, the primary air ports in Boiler A are equipped with castings versus sleeves and installed in windboxes.

The boiler is designed with large water screen and superheater, which reduce the gas temperature before the boiler bank. This eliminates the risk of sticky ash in the boiler bank area, thereby ensuring long periods of continuous operation without stops for water wash. It can also be mentioned that the boiler bank is of cross flow design.

The boiler was equipped with a CNCG burner, and the dissolving tank gases are also burned in the boiler after treatment in a condensing scrubber. In addition, an advanced control package was installed for improved operation of the boiler. Fig. 1 shows the retrofitted boiler.

The shutdown time for the boiler from “cold and clean boiler” to completed “hydrotest” was 78 days. During this time, the existing boiler was dismantled and the new boiler was installed including furnace, superheaters, boiler bank, and economizers. The project was an EPC contract.

Since the start-up of the boiler in December 2001, the liquor load has normally been 3400 – 3700 tds/d including recycled ash. Peak loads of up to 4000 tds/d are frequent.

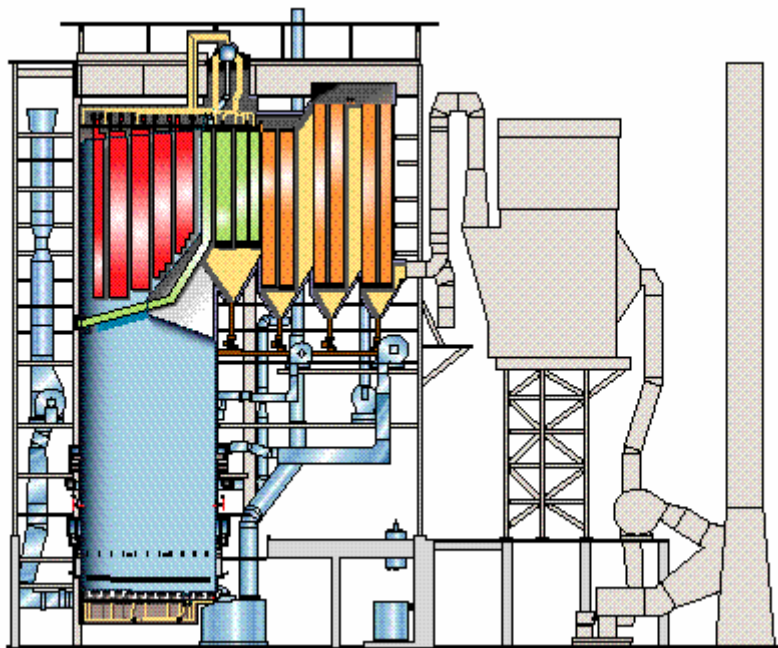


Fig.1 Recovery boiler A

Recovery Boiler B

Recovery Boiler B was installed in 1990 and was generally in good shape. The concept was to reuse as much as possible to minimize investment cost. The major changes to Boiler B was the installation of a water screen and the replacement of parts of the superheater. The reason for additional heating surfaces was to decrease the flue gas temperature before the boiler bank. The originally installed 3-level air system was left unmodified. As a maintenance work the furnace floor was replaced. Like Boiler A, the boiler was equipped with a CNCG burner and an advanced control package. Fig. 2 shows the extent of the Recovery Boiler B retrofit.

The shutdown time for the boiler from “cold and clean boiler” to completed “hydrotest” was 38 days. This was essentially shorter than for Boiler A, due to the less extensive scope of the Boiler B retrofit. After start-up in May 2002, the boiler has been operated at a capacity of 3500 tds/d.

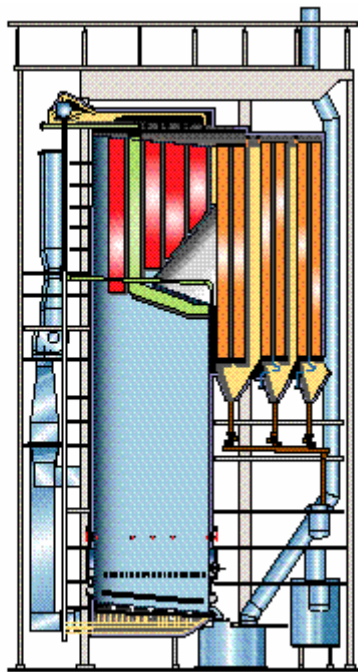


Fig.2 Recovery boiler B

Comparison of the two boilers

As the two boiler (A and B) are of similar size firing the same kind of liquor, but have different types of air systems, it is interesting to compare their operation. The main design data for the two boilers is found below.

		Boiler A	Boiler B	
MCR Liquor load	tds/d	3400	3400	
Liquor dryness	%	75	75	
Number of liq. guns	pcs	12	12	
Specific liquor load	tds/m ² ,d	21.7	20.5	
Steam temperature	deg C	450	450	
Steam pressure	bar(g)	63	63	
Air system type		Multilevel	3-Level	
Operation data, Aug 16				
Liquor load	tds/d	3800	3800	(including ash)
Carbonate content in				
ESP ash	%	0.7	0.8	
CO	ppm	40	110	
SO ₂	ppm	7	85	
TRS	ppm	0.14	0.50	

The operation data showed is from a normal day without any special tuning of the boilers. The general comments made by the Aracruz mill when comparing the two boilers are that the Boiler A, equipped with a multilevel air system, is easier to control. Especially is good bed control achieved. There is also a slight trend of less carryover with the multilevel air system.

THERMAL DEAERATION & BOILER FEED WATER QUALITY

**ALBERT TER MAAT
STORK THERMEQ B.V.**

Retrofit / Revamping to a Stork Spray Type Deaerator

Stork Thermeq, Supplier and Licensor of the **Stork Spray-Type Deaerator** has built up a long history of supplying Boiler Feed-water Deaerators

We can provide not only suitable solutions for new installations, but are also able to serve you with;

- Deaerator Inspections;
- On-line O₂-monitoring to check actual Deaerator performance.
- Feasibility-studies for implementation of alterations on existing Deaerators (and feedwater-systems) in powerplants (independent of the Deaerator-type used);
- Deaerator Retrofit/Revamping;
 - * Changing Cascade-type to Spray-type;
 - * Upgrading old Spray-type;
 - * Capacity alteration (Revamping).

Summary of main advantages:

- * High reduction of oxygen, (less then 7 ppb), at varying loads from 10% to 110%
 - * Rapid and smooth cold start;
 - * Trouble-free operation during dynamic altering loads (self regulating spraying device);
 - * Low maintenance costs due to simple construction.
 - * Low operation costs due to low amount blow-off steam.

Present situation.
Cascade-Type Deaerator



Future situation.
Stork Spray Type Deaerator



Stork Thermeq B.V., Creative in Energy Solutions for Feedwater-Systems.

P.O. Box 33, 7550 AA Hengelo, the Netherlands

Tel. +31 74 240 1060 / fax +31 74 242 4790 / office@thermeq.storkgroup.com

<http://www.thermeq.storkgroup.com>

Benefits of 80 years Stork Spray Type Deaerators

Characteristics:

- High reliability/availability;
- High deaeration efficiency at load variations from 10 to 110%;
- Very low vent losses as the result of our sprayer device which serves as an internal direct contact vent condenser;
- Easy control, sliding pressures possible;
- Noise level of the deaerator can not be separated from other equipment in the installation, therefore noise level from only the deaerator will be difficult to be measured. Our experience is a low noise level;
- No free CO₂ (bound CO₂ is left in the water dependent on the pH value);
- At start-up deaerated water available as soon as deaerator is pressurized;
- Combination of several heat source possible (steam and steam/water mixtures, hotwater);
- Hot water deaeration; no external flash vessel required;
- Direct connection to evaporator coil in boiler possible both forced and natural circulation;
- Excellent behaviour under emergency conditions f.i. turbine trip. (The steam space above the water level of the deaerator serves as balance line);
- Capacity range at outlet from 20 - 6000 ton/hour (more than one sprayer per deaerator possible);
- Turn down ratio of the sprayer at least 10 : 1;
- Vacuum deaeration possible (down to approx. 60 degr C).

Advantages:

- Tailor made deaerator based on flexible standard designs;
- Standardised design of sprayers up to capacity of 1200 t/h each;
- Compact construction;
- Low overall height;
- No external vent condenser necessary;
- Minimum insulation costs.(only one vessel);
- No external balance lines between deaerator and storage vessel only one platform necessary;
- Less susceptibility to earthquake, because there is only one vessel;
- Vessel and internals made out of carbon steel;
- Simple erection and operation;
- Low costs maintenance/spares.

Disadvantages:

- Storage vessel slightly bigger because of limitation of maximum water level;
- Pressure drop sprayer and steam charging device do not approach to zero at low load.

Remarks:

- Cracking was found in all types of deaerators which is a world wide phenomena. Stork and others performed a very elaborated research program, where it appeared that PWHT is a highly preventive methode we strongly recommend.
- Temporary strainer before sprayer with mesh size of 1 mm is advised during commissioning period to prevent blockage of the sprayer by dirt.
- The venting steam should be freely discharged to the atmosphere, principle design for vent piping is available.
- Welding procedure applied for welding joints in the vessel are suited for N.D.T. inspection without any grinding.

Stork Thermeqillä, Stork suutintyyppisen kaasunpoistimen toimittajalla ja lisenssinantajalla on pitkä kokemus kattiloiden syöttöveden kaasunpoistinten toimittamisessa. Referenssejä on satoja noin viidestäkymmenestä maasta.

Ominaisuudet

- korkea luotettavuus ja käytettävyys.
- erittäin tehokas hapenpoisto kuormituksen muuttuessa 10%-110%.
- helppo käyttöinen, liukuva paine mahdollisuus.
- erittäin pieni hönkähöyryn hukka, koska suutin toimii sisäisenä suorakontakti lauhduttimena.
- kaasunpoistajan melutasoa ei voida erottaa muista laiteista.
- ei vapaata CO₂, sidottu CO₂ jää veteen riippuen pH arvosta.
- käynnistyksessä happivapaa vesi käytettävissä heti kun kaasunpoistaja on paineistettu.
- mahdollisuus yhdistelmään useasta lämpölähteestä (höyry, höyry/vesi sekoitus, kuuma vesi).
- kuumen veden kaasunpoisto ei vaadi ulkopuolista ulospuhallussäiliötä.
- suora yhteys kattilan höyrystin osaan mahdollista luonnon- ja pakkokierrossa.
- erinomainen käytettävyys poikkeusolosuhteissa esim. turpiinin pudotessa päältä.
- kapasiteetti alue 20-6000 t/h; voidaan myös käyttää useampia suuttimia samassa säiliössä.
- turn down suhde ainakin 1:10.
- tyhjiö kaasunpoisto mahdollisuus (n. 60⁰).

Edut

- räätälöity kaasunpoisto perustuen joustavaan standardisuunnitteluun.
- kompakti rakenne.
- standardisuutin kapasiteettiin 1200t/h.
- kokonaiskorkeus pieni verrattuna tavalliseen kaasunpoistajaan.
- ei tarvita erillistä hönkähöyryn lauhdutinta.
- eristyskustannukset halvemmat vain yksi säiliö.
- ei eri tasoja kaasupoistimille ja säiliölle ovat samalla tasolla.
- ei herkkä värinälle tai maanjäristykselle, koska yksi säiliö.
- säiliö ja sisäosat tehty rakenneteräksestä.
- yksinkertainen asennus ja käyttö.
- halpa huolto ja varaosat.

Haitat

- säiliö hieman suurempi johtuen maksimi vesitason rajoituksesta.
- Suuttimen ja höyrynlisäys laitteen paineen pudotus ei lähene nollaa pienillä kuormilla.

**MATERIALS FOR HIGH-EFFICIENCY RECOVERY
BOILERS IN JAPAN**

**NOBUO OTSUKA
SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.**

MATERIALS FOR HIGH-EFFICIENCY RECOVERY BOILERS IN JAPAN

Nobuo Otsuka

Sumitomom Metal Industries, Ltd.

1-8 Fusochō, Amagasaki 660-0891, Japan

E-mail: otsuka-nbo@sumitomometals.co.jp

Present status of the black liquor recovery boiler (BLRB) in Japan, regarding the steam conditions and the capacity of each boiler, will be presented. Eighty-six boilers are being recognized as BLRB in “Karyoku Genshiryoku Hatsudensho Setsubiyouran (1998)” firing black liquor as the predominant fuel. The maximum steam conditions under operation are 515°C 135kg/cm², which are apparently higher than the conventional conditions of 450°C, 60kg/cm² for example. Twenty-two boilers have their steam temperatures of above 500°C. Corrosion environment and probable mechanism of superheater corrosion is explained from the point of fuel chemistry. Superheater materials used in Japanese high-efficiency recovery boilers, predominantly austenitic stainless steels, are briefly introduced. Materials used for protecting furnace water-wall tubes and floor tubes in Japanese recovery boilers are presented, and their corrosion resistance in real boilers are briefly discussed, which may offer some mechanistic implication for the floor tube corrosion found in US, Canada, and in Europe.

**REPORT FROM THE SWEDISH-NORWEGIAN
RECOVERY BOILER COMMITTEE**

**MIKAEL AHLROTH
SNRBC**

Sodahuskommittén

REPORT FROM THE SWEDISH-NORWEGIAN RECOVERY BOILER COMMITTEE

Mette Jansson, ÅF, Sweden
Secretary of the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee
E-mail: mette.jansson@af.se

This is a report on the main activities in the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee during the last year. In this report you will find information on the occurred incidents and the new recommendations.

This spring Staffan Carlsson (Södra Cell Mönsterås Bruk) became our president, a position Bo Häger (SCA Packaging Munksund) had for 17 years! Bert Flodqvist (ÅF) is still running our Incident Subcommittee.

Incidents

4 incidents were reported to the Incident Subcommittee last year after your Recovery Boiler Day. During the year 2001 in total 18 damages were reported, which was a reduction with 18% from 2000. So far this year (w37) 8 incidents have been reported. All of these are listed in Table 1, and a few are discussed below. Figure 1 clearly shows that the main problem areas have been superheaters and economizers.

Table 1. Incidents during the last year.

No	Incident headline	Stand time
01-09	Smelt leakage, Munksjö Aspa Bruk	80 hrs
01-10	Superheater leak, Munksjö Aspa Bruk	-
01-11	Tall oil in the feed water, Kappa Kraftliner	37 hrs
01-12	Economizer leak, Kappa Kraftliner	23 hrs
01-13	Water side corrosion, Södra Cell Mörrums Bruk	Scheduled stop
01-14	Superheater corrosion, Södra Cell Mörrums Bruk	Scheduled stop
01-15	Crack in wall tube, Kappa Kraftliner	Scheduled stop
01-16	Ruptured gable in hp steam box, Värö	158 hrs
01-17	Economizer leak, Korsnäs	43 hrs
01-18	Economizer leak, Korsnäs	43 hrs
02-01	Smelt leakage, Munksjö Aspa Bruk	142 hrs
02-02	Superheater leak, Munksjö Aspa Bruk	142 hrs
02-03	Leak in feed water pipe, Södra Cell Mönsterås Bruk	24 hrs
02-04	Economizer leak, Kappa Kraftliner	15 hrs
02-05	Superheater leak, Korsnäs	42,5 hrs
02-06	Floor tube leak, Stora Enso Magazine Norrsundet	9,5 days
02-07	Leak in feed water pipe, Iggesund Paperboard	45 hrs
02-08	Smelt-water explosion, Domsjö Fabriker	

Sodahuskommittén

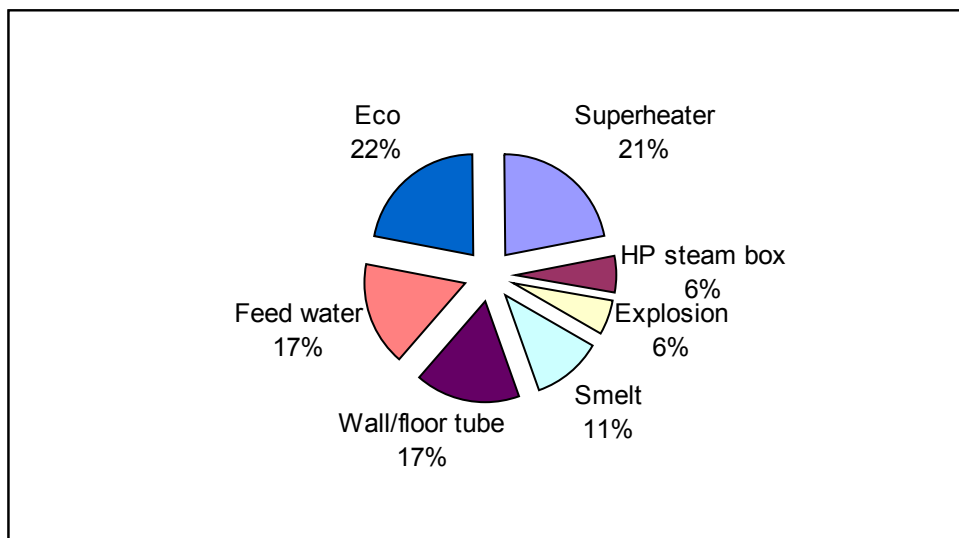


Fig 1. Distribution of incidents during the last year.

One of the incidents last year I would like to tell you more about is **the water side corrosion discovered at the Mörrum Mill (01-13)**. The attacked tubes were composite tubes in the lower part of the furnace. The tubes were scanned during a scheduled stop and the corroded parts of the water side were found mostly in level with the secondary air ports. See Figure 2.



Fig 2. Pictures of the corroded tubes, Mörrum Mill.

The measurements at Mörrum Mill were done because Mörrum had the same feed water conditioner as Tofte until 1995; they both used polyamines. Besides Tofte, parallels can also be seen in the Kotka incident in Finland.

Sodahuskommittén

As in Tofte, parts of the composite layer were black colored. It was however not nearly as large areas as in Tofte. Neither blisters nor thinned composite layers could be found here. It has not been possible to find any relation between the black parts and the corrosion on the water side.

At the **Kappa Kraftliner Mill (01-11)** they got **tall oil in the boiler water**. The pH of the feed water dropped suddenly and simultaneously the Sodium in the condensate increased. The polluted condensate had not been dumped to the effluent automatically, since that function was connected to the conductivity. The conductivity didn't increase since the tall oil wasn't dissociated.

Their first measure was to add black liquor to the water. The furnace load was also decreased, and they started to purge out the polluted water.

It took a while before they understood that it was tall oil they were dealing with. But when they did, they dumped all the reflux condensate, and stopped the turbine. The liquor was immediately replaced with oil.

The reason to the leakage of tall oil into the feed water was a plug in the tall oil pipe, forcing the tall oil backwards into the water via a purge pipe.

The last incident on the list is a **smelt-water explosion**. It occurred at **Domsjö Fabriker (02-08)** after a scheduled maintenance stop. The 4th liquor gun, which they normally don't use, was by accident left in the boiler after a water wash of the liquor pipes. When they started to run liquor from three of the guns, water entered the furnace from the 4th gun. This resulted in a small explosion where 5 sight glasses were "blown away" from the primary air port level. No other damage has been found in the boiler.

Sodahuskommittén

New recommendations

Since the beginning (1965) the main mission of our committee has been safety questions. This year alone we spend 600 000 SEK, almost one third of the total budget, on developing new recommendations.

The recommendations are divided into six areas:

- A. Technical terms and concepts
- B. Construction and equipment
- C. Operation and operational interruptions
- D. Inspection and maintenance
- E. Education
- F. Security conditions

During the last year 4 new recommendations has been published:

- *B2 – Construction of recovery boiler buildings*
- *B19 – Equipment for liquor firing*
- *C3 – Firing of liquor and auxiliary fuels*
- *C2 – Information about RB operation and operational disturbances*

B2 is first and foremost written to be used when building new recovery boiler houses, but can of course be used to increase the security in old ones. It handles for example emergency exists and elevators.

B19 suggests arrangements and equipment for safe firing of black liquor. C3 treats common conditions and rules when firing black liquor and auxiliary fuels. C2 presents guidelines how to prevent disturbances and the measures to take if disturbances occur.

In process of being revised are among others:

- *F1 – Supervising recovery boilers*
- *F2 – RB security instructions*
- *B14 – Arrangements of alarms in operator rooms*
- *B16 – Equipment for destructing weak gases*
- *D3 – Thickness of tube materials*
- *C9 – Firing for destruction*
- *D6 – Water side inspection and acid cleaning of feed water equipment (paused)*

HENKILÖTURVALLISUUS

ERKKI SOHLMAN
IF VAHINKOVAKUUTUSYHTIÖ OY

Soodakattilapäivä 2002

Insinööri Erkki Sohlman
IF VAHINKOVAKUUTUS OY

HENKILÖTURVALLISUUS

1

VAHINKOJEN SYNTYMINEN JA TAUSTATEKIJÄT

1.1

Miten vahingot syntyvät ?

Vahinkojen syntymiseen vaikuttavat tekijät jaetaan yleensä tekniisiin, toiminnallisiin ja organisatorisiin tekijöihin. Toiminnallisia tekijöitä on myös yleistetty käyttämällä niistä nimitystä inhimilliset tekijät. Kun syntytekijä tai –tekijät ovat jääneet tunnistamatta, tapahtumaan liittyvät tiedot ovat puutteelliset tai epäselvät, on ollut helppoa kirjata tapahtuma inhimillisen tekijän nimiin. Se on ollut myös oiva takaportti välttää vahinkojen ehkäisytöimenpiteiltä ja taloudellisilta seuraamuksilta sekä toiminnan kehittämiseen liittyviltä toimenpiteiltä.

Rakenteellisten ja muiden aistein havaittavien työympäristön ja työmenetelmien puutteiden tunnistaminen ja suojaus on ollut teknisen vahingontorjunnan päätehtävä. Etenkin kone- ja laitesuojauksen voidaan katsoa olevan maamme teollisuudessa hyvin hoidettu ja toteutettu. Työympäristöön, kulkutasoihin ja portaisiin liittyvien tapaturmien suhteellinen osuus on sen sijaan kasvanut.

Toiminnallisiin tekijöihin kuuluvat erilaiset suunnitteluvirheiden, prosessihäiriöiden ja työn suorittajan virhetoiminnoista ja arvioinneista johtuvat tekijät. Näitä tekijöitä ei voi aistinvaraisesti havaita tai tunnistaa työpaikoilla, vaan apuna on käytettävä systemaattisia turvallisuusanalyysimenetelmiä.

Organisatorisia tekijöitä ovat työn ja tuotannon yleinen järjestely, ohjeet, opastus ja valvonta. Tähän kuuluu myös työpaikalla toimivien henkilöiden ja organisaatioiden sisäinen ja ulkoinen yhteistyö turvallisuuksien ja tuottavuuden edistämiseksi.

1.2

Vahinkotekijöiden tunnistaminen

Koneissa, laitteissa, työympäristössä, työmenetelmissä sekä työntekijän suojautumisessa olevat viat ja puutteet havaitaan työpaikan työsuojelutarkastusten yhteydessä. Tämä on ollut perinteinen ja pääasiallisesti käytetty vaarojen tunnistustapa.

Soodakattilapäivä 2002

Prosessiteollisuudessa panostyypin prosessien työmenetelmien aistinvarainen tarkastelu ei yleensä riitä, vaan vaara- ja häiriötekijät on tunnistettava joltain systemaattista menetelmää, esim. toimintovirheanalyysia apuna käyttäen.

Kemikaalien käsittelyyn, riskitekijöiden tunnistamiseen ja arviointiin on kehitetty lukuisia menetelmiä mm. potentiaalisten ongelmien menetelmä ja sen johdannaiset, erilaiset reaktiomatriisiin perustuvat menetelmät ja yksityiskohtaiset prosessitarkastelut. Jatkuva-toimisten prosessien vaara- ja häiriötekijöiden tunnistamiseen Hazop-poikkeamatarkastelu on eniten käytetty menetelmä maailmassa. (Liitteet 1 ja 2)

Organisaation toimintaan liittyvien puutteiden tunnistamiseen on maassamme käytetty MORT (Management and Oversight Risk Tree) –menetelmää. Lisäksi eri liikkeenjohdon konsulttiyritykset ovat omaan käyttöönsä kehittäneet lähinnä talouden tehostamiseen tähtääviä erilaisia organisaatioanalyysimalleja.

Eräs tärkeimmistä, vahingon jo satuttua tehtävistä tutkintamalleista on vuonna 1982 valmistunut ja käyttöön otettu tapaturmatutkimusmalli, jonka periaatteiden mukaan kaikki maamme työpaikoilla sattuneet kuolemantapaukset työssä tutkitaan ja raportoidaan. Mallin avulla saadaan selvitettyä tapaturmaan johtaneet tekijät parannus- ja ehkäisytöimenpiteitä varten. Sen käytöstä on tehty valtakunnallinen sopimus keskeisten työmarkkinajärjestöjen ja Tapaturmavakuutuslaitosten Liiton välillä. (Liite 3)

2

VAHINKOJEN EHKÄISYN PERIAATTEET

2.1

Häiriöiden torjunnan ja vahingontorjunnan välinen yhteys

Jos koneiden ja laitteiden suojaustekniikka on kunnossa, on niiden käytössä sattuvien tapaturmien eräänä taustatekijänä ollut jokin häiriö toiminnassa tai käytön vaikeus. Tällöin konetta tai laitetta käyttävä henkilö yleensä pyrkii minimoimaan työmääränsä tekemällä kokemuspäisesti helpoimpia toimenpiteitä tai ottamalla käyttöön uuden, ensimmäiseksi mieleen tulevan ratkaisukeinon. Vasta toissijaisesti, jos juuri ollenkaan, mietitään tämän keinojen käyttöön liittyviä vaaratekijöitä.

Usein on myös kova kiire, jolloin työympäristöön, hoitotasoihin ja kulkuteihin liittyvät epäkohdat aiheuttavat tapaturmia. Vastaava tilanne syntyy erilaisten prosessien häiriöiden yhteydessä: niin kauan kuin prosessi toimii odotetulla tavalla, vaatii se vain ohjaamosta tehtyjä säätötoimenpiteitä. Häiriön poisto vaatii erityisiä toimenpi-

Soodakattilapäivä 2002

teitä esiintymiskohdassa, jolloin työntekijä altistuu erilaisille vaaratekijöille.

Nykyaikaisen vahingontorjunnan eräs keskeisimpiä periaatteita onkin koneiden, laitteiden, tuotantolinjojen ja prosessien häiriöttömyyden turvaaminen. Vähentämällä häiriöitä vähennetään myös vaarantumistilanteita. Tapaturmat eivät ole ainoa häiriöiden seuraus, vaan riippuen olosuhteista ja ajoittumisesta häiriö voi ilmetä omaisuus-, keskeytys-, ympäristö-, henkilö- tai vastuuvahinkona, pelkkänä vaaratilanteena ilman vahinkoa tai tuotteen laatuun vaikuttavana tekijänä. (Liite 4)

Häiriötön toiminta on kaikille työelämän osapuolille edullista, joten siihen tulisi järjestelmällisesti pyrkiä.

Työn ja toiminnan organisoinnilla tulee kustannustehokkuuden lisäksi pyrkiä edistämään ja turvaamaan tuotannon ja toimintojen häiriöttömyyttä. Vain näin menetellen saadaan aikaan kokonaistaloudellisesti edullisin ratkaisu.

3

VAHINKOJEN TORJUNTA

3.1

Perinteinen metsäteollisuuden vahingontorjunta

Metsäteollisuudessa on perinteisesti noudatettu ns. teollisuusliittoperiaatetta ammatti- ja vakanssiajatteluineen. Vahinkojen torjuntatyö oli pitkään vain palojen ja tapaturmien torjuntaa erillisine organisaatioineen. Vasta 1960-luvun puolivälissä alettiin puhua ympäristön suojelusta ja 1970-luvulla vahingonkorvauslain myötä vastuuvahingoista.

Tapaturmien torjunnan organisointi oli helppoa: yhteistoimintaan otettiin edustus eri työmarkkinaosapuolista ja ammattiryhmistä kiintiöiden pohjalta. Toiminta oli jäykkää, usein eriytynyttä omaksi toiminnakseen ja paikoitellen myös tehotonta rutiinien toistoa. Etuna voidaan kuitenkin mainita tuttu työympäristö tuttuine vaaratekijöineen, mahdollisuus tehokkaaseen työnopastukseen ja toimintojen kokonaisvaltaiseen johtamiseen.

3.2

Kansainvälisten yritysten toimintamalli

Suomen metsäteollisuus on viimeisten kymmenen vuoden aikana hyvin voimakkaasti ulkoistanut etenkin sellun valmistuksessa syntyvien sivutuotteiden jatkojalostusyhtiöitä ja näin vapauttanut pääomia varsinaiseen tuotannolliseen toimintaan. Tämä on koskenut myös energian tuotantoa ja yhä enenevässä määrin soodakattilan

Soodakattilapäivä 2002

henkilökunta istuu kahdella jakkaralla: hoidettavana on myös ulkopuolisen yhtiön energiantuotantoon liittyviä laitteita.

Kokonaan ulkoistetuissa ja kansainvälisen suuryrityksen omistukseen siirtyneissä yhtiöissä on otettu käyttöön emoyhtiön toimintamallit ja suhtautuminen henkilövahinkoihin. Jokapäiväiseen työhön ja liikkumiseen tehdastiloissa on määritetty pakolliset henkilökohdaiset suojeluvälineet ja -varusteet. Eräissä yrityksissä tieto työpaikalla sattuneesta henkilövahingosta on vuorokauden sisällä lähetettävä yrityksen pääjohtajalle ! Harvassa suomalaisessa yrityksessä ylin johto tietää tapaturmatilanteesta ja -tunnusluvuista muihin alan yrityksiin nähden.

Kansainvälisten yritysten suomalaisten tytärten tapaturmien keskeiset tunnusluvut ovat radikaalisti romahtaneet uuden suhtautumistavan myötä ja on selvitty jopa useampia vuosia ilman työntekijöille sattuvia tapaturmia.

3.3

Viranomaistoiminta

Keskeinen valvova viranomainen on Turvatekniikan Keskus. Sen valvomiin asioihin kuuluvat painelaitteisiin ja kemikaaliturvallisuuteen liittyvät lait alempiasteisine säädöksineen. Työsuojeluun liittyviä asioita valvovat sosiaaliministeriön alaisuudessa työsuojelupiirien työsuojelutoimistot. EU:n lainsäädäntötyö on ollut erittäin vilkasta ja uusia säädöksiä on tullut paljon. Ajan tasalla pysyminen vaatii jatkuvia ponnisteluja alan ammattilaisilta ja tietotulva on valtava. Internetin kautta saatavien määräysten ja standardien lisäksi tarvitaan sovellusohjeita tehtävien ratkaisujen tueksi.

Yhä useammassa yrityksessä on päädytty investointien turvallisuusratkaisuja päätettäessä yhteisneuvotteluihin viranomaisten (palo-, työsuojelu- ja ympäristöviranomaiset), vakuutusyhtiön, laite-toimittajien, suunnittelun ja projektihenkilöstön kesken hyvien ja turvallisten ratkaisujen selvittämiseksi. Riittävän ajoissa käytyinä näissä neuvotteluissa on voitu varmistua viranomaisvaatimusten täyttämisestä ja saada aikaan toimivat ja turvalliset ratkaisut hankkeen kohteena olevaan laitokseen.

4

HENKILÖTURVALLISUUDEN PARANTAMINEN

4.1

Ohjeet

KLTK:n henkilöturvallisuusohje G19 valmistui v. 1997. Siihen on koottu keskeisimmät senaikaiset henkilöturvallisuuteen liittyvät asiat. Sen liitteenä on laitospkohtaisen turvallisuusohjeen laatimista

Soodakattilapäivä 2002

varten ohjeellinen luettelo mukaan otettavista asioista. Toisena liitteenä on luettelo julkaisuhetkellä voimassaolevista standardeista ja ohjeista. Tämä luettelo vaatisi päivitystä ajan tasalle muutosten vuoksi.

4.2

Pääsytiät

4.2.1

Uloskäytävä

Suomen Rakentamismääräyskokoelman E1 kohdan 10.5 mukaan jos ylimmän kerroksen lattian korkeus maasta on yli 24 m, rakennuksesta on oltava yksi savulta ja palolta suojattu uloskäytävä, muut palolta suojattuja. Uloskäytävän kulkusuunnassa olevien ovien tulee yleensä avautua poistumissuuntaan.

Kattilalaitoksiin sovelletaan muilta osin ohjetta E2, "Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus". Näiden ohjeiden 9. kohdan mukaisesti soodakattilaa voidaan pitää erityiskohteena, johon sovellettaessa määräyksiä ja ohjeita otetaan huomioon tavanomaisesta poikkeava käyttötapa ja olosuhteet, jotka vaikuttavat rakennuksen tai sen ympäristön paloturvallisuuteen. Tapauskohtaisesti selvitetään suojaustoimenpiteiden, tavanomaisesta poikkeavan paloteknisen osastoinnin, savunpoiston, sammutusteknisten ja muiden erityisvarusteiden ja -laitteistojen sekä operatiivisten sammutusmahdollisuuksien vaikutus paloturvallisuuteen.

Jos tulipalosta voi aiheutua vakavat seuraukset, lisätään rakennuksen paloturvallisuutta.

Soodakattiloiden osalta on useassa projektissa palo- ja työsuojeluviranomaisten kanssa käytyjen neuvottelujen perusteella päädytty ratkaisuun, jossa kattilahuoneesta uloskäytävään johtava seinä on palonkestävä ja sinne eri tasoilta johtavat ovet aukeavat sisäänpäin. Muut uloskäytävän seinät voivat olla kevyemmin rakennettuja ja tarvittaessa käytävä voidaan varustaa savutuuletuksella. Toinen uloskäytävä (hätäpoistumismahdollisuus) rakennuksen ulkopuolella toteutetaan standardin EN ISO 14 122 "Koneiden kulutiet" mukaisena. Huomattavaa on, että tämä standardi ei tunne kierreportaita. Koska kysymys on viranomaisten kanssa sovittavasta asiasta, tulisi uutta kattilalaitosta hankittaessa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa käydä viranomaisten ja mahdollisesti vakuutusyhtiön kanssa keskustelu ratkaisuihin, joihin laitoksessa sitoudutaan

Soodakattilapäivä 2002

4.2.2

Pääsytiät kattilalaitoksen sisällä

Koneturvallisuuspäätöksen 1314/94 liitteessä 1 on vaatimus:

"1.6.2 Pääsy työskentelypaikoille ja huoltokohteisiin

*Valmistajan on toimitettava välineet (kuten portaat, tikkaat, kul-
kutasot), joita käyttäen pääsee turvallisesti kaikkiin tuotannossa,
säädössä ja kunnossapidossa tarvittaviin paikkoihin."*

Vastaavan sisältöinen on koneiden käyttöpäätöksen 856/98 24 §:

*" Työntekijällä on oltava turvallinen pääsy paikkoihin, joihin hänen
on mentävä tuotannon, säädön tai huollon vuoksi, ja hänen on
voitava olla siellä turvallisesti."*

Useimmin kattilalaitoksissa kättä on väännetty turvallisesta pois-
tumisesta ns. umpiperistä ja nostokuilun nostimen huoltotasolle
johtavasta pääsytiestä.

4.3

Säiliötyöt

Kattilan sisällä tehtävä työ on säiliötyötä, jota varten on laadittava
ohjeet kattilaan liitettyjen toimintojen luotettavaksi erottamiseksi
muista laitteista ja energiat purettava niin, että vaaraa aiheuttavia
tilanteita ei esiinny. Tämän lisäksi tulevat varsinaiset työohjeet lu-
pakäytäntöineen ja määritellään työssä tarvittavat suojavarusteet.

Energioiden purkamiseksi tulee sähköisten laitteiden vahinkokäyn-
nistymisen estämisen lisäksi tarkastella myös lämpö-, neste-, pai-
ne- ja liike-energiat. Vaarallisten aineiden (kiinteä, nestemäinen
kaasu) pääsy kattilaan on luotettavasti estettävä silloin, kun sen
sisällä on ihmisiä.

Hajukaasujen pääsy kattilaan on estettävä ns. turvasulkuventtiilipe-
riaatteella tai kaasuputket on sokeoitava. Tämä tulee jatkossa yhä
tärkeämmäksi, koska tehokas ympäristönsuojelu vaatii prosessien
enenevää sulkemista ja hajukaasujen keräilyä. Hajukaasuputkis-
toon on aina tehtaan käynnin aikana liitetty paineellisia säiliöitä ja
prosesseja ja keräilyputkiston kautta ne voivat päästä kattilaan.
Koska hajukaasujen käsittely on aina tehdaskohtaista, on laitteis-
ton läpikäynti esim. Hazop-analyysillä tarpeen (Liite Tevaextra 3)

4.4

Työturvallisuuslain 738/2002 keskeisiä kattilalaitoksissa huomioonotettavia asioita

10 § Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi

29 § Yksintyöskentely

Soodakattilapäivä 2002

32 § Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus ja terveellisyys

49 § Yhteisellä työpaikalla toimivien huolehtimisvelvoite

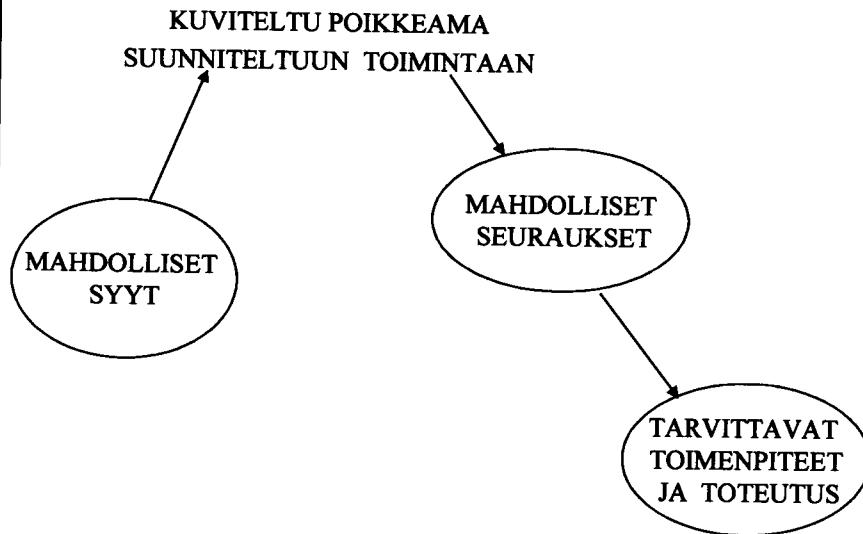
Laki tulee voimaan 1.1.2003, em. pykälät ovat liitteenä.

4.5

Vaarojen arviointi

Kemikaalilainsäädännössä, painelaitelainsäädännössä ja nyt myös työturvallisuuslaissa on annettu velvoitteet vaarojen arviointiin. Turvatekniikan keskus on julkaissut ohjeen 4/2000 "Opas kattilalaitoksen vaaran arvioinnin laatimiseksi." Soodakattiloiden vaaran arviointien helpottamiseksi ja käsittelytavan yhdenmukaistamiseksi Suomen Soodakattilayhdistys ry:n Kestoisuustyöryhmä nimitti vaaranarviointityöryhmän, joka sai raportin valmiiksi syksyllä 2001. Se on julkaistu yhdistyksen raporttisarjassa numerolla 11/2001.

HAZOP-POIKKEAMATARKASTELU



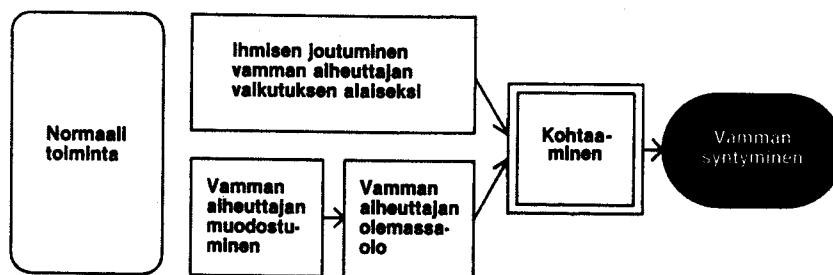
ESoh-96

OHJESANAT

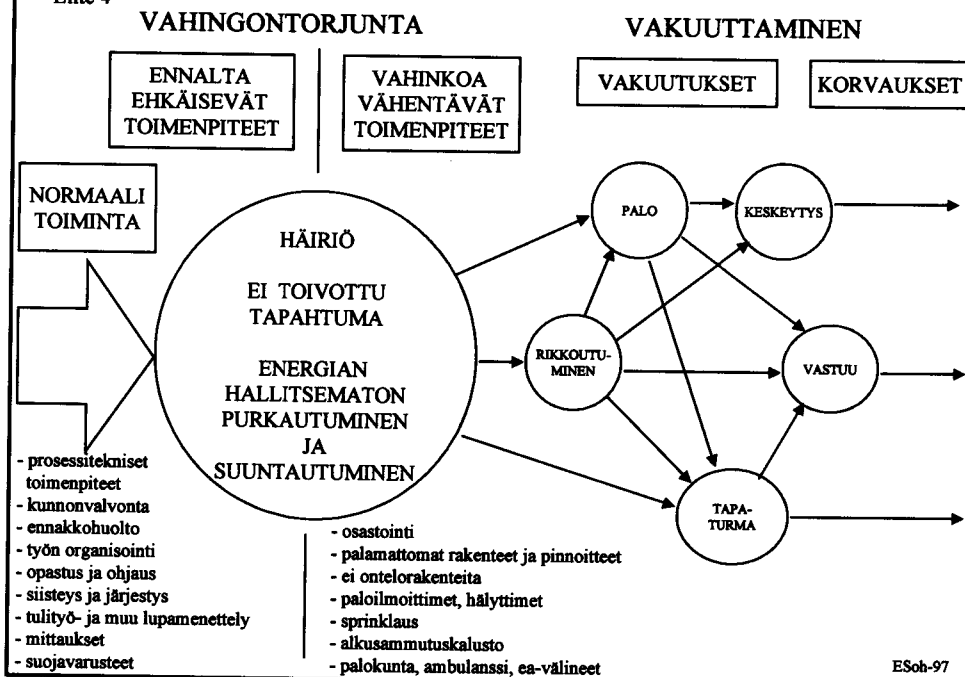
- ⊗ EI MITÄÄN: EI VIRTUSTA
- ENEMMÄN: LIIKAA VIRTUSTA, LÄMPÖÄ, PAINETTA, JNE.
- VÄHEMMÄN: LIIAN VÄHÄN VIRTUSTA, LÄMPÖÄ, JNE.
- ◻ LISÄKSI MUUTA: EPÄPUHTAUKSIA, ILMAA, VETTÄ, JNE.
- ⌒ OSAKSI: MUUTOS VIRTAAVASSA SEOSSUHTEESSA
- ←○ PÄINVASTAINEN: PÄINVASTAINEN VIRTAUS, ALIPAIN
- ◻ MUUTA: ULKOPUOLINEN HAITTATEKIJÄ

ESoh-96

Liite3



Liite 4



TUOTANTOHÄIRIÖT HALLINTAAN POIKKEAMA-ANALYYSILLÄ

Tuotantohäiriöiden estäminen on se päätekijä, johon prosessiteollisuuden ennaltaehkäisevä vahingontorjunta perustuu. Vahinkoa voidaan pienentää erilaisilla varolaitteilla, osastoimalla tuotanto- ja varastotilat, sammutuslaitteistolla jne. Vahinkoketjun alkutekijän toteutumisen estäminen katkaisee vahinkoon johtavan ketjun. Seuraako häiriötä tapaturma, rikkoutuminen, palo, tuotannon keskeytyminen, ympäristövahinko tai useita edellä mainituista, määräytyy vasta myöhemmin.

Tässä artikkelissa tarkastellaan esimerkkinä sellutehtaan tuotannossa syntyvien hajukaasujen käsittelyä. Sellutehtailla pyritään prosessissa syntyvät hajukaasut keräämään talteen ja polttamaan ne joko uudelleen käytettäväksi raaka-aineeksi tai vaarattomampaan ja helpommin hävitettävään muotoon.

Hajukaasuräjähdykset

Vuonna 1980 sattui hajukaasujen käsittelyyn liittyvä räjähdys, jossa soodakattilan, sähkösuotimen ja hajukaasupesurin vaurioituminen aiheutti huomattavat omaisuusvahingot ja useamman kuukauden tuotantohäiriön sellutehtaalle. 1990-luvulla maamme sellutehtailla tapahtui hajukaasujen käsittelyssä toistakymmentä raportoitua räjähdystä. Viimeaikaiset räjähdykset ovat sattuneet lähes poikkeuksetta laitoksen käynnistyksen tai seisokkipysäytyksen yhteydessä ja niiden aiheuttajaksi on epäilty tärpähtihöyryjä, jotka olivat päässeet hajukaasuputkistoon kaasujenkeräilyjärjestelmän mentyä epätasapainoon. Kaasuseoksen väkevyys on päässyt nousemaan räjähdysalueelle ja räjähtänyt ilman näkyvää mekaanista vauriota tai riittävän energian omaavaa kipinää. Laitteistot on yleensä maadoitettu ja potentiaalit tasattu staattisen sähkövarautumisen estämiseksi. Eräällä tehtaalla ongelmat loppuivat, kun kaasulinjaan lisättiin ylimääräinen tärpähtilauhnutin.

Ympäristön asettamat vaatimukset

Kiristyvät ympäristönsuojeluvaatimukset ovat johtaneet sellutehtailla kaasujen keräilyjärjestelmiin, hävittämiseen ja prosessien sulkemiseen. Hajukaasujen keräilyputkistosta on tullut eri tehdasosastoja yhdistävä napanuora, jonka tasapainossa pysyminen on tärkeää hävittämisen kannalta. Prosessimuutokset ja -häiriöt muuttavat kaasujen koostumusta ja paineita. Mitä suljetumpi prosessi, sitä haavoittuvampi se on. Koska prosessilaitteista vapautuu jatkuvasti hajukaasuja, on häiriöiden ja huoltojen ajaksi poltto siirrettävä toiselle laitokselle, varalla olevalle hajukaasupesurille tai kaasut johdettava suoraan ulos. Ongelmat havaitaan myrkyllisinä pitoisuuksina tehtaan sisätiloissa ja "rahan" hajuna ulkona.

Hajukaasujen keräily- ja hävittämisyjärjestelmä joudutaan rakentamaan ja räätälöimään kullekin tehtaalle erikseen. Hajukaasujen polttolaitteistolle ei ole lainsäädännöllä vahvistettua normia, joten laitteistojen suunnittelussa on jouduttu nojautumaan erilaisiin kaasunpolttostandardeihin ja turvallisuusmääräyksiin. Laitetoimittajilla ja suunnittelu-toimistoilla on hyvinkin paljon toisistaan poikkeavia ratkaisuja hajukaasujen keräilyyn ja hävittämiseen. Kaasujen erään pääkomponentin, rikkivedyn erittäin laaja räjähdysalue (n. 4 – 46 til.%) ja myrkyllisyys (haitalliseksi tunnettu pitoisuus 10 ppm), vaativat

13.4.2000

laitteistolta huomattavasti enemmän, kuin yksinomaan palava tai myrkyllinen kaasu. Laitteiston tulee toimia luotettavasti ja minkäänlaista henkilöturvallisuusriskiä kaasupäästöjen muodossa työtiloihin ja huollonalaisiin laitteistoihin ei voida sallia.

Vahinkojen ennaltaehkäisy

Prosessiteollisuudessa vahinkojen ennaltaehkäisy ei voi perustua yksinomaan aistinvaraisiin havaintoihin. Täytyy olla tieteellistä ja kokemusperäistä tietoa vahinkomahdollisuuksista ja niiden sattumismekanismeista. Jollain tavalla täytyy päästä kiinni mahdollisen vahingon alkutekijöihin ja mallintaa tapahtumaketju torjuntatoimenpiteiden löytämiseksi. Jo kauan sitten on havaittu, että suurvahingon mahdollistavana alkutekijänä on prosessiin tullut häiriö, rikkoutuminen, ylikuumeneminen tai muu ei-toivottu tapahtuma. Energian purkautuessa saadaan erilaisia vahinkotapahtumia riippuen siitä, missä paikassa tapahtuma alkaa ja mihin se voi vaikuttaa. Hajukaasupuhaltimen räjähdysyksen yhteydessä puhallin rikkoutuu ja kaasua pääsee sekä huonetilaan että ulos. Jos puhallinhuoneessa on ollut palavaa materiaalia, se syttyy ja seurauksena on tulipalo. Jos työntekijä sattuu olemaan huoneessa, voi hän menehtyä tai saa ainakin vakavan kaasumyrkytyksen. Kaasupäästö ympäristöön käynnistää keskustelun ympäristönsuojeluviranomaisten kanssa. Laitteistojen rikkoutuessa myrkyllisiä nesteitä ja palon sammuutusvesiä voi päästä viemäreihin ja aiheuttaa sitä kautta ympäristövahingon vastuuseuraamuksineen.

Teollisuusvakuutuksen vahingontorjuntapalvelu

Hazop-poikkeamatarkastelu on maailmassa eniten käytetty menetelmä prosessiteollisuuden vaara- ja häiriötekijöiden tunnistamiseen. Teollisuusvakuutus on jo yli kahdenkymmenen vuoden ajan tarjonnut analyysin vetämiseen ja kouluttamiseen liittyviä palveluja asiakkailleen. Yhteistyössä asiakkaiden kanssa on toteutettu reilusti yli 300 analyysiprojektia. Sellutehtaiden hajukaasujärjestelmien analyysit ovat olleet yksi alue, jossa on tunnistettu merkittäviä suurvahinkoon johtavia häiriötekijöitä. Niiden avulla on todettu insinööritoimistojen suunnitelmissa ja laitetoimittajien ratkaisuisissa puutteita. Vasta aivan viimeaikaisissa toteutuksissa on voitu todeta turvallisten ratkaisujen vakiintuneen osaksi hyvää suunnittelutoimintaa. Yhä useammin hajukaasujen hävittäminen tapahtuu laitteistoissa, joita vakuutusyhtiöt eivät vielä kymmenen vuotta sitten olisi suostuneet vakuuttamaan. Prosessien huolellisella analysoinnilla voidaan vahinkoon johtavat häiriötekijät tunnistaa ja tapahtumaketjut mallintaa vahinkojen ehkäisemiseksi.

§

UUSI TYÖTURVALLISUUSLAKI
(738/2002)

- tulee voimaan 1.1.2003

§

§

§

§

Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi

Työnantajan on työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työstä, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät sekä, milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Tällöin on otettava huomioon muun ohella:

- 1) tapaturman ja muu terveyden menettämisen vaara kiinnittäen huomiota erityisesti kyseisessä työssä tai työpaikassa esiintyviin 5 luvussa tarkoitettuihin vaaroihin ja haittoihin;
- 2) esiintyneet tapaturmat, ammattitaudit ja työperäiset sairaudet sekä vaaratilanteet;
- 3) työntekijän ikä, sukupuoli, ammattitaito ja muut hänen henkilökohtaiset edellytyksensä;
- 4) työn kuormitustekijät; ja
- 5) mahdollinen lisääntymisterveydelle aiheutuva vaara.

Jos työnantajalla ei ole 1 momentissa tarkoitettuun toimin-

taan tarvittavaa riittävää asiantuntemusta, hänen on käytettävä ulkopuolisia asiantuntijoita. Työnantajan on varmistuttava, että asiantuntijalla on riittävä pätevyys ja muut edellytykset tehtävän asianmukaiseen suorittamiseen. Työterveyshuollon asiantuntijoiden ja ammattihenkilöiden käytöstä sekä työpaikkaselvityksestä säädetään työterveyshuoltolaissa (1383/2001).

Työnantajalla tulee olla hallussaan 1 momentissa tarkoitettu selvitys ja arviointi. Selvitys ja arviointi on tarkistettava olosuhteiden olennaisesti muuttuessa ja se on muutenkin pidettävä ajan tasalla.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä selvityksen ja arvioinnin laatimisen kirjallisesta tai muusta todennettavissa olevasta muodosta, sisällöstä ja asian käsittelystä työpaikalla huomioon ottaen työnantajan toimiala, toiminnan luonne ja niihin liittyvät haitat ja vaarat sekä työpaikan koko.

29 § *Yksintyöskentely*

Työssä, jota työntekijä tekee yksintyöskentelynä ja johon siitä syystä liittyy ilmeinen haitta tai vaara hänen turvallisuudelleen tai terveydelleen, työnantajan on huolehdittava siitä, että haitta tai vaara yksin työskenneltäessä vältetään tai se on mahdollisimman vähäinen. Työnantajan on myös työn luonne huomioon ottaen järjestettävä mahdollisuus tarpeelliseen yhteydenpitoon työntekijän ja työnantajan, tä-

män osoittaman edustajansa tai muiden työntekijöiden välillä. Työnantajan on myös varmistettava mahdollisuus avun hylttämiseen.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä yhteydenpidosta, yhteydenpitolaitteista ja muista turvallisuuteen liittyvistä järjestelyistä eri toimialoilla ja tehtävissä, joissa työtä tehdään yksintyöskentelynä.

Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus ja terveellisyys

Työpaikan rakenteiden, materiaalien ja varusteiden sekä laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille. Niiden tulee olla käsiteltävissä, kunnostettavissa ja puhdistettavissa turvallisesti.

Työpaikan ja työskentelypaikkojen kulkuteiden, käytävien, uloskäytävien ja pelastusteiden, työskentelytasojen ja muiden alueiden, joissa työntekijät työnsä vuoksi liikkuvat, on oltava turvallisia ja ne on pidettävä turvallisessa kunnossa.

Työpaikalla tulee olla riittävä määrä asianmukaisia uloskäytäviä ja pelastusteitä, jotka on aina pidettävä vapaina. Työpaikalla tulee olla asianmukaiset turva- ja muut merkinnät.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä työpaikkojen rakenteiden, materiaalien ja laitteiden sekä kulkuteiden ja työpaikan muiden alueiden turvallisuudesta, uloskäytävistä ja pelastusteistä, näiden huollosta ja kunnossapidosta sekä merkinnoistä.

49 §

Yhteisellä työpaikalla toimivien huolehtimisvelvoite

Työpaikalla, jolla yksi työnantaja käyttää pääasiallista määräysvaltaa ja jolla samanaikaisesti tai peräkkäin toimii useampi kuin yksi työnantaja tai korvausta vastaan työskentelevä itsenäinen työnsuorittaja siten, että työ voi vaikuttaa toisten työntekijöiden turvallisuuteen tai terveyteen (*yhtei-*

nen työpaikka) on työnantajien ja itsenäisten työnsuorittajien työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen kunkin osaltaan ja riittävällä keskinäisellä yhteistoiminnalla ja tiedottamisella huolehdittava siitä, että heidän toimintansa ei vaaranna työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 2001, 25.1.2001
Oy Metsä-Botnia Ab Äänekosken tehtaat/
hotelli Alexandra, Jyväskylä; esitelmät
16A0913-110, 00-A221-16A/E21
- 2/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilavuotojen valvonta ja ohjeistus, Karjunen, Timo
21.2.2001 (16A0913-E0022)
- 3/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan uudet materiaalit –projekti; 1. ja 2. väliraportti
TKK/ Saarinen Pekka, VTT/ Hänninen Hannu, TKK/ Pohjanne Pekka
22.2.2001 (16A0913-E0023)
- 4/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattiloiden päästölaskelmien tehdaskartoitus
Jaakko Pöyry Oy/Lehtinen Markku
26.2.2001 (16A0913-E0024)
- 5/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2000 16
8.3.2001(16A0913-E0025)
- 6/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kartoitus hajukaasujen keräily- ja polttosuosituksen laatimista
Jaakko Pöyry Oy/Sebastian Kankkonen
5.3.2001 (16A0913-E0026)
- 7/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 2001, 29.3.2001, UPM-Kymmene Oyj, Tervasaari, Valkeakoski,
Pöytäkirja (16A0913-E0027)
- 8/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lehtinen M.; BLRBAC kevätkokous 2.-4.4.2001, Atlanta
Matkaraportti (16A0913-E0028)
- 9/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kemikaalikierron likaantumisongelmat. Seminaari 22.5.2001 KCL.
Kesseli H, Metso Paper; Nurminen K, Kvaerner Pulping Oy, Svensson C, Savcor Process Oy, Hupa
M, Åbo Akademi, Salmenoja K, Kvaerner Pulping Oy, Engdahl H, Andritz-Ahlstrom Oy, Järvinen R,
KCL. Toim. Niemelä K, KCL. (16A0913-E0029)
- 10/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2001, 11.10.2001
Best Western Hotel Haaga, Helsinki, esitelmät
16A0913-E0030
- 11/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilalaitoksen vaaranarviointi
Soodakattilayhdistyksen Kestoisuustyöryhmä/Vaaranarviointityöryhmä
18.10.2001 (16A0913-E0032)

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilalaitosten käyttämät kemikaalit, jatkuvatoimiset analysaattorit, veden laatutiedot ja sovelletut laatuarvot
Kurkela Sinikka
15.1.2002 (16A0913-0033)
- 2/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 2002, 24.1.2002
UPM-Kymmene Oyj, Kaukas/Scandic Hotel Patria, Lappeenranta, esitelmät
(16A0913-0034)
- 3/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2001
11.3.2002 (16A0913-E0035)
- 4/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 2001, 21.3.2002, Vapriikki, Tampere
(16A0913-E0037)
- 5/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Raportti vetyhauraudesta kuudessa kattilassa
Sinikka Kurkela
2.5.2002 (16A0913-E0038)
- 6/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vetyhyökkäys ja kattilavesinormit
Timo Karjunen
21.5.2002 (16A0913-E0039)
- 7/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kartoitus liuotinsäiliön instrumentoinnista
Jaakko Pöyry Oy / Pekka Jussila
18.8.2002 (16A0913-E0040)
- 8/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2002, 10.10.2002
Marina Congress Center, Helsinki, esitelmät
(16A0913-E0041)