

Suomen Soodakattilayhdistys

Soodakattilapäivä 1993,
Soodakattila ja ympäristö

POHTO, Oulu, 21.10.1993

EVK-17961V-01

OHJELMA

EVK/TTT

Otaniemi 19.10.1993

EVK-17961V

Suomen Soodakattilayhdistys

Soodakattilapäivä 1993, Soodakattila ja ympäristö

AIKA

21.10.1993 klo 9.00 -22.00

PAIKKA

POHTO

Vellamontie 12, 90500 Oulu

p. 981-5509 700, fax. 981-5509 840

OHJELMA

08.30-09.00 Ilmoittautuminen ja aamukahvi

09.00-10.00 Kokouksen avaus ja puheenjohtajan valinta
(Juha-Pekka Juuti, Kaukas Oy)

Sellutehtaan päästöt viranomaisen näkökulmasta
(Mikko Lukkarinen, Oulun lääninhallitus)

Metsäteollisuus ry, Ad hoc työryhmän mietintö
(Kaarlo Rainio, Oy Keskuslaboratorio Ab)

10.00-10.15 Tauko

10.15-11.30 Polttotekniikan tutkimusohjelma LIEKKI 2 ja
mustalipeä
(Mikko Hupa, Åbo Akademi)

Typpiyhdisteiden vapautuminen mustalipeän
pyrolyysin aikana
(Kaisa Aho, A.Ahlstrom Oy)

Aerosolit mustalipeän poltossa
(Jorma Jokiniemi, VTT-ATG)

11.30-13.00 Lounas

13.00-14.30 Hajukaasujen keräily ja poltto
case Metsä-Sellu, Äänekoski
(Reijo Kiuru, Metsä-Sellu Oy)
case Veitsiluoto, Oulu
(Reino Soukka, Veitsiluoto Oy)

Biolietteen käsittely, mustalipeän superväkevöinti ja
väkevien hajukaasujen poltto soodakattilassa
case Metsä-Botnia, Kemi
(Pauli Harila, Oy Metsä-Botnia Ab)

OHJELMA

EVK-17961V, Suomen Soodakattilayhdistys
Soodakattilapäivä 1993, Soodakattila ja ympäristö

19.10.1993

14.30-15.00 Kahvi
POHTOn esittely, Erkki Peltola

15.00-16.00 Prosessin valvonta ja päästöjen mittaus
(Reino Lammi, Wisaforest Oy Ab)

Automaation suomat mahdollisuudet päästöjen
hallinnassa
(Jukka Mikkonen, Valmet Automation Oy)

17.00-19.00 Cocktail, Tampella Power

19.00-22.00 Päivällinen

OSANOTTAJALUETTELO

EVK/PJN

Otaniemi 19.10.1993

1(3)

EVK-17961V

Suomen Soodakattilayhdistys

Soodakattilapäivä 1993, Soodakattila ja ympäristö

Yritys	Osallistuja	Kokous	Päivällinen	Majoitus	
				20.-21.	21.-22.
LUENNOITSIJAT					
A. Ahlström Oy, Karhula	Kaisa Aho	X		X	
Oy Keskuslaboratorio Ab, Espoo	Kaarlo Rainio	X	X	X	X
Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi	Pauli Harila	X	X	X	X
Metsä-Sellu Oy, Äänekoski	Reijo Kiuru	X	X		X
Oulun lääninhallitus, Oulu	Mikko Lukkarinen				
Valmet Automation Oy, Tampere	Jukka Mikkonen	X	X		
Veitsiluoto Oy, Oulu	Reino Soukka	X	X		
VTT/YDI/ATG, Espoo	Jorma Jokiniemi	X	X		X
Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari	Reino Lammi				
Åbo Akademi, Turku	Mikko Hupa				
OSANOTTAJAT					
A. Ahlström Osakeyhtiö, Varkaus	Lasse Koivisto	X	X	X	X
	Marjo Kuusio	X	X	X	X
	Ari Nieminen	X	X	X	X
	Raimo Paju	X	X	X	X
	Keijo Raak	X	X	X	X
	Esa Vihavainen	X	X	X	X
Energia-Ekono Oy, Espoo	Petri Nieminen	X	X	X	X
	Asmo Rantanen	X	X	X	X
	Tuomas Timonen	X	X	X	X
Enocell Oy, Uimaharju	Pekka Nokelainen	X	X	X	X
Enso-Gutzeit Oy, Imatra	Seppo Peltola	X	X	X	X
Enso-Gutzeit Oy, Varkaus	Kauko Hellstén	X	X	X	X

OSANOTTAJALUETTELO

EVK-17961V, Suomen Soodakattilayhdistys

Soodakattilapäivä 1993, Soodakattila ja ympäristö

EVK/PJN

19.10.1993

2

Yritys	Osallistuja	Kokous	Päivällinen	Majoitus 20.-21. 21.-22.	
Kaukas Oy, Lappeenranta	Juha-Pekka Juuti	X	X	X	X
	Hannu Kytö	X	X	X	X
Kymin Paperiteollisuus Oy, Kuusankoski	Johan Eklund	X	X	X	X
	Juhani Huusari	X	X	X	X
	Rauno Karvinen	X	X	X	X
	Juha Kouki	X	X	X	X
	Raine Rantanen	X	X	X	X
Laminating Papers Oy, Kotka	Ari Saarnio	X	X	X	X
	Matti Takala	X	X	X	X
Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskinen	Kari Auvinen	X	X	X	X
	Tapani Niskonen	X	X	X	X
Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi	Tapio Huuska	X	X		
	Keijo Imeläinen	X	X		
	Jouko Korhonen	X	X		
Metsä-Sellu Oy, Äänekoski	Vesa Maso	X	X		X
	Osmo Niemitalo	X	X		X
OTSO, Helsinki	Jukka Örmälä	X	X		X
Jaakko Pöyry Oy, Vantaa	Pekka Heikkinen	X	X		
Oy Steamservice Ab, Tampere	Jouko Kurola	X	X		X
	Jorma Ulvinen	X	X		X
Sunila Oy, Sunila	Jukka Henriksson	X	X	X	X
	Pekka Pelkonen	X	X	X	X
Tampella Power Oy, Tampere	Jari Ekholm	X	X	X	X
	Kari Haaga	X	X	X	X
	Risto Hämäläinen	X	X		X
	Paavo Hyöty	X	X		X
	Kauko Janka	X	X	X	X
	Simo Koski	X	X		
	Mauri Loukiala	X	X		X
	Marko Mäkilouko	X	X	X	X
	Jouko Rikkinen	X	X		X
	Kalle Salmi	X	X	X	X
Teknillinen korkeakoulu, Espoo	Carl-Johan Fogelholm	X	X		X
	Ari Kankkunen	X			
Teollisuusvakuutus, Helsinki	Juhani Ingalsuo	X	X		X
	Helena Saukkonen	X	X		X

OSANOTTAJALUETTELO
 EVK-17961V, Suomen Soodakattilayhdistys
 Soodakattilapäivä 1993, Soodakattila ja ympäristö

EVK/PJN

19.10.1993

3

Yritys	Osallistuja	Kokous	Päivällinen	Majoitus 20.-21. 21.-22.	
Veitsiluoto Oy, Kemi	Kari Kerttula	X	X		
	Teuvo Poikela	X			
Veitsiluoto Oy, Kemijärvi	Antero Raassina	X	X		X
Veitsiluoto Oy, Oulu	Reijo Hukkanen	X	X		
	Vesa Mikkola	X	X		
	Matti Pihko	X	X		
Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari	Håkan Sjö	X	X	X	X
	Stefan Stara	X	X	X	X
	Lars-Martin Wikström	X	X		X
Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Valkeakoski	Olavi Aaltonen	X	X	X	X
	Matti Kinnari	X	X	X	X

Oulun lääninhallitus
ylitarkastaja Mikko Lukkarinen

SELLUTEHTAAN PÄÄSTÖT VIRANOMAISEN NÄKÖKULMASTA

Ilmansuojelun ylin johto kuuluu ympäristöministeriölle, joka huolehtii ilmansuojelun yleisestä kehittämisestä ja suunnittelusta. Lääninhallitus valvoo ja seuraa ilmansuojelulain ja sen nojalla annettujen säännösten, määräysten ja ohjeiden noudattamista läänissä. Lääninhallitus käsittelee sille kuuluvat ympäristölupahakemukset. Lääninhallitus myös neuvoo ilmansuojeluun liittyvissä asioissa ja huolehtii ilmansuojelua koskevien tietojen keräämisestä läänissä. Kunnan ilmansuojeluviranomaisen tehtävänä on erityisesti huolehtia ilman laadun seurannan järjestämisestä kunnan alueella ja suorittaa päästöjen yleistä tarkkailua.

Ilmansuojelulain tavoitteena on ehkäistä teollisesta toiminnasta, energian tuotannosta ja liikenteestä aiheutuva ilman pilaantuminen. Laissa ei ole varsinaista ilmanpilaamiskieltoa. Ilman pilaantuminen on kuitenkin ehkäistävää ennakolta ja tilanteen korjaamiseen on ryhdyttävä oma-aloitteisesti heti, mikäli haittoja on syntynyt.

Lain mukaan kaikkien yritysten on siis ehkäistävä toiminnastaan aiheutuva ilman pilaantuminen. Lisäksi yrityksen on oltava selvillä toiminnan vaikutuksista ilman laatuun. Näiden velvollisuuksien noudattamisessa otetaan kuitenkin huomioon kohtuullisuus. Velvollisuutta arvioitaessa tarkastellaan mm. ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoitettujen toimenpiteiden merkitystä ilmansuojelun kannalta sekä näiden toteuttamisen teknisistä ja taloudellisia edellytyksiä. Lisäksi on otettava huomioon toiminnan harjoittajan edellytykset yleensä ja toiminnan merkitys yleisen edun kannalta.

Valtioneuvosto on antanut yli kaksikymmentä ohjetta ja määräystä ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi ja ilmakehän suojelemiseksi. Valtioneuvoston ohjeet ja määräykset koskevat mm. enimmäispitoisuutta ilmassa tai ilmaan tulevassa päästössä, polttoaineen tai muun tuotteen koostumusta ja käytön rajoittamista.

Annetuista määräyksistä selluteollisuuden ja energiatuotantolaitosten kannalta merkityksellisin on valtioneuvoston päätös raskaan polttoöljyn rikkipitoisuudesta. Kotimaista käyttöä varten valmistettavassa, maahan tuotavassa ja myytävässä raskaassa polttoöljyssä saa olla enintään 1,0 painoprosenttia rikkiä. Pitoisuusmääräys ei koske prosessia, jossa vuosittain prosessiin syötettävän polttoöljyn sisältämästä rikistä yli 60 prosenttia sitoutuu. Tällainen prosessi on mm. soodakattila. Esimerkiksi apukattiloissa, joissa vuoden aikana tuotettavasta energiamäärästä vähemmän kuin 20 prosentti saadaan raskaasta polttoöljystä, voidaan käyttää valtion varmuusvarastoista runsasrikkistä raskaasta polttoöljyä, ellei lääninhallitus ole muuta määrännyt.

Ohjeellisina annetuista valtioneuvoston päätöksistä ohjeet sulfaattisellutehtaiden rikkiyhdisteiden päästöjen rajoittamiseksi, ohjeet kattilalaitosten hiukkaspäästöjen rajoittamiseksi sekä ohjeet kattiloiden typenoksidipäästöjen rajoittamiseksi tuntuvat eniten sellutehtaan toimissa.

Rikkiyhdisteiden päästöjen rajoittamiseksi sulfaattisellutehtaiden prosessien kaasumaisten rikkiyhdisteiden päästöohjearvo rikkidioksidiksi laskettuna laitoksen tuottamaa sellutonnin kohti vuodessa on enintään 4,0 kilogrammaa. Hiukkasia koskevat päästöohjearvot on asetettu 1-50 MW:n tehoisille laitoksille erisuuruisina kattilan polttoainetehosta ja käytetystä polttoaineesta riippuen 40-200 mg/MJ. Typenoksideja koskevat päästöohjearvot ovat vastaavasti 50-300 MW:n kattiloille 50-150 mg NO₂/MJ.

Suunnitteilla on ollut tiukentaa em. ohjearvoja. Sulfaattiselluteollisuuden ja puolikemiallisen massateollisuuden rikkipäästöt saisivat tulevaisuudessa olla rikkidioksidiksi laskettuna yhteensä enintään 14 000 tonnia vuodessa. Tämä merkitsisi, että sulfaattiselluteollisuuden prosessien kaasumaisten rikkiyhdisteiden keskimääräinen päästö rikkidioksidiksi laskettuna tuotettua sellutonnin kohti saisi olla enintään 2,0 kilogrammaa. Myös hiukkaspäästöihin on suunniteltu tiukennuksia. Uudet päästöohjearvot tulisivat olemaan 5-400 mg/m³(n) riippuen käytetystä polttoaineesta ja kattilan tehosta.

Valtioneuvoston päästösten mukaisten määräysten lisäksi sellutehtaan tulee noudattaa ilmapäästöjen osalta erityisesti lääninhallituksen ympäristölupapäätöstä. Lääninhallitus voi antaa päätöksillään yrityksille velvoitteita päästöjen rajoittamisesta, muista päästöjä koskevista suojelutoimenpiteistä sekä päästöjä ja niiden vaikutusta ilman laatuun koskevan tarkkailun järjestämisestä.

Lääninhallituksen myöntämässä ympäristöluvassa tehtaan päästöille on usein asetettu suurin vuosipäästöarvo tai pitoisuusraja. Velvoitteita asetettaessa on huomioitu mm. valtioneuvoston päätösten vaatimukset, ilman pilaantumisriski sekä yrityksen tekniset ja taloudelliset edellytykset päästötason saavuttamisessa. Päästöjen tarkkailua varten tulee yrityksellä olla riittävä päästöjen mittaus- ja raportointijärjestelmä. Erityisesti häiriöpäästöt kiinnostavat viranomaisia. Joissain tapauksissa päästöjen tarkkailu voi olla esimerkiksi puhdistuslaitteiden toiminnan seuraamista.

OVATKO PÄÄSTÖTILASTOT PUUTTEELLISIA?

Esitelmä soodakattilapäivillä 1993
Soodakattila ja ympäristö
Kaarlo Rainio
(21.10.1993)

1. Ilmansuojelun ad hoc-työryhmä

Metsäteollisuus ry:n aloitteesta koottiin metsäteollisuuden ympäristönsuojelun asiantuntijoista nk. ilmansuojelun ad hoc työryhmä, joka pyrki arvioimaan Suomen selluteollisuuden ilmansuojelun kehittämistarpeita. Eräänä tavoitteena oli selvittää, millainen ilmaan purkautuvien päästöjen tarkkailu tyydyttäisi Suomessa sekä tehtaita että viranomaisia. Työryhmä luovutti toimeksiantajalleen joulukuussa 1992 mietintönsä "Metsäteollisuuden päästöt ilmaan".

Työryhmän puheenjohtajana toimi Reino Lammi Wisaforest Oy Ab:sta ja teknisenä sihteerinä tämän esityksen pitäjä, Kaarlo Rainio KCL:stä, missä myös itse toimitustyö tehtiin.

Työn tuloksena syntyi em. mietinnön lisäksi myös 2-osainen selvitys "Selluteollisuus ja ilmansuojelu", jonka ensimmäinen osa "Selluprosessin päästöt ilmaan, niiden vähentäminen ja tarkkailu" on luonteeltaan tekninen yleisesitys. Toinen osa "Ympäristön asettamat vaatimukset sellutehtaille" on taas luonteeltaan lähinnä hallinnollinen yleisesitys ja siinä on lyhyesti käsitelty mm. ilmansuojelun kansainvälisiä sopimuksia sekä ilmansuojelun ohjausta Suomessa ja Ruotsissa.

Työryhmän käsityksen mukaan on Suomen selluteollisuudesta puuttunut juuri tällaisia suomeksi kirjoitettuja yleisesityksiä, joita lukien tehtaan henkilökunta voisi "tiedon nälkäänsä" tyydyttää. Selluprosessin ja sen eri prosessilaitteiden hallinta edellyttää käyttäjiltään, paitsi ammattitaitoa ja kokemusta, myös kykyä hallita prosessi ilmansuojelullisesti parhaalla mahdollisella tavalla. Tämä edellyttää yhteistyötä kaikkien niiden kesken, joiden tehtävänä tehtaalla on huolehtia harjoitettavan ilmansuojelutoiminnan riittävydestä ja luotettavuudesta. Tänä päivänä ei riitä, että esimerkiksi soodakattilamiehet hallitsevat vain soodakattilan ajotekniikan, päästöjen mittaajat vain päästöjen näytteenotto-tekniikan, laborantit analyysitoiminnan, vaan jokaisen tulisi hallita ainakin pääpiirteittäin toistensa työsarjat. Tästä syystä henkilökunnan tulisi tuntea prosessitekniikan, päästömittauksen ja analyysimenetelmien lisäksi myös taustalla olevat ilmansuojelun sopimukset, lait ja hallinnolliset määräykset. Ilmansuojelutyö muuttuu tulokselliseksi vasta kun kaikilla on riittävä näkemys siitä, miten oma työpanos ja erikoisosaaminen liittyy tehtaan ilmansuojelutyöhön. On näinollen tärkeätä panostaa tehtaan henkilökunnan ympäristösuojelukoulutukseen. Tässä koulutuksessa voivat työryhmän laatimat em. yleisesitykset, mahdollisesti edelleen muokattuina, palvella metsäteollisuuden ympäristösuojelukoulutuksen pitkän aikavälin tavoitteita.

2. Päästöjen tarkkailu

Työryhmää askarrutti erityisesti päästöjen tarkkailu. Mitä tällä sanalla oikeastaan tarkoitetaan? Harjoitetaanko Suomessa riittävästi päästöjen tarkkailua ja onko toiminta riittävän systemaattista? Voidaanko päästöjen tarkkailua kehittää? Voidaanko sitä yksinkertaistaa? Voidaanko sopia sellaisesta tarkkailusta, joka tyydyttää sekä tehtaita että viranomaisia? Monia kysymyksiä, joihin työryhmä ei valmiita vastauksia löytänyt.

Suomessa päästöjen tarkkailun suunnittelu ja toteutus on laajasti jätetty toiminnanharjoittajan vastuulle. Lääninhallitus vaatii päätöksissään toiminnanharjoittajalta tarkkailusuunnitelman, jonka toiminnanharjoittaja mahdollisimman huolellisesti laatii. Päähuomio kiinnitetään sellaisiin osaprosesseihin, joissa kaasuvirta on suuri ja suhteellisen muuttumaton. Tällaisia ovat soodakattilat ja meesauunit, apukattilat sekä hajukaasukattilat.

Päästöjen tarkkailun tavoitteena on toisaalta kerätä tietoja prosessipäästöistä ja toisaalta valvoa, että prosessi ja sen laitteistot toimivat tarkoitetulla tavalla. Koska prosessilaitteiden toimintakunto vaikuttaa merkittäväällä tavalla päästöihin, on esimerkiksi soodakattilan sähkösuodattimien ja pesureiden järjestelmällinen tarkkailu sekä suunnitelmallisuus laitteiden huollossa tärkeä osa päästöjen minimoimisessa. Päästöjen tarkkailu koostuu perinteisesti prosessilaitteiden käytöntarkkailusta, päästöjen mittauksesta sekä päästöjen, lähinnä rikin, määrän arvioinnista ainetaseiden avulla. Näinollen päästöjen tarkkailu jakautuu aina kolmeen yhtä tärkeään osaan. Jokainen osa täydentää luotavaa kokonaiskuvaa tehtaan päästötilanteesta. Päästöjen tarkkailussa on tärkeitä rekisteröidä huolellisesti myös vain osan vuotta käynnissä olevien kattiloiden, lähinnä apukattiloiden, käynnissäoloajat. On syytä painottaa, että päästöjen mittaukset ovat vain osa siitä päästöjen tarkkailuun liittyvästä laajasta työstä, jota tarvitaan oikean kokonaiskuvan luomiseksi. Päästöjen tarkkailu, -hyvin hoidettuna-, palvelee myös tehtaan sisäistä ja ulkoista tiedottamista. Kansainvälisen yhteistyön vuoksi on tärkeitä, että yhteiskunnan käytössä olisi mahdollisimman oikeata, täsmällistä ja ennen kaikkea muiden maiden kanssa vertailukelpoista päästötietoa. Päästöjen tarkkailuun ja raportointiin tulisi näinollen suhtautua tehtaan kaikilla organisaatiotasolla riittävän vakavasti ja tarkkailun tuloksista tulisi raportoida yhdenmukaisella tavalla. Tarkoituksenmukainen tarkkailu- ja mittauskäytäntö riippuu kuitenkin viimekädessä aina paikallisista olosuhteista.

2.1 Prosessilaitteiden käytöntarkkailu

Prosessilaitteiden käytöntarkkailulla seurataan prosessin kulkua niin, että häiriöiden ilmaantuessa tai toimintojen poiketessa oleellisesti tavoitetasosta voidaan riittävän nopeasti ryhtyä toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi. Pelkän tiedon passiivinen rekisteröiminen ei hyödytä ketään. Tiedoilla ei ole sellaisenaan suurta arvoa, ellei niiden avulla voida vaikuttaa päästöihin.

Käytöntarkkailun tulee näinollen olla osa prosessin yleistä säätöjärjestelmää. Näin satunnaisten päästöjen ennaltaehkäisy on mahdollista.

Päästöt ovat häiriö- ja poikkeustilanteissa normaalipäästöjä monta kertaa suuremmat, joten savukaasupuhdistimien ja väkevien hajukaasujen käsittelyjärjestelmien täydellisiä ohiajotilanteita ei saisi esiintyä kuin aivan hetkellisesti. Päästöjen tarkkailussa käyttöhäiriöiden laatu, esiintymistiheys ja kesto ovat tärkeämpiä tietoja kuin päästön absoluuttinen suuruus. Tehtaan kannattaisi ennakolta laatia suunnitelma, mistä ilmenisi, miten ainakin yleisimmissä häiriö- ja poikkeustilanteissa tulisi menetellä. Paikalliselle ilmansuojeluviranomaiselle sekä lääninhallitukselle tulisi raportoida merkittävimmistä häiriötilanteista.

2.2 Päästöjen mittaus

Päästöjen tarkkailun toinen merkittävä osa on päästöjen mittaus, jonka tavoitteena on selvittää riittävällä tarkkuudella normaalin ajotilanteen päästötasot ($\text{mg}/\text{m}^3\text{n}$ kuivaa kaasua, kg/h) sekä näissä tapahtuvat muutokset. Sellutehtaissa mitataan ensisijaisesti kiintoainetta, rikkidioksidia ja pelkistyneitä rikkiyhdisteitä (TRS). Savu- tai prosessikaasujen tilavuusvirrat määritetään joko laskennallisesti prosessi- ja polttoainetiedoista tai mittaamalla. Myös typen oksidien ja klooriyhdisteiden kokonaismääriä seurataan mittauksin. Pienten yksittäisten päästölähteiden tarkkailussa on luontevaa käyttää jaksottaisia mittausmenetelmiä, kun taas tilavuusvirraltaan merkittävässä kohteissa, kuten esim. soodakattilassa ja meesauunissa, on mielekästä käyttää jatkuvaa mittausta. Jatkuvatoimisten mittausten yhtenä tarkoituksena on ajoissa hälyttää päästötason merkittävistä muutoksista. Jatkuvatoimisten mittausten käyttö prosessin säädössä ja ohjauksessa korostuu tulevaisuudessa.

Lääninhallitusten päätöksissä edellytetään, että täydellinen päästökartoitus tehdään teollisuuslaitoksessa joka toinen tai kolmas vuosi. Vapaaehtoista mittaustoimintaa harrastetaan kuitenkin nykyaikaisesti johdetuissa teollisuuslaitoksissa useammin. Omilla riittävän usein toistuvilla mittauksilla saa luonnollisesti aina edustavamman kuvan päästöjen vaihteluista kuin ulkopuolisen mittauskonsultin harvoin suorittamilla mittauksilla. Oman mittausvalmiuden hankkiminen ja ylläpitäminen edellyttää toiminnanharjoittajalta tavoitteellisuutta sekä asetettuihin tavoitteisiin nähden riittävää panostusta.

2.3 Päästöjen arviointi ainetaseiden avulla

Taselaskelmia tehdään sekä hallinnollista tarkastelua että teknillisiä selvityksiä varten. Päästöjen tarkkailussa on useimmiten kyse hallinnollisesta tarkastelusta. Tällöin tehtaan kaasumainen, useimmiten rikki-, päästö lasketaan prosessiin sisääntulevien sekä sieltä tuotteissa, jätteissä, jätevesissä ja savukaasujen kiintoaineessa ulospurkautuvien ainevirtojen erotuksena. Ainetaseita käytettäessä

on oltava kriittinen ja käytettävä riittävän pitkäaikaiseen seurantaan perustuvia laskentatapoja. Ainetaselaskentaa ei pidä käyttää lyhyemmälle aikavälille kuin 1 vuosi. Vain tehdaskohtaisella seurannalla ja tulosten tilastollisella tarkastelulla pystytään luotettavasti määrittämään tehtaan keskimääräinen päästötaso ja vertaamaan sitä asetettuihin raja-arvoihin.

On syytä painottaa, ettei ainetaselaskenta yksinään sovellu sellaiseen hallinnolliseen tarkasteluun, jolla pyritään valvomaan, noudattaako toiminnanharjoittaja asetettuja päästöjen raja-arvoja. Taselaskelmien virherajat ovat tällaiseen tarkasteluun liian suuret. Taselaskelmissa käytettävät lähtötiedot on aina tavalla tai toisella mitattava. Kaikkiin mittauksiin sisältyy virheitä ja nämä virheet vaikuttavat taselaskelmien lopputulokseen. Koelaskelmin on voitu osoittaa 10 % virheen joissakin lähtötiedoissa voivan aiheuttaa tietyissä tapauksissa yli 50 % virheen lopputuloksessa. Lähtötietojen virheiden merkitys luonnollisesti kasvaa, kun päästötasot pienenevät. Tehtaan rikkitase kannattaa usein laskea osaprosesseittain. Todennäköisyys kaikkien virheiden maksimoitumiseen pienenee, kun tulos koostuu suuremmasta joukosta osatekijöitä.

3. Kansalliset päästötilastot

Tehtaiden päästöjen tarkkailun tulokset siirtyvät julkistettavissa kuukausi- ja vuosiraporteissa viranomaisille sekä heidän kautta erilaisiin kansallisiin päästötiedostoihin, joiden sisältämää tietoa sitten käytetään laajojen yhteenvedojen laatimiseen mm. kansainvälisiä vertailuja ja muita selvityksiä laadittaessa. Virallisten kansallisten päästötilastojen tulisi tästä syystä olla riittävän luotettavat ja ennenkaikkea vertailukelpoiset. Näin ei välttämättä aina ole!

Ruotsin luonnonsuojeluviraston (SNV) teettämässä tuoreessa selvityksessä, missä Suomen, Ruotsin ja Norjan selluteollisuuden rikki- ja typpipäästöjä on keskenään vertailtu, todetaan, että Suomen sulfaattiselluteollisuuden rikkipäästöt ovat Ruotsin ja Norjan päästöjä huomattavasti suuremmat.

POHJOISMAIDEN SULFAATTISELLUTEHTAIDEN ARVIOIDUT RIKKIPÄÄSTÖT V. 1989 - 1990

SUOMI	3,07 kg S/ADt
RUOTSI	0,90 kg S/ADt
NORJA	0,98 kg S/ADt

ADt = Air Dry tonne = ilmakuiva sellutonni

Suomen sulfaattiselvityksen rikkipäästö (3,07 kg S/ADt) oli SNV:n selvityksen mukaan vuosina 1989-1990 jopa 3,4 kertaa suurempi kuin vastaava Ruotsin arvo (0,90 kg S/ADt).

On epätodennäköistä, että Suomen sulfaattiselvityksen rikkipäästöt poikkeaisivat naapurimaista näin paljon pelkästään sen takia, että prosessien tekninen rakenne olisi naapurimaiden selvityksien selluteollisuutta heikompi. Ero voi johtua monista eri tekijöistä, esimerkiksi erilainen laskenta- tai mittauskäytäntö ko. maiden välillä saattaa olla yksi syy. Tilastot voivat rakentua erilaisista lähtöaineistoista, joista toiset perustuvat mittauksiin, toiset taas taselaskelmien tuloksiin. Syynä voi myös olla se, että Suomessa prosessi- ja energiantuotannon rikkipäästöihin lasketaan mukaan myös pelkistyneet rikkiyhdisteet, mutta Ruotsissa ei. Pelkistyneiden rikkiyhdisteiden osuus kokonaisrikkipäästöstä on suomalaisten arvioiden mukaan noin 50-100 %, kun taas Ruotsissa pelkistyneiden rikkiyhdisteiden osuus kokonaisrikkipäästöistä arvioidaan olevan vain muutamia prosentteja. Lisäksi saattavat eräät suomalaiset tehtaat laskea kokonaisrikkipäästöön mukaan myös kiintoaineeseen (Na_2SO_4) sitoutuneen rikin.

Työryhmä ei kyennyt antamaan tyhjentävää vastausta siihen, mistä em. ero maiden välillä todellisuudessa johtuu. Työryhmän näkemyksen mukaan em. ero on joka tapauksessa konkreettinen muistutus meille kaikille siitä, mihin harmonisointimattomuus päästöjen tarkkailussa ja ennenkaikkea sen tulosten raportoinnissa ja tilastoinnissa, puutteista puhuttamattakaan, saattavat johtaa.

On tärkeätä, että syyt näin suuriin eroihin maiden välillä selvitetään riittävän perusteellisesti. Ainoastaan näin menetellen voidaan päästötietojen vertailukelpoisuutta ja käytettävyyttä parantaa. Myös tiedon välitystä on parannettava! Osallistuminen yhteispohjoismaisiin selvityksiin ja tiedon välitykseen Suomen ja Ruotsin välillä ei välttämättä aina ole ollut riittävää! Tästä voidaan mainita pienenä esimerkkinä äskettäin ilmestynyt Nordiska Ministerrådetin rahoittama selvitys, johon on koottu käyttökokemukset noin 230 Pohjoismaissa käytössä olevasta kiintoaineen, rikkidioksidin (SO_2), typen oksidien (NO_x) ja haihtuvien hiilivetyjen (VOC) jatkuvatoimisista mittausjärjestelmistä. Tästä yhteispohjoismaisesta selvityksestä puuttuivat Suomen tiedot melko täydellisesti. Selvitystyö perustui kahdeksan (8) eri toimialan teollisuuslaitoksille lähetettyjen kyselykaavakkeiden vastauksiin. Energiantuotanto ja metsäteollisuus olivat suurimmat teollisuudenalat. Kyselyyn on Suomesta ilmeisesti vastannut vain yksi (1) metsäteollisuuslaitos ja kaksi (2) energiantuotantolaitosta, vaikka työryhmässä (Arbetsgruppen för tillsyn och kontroll av industriutsläpp till luft) istui edustajia kaikista Pohjoismaista, myös Suomesta. Suomalaistietojen lähes totaalinen puuttuminen tämältyyppisistä selvityksistä voidaan helposti tulkita mittalaitteiden ja käyttökokemuksen puuttumiseksi koko maasta.

4. Työryhmän toimenpide-ehdotukset

Työryhmä ehdottikin, että

- laaditaan jollekin esimerkkitehtaalle konkreettinen kaikkien päästöjen tarkkailu-ohjelma, joka tyydyttää sekä tehdasta että viranomaista ja jota voidaan jatkossa käyttää malliohjelmana.
- ryhdytään laajamittaiseen päästöjen mittaus- ja raportointityön harmonisointiin.

4.1 Päästöjen tarkkailuohjelman malli

Ehdotuksen mukaisesti tulisi tiedot päästötarkkailun menettelytavoista niin Suomessa kuin muutamissa muissakin maissa, kuten esimerkiksi Ruotsissa, USA:ssa, Kanadassa ja Saksassa kerätä yhteen. Kun päästöjen tarkkailun menettelytavoista Suomessa sekä muissa maissa olisi muodostunut riittävän selkeä kuva, valittaisiin tyypillinen metsäteollisuuden integraatti, jolle laadittaisiin yhteistyössä tehtaan henkilökunnan kanssa ”oikeaoppisesti” päästöjen tarkkailusuunnitelma mittauksineen ja taselaskelmineen. Päästöjen tarkkailu toteutettaisiin sitten tämän suunnitelman mukaisesti. Tässä kehitystyössä käsiteltäisiin yksityiskohtaisesti juuri tämän integraatin päästöjen tarkkailun kaikki osavaiheet aina tarkkailusuunnitelman laatimisesta viranomaisille toimitettavaan vuosiraporttiin saakka sekä luotaisiin päästöjen tarkkailulle käyttökelpoiset rutiinit. Uusien rutiinien tulisi mahdollisimman pitkälle pohjautua integraatin jo olemassa oleviin käytäntöihin. Päästöillä tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkia integraatista vesistöön, tuotteisiin, kaatopaikoille ja ilmaan purkautuvia päästöjä.

Soodakattila on tärkeässä avainasemassa luotaessa konkreettista tarkkailuohjelman mallia koko integraatille. Olisi tärkeää ajoissa selvittää omassa piirissä, millainen hyvä soodakattilan päästöjen tarkkailuohjelma on, mitä sen tulee pitää sisällään, miten tulokset tulisi käsitellä, miten ne tulisi raportoida.

4.2 Mittaus- ja raportointityön harmonisointi

Kansallista ilmansuojelun tavoiteasetantaa ohjaavat kansainväliset ilmansuojelusopimukset, joten on tärkeää, että jatkossa päästötilastot olisivat nykyistä luotettavampia ja yhteistyö päästöjen valvonnassa ja tarkkailussa erityisesti muiden Pohjoismaiden kanssa nykyistä vilkkaampaa. Sopimuksia voidaan tehdä vain vertailukelpoiseen päästöaineistoon pohjautuen.

Virallisten päästötilastojen sekä tehtaiden viranomaisille toimittamien vuosipäästö-ilmoitusten luotettavuudesta tulisi sen vuoksi työryhmän esittämän käsityksen mukaan, laatia kriittinen arvio. Tämän jälkeen olisi mahdollista ehdottaa muutoksia ja tarkennuksia arkikäytäntöön.

Päästötilastojen harmonisoinnin tärkeimmät osa-alueet olisivat

- Käsitteet
- Näytteenotto
- Mittausmenetelmät
- Laskentatavat
- Kalibrointi.

Saksassa ovat käytössä VDI- ja DIN- menetelmät, USA:ssa EPA-menetelmät, Ruotsissa SIS-menetelmät ja Suomessa SFS-menetelmät. ISO työstää menetelmiä kansainvälisille ja CEN Euroopan markkinoille. SNV on julkaissut omat mittausohjeistonsa. On vain sovittava siitä, millaisia mittausmenetelmiä Pohjoismaissa tulisi käyttää. Valitut näytteenotto-, mittaus- ja analyysimenetelmät voitaisiin muokata esimerkiksi SCAN-menetelmiksi. Mittausmenetelmien harmonisointi pohjoismaisella tasolla tulisi kuitenkin aloittaa selvittämällä, mitä menetelmiä suomalaiset tehtaot itse käyttävät mittaustoiminnassaan ja pyrkiä harmonisoimaan mittauskäytäntö ensin kotimaassa.

LIEKKI 2

Poltto- ja kaasutustekniikka

Energiateknologian tutkimusohjelman
runkosuunnitelma 1993–1998

Mikko Hupa

Kauppa- ja teollisuusministeriö
Energiaosasto

KATSAUKSIA B:127

Helsinki 1993

ESIPUHE

Tämä raportti sisältää poltto- ja kaasutustekniikan tutkimusohjelman, LIEKKI 2:n yleisen runkosuunnitelman. LIEKKI 2:n tavoitteena on kehittää polttoa ja kaasutukseen perustuvaa energiamuuntotekniikkaa, joka täyttää tuukimmakin ympäristötavoitteet ja on polttoaineita säästävää. Tavoitteena on lisäksi edistää ja parantaa perustutkimuksen tasoa polton ja kaasutuksen alueella erityisesti korkeakouluissa, millä taataan alan tiedon ja koulutuksen tason säilyminen hyvänä myös tulevaisuudessa.

Lähtökohdat kehitystyölle ovat hyvät, sillä suomalaisen tietämyksen taso on todettu useissa arvioinneissa erinomaiseksi sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Siitä on yhtenä osoituksena laitevalmistajien viime vuosien menestys maailmanlaajuisilla markkinoilla. Poltotekniset laitteet ovatkin tulleet eräiksi tärkeimmistä vientituotteistamme. Selluteollisuuden soodakattilat, voimakattilat ja dieselvoimalaitokset ovat erinomaisia esimerkkejä suomalaisesta poltto- ja kaasutustekniikan osaamisesta maailmalla.

Tulosten tehokas hyödyntäminen vientikelpoisiin tuotteisiin pyritään takaamaan tiivillä tutkimusorganisaatioiden ja yritysten välisellä yhteistyöllä. Ohjelmaa johtamaan ja seuraamaan nimitetyssä johtoryhmässä on sen takia laaja teollisuuden edustus.

LIEKKI 2 -tutkimusohjelman suunnittelusta on vastannut dosentti Mikko Hupa Åbo Akademiasta. Suunnittelua valvoi johtoryhmä, jonka kokoonpano oli seuraava:

Lars Gådda (Neste Oy), puheenjohtaja, Matti Hiltunen (A. Ahlsröm Osakeyhtiö), Stefan Gros (Wärtsilä Diesel Intl. Oy), Martti Korkeakoski (Kauppa- ja teollisuusministeriö), Pentti Janka (Tampella Power Oy), Pekka Oksanen (Neste Oy), Martti Äijälä (Imatran Voima Oy), Kai Sipilä (Valtion teknillinen tutkimuskeskus/POV), Reijo Karvinen (Tampereen teknillinen korkeakoulu), Siirpa Salo-Asikainen (Ympäristöministeriö), Olavi Linnapuomi (Energiataloudellinen yhdistys) ja Kari Salo (Enviropower Oy).

Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosasto haluaa kiittää kaikkia hankkeeseen osallistuneita.

Helsinki, maaliskuussa 1993

Kauppa- ja teollisuusministeriö
Energiaosasto

LIEKKI 2 — Poltto- ja kaasutustekniikan tutkimusohjelma

Koordinointi:

Åbo Akademi, DataCity, Lemminkäisenkatu 14-18 B, 20520 Turku
puh. (921) 654 311, telefax (921) 654 780

Tutkimusohjelman johtaja prof. Mikko Hupa

Julkaisija:

Kauppa- ja teollisuusministeriö
Energiaosasto

PL 37, 00131 Helsinki

puhelin (90) 1601, telex 125452 edept sf, telefax (90) 160 2695

Myyntipaikka: Painatuskeskus Oy

ISSN 0788-8546

ISBN 951-47-5918-4

TIIIVISTELMÄ

Tämä lyhyt yleissuunnitelma koskee poltto- ja kaasuteknikan uutta tutkimusohjelmaa, jonka nimeksi on valittu LIEKKI 2. Ohjelma on suunniteltu 6-vuotiseksi ja se kattaa vuosina 1993-1998 tehtävän tutkimustyön. Ohjelma jatkaa suurelta osin niitä poltto- ja kaasuteknikkaan liittyviä tutkimustöitä, jotka aikaisemmin sisältyivät kansallisiin tutkimusohjelmiin LIEKKI ja JALO.

LIEKKI 2 -ohjelman tutkimuksilla pyritään edesauttamaan polttoon ja kaasutukseen perustuvan energian muuntotekniikan kehitystä Suomessa. Erityisesti keskitytään uusien, entistä tehokkaampien ja ympäristöystävällisempien tekniikoiden kehitystä palvelemaan tutkimukseen, mutta myös konventionaalista poltoteknikkaa kehittävää tutkimusta tullaan ottamaan mukaan ohjelmaan. Tärkeänä ohjelman tavoitteena on lisäksi ylläpitää ja kehittää tutkijatahojen, erityisesti korkeakoulujen pitemmän aikavälin tutkimusosaamista tällä alalla.

Suomi edustaa usealla poltoteknikan osaamisalueella kansainvälisiä huippua. Suomella on laaja kokemus erilaisten poltoteknikoiden ja polttoaineiden soveltuvuudesta sekä teollisuuden että yhdyskuntien energiahuollossa. Toisaalta, poltotekniset laitteet kuuluvat tärkeimpiin vientituotteisiimme. Erityisesti suomalaiset leijukerospolttokattilat, sellutehtaitten soodakattilat sekä raskaat dieselmootorit ja dieselvoimalat ovat menestyneet maailmamarkkinoilla.

LIEKKI 2 -ohjelman tarkoituksena onkin erityisesti tukea poltto- ja kaasuteknikan alan laitteita valmistavaa Suomessa toimivaa teollisuutta. Ohjelma palvelee myös teollisuuden ja yhdyskuntien energiahuollossa vastaavien tahojen poltoteknikkaan tai päästöjen vähennystekniikkaan liittyvää kehitystyötä.

Ohjelmaan liittyy sekä lyhyemmän aikavälin soveltavaa tutkimusta että pitkäjänteistä perustavampaa tutkimusta. Lyhyemmän aikavälin soveltava tutkimus kohdistetaan mm. paineistetun leijukerosrosteknikan kysymyksiin, erityisesti paineistetun polton ja kaasunuksen tuotekaasujen puhdistukseen. Myös suurten dieselmootorien päästöjen hallintaan liittyvä tutkimus on keskeistä. Jätteen polton päästöihin liittyviä selvityksiä otetaan myös mukaan.

Pitemmän aikavälin perustavampi tutkimus ei välittömästi liity nykyisten teknisten laitteiden tai konseptien kehitystyöhön, vaan lisää yleisemmin tietoa palamisprosesseihin liittyvistä ilmiöistä. Ohjelmaan sisällytetään mm. palamisen ja tulipesien matemaattisen mallituksen hankkeita. Kiinnostavia kysymyksiä ovat mm. suspensiovirtausten kuvaus, kemiallinen reaktio turbulentissa virtauksessa ja päästötekemian yhdistäminen virtauslaskelmiin. Sopivin hyvin hallittuihin laboratorio- laittein tutkitaan polttoaineitten palamiseen tai kaasutukseen liittyviä osaprosesseja, mm. polttoaineitten palamis-, kaasuntumis- ja pyrolyysikäyttyymistä eri olosuhteissa. Varsinkin paineen vaikutusta näihin prosesseihin on tarvetta kartoittaa tarkemmin. Päästöjen muodostumisen kemiaan liittyy edelleen mielenkiintoisia kysymyksiä.

Typpi- ja rikkiyhdisteitten kemian käynnissä olevia tutkimuksia kannattaa jatkaa, jatkossa myös mm. klooriyhdisteitten kemian tutkimus kiinnostaa. Myös polttoaineitten tuhkan käyttäytyminen, varsinkin pelkistävässä olosuhteissa on kiinnostava aihealue. Myös paineen vaikutusta tuhkakomponenttien muodostumiseen ja käyttäytymiseen kannattaa selvittää.

LIEKKI 2 -ohjelmaa johtamaan KTM nimittää johtoryhmän, johon tulee edustus alan yrityksistä ja huomattavista tutkimusorganisaatioista. Ohjelman suunnittelu- ja koordinoituvastuu on annettu Åbo Akademille. Ohjelman käytännön hallintoa varten muodostetaan erillinen koordinoituprojekti, joka on vastuussa mm. ohjelman käytännön toteutuksesta, sisäisestä yhteydenpidosta ja tiedotustoiminnasta. Koordinoituprojekti pitää myös yhteyksiä poltoteknikan alan ulkomaisiin ohjelmiin ja organisaatioihin. Erityisen tärkeänä LIEKKI 2 -ohjelmassa nähdään yhteydet Euroopan Yhteisön laajoihin energiatutkimusohjelmiin. Myös pohjoismaiseen yhteistoimintaan on jatkossakin syytä panostaa.

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	Sivu
TIIVISTELMÄ	3
REFERAT	5
ABSTRACT	7
SISÄLLYSLUETTELO	9
1 JOHDANTO	11
2 TAVOITTEET JA SOVELLUTUSKOHTEET	13
2.1 Leijukerrospoltto	15
2.2 Paineistettu leijukerrospoltto ja -kaasutus	16
2.3 Muut kaasutusprosessit	18
2.4 Soodakattilat	18
2.5 Mustalipeän kaasutusprosessit	19
2.6 Diesel-voimalaitokset	19
2.7 Jätteiden polttotekniikat	19
2.8 Konventionaalinen poltto	20
3 OHJELMAN RAJAUKSISTA	21
4 LYHYEMMÄN AIKAVÄLIN SOVELTAVA TUTKIMUS	23
4.1 Paineistettu leijukerrostekniikka	23
4.2 Tuotekaasun puhdistus	23
4.3 Dieselmoottorin päästöt	24
4.4 Jätteen poltto	24
5 PITEMMÄN AIKAVÄLIN PERUSTAVAMPI TUTKIMUS	25
5.1 Palamisen, polttimien, tulipesien mallitus	25
5.2 Polttoaineiden ominaisuudet	26
5.3 Päästöjen muodostumisen kemia	26
5.4 Tuhkan käyttäytyminen	27

6 OHJELMAN ORGANISOINTI JA KANSAINVÄLISET YHTEYDET	28
6.1 Organisointi	28
6.2 Kansainväliset yhteydet	28

1 JOHDANTO

Tämä lyhyt yleissuunnitelma koskee poltto- ja kaasutustekniikan uutta tutkimusohjelmaa. Tämän ohjelman suunnittelua varten KTM perusti erillisen suunnitteluprojektin, jota valvomaan koottiin kesäkuussa 1992 eri intressipiirejä edustava johtoryhmä. Johtoryhmää täydennettiin vielä marraskuussa 1992, ja sen lopullinen kokoonpano ilmenee esipuheesta. Suunnitteluprojektin vastuuliseksi johtajaksi ministeriö kutsui dosentti Mikko Hupan Åbo Akademista.

Suunnitteluprojektin tavoitteena oli eri osapuolien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta tehdä ehdotus ohjelman yleissuunnitelmaksi ja päätutkimusalueiksi. Suunnitteluprojektin tehtävänä oli myös koota yksityiskohtainen suunnitelma ohjelman ensimmäiseksi toimintavuodeksi. Tähän yksityiskohtaiseen suunnitelmaan liittyisi samalla esitys kaikista ohjelmaan sisällytettävistä projekteista.

Poltto- ja kaasutustekniikan uusi tutkimusohjelma, jonka nimeksi on valittu LIEKKI 2, on suunniteltu kuusivuotiseksi ja se kattaa vuosina 1993-1998 tehtävän tutkimustyön. Ohjelma jatkaa suurelta osin niitä poltto- ja kaasutustekniikkaan liittyviä tutkimustöitä, jotka aikaisemmin sisältyivät kansallisiin tutkimusohjelmiin LIEKKI (polttekniiikka) ja JALO (polttoainejalostus).

LIEKKI 2 -ohjelman suunnittelu on tehty pitkälti LIEKKI ja JALO -ohjelmien kokemusten pohjalta. LIEKKI- ja JALO-ohjelmia ja niiden kokemuksia on äskettäin arvioitu useissa yhteyksissä. Toisaalta ohjelmien johtoryhmät arvioivat ohjelmia itse "sisäisenä arviointina". Toisaalta ohjelmia arvioimaan kutsuttiin alkusyksyllä 1991 kolmen kansainvälisen asiantuntijan arviointiryhmä, jonka raportti julkaistiin KTM:n julkaisuna (KTM/Energiaosaston katsauksia B:106, 1992).

LIEKKI- ja JALO-ohjelmien kokemukset on melko yksimielisesti todettu pääosin myönteisiksi. Ohjelmien seurauksena poltto- ja kaasutustekniikan tutkimus Suomessa on selvästi tehostunut ja koordinoitunut. Erityisesti tiedon kulku eri tutkijatahojen välillä on olennaisesti parantunut, jolloin myös tutkimusryhmien välinen yhteistyö on olennaisesti lisääntynyt. Teollisuusyritysten osallistuminen ohjelmiin on ollut voimakasta, mikä on selvästi ohjannut julkista tutkimusta teollisuuden kannalta kiinnostavien aiheiden suuntaan.

LIEKKI- ja JALO-ohjelmien kansainvälinen arviointiryhmä kiirti erityisesti ohjelmien muodostamaa teollisuuden, yliopistojen sekä valtion teknillisen tutkimuskeskuksen yhteistyöjärjestelyä, jossa kaikille osapuolille on löydettävissä oma rooli. Ryhmä totesi kuitenkin myös, että tutkijaosapuolten välistä yhteistyöä ja yhteistyötä tulisi pyrkiä edelleenkin kehittämään.

Kansainvälinen arviointi totesi myös, että valitut tutkimuksen painoalueet ovat pitkälti oikeaan osuneita ja maamme teollisuuden ja energiatalouden kannalta

järkeviä. Ryhmä kiitti myös ohjelmien puitteissa tehtyjä kansainvälisiä julkaisuja, mutta kannusti vielä voimakkaampaan kansainvälisyyteen varsinkin perustavampien tutkimusprojektien raportoinnissa.

LIEKKI 2 -ohjelman suunnittelussa edellä esitetyt arvioinnit ja kokemukset on pyritty mahdollisimman hyvin ottamaan huomioon.

Alla tarkastellaan lyhyesti LIEKKI 2 -ohjelman tavoitteita, rajoituksia ja yleissäätöä.

2 TAVOITTEET JA SOVELLUTUSKOHEET

LIEKKI 2 -ohjelman tutkimuksilla pyritään edesautamaan polttoon ja kaasutukseen perustuvan energianmuuntotekniikan kehitystyötä Suomessa.

Erityisesti keskitytään uusien, entistä tehokkaampien ja ympäristöystävällisempien tekniikoiden kehitystä palvelemaan tutkimukseen, mutta myös konventionaalista polttotekniikkaa kehittävää tutkimusta tullaan ottamaan mukaan ohjelmaan.

Tärkeänä ohjelman tavoitteena on lisäksi ylläpitää ja kehittää tutkijatahojen, erityisesti korkeakoulujen pitemmän aikavälin tutkimusosaamista tällä alalla.

Suomi edustaa usealla polttotekniikan osaamisalueella kansainvälistä huippua. Ensinnäkin Suomessa on laaja kokemus erilaisten polttotekniikoiden ja polttoainoiden soveltuvuudesta sekä teollisuuden että yhdyskuntien energiahuollossa. Toisaalta polttotekniset laitteet kuuluvat tärkeimpiin vientituotteisiimme. Erityisesti suomalaiset leijukerospolttokattilat, sellutehtaitten soodakattilat sekä raskaat dieselmootorit ja dieselvoimalat ovat menestyneet erinomaisesti maailmanmarkkinoilla. Jo yksin näiden tuotteitten osalta maailmanmarkkinat ovat varsin huomattavat, arviolta useita kymmeniä miljardeja markkoja vuodessa. Suomalaistuotteitten viennin kokonaisarvo on tällä hetkellä 2-3 miljardia mk/v.

Suomalaisyntyiset ovat myös voimakkaasti kehittämissä alalle uusia tuotteita. Varsinkin paineistettuun leijukerostekniikkaan perustuva poltto- ja kaasutus ovat jo johtamassa suomalaisiin kaupallisiin konsepteihin.

LIEKKI 2 -ohjelman tarkoituksena onkin erityisesti tukea poltto- ja kaasutustekniikan alan laitteita valmistavaa Suomessa toimivaa teollisuutta. Ohjelma palvelee myös teollisuuden ja yhdyskuntien energiahuollossa vastaavien tahojen polttotekniikkaan tai päästöjen vähennystekniikkaan liittyvää kehitystyötä.

Kasvihuonepäästöjen, erityisesti hiilidioksidipäästöjen kansainväliset vähennystavoitteet edellyttävät myös voimakasta tutkimus- ja kehityspanosta parempaan polttotekniikkaan. Mahdolliset hiilidioksidipäästömaksut, "päästövero", saatavat olennaisesti nopeuttaa uusien, tehokkaampien ja vähemmän hiilidioksidipäästöjä tuottavien polttotekniikoiden kaupallistumista. Ne lisäävät varmasti myös kiinnostusta biopeltojen polttoainoiden laajempimittaiseen käyttöön myös sähköntuotannossa. Biopolttolaitteet ovat itse asiassa monessa suhteessa varsin sopivia juuri uusille, paineistetuille tekniikoille niiden esimerkiksi hiileen verrattuna huomattavan korkean reaktiivisuuden ansiosta.

Alla tarkastellaan lähemmin niitä Suomen kannalta kiinnostavia poltto- ja kaasutusteknisiä sovelluksia, joiden kehitystyötä LIEKKI 2 -ohjelma pyrkii tukemaan.

2.1 Leijukerospoltto

Leijukerospoltto on erittäin merkittävä osaamisen alue Suomessa ja leijukeroskattilat muodostavat yhden menestyneimmistä suomalaisista vientituotteista. Erityisesti suurenman kokoluokan ns. kiertoleijukattiloiden kehitykseen ja kaupallistumiseen on suomalainen osaaminen vaikuttanut ratkaisevasti. Kiertoleijukattilat kaupallistuivat varsinaisesti 1980-luvulla ja tällä hetkellä maailmassa on alun kolmatta sataa kattilaa, joiden yhteinen lämpöteho ylittää 20 000 MW rajan. Suomalaiset toimittajat (Ahlström ja Tampella) ovat toimittaneet näistä kattiloista yli puolet.

Huolimatta kaupallisesta menestyksestään, kiertoleijutekniikka kehittyy edelleen voimakkaasti. Erityisesti päästöjen optimointi alle tiukkenneiden normien edellyttää voimakasta kehitystyötä. Yhtenä päätavoitteena onkin pidettävä kaikkien päästökomponenttien päästötason samanaikaista hallintaa alle tulevienkin, tiukkenneiden päästörajojen ilman erillisiä savukaasujen jälkipuhdistimia. Tämän tavoitteen saavuttaminen on tulossa entistä haastavammaksi, jos "normaalipäästöjen" SO_2 , NO ja CO lisäksi myös typioksiduulille, N_2O tullaan asettamaan päästörajoja.

Myös pyrkimys laitoskoon kasvattamiseen nykyisistä noin 300 MW maksimilämpötehosta aina täyden koon lauhdevoimalaksi asti edellyttää kehitystyötä.

Myös kupliva leijukerospoltto on suomalaisille toimittajille tärkeä tekniikka. Kuplivan leijukerospolton sopivuus eri polttoaineille, erityisesti erilaisille jätteille kiinnostaa.

Leijukerospolttotekniikan kehittäminen edelleen kiinnostaa paitsi kattilanvalmistajia myös mm. prosessiteollisuutta. Leijukerostekniikka soveltuu varsin hyvin mm. puunjalostusteollisuuden erilaisten puujäteiteiden polttoon. Myös tässä yhteydessä savukaasupäästöjen hallinta säilyy tärkeimpänä kysymyksenä.

2.2 Paineistettu leijukerospoltto ja -kaasutus

Kiinteiden polttoaineiden käytö ns. kombiprosesseissa, joissa sähköntuotannon hyötysuhdetta voitaisiin olennaisesti nostaa, on viime vuosina ollut suuren kiinnostuksen kohteena. Kombiprosesseissa polttoaine kaasutetaan tai poltetaan paineen alaisena. Näin muodostuvat paineistetut tuotekaasut puhdistetaan ja johdetaan kaasuturbiiniin, ja sieltä edelleen normaali paineisena höyrykattilaan. Kiinteiden polttoaineiden kombiprosessit ovat pitkälti kehitysvaiheessa. Ensimäisiä konsepteja ollaan vasta demonstroimassa maailmalla. Suomalaisilla yrityksillä on voimakas kiinnostus kombiteknikkaan ja Suomessa onkin kehitteillä useita omia konsepteja, jotka tavalla tai toisella kaikki perustuvat leijutekniikkaan.

Ahlströmin kiertoleijutekniikkaan perustuva paineistettu polton prosessi, "PCFB", on pitkälle kehitetty ja saa ensimmäisen täyden koon demonstraation Yhdysvaltoihin. Tämän v. 1996 valmistuvan ensimmäisen PCFB-laitoksen sähköteho on 80 MW ja pääpoltoaine hiili. Ahlström laskee PCFB-prosessissaan pääsevänsä sähköntuotannon hyötysuhteessa tasolle 42-44%.

Ahlströmillä on myös kiertoleijutekniikkaan perustuva paineistettu biopoltoaineen kaasutuskonsepti, josta ollaan rakentamassa ensimmäistä demonstraatiolaitosta Ruotsiin. Tämän laitoksen polttoaineena on hake ja puujäte ja prosessi perustuu kaasutukseen ositraisilmalla n. 25 barn paineessa. Tämän demonstraatiolaitoksen polttoainetehto on 18 MW, josta 6 MW muunnetaan sähköksi ja n. 9 MW johdetaan kaukolämpöverkkoon, jolloin kokonaishyötysuhteeksi tulee 82-83%.

Ahlström kehittää lisäksi paineistettua, ositaiskaasutukseen ja koksijäännöksen erillispolttuon perustuvaa, ns. topping cycle -prosessia kivihiilelle. Tämän konseptin demonstraatio on suunnitella myös Yhdysvaltoihin v. 1998. Topping cycle -prosessille Ahlström tavoittelee sähköntuotannon hyötysuhteeksi jo 50% tasoa.

Tampella, nykyisin EnviroPOWERilla, on yhteistyössä amerikkalaisen the Institute of Gas Technology kanssa kehitetty kuplivaan leijukerrostekniikkaan perustuva kiinteän polttoaineen kaasutusprosessi, joka myös käyttää ilmaa kaasutusreaktorissaan. Prosessi suunnitellaan demonstroitavaksi kivihiilellä Yhdysvaltoihin v. 1998 valmistuvassa laitoksessa, jonka sähköteho on n. 70 MW. EnviroPOWER on kehitellyt myös biopoltoaineella toimivaa varianttia kaasutusprosessistaan sähkön ja lämmön yhteistuotantoon.

Sähköntuotannon hyötysuhdeprosentin osalta EnviroPOWER on esittänyt tavoitteenaan demonstraatiolaitokselle 42,5% ja tulevaisuuden kaupalliselle kaasutuskombilaitokselle 47,4%. Paineistettujen tekniikoiden tutkimus- ja kehitystarve liittyy selvästi voimakkaimmin kaasutus- tai polttoprosessin tuote- tai savukaasujen puhdistukseen ennen kaasuturbiinia. Näissä tekniikoissa varsinaisten päästöjen vähennys on olennainen osa itse prosessia, ja tulevien laitosien päästötavoitteet ovatkin jo erittäin alhaiset; yleensä kymmenen tai muutama kymmentä miljoonasosaa (ppm) "pääkomponenteille" NO_x , SO_2 ja CO.

Kiinteiden polttoaineiden kombiteknikalla saattaa olla olennainen merkitys - paitsi tärkeänä vientituotteena - myös maamme tulevassa energiahuollossa. Kombilaitoksen korkeampi sähköntuotannon hyötysuhde sekä säästää polttoainetta että vähentää päästöjä - mukaan lukien hiilidioksidipäästöt. Paineistettua leijukerrostekniikkaa hyödyntävillä prosesseilla - perustuivatpa ne polttoon tai kaasutukseen - voitaisiin Suomessa saavuttaa huomattava lisäteho sähköntuotannossa. Saavutettava lisäsähköteho teollisuuden kiinteitä polttoaineita polttavilla vastapainelaitoksilla olisi jo "ensimmäisen sukupolven" uusilla tekniikoilla useita satoja megawatteja. Kaukolämmön tuotannossa kiinteillä polttoaineilla sähköntuotannon rakennusasteen kaksinkertaistaminen kombiteknikkaa hyväksi

käyttäen merkitsisi tämän päivän päivän kaukolämpömäärällä arvioiden mukaan jo noin 800 MW lisäsähkötehoa.

2.3 Muut kaasutusprosessit

Kaasutustekniikka kiinnostaa Suomessa laajemminkin ja mm. Imatran Voima (IVO) ja Neste ovat selvittelleet kaasutusprosessien soveltuvuutta omiin kehityshankkeisiinsa.

IVO on tehnyt kaasutukseen perustuvaa voimalaitosprosessien kehitystyötä vuodesta 1985 lähtien. Eräänä tuloksena tästä työstä on kosteille polttoaineille kehitetty IVOSDIG voimalaitoskonsepti muunnelmineen, joissa polttoaineen kuivuri on kiinteästi integroitu voimalaitosprosessiin. IVO onkin kehittänyt kokeellisesti paineistettuun tekniikkaan soveltuvaa kuivaustekniikkaa ja muita ohjeistaitteita, kuten mm. polttoaineen syöttöä. Vuonna 1992 IVO on arvioinut tekniikan demonstroinnin mahdollisuuksia ja kustannuksia Suomessa.

Neste on selvittänyt raskaan pohjaöljyn kaasutusta ja puhdistetun kaasun käyttöä energiantuotantoon. Tässä Nesteen POVO-projektissa tähdätään Porvoon jalostamon yhteyteen vuosikymmenen puolivälissä rakennettavaan 600 MW sähköä ja 600 MW lämpöä tuottavaan kaasutuskombivoimalaan, jonka kokonaishyötysuhde on n. 80%. Tuotettu lämpö kokonaisuudessaan ja sähköstä vajaa kolmasosa tulisi käytettäväksi Nesteen Porvoon tuotantolaitoksilla.

Nesteen prosessi perustuu kaasutukseen hapella ja vesihöyryllä, kaasujen jäähdytykseen ja pesuun sekä erilliseen rikin poistoon ennen kaasuturbiinia.

2.4 Soodakattilat

Selluprosessin jälilipeän, mustalipeän, poltroteknikka on myös suomalaisten laitevoimittajien huipputaasialuetta. Viimeisten vuosien aikana maailmanmarkkinoilla myydyistä kattiloista runsas kolmasosa on ollut Tampellan tai Ahlströmin toimittamia. Alan tutkimus- ja kehitystoiminta on myös ollut Suomessa varsin voimakasta.

Mustalipeän polton viimeaikainen kehitys on keskittynyt lipeän kuivausprosessin tehostamiseen sekä lipeän ja ilman syötön optimointiin tulipesässä. Koko polttoprosessia soodakattilalla onkin voitu olennaisesti parantaa. Esimerkiksi rikkipäästöjä on voitu pelkin prosessiteknisin keinoin vähentää ratkaisevasti. Muiden päästöjen, erityisesti typpioksidien hallinta ja mahdollinen vähentäminen jo sinänsä alhaiselta tasolta on yksi lähiajan haasteita.

Sellutehtaitten kemikaalikierron tiivistävä sulkeutuminen aiheuttaa muutoksia mm. mustalipeän koostumukseen ja sitä kautta soodakattilaan, mikä saattaa

vaatia muutoksia kattiloitten käyttöön ja suunnitteluun.

2.5 Mustalipeän kaasutusprosessit

Soodakattilan korvaava mustalipeän kaasutusprosessi on ollut pitkään kiinnostuksen kohteena. JALO-ohjelmassa keskityttiin sekä maamme puunjalostusolosuhteiden että Ahlsörmin ja Tampellan tuella erityisesti paineistettuun kaasutukseen tähtääviin tutkimuksiin.

Mustalipeän paineistettuun kaasutukseen perustuva kombiproessi on huomattavasti vaikeampi toteuttaa kuin kiinteitten polttoaineiden vastaava prosessi. Mustalipeän epäorgaaninen aines on matalalla sulavaa, mikä tekee esimerkiksi leijukerosprosessin vaikeaksi hallita. Lisäksi mustalipeästä vapautuu kaasutuksen yhteydessä suuria määriä natriumyhdisteitä, joiden erottaminen kaasutuksen tuotekaasuista ennen kaasunpurinua on varsin vaativa tehtävä.

Mustalipeän kaasutus on kuitenkin edelleen kiinnostava uusi tekniikka ja sen kehittäminen kiinnostaa suuresi maamme teollisuutta. Soodakattilan korvaava kaasutusprosessi merkitsisi vallankumousta selluteollisuudelle ja valtavia markkinoita laitevalmistajille. Mustalipeän kaasutusta kehitetään Suomen lisäksi myös Yhdysvalloissa, Kanadassa ja Ruotsissa. Pääosa kansainvälisestä tutkimustoiminnasta liittyy ilmanpaineiseen kaasutukseen.

2.6 Diesel-voimalaitokset

Raskaiden dieselmootorien valmistajana Suomi on myös johtava maa maailmanmarkkinoilla. Wärtsilä Diesel toimittaa kuluvana vuonna maailmalle raskaita dieselmootoreita yhteisteholtaan yli 2000 MW.

Suurten dieselmootorien kehitystyössä on yhteyksiä muuhun poltrotekniikkaan ja voimalaitosdieselmootorien kehitykseen liittyvä tutkimustoiminta on päätetty sisällyttää LIEKKI 2 -ohjelmaan.

Dieselmootorien kehityksen haasteet liittyvät huonolaatuisten polttoaineiden käyttöön sekä päästökysymyksiin. Myös dieselmootorissa päästöjen muodostumiseen voidaan voimakkaasti vaikuttaa palamistapahuman yhteydessä itse sylinterissä.

2.7 Jätteiden poltrotekniikat

Sekä teollisuus- että erilaisten yhdyskuntajätteiden hävittäminen polttamalla on Länsi-Euroopassa voimistuvan kiinnostuksen kohteena. Tärkeimpänä syytä on

vaikeus löytää lisää sopivaa kaatopaikkamaata sekä kaatopaikkojen aiheuttamat ympäristöriskit. Suomalaisista kattilanvalmistajista Outokumpu EcoEnergy on erikoistunut sekä yhdyskuntajätteiden (kiinteät ja lietenäiset) että puunjalostusteollisuuden ja öljynjalostuksen jätteiden ja lietteiden poltrotekniikkaan.

Jätteiden poltolle ollaan maailmalla asettamassa erityisen tiukkoja päästönormeja. Nämä normit antavat päästörajat - paitsi "tavallisille" päästökomponenteille (SO_2 , NO_x) - myös suurelle joukolle aineita ja aineryhmiä, joiden pituus savukaasuissa on huomattavan alhainen (dioksiinit, raskasmetallit ym.). Jätteiden polton haasteet liittyvätkin melkein pääosaltaan päästökysymyksiin.

Tulevaisuuden kiinnostavana mahdollisuutena on myös jätteiden poltto hallitusti normaali-polttoaineiden kanssa.

Suomessa yhdyskuntajätteitä poltetaan tällä hetkellä ainoastaan Turussa. Jätteiden poltto on kuitenkin suunnitelmassa muuallekin.

2.8 Konventionaalinen poltto

Myös konventionaaliselle poltrotekniikalle on asetettu uusia haasteita. Varsinkin erilaisten tyyppioksideja vähentävien ns. low- NO_x -tekniikoiden käyttöönotto edellyttää useissa tapauksissa huomattavaa tutkimus- ja kokeilutyötä. Typpioksidien hallintaa hiilen tai turpeen polypoltossa esim. ilman syöttöä vaikeistamalla aiheuttaa helposti erilaisia uusia käyttöongelmia. Lentotuhkan hiilijäännös tai savukaasujen hiilimonoksiditaso saattavat kohota, tulipesän seinäputkien likaantumisen tai jopa korroosio saattavat lisääntyä jne.

Myös polttoainelaadun vaikutus konventionaaliseen polttoon on ajankohtainen kysymys Suomessa. Hiiltä hankitaan yhä laajemmilta kansainvälisiltä markkinoilta ja käytettävien hiililaatujen määrä on lisääntynyt. Esim. eri hiili- tai turvelaatujen sopivuus low- NO_x -tekniikoiden yhteydessä ei ole ratkaistavissa konventionaalisten polttoaineanalyysien perusteella, vaan uusia polttoaineiden karakterisoinnimenetelmiä tarvitaan.

3 OHJELMAN RAJAUKSISTA

LIEKKI 2 -ohjelmalla on yhtymäkohtia KTM:n muiden energiautkimusohjelmien kanssa. Erityisesti liikenteen energiautkimusohjelman (MOBILE), energia ja ympäristö -ohjelman (SIHTI) sekä bioenergiaohjelman aihealueet sivuavat LIEKKI 2 -ohjelmaa.

LIEKKI 2 -ohjelman rajauksen pääperiaatteena on ollut saada aikaiseksi ohjelma, jonka puitteissa ohjelmaan osallistuvat tutkijat saavat mahdollisimman paljon tukea ja vuorovaikutusta toinen toisiltaan. Näin ohjelma on pyritty pitämään teknisessä ja tutkimuksellisessa mielessä mahdollisimman yhtenäisenä. Rajauksessa onkin pitkälti pitäydynyt edellisten LIEKKI- ja JALO-ohjelmien omaksumissa päälinjoissa.

LIEKKI 2 -ohjelma keskittyy itse poltto- ja kaasutusprosessiin, "termiseen konversioon" liittyvien ilmiöiden tutkimiseen tavoitteena sitä kautta edesauttaa uusien (ja osalaan myös nykyisten) polttotekniikoiden kehitystyötä.

Ohjelma kohdistuu vain varsinaiseen konversioprosessiin, ja esimerkiksi suoraan prosessin yhteydessä tapahtuvaan päästöjen vähennystekniikkaan. Sen sijaan prosessin jälkeisten, jäähdytettävien savukaasujen puhdistus, kuten selektiivinen katalyyttinen typpioksidien pelkistys, erilaiset pesurit ja (jäähdyneiden savukaasujen) polynerotimet, jää ohjelman ulkopuolelle ja sisältyy SIHTI-ohjelman tutkimusalueeseen.

Sen sijaan kombiprosesseihin liittyvä kuuma kaasun puhdistus ennen kaasuturbiinia kuuluu olennaisena osana LIEKKI 2 -ohjelman tutkimuksiin. Lisäksi kaasutusprosessin tuotekaasun puhdistukseen liittyvä tutkimus on katsottu sopivan LIEKKI 2 -ohjelmaan myös siinä tapauksessa, että kaasut puhdistetaan jäähdytettynä.

LIEKKI 2 -ohjelma ei tee eroa eri polttoaineiden välillä, vaan ohjelmaan pyritään sisällyttämään kaikkien polttoaineiden - mukaan lukien puu, mustalipeä sekä muut biomassat, yhdyksuntajätteet ym. - "terminen konversio". Bioenergiaohjelman alueelle kuuluvat mm. biopolttoaineiden tuotanto ja valmistus, mukaan lukien nestemäisten polttoaineiden valmistus biomassoista. Erityisrajausena on kuitenkin lisäksi sovittu, että biopolttoaineiden pienpolton lisäämiseen lämmitystarkoituksissa tähtäävä tutkimus- ja selvitystyö sisältyy bioenergiaohjelmaan.

Raskaiden diesel-moottoreiden palamistutkimuksen sisällyttäminen LIEKKI 2 -ohjelmaan antaa mahdollisuuden uusille yhteyksille mm. paineistetun polton tutkijoiden ja diesel-tutkijoiden välillä. LIEKKI 2 -ohjelman moottoritutkimus keskittyy suurimpiin, voimalaitoskokoaluokan diesel-moottoreihin sekä lähinnä itse palamistapahtuman tutkimuksiin syntyneissä. Liikenteen ohjelma MOBILE pitää sisällään muun diesel-moottoreihin liittyvän tutkimuksen.

LIEKKI 2 -ohjelma on selkeästi teknisiin sovellutuksiin tähtäävä tutkimusohjelma. Merkittävä osa ohjelmasta tulee liittyvän läheisesti Suomessa kehitteillä olevien uusien poltto- ja kaasutusprosessien avoimien kysymysten ratkomiseen.

Ohjelman toiseksi olennaiseksi osaksi tulee pitempjänteisempää, perustavaanpaa tutkimusta, joka ei sinänsä suoraan lyhyellä tähtämellä kytkeydy uusien teknisten konseptien ajankohtaisiin kysymyksiin.

On luonnollisesti selvää, että rajanveto tässä yhteydessä ei voi olla kovin terävä. Osa perustavammistakin tutkimushankkeista saattaa hyvässä tapauksessa tuoda ratkaisuja akuutteihinkin kehitysprojektien ongelmiin. Yhtä hyvin pitkälti soveltavien tutkimusten yhteydessä saattaa löytyä myös "perustutkimuksellisesti" kiinnostavia uusia havaintoja tai ilmiöitä.

Seuraaviin kahteen kappaleeseen on koottu joitakin esimerkkejä LIEKKI 2 -ohjelman kamalta keskeisistä sekä lyhyen aikavälin soveltavammista tutkimusaiheista että pitemmän aikajänteen perustavammista tutkimusalueista.

Esimerkit liittyvät pitkälti päättyvien LIEKKI- ja JALO-ohjelmien menestyksellisimpiin tutkimuksiin sekä tämän uuden yntystahojen esittämiin tutkimustarpeisiin.

5. MUSTALIPEÄ

- × 501 Nitrogen chemistry in black liquor combustion
Abo Akademi, Förbränningskemiska forskargruppen,
Mikko Hupa/Mikael Forsén
Lemminkäisenkatu 14-18 B, 20520 TURKU.
Puh. (921) 654 311. FAX: (921) 654 780.
- 502 Pressurized pyrolysis and gasification behavior of black liquor
and biofuels
Abo Akademi, Förbränningskemiska forskargruppen,
Mikko Hupa/Rainer Backman
Lemminkäisengatan 14-18 B 14-18 B, 20520 ÅBO.
Puh. (921) 654 311. FAX: (921) 654 780.
- 503 Mustalipeän poltto-ominaisuuksien karakterisointi kaasukro-
matografian avulla
Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Polttoainetekniikan laboratorio,
Raimo Alén
Biologinkuja 3-5, 02150 ESPOO.
Puh. (90) 4561. Telefax: (90) 460 493.
- 504 Mustalipeän paineistetun kaasutuksen sumutus ja pyrolyysi
Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Polttoainetekniikan laboratorio,
Kari Saviharju
Biologinkuja 3-5, 02150 ESPOO.
Puh. (90) 4561. Telefax: (90) 460 493.
- × 505 Mustalipeäruiskutuksen mittausten kehittäminen
Teknillinen korkeakoulu, Lämpövoimalaitosten koneiden lab.,
Carl-Johan Fogelholm
Sähkömiehentie 4, 02150 ESPOO
Puh. (90) 451 3631. Telefax: (90) 451 3418.
- ★ 506 Aerosolit mustalipeän poltossa
Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Aerosolitekniikan
tutkimusryhmä,
Esko Kauppinen
PL 206, 02151 ESPOO.
Puh. (90) 4561. Telefax: (90) 456 7011.
- × Y17 Mustalipeän polttotekniset ominaisuudet
Energiataloudellinen Yhdistys, Soodakattilavaliokunta,
Olavi Vapaavuori/Tuomas Timonen
PL 56, 00131 HELSINKI.
Puh. (90) 179 466. Telefax: (90) 655 076/(90) 4691 981.

- × Y18 Raaka-ainevälikäsittely meesauunipolttoaineeksi, jatkokatku
Energiataloudellinen Yhdistys, Soodakattilavaliokunta,
Olavi Vapaavuori/Tuomas Timonen
PL 56, 00131 HELSINKI.
Puh. (90) 179 466. Telefax: (90) 655 076/(90) 4691 981.
- Y19 Mustalipeän kaasutustekniikan kehittäminen
Tampella Power Oy, Kattilateollisuus
Kaiko Janka/Keijo Salmenoja
PL 109, 33101 TAMPERE.
Puh. (931) 2413 111. Telefax: (931) 2413 401.
6. KONVENTIONAALISET POLTTOTEKNIKAT,
JÄTTEENPOLTTO
- 601 Kloorattujen hiilivetyjen muodostumiskokeet jätettä simuloivan
polttoaineen poltossa
Kuopion yliopisto, Ympäristöterveyden laitos,
Juhani Ruuskanen
PL 1627, 70211 KUOPIO.
Puh. (971) 162 211. Telefax: (971) 1634 320.
- 602 Jätteen leijukerospolton päästöt
Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Poltto- ja lämpötekniikan lab.,
Juha Huotari/Raili Vesterinen
PL 221, 40101 JYVÄSKYLÄ.
Puh. (941) 672 611. Telefax: (941) 672 598.
- Y20 Päästöjen hallinta poltettaessa liettettä leijukeroskattilassa
Tampella Power Oy, Kattilateollisuus
Jouni Kinni
PL 109, 33101 TAMPERE.
Puh. (931) 2413 111. Telefax: (931) 2413 448.
- Y21 Lajitellun yhdyskuntajätteen poltto teollisuuden apukattiloissa
Jaakko Pöyry Oy, Ympäristöteknologian ryhmä,
Juhani Anhava
PL 4, 01621 VANTAA.
Puh. (90) 89471. Telefax: (90) 8781 831.

RELEASE OF NITROGEN COMPOUNDS DURING BLACK LIQUOR PYROLYSIS

K. Aho
Ahlstrom Corporation
Kotka
Finland

M. Hupa
Åbo Akademi University
Department of Chemical
Engineering
Turku
Finland

S. Nikkanen
Ahlstrom Corporation
Varkaus
Finland

ABSTRACT

Black liquor droplets were pyrolysed in a tube furnace in argon. Release of nitrogen compounds during pyrolysis was measured for ten different black liquor samples.

Depending on liquor, the fraction of nitrogen release during devolatilization was 20-60% of the original fuel nitrogen.

Ammonia was the primary fixed nitrogen compound released during black liquor pyrolysis. This was verified with two independent analysis methods. Except ammonia small amounts of nitrogen oxide and some molecular nitrogen were also released during the pyrolysis. No hydrogen cyanide was detected.

10-30% of fuel nitrogen was released as fixed nitrogen compounds, N_{fix} (NH_3 and NO). The rate of release of fixed nitrogen was found to increase with increasing temperature.

The yield of N_{fix} released during pyrolysis of different liquor types varied a lot and was proportional to nitrogen content of liquor. Also, conversion of N to N_{fix} increased with increasing nitrogen content of liquor.

INTRODUCTION

The importance of fuel nitrogen in recovery boiler NO_x formation has been discussed in several recent papers. Nichols et al. /1, 2/ have investigated the relative importance of fuel NO_x and thermal NO_x in black liquor combustion. After laboratory measurements they concluded that fuel NO_x represents the major source of total NO_x emitted from recovery furnaces.

The nitrogen content of black liquors is low, typically 0.1% of dry solids. However, approximately 20% of this amount is enough to produce the typical level of NO_x emission of recovery boilers.

In this work we studied the fuel nitrogen behavior during single black liquor droplet burning. The major objectives of the work were to provide information of intermediates of nitrogen compounds formed during combustion of black liquor, and to determine to what extent and at which stage of the combustion process the fuel nitrogen is released. The experiments were concentrated to the devolatilization stage because a major fraction of the fuel-bound nitrogen was assumed to be released during this stage. Pyrolysis is also the stage that can be greatly affected by the combustion technology.

NO_x emissions vary from boiler to boiler. This is affected by the operation of a boiler, as well as the black liquor properties. In this work the nitrogen release was examined during pyrolysis of a number of different types of liquors. One objective was to investigate the differences between liquors originated from different wood species. The results of these laboratory pyrolysis studies were also correlated with emission measurements in some boilers fired with the similar type of liquors.

EXPERIMENTAL

Black Liquor Samples

Three of the black liquor samples studied represented different laboratory pulping conditions and seven samples were mill liquors. Some properties and composition data of the liquor samples studied are shown in table 1 and 2.

Table 1. Properties of the liquors studied (ds = dry solids, HHV = higher heating value, LHT = liquor sample treated in a liquor heat treatment system /3/).

Sample	ds %	HHV MJ/kg ds	N % ds
1 pure pine laboratory cook	62.0	16.86	0.124 ± 0.025
2 pure birch laboratory cook	50.9	15.57	0.170 ± 0.010
3 pure birch laboratory cook LHT	64.1	15.59	0.166 ± 0.007
4 pine, mill	66.6	14.93	0.126 ± 0.007
5 birch, mill	66.6	15.07	0.150 ± 0.020
6 mixed 50% pine/50% birch	68.1	14.71	0.141 ± 0.013
7 mixed 50% pine/50% birch LHT	65.3	14.85	0.140 ± 0.014
8 pine, mill	65.6	14.96	0.120 ± 0.009
9 pine, mill LHT	59.1	14.52	0.106 ± 0.014
10 bagasse, mill	71.7	14.90	0.478 ± 0.028

Table 2. Elemental composition of the liquors studied. Percent of dry solids, ds. The balance is mostly fuel bound oxygen.

Sample Nr	Na % ds	K % ds	Cl % ds	S % ds	C % ds	H % ds	Balance % ds
1	15.8	0.16	0.10	4.04	40.9	4.03	34.9
2	16.2	0.15	0.09	4.10	37.0	4.32	38.0
3	16.2	0.19	0.09	3.83	36.3	4.21	39.0
4	17.3	1.65	0.15	4.32	36.2	3.86	36.4
5	17.9	1.61	0.16	4.65	33.6	3.65	38.3
6	16.9	1.39	0.12	4.78	33.3	3.75	39.6
7	16.8	1.54	0.18	4.73	33.3	3.63	39.7
8	20.1	1.18	-	4.80	35.6	3.44	34.8
9	22.5	1.33	-	2.66	37.7	2.66	33.1
10 *	18.4	0.72	0.17	0.06	37.9	4.08	36.5

* Si-content 1.70% ds

Experimental Apparatus and Test Conditions

Black liquor droplets were heated in a laboratory tube furnace in argon. The nitrogen compounds, NO and NH₃(+HCN), released during this heating were measured.

The progress of the liquor devolatilization was followed by measuring the content of carbon monoxide of the gases produced. The experimental set up is shown in figure 1. The pyrolysis reactor was the same as previously used for sulfur release experiments by Frederick et al. /4/.

In each experiment, a single droplet of liquor was suspended on a platinum hook, lowered into the reactor and removed after 300 seconds. The droplets were weighed before and after the pyrolysis. The measurements were repeated 4-15 times (av. 8.5) using different droplet sizes (35-80 mg). The furnace temperature was varied between 300 and 950°C.

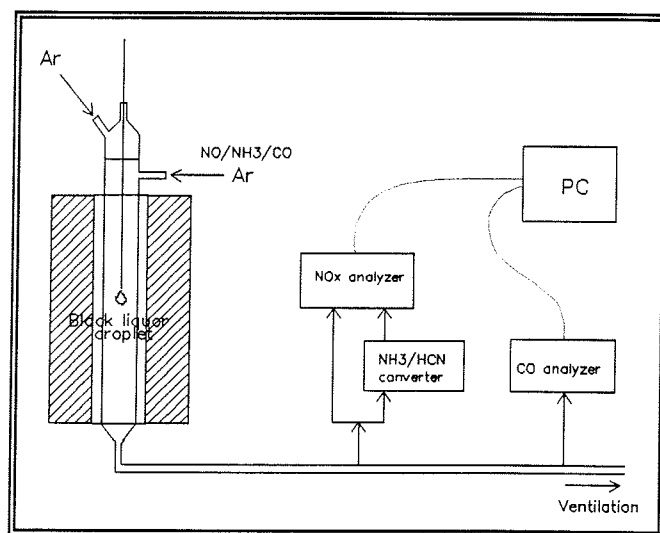


Figure 1. The experimental set up for the determination of nitrogen compounds release during black liquor pyrolysis /4/.

Additional pyrolysis tests were made for larger liquor samples in a muffle furnace. The amount of volatile compounds and the amount of fuel nitrogen released were determined by treating the black liquor in a crucible for one hour at 400°C and measuring the weight and nitrogen content of samples before and after the test.

Analytical methods

NO content of pyrolysis gas was analyzed by a Monitor Labs chemiluminescence based Nitrogen Oxides Analyzer Model 8840.

The sum of NH₃ and HCN in the pyrolysis gas was analyzed by a NO_x analyzer with Monitor Labs Thermocon Converter.

NH₃-content separately was analyzed with an Orion 95-12 ion selective electrode in the H₂SO₄ trapper solution.

The N contents of liquors and char residues were analyzed by a LECO CHN 600 analyzer.

RESULTS AND DISCUSSION

Nitrogen Compounds Released during Black Liquor Pyrolysis

The typical intermediates of fuel-bound nitrogen formed during combustion of fossil fuels are NH_3 and HCN . The significance of these compounds during black liquor pyrolysis was examined by analyzing in the pyrolysis gases separately the NH_3 concentration alone and the total of NH_3 plus HCN concentration by two independent methods. The total of NH_3 and HCN was determined by converting both compounds to NO and measuring it. NH_3 alone was determined in grab samples absorbed in acidic solution. Table 3 gives results for six liquor samples at one pyrolysis temperature and for one liquor sample at two temperatures. The results indicate that NH_3 -content analyzed in absorption liquids is for all liquors studied slightly higher than the sum of NH_3 and HCN . These small differences are not significant and probably caused by inaccuracies in the analytical procedures. Thus it can be concluded that very little or no HCN is formed, or alternatively, all HCN initially formed is converted to NH_3 prior to the sampling point.

Except ammonia small amounts of nitrogen oxide and obviously some molecular nitrogen was released during the pyrolysis of black liquor. In this work HCN , NH_3 and NO are collectively referred to as fixed nitrogen compounds, N_{fix} .

Table 3. Pyrolysis yield of fixed nitrogen compounds. Comparison of NH_3 measurements based on absorbed grab samples and fixed nitrogen analysis based on integration of a continuous NO_x concentration signal after an oxidative converter. Integration time 300 s.

Sample	Temp.	NH_3 abs.meas.	$\text{NH}_3 + \text{HCN}$ NO_x -anal.	N_{fix} ¹⁾ NO_x -anal.
Nr	°C	mg N/100 g BLS		
1	800	14.8	14.0	16.7
2	800	28.3	26.4	29.6
3	800	21.6	19.8	22.7
4	600	11.3	8.8	18.9
4	800	15.0	12.4	14.6
5	800	25.0	17.9	20.0
8	800	14.2	12.2	14.9

$$^1) N_{\text{fix}} = \text{HCN} + \text{NH}_3 + \text{NO}$$

Nitrogen Release Rate

For the two laboratory liquors Nr.1 (pine) and 2 (birch) in the table 1, the pyrolysis test was made at several temperatures between 300-950°C.

The concentration of fixed nitrogen compounds released versus time at 300-800 °C is shown in figure 2 for the liquor Nr.2. There is a delay before the first signal due to the gas residence time in the experimental system, and to preheating and partial drying of the black liquor. At low temperatures the rate of nitrogen release is rather slow and there are clearly two separate peaks of NH_3 . This indicates that some nitrogen may be released as NH_3 already during the drying of a droplet. This is studied more closely in figure 3, where estimated drying times for the black liquor droplets are shown together with measured results of ammonia release. A simple heat transfer model of black liquor droplet drying process /5/ was used to calculate the drying time curve. The time when the first signal of NH_3 release was measured (t-start), and the times, when 10% and 50% respectively of the total ammonia (t-10%, t-50%) were released, are shown in figure 3. Corresponding data for NO release are shown in figure 4. Figures 5 and 6 summarize release times of NH_3 and NO at temperatures 300-950°C. The results suggest that the main part of the release of fixed nitrogen compounds takes place during the pyrolysis process, after the drying is completed.

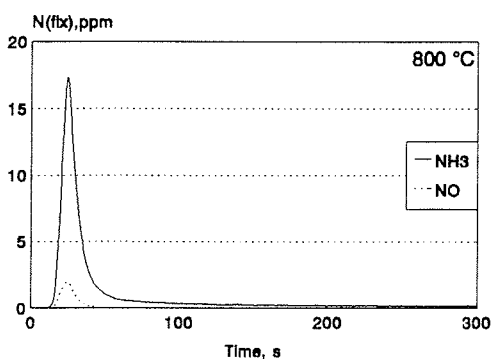
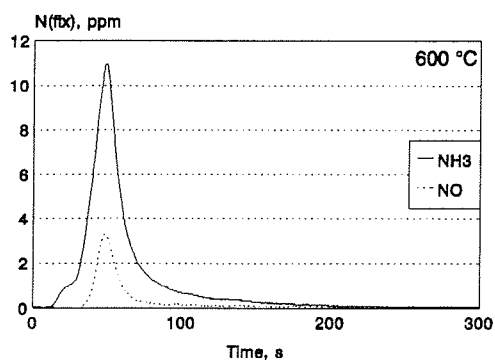
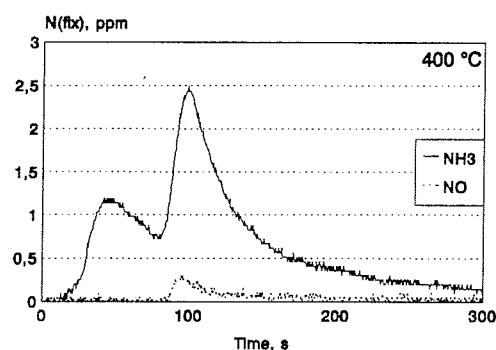
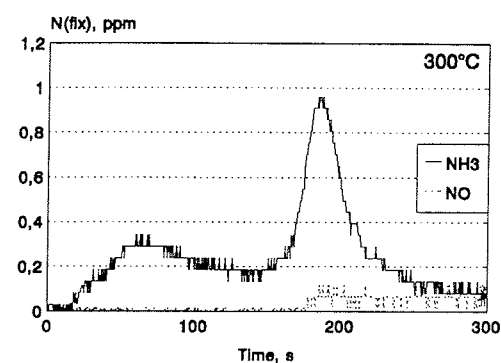


Figure 2. Release of nitrogen compounds during pyrolysis of the liquor Nr.2 at temperatures 300-800°C.

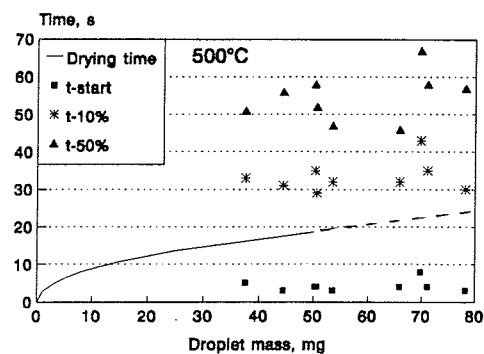


Figure 3. Calculated drying time (solid line) and release of NH_3 during pyrolysis of the liquor Nr.2 at 500°C. The squares indicate the times when first signal was detected (t-start), the asterisks the times when 10% of the total NH_3 was released (t-10%), and the triangles the times when 50% of the total NH_3 was released (t-50%).

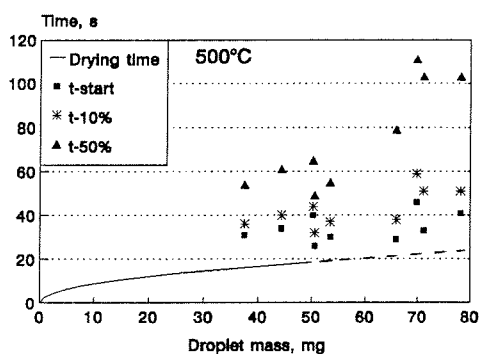


Figure 4. Calculated drying time (solid line) and release of NO during pyrolysis of the liquor Nr.2 at 500°C. The symbols as in figure 3.

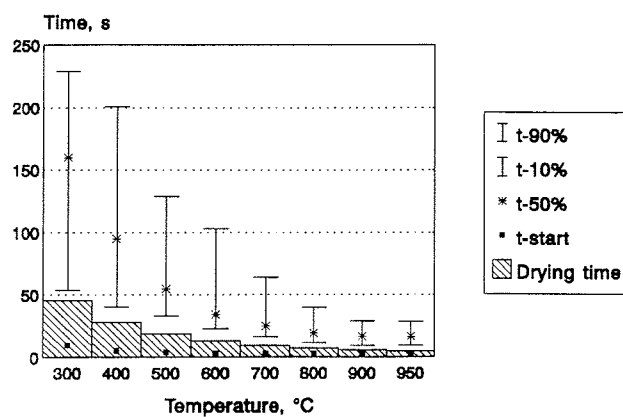


Figure 5. Calculated drying times (shaded) and release of NH_3 during pyrolysis of liquor Nr.2 at temperatures 300-950°C. The vertical lines indicate the time periods during which 80% (from 10 to 90%) of total NH_3 were released.

The squares indicate the times when first signal was detected and asterisks the times when 50% of the total NH_3 was released.

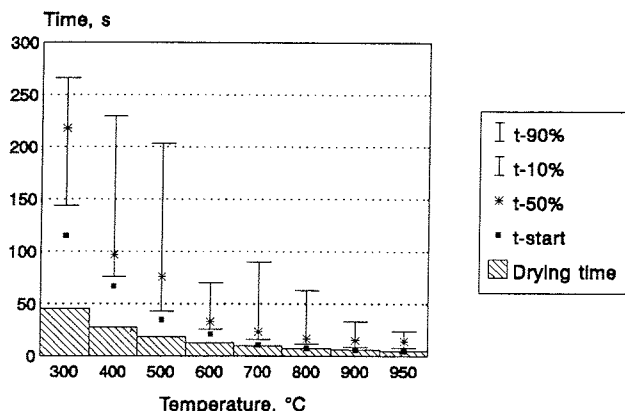


Figure 6. Calculated drying times (shaded) and release of NO during pyrolysis of liquor Nr.2 at temperatures 300-950°C. The symbols as in figure 5.

The times for the release of 50% of the ammonia and nitric oxide, $t_{50\%}$ were determined for both of the liquors 1 and 2. The values for the $t_{50\%}$ were evaluated by integrating from the starting point of pyrolysis to the point where one half of each of the nitrogen compounds respectively were released. Apparent activation energies for each release processes were estimated based on the slope of the Arrhenius type plots like the one shown in figure 7 for ammonia release. The apparent activation energy values for ammonia release were 23 kJ/mol for the liquor Nr.2 and 25 kJ/mol for the liquor Nr.1. Corresponding values for the NO release were 29 and 30 kJ/mol.

These results were obtained in the same way as previously shown for sulfur release from black liquor pyrolysis by Frederick et al. [4]. The estimated activation energy for sulfur release was 26 kJ/mol at the temperature region 350-675°C. This suggests that nitrogen and sulfur release processes during pyrolysis are closely related.

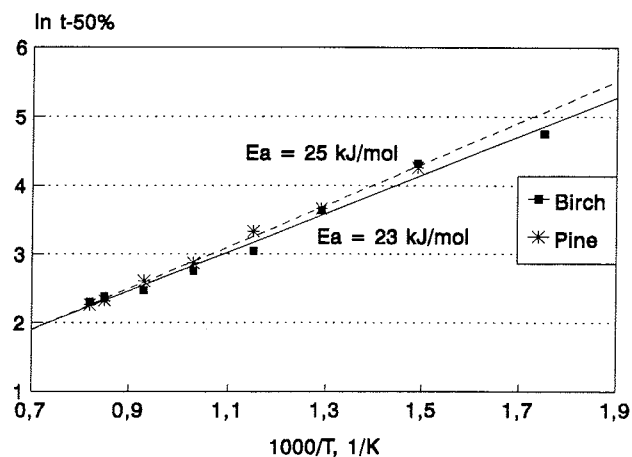


Figure 7. Arrhenius plot for NH_3 release from the pine (Nr.1) and the birch (Nr.2) liquors within the temperature range 300-950°C. Droplet size 40-50 mg.

Total Yield of N_{fix} during Pyrolysis

The total yield of fixed nitrogen ($N_{\text{fix}} = \text{NO} + \text{NH}_3$) per 100 g BLS are shown in figure 8. These data are based on integration of the release vs. time curves like those in figure 2. Integration time in these measurements was extended to 300 seconds because of the slow rate of pyrolysis at low temperatures. The amount of N_{fix} released at temperatures 300 and 400°C can in reality be somewhat bigger than determined here, but after 300 seconds the nitrogen levels were too low to be detected with the analysis method used.

The results indicate that the level of N_{fix} released from the birch liquor (Nr.2) was nearly twice of the level of the pine liquor (Nr.1). The yield vs. temperature trends have a similar shape for both liquors with a maximum at 700-800°C. At higher temperatures the release of N_{fix} decreases, which may be a result of increased secondary reactions in the pyrolysis gases, where NH_3 and NO may be converted to molecular nitrogen.

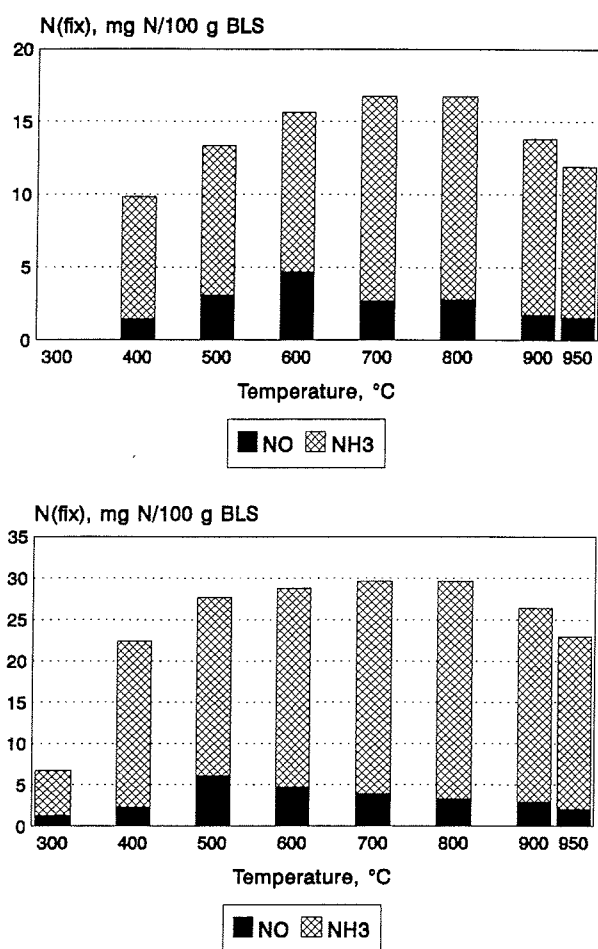


Figure 8. Total release of fixed nitrogen compounds during pyrolysis at different temperatures. Upper graph: liquor Nr.1 (pine), lower graph: liquor Nr.2 (birch).

Liquor Comparisons

Liquor comparison tests were made at two pyrolysis temperatures, 600 and 800 °C. Integration time in these tests was 120 s. The nitrogen compounds, NH₃ and NO released at both temperatures are shown in figure 9. There is systematic variation in the yield of N_{fix} released between different wood species. For pine liquors, samples 1, 4, 8 and 9, the yields of N_{fix} are the lowest, 9-15 mg N/100 g BLS. Corresponding values for birch liquors, samples 2, 3 and 5, are 18-27 mg N/100 g BLS. The results for mixed liquors, samples 6 and 7, are the same magnitude as for pure birch liquors. The yield of N_{fix} from the liquor Nr.10 is exceptionally high, 136 mg N/100 g BLS. The sample Nr.10 is a liquor from pulping of bagasse.

The order of the liquors with respect to their tendency for N_{fix} release was identical in the tests at both 600 and 800 °C. The share of NO in the N_{fix} was smaller at 800 °C for all

studied liquors. The amount of NO released during pyrolysis does not seem to depend on the type of liquor.

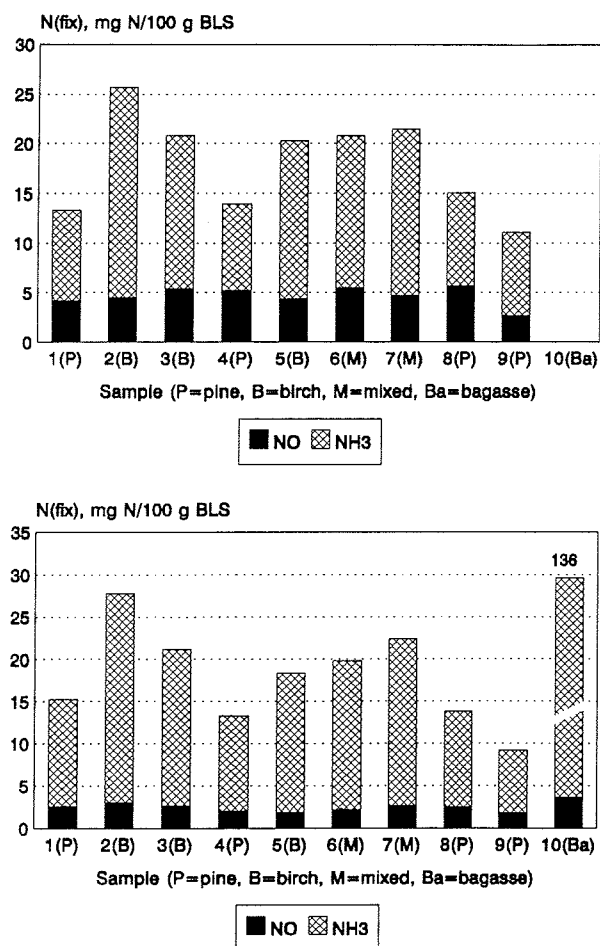


Figure 9. Total release of nitrogen compounds during pyrolysis of different type of black liquors at 600, upper graph, and at 800 °C, lower graph.

Release of N_{fix} as Function of Black Liquor Nitrogen Content

In figure 10 the N_{fix} release during pyrolysis of the different liquors is shown as function of the liquor nitrogen content. The regression is calculated without considering the exceptional bagasse liquor. The results suggest that N_{fix} increases with increasing liquor nitrogen content. The conversion of fuel nitrogen to N_{fix} during pyrolysis varied between 10 and 30% and appeared to be slightly higher for liquors with a higher nitrogen content. However, due to the poor accuracy of the liquor nitrogen analysis method, this finding needs to be examined.

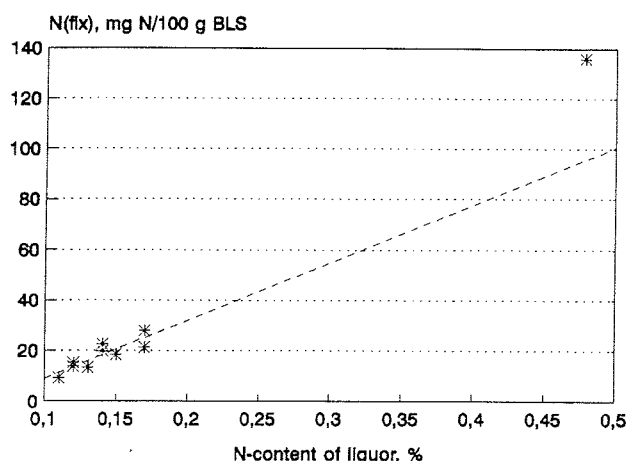


Figure 10. Total release of fixed nitrogen during black liquor pyrolysis at 800 °C as function of nitrogen content of liquor.

Fuel Nitrogen Balance during Devolatilization

To be able to close the nitrogen balance during the devolatilization process some additional tests were made. In these tests the total fuel nitrogen released during pyrolysis was determined by analyzing the nitrogen content in the fuel before the devolatilization test and the nitrogen content in the char after the test. These tests were made for somewhat larger liquor samples in a muffle furnace. By this procedure the amount of total fuel nitrogen released during pyrolysis, vol-N, which besides the fixed nitrogen compounds NH_3 , HCN and NO also contains any molecular nitrogen formed, could be determined.

The amounts of total volatiles and vol-N during one hour pyrolysis in muffle furnace at 400°C are shown in table 4. Vol-N were calculated based on nitrogen analysis of original samples and char residues. No systematic variations in the amount of total volatiles or vol-N between different wood species could be found but the bagasse liquor was again an exception.

Based on these tests we can roughly estimate the main reaction routes of the fuel nitrogen during black liquor pyrolysis. This is shown in figure 11. Around 20-60% of the fuel nitrogen is released during the pyrolysis as volatile nitrogen compounds, vol-N. Roughly half of the vol-N is molecular nitrogen, N_2 . The other half is mostly ammonia, NH_3 .

Table 4. The amounts of total volatiles, and N volatiles during one hour pyrolysis in muffle furnace.

Sample	vol. % ds	vol-N, %
1 Pine	34.0	17.5
2 Birch	36.9	37.6
3 Birch, LHT	36.8	41.4
4 Pine	33.1	21.4
5 Birch	32.8	20.3
6 mixed	28.2	18.5
7 mixed, LHT	27.0	27.0
8 Pine	29.2	31.6
9 Pine, LHT	24.3	40.7
10 Bagasse	46.1	64.6

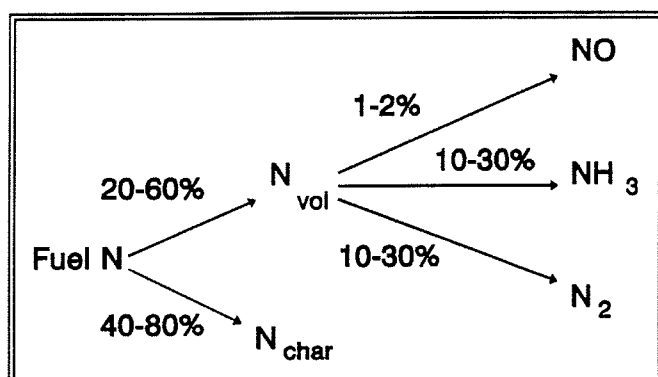


Figure 11. A schematic presentation of the behavior of the fuel nitrogen during black liquor pyrolysis.

Emission Measurements in Recovery Boilers

Figure 12 shows recovery boiler NO_x -emissions in different mills measured recently by Ahlstrom /6/. There are some variations in each boiler, but systematic difference can be seen between different wood species. NO_x -emissions are significantly higher for the birch liquor than for the others. The lowest NO_x emissions were measured for eucalyptus and red wood liquors. The nitrogen contents in the black liquor solids are as follows /6/:

	N in BLS, %
Red wood liquor	0.08-0.10
Eucalyptus liquor	0.10
Pine liquor	0.10-0.19
Birch liquor	0.16-0.19

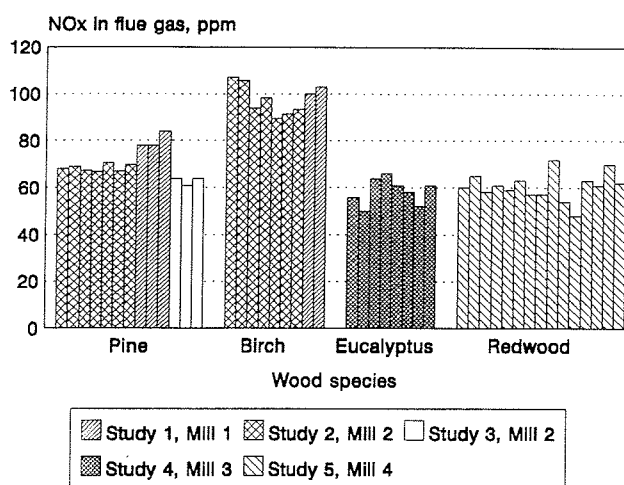


Figure 12. NO_x-emissions in dry flue gases at 8% O₂ in different mills with different wood species.

The results suggest that NO_x-level in recovery boiler flue gases is to a large extent determined by the liquor nitrogen content and thus by wood species used in pulping. Of course the NO_x level is also influenced by the furnace operating parameters, which control the temperature distribution and the local air ratios in the various parts of the furnace.

The results of these mill studies also support the assumption that N_{fix} released during pyrolysis has an important role in formation of nitrogen oxides emissions in a recovery boiler.

CONCLUSIONS

A significant part of the fuel nitrogen was found to be released during the pyrolysis process. Only minor part of the nitrogen may be released during the drying stage. Depending on liquors the fraction of fuel nitrogen released during devolatilization was 20 - 60%.

The main intermediate of fuel nitrogen formed during devolatilization of black liquor was found to be NH₃. Except ammonia and molecular nitrogen, small amounts of nitrogen oxide were released. The common nitrogen intermediate in fossil fuel pyrolysis, HCN, was not detected.

10-30% of fuel nitrogen was released as fixed nitrogen compounds, NH₃ and NO. The rate of release of fixed nitrogen increased with increasing temperature.

The amount of fixed nitrogen, N_{fix}, released during pyrolysis was proportional to the liquor nitrogen content. N_{fix} increased with increasing fuel nitrogen content. The level of N_{fix} released from birch liquors was nearly twice of the level of pine liquors. The yield of N_{fix} from the bagasse

liquor was significantly higher than from the others.

The maximum level of N_{fix} release was obtained at the furnace temperature range 600-800 °C.

NO_x emissions of a recovery boiler seem to depend mainly on the nitrogen content of black liquor and thus on the wood species used in pulping. Assuming that all NH₃ released during pyrolysis were converted to NO in the recovery furnace, NO_x-emissions formed by burning the liquors studied would be 31-95 (bagasse 457) ppm (8% O₂), which is exactly in the same range as the typical published NO_x emissions.

REFERENCES

1. Nichols, K.M., Thompson, L.M., Veverka, P.J., Empie, H.J., Lien, S.J., Relative Importance of Fuel-NO_x in Black Liquor Combustion, IPST-Raport of Projects 3670 and 3605-1, Atlanta, 1992, 54 p.
2. Nichols, K.M., Lien, S.J., Formation of Fuel NO_x during Black Liquor Combustion, Tappi Journal, 76(3):185(1993).
3. Nikkanen, S., High Dry Solids Firing, JALO-seminaari 3-4.12.1992, Helsinki.
4. Frederick, W.J., Forssen, M., Hupa, M., Hyöty, P., Sulfur and Sodium Volatilization During Black Liquor Pyrolysis, Tappi, Proceedings of International Chemical Recovery Conference, 1992, pp. 599-608.
5. Frederick, W.J., Combustion Processes in Black Liquor Recovery: Analysis and Interpretation of Combustion Rate Data and an Engineering Design Model, US DOE Report DOE/CE/40637-T8(DE90012712), March, 1990.
6. Ahlstrom, Internal research reports, 1990-1992.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is partly based on the Thesis work by Kaisa Aho at Åbo Akademi University. Ahlstrom Corporation is acknowledged for their support and for the permission to publish this material.

AEROSOLIT MUSTALIPEÄN POLTOSSA

Pirita Mikkanen, Jorma Jokiniemi ja Esko
Kauppinen

Soodakattilapäivä 21.10.1993



Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus
Aerosolitekniiikan tutkimusryhmä

AEROSOLIT MUSTALIPEÄN POLTOSSA

aerosolit = kaasut + höyryt + hiukkaset

höyryjen reaktiot kaasussa

hiukkasten syntymekanismit

- ytimen muodostus
- isojen hiukkasten hajoaminen (fragmentaatio)

hiukkasten kasvumekanismit

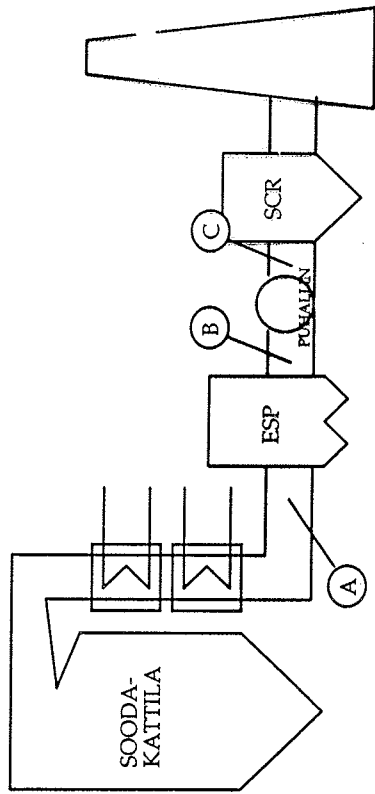
- ylikylläisen höyryn tiivistyminen hiukkasten pinnoille
- hiukkasten törmäilyminen ja tarttuminen (koagulaatio)

aerosolien kiinnittymismekanismit pinnoille

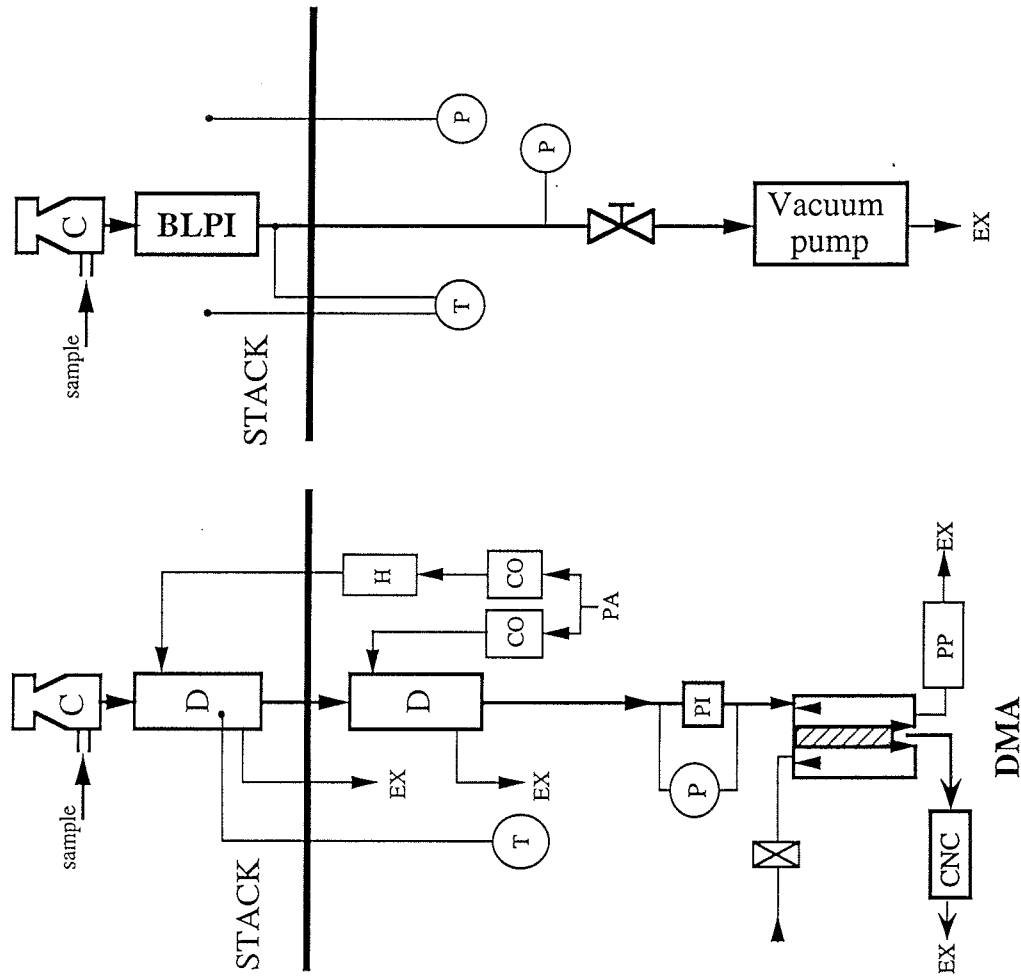
- höyryt (tiivistyminen, reaktio pinnoilla)
- hiukkaset (termoforeesi, diffuusio, impaktio)

kaasujen ja höyryjen reaktiot hiukkasten pinnoilla

AEROSOLIMITTAUKSET SOODAKATTILASSA



- A BLPI, kokonaishiukkaspitoisuus, DMA, SEM
B BLPI, kokonaishiukkaspitoisuus, DMA, SEM
C kaasun koostumus, kokonaishiukkaspitoisuus



VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
AEROSOLITEKNIKAN TUTKIMUSRYHMÄ

SOODAKATTILAN AJOTILANNE

näyte	mustalipeän syöttö l/s	mustalipeä laji	höyryn tuotanto kg/s
kesäkuu	22	mäntylipeä	71
marraskuu	22	mäntylipeä	71
marraskuu	20	koivulipeä	55

AEROSOLIT MUSTALIPEAN POLTUSSA



Black Liquor Composition

MUSTALIPEÄN KOOSTUMUS

Solids Kuiva-ainetta	Softwood		Hardwood	
	SEKALIPEÄ	% kuiva-aineesta	KOIVULIPEÄ	% kuiva-aineesta
	71	69		
C	33	30		
H	3.3	3.2		
N	0.1	0.2		
S	6	6		
Na	20	19		
K	2.1	2.3		
Cl	0.15	0.16		



KAASUN KOOSTUMUS SOODAKATTILAN AEROSOLIMITTAUKSISSA

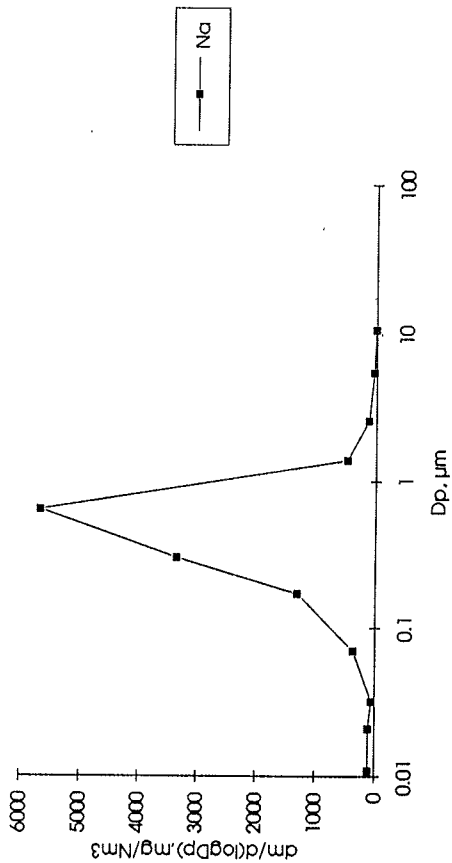
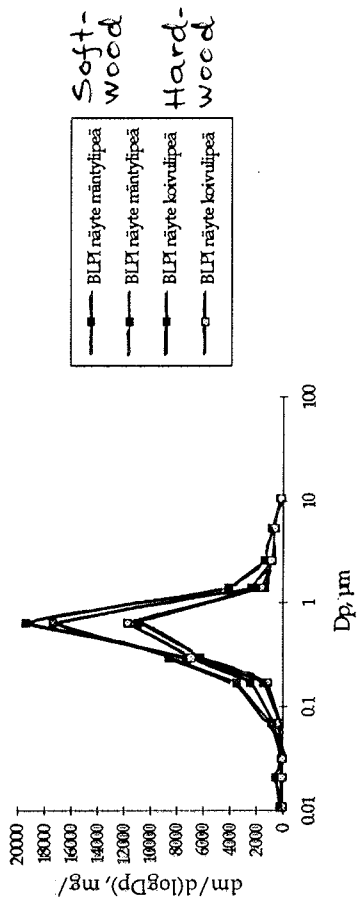
kaasu		sekalipeä		sekalipeä		koivulipeä	
		kesäkuu	marraskuu	marraskuu	marraskuu	marraskuu	marraskuu
O ₂	%	3.0	300	3.0	4.0		
CO	ppm	200	300	300	120		
CO ₂	%	-	16	16	16		
SO ₂	ppm	30	30	30	1000		
CxHy	ppm	-	7.5	7.5	1		
c(tot)	g/Nm ³	19	18	18	19		



VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
AEROSOLITEKNIKAN TUTKIMUSRYHMÄ

Mass Size Distributions 11/92

Differentiaalinen massakokojaakauma marraskuun 1992



AEROSOLIT MUSTALAIPEÄN POLTOSSA

Chart in LIEK92_9.DOC

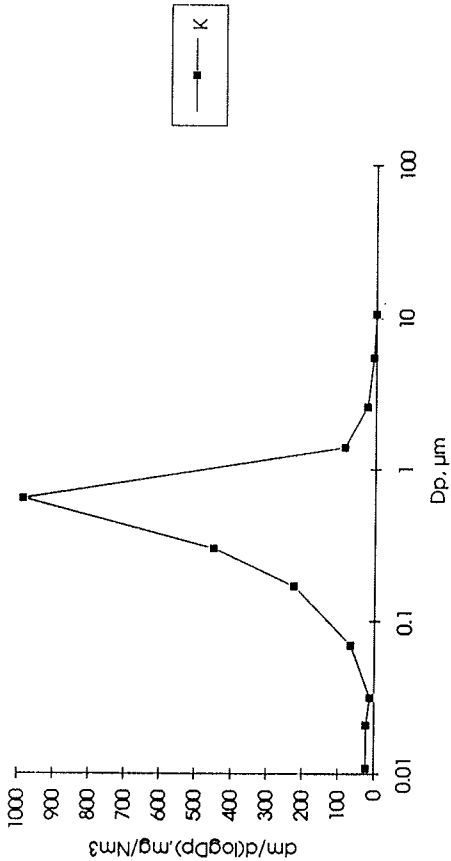
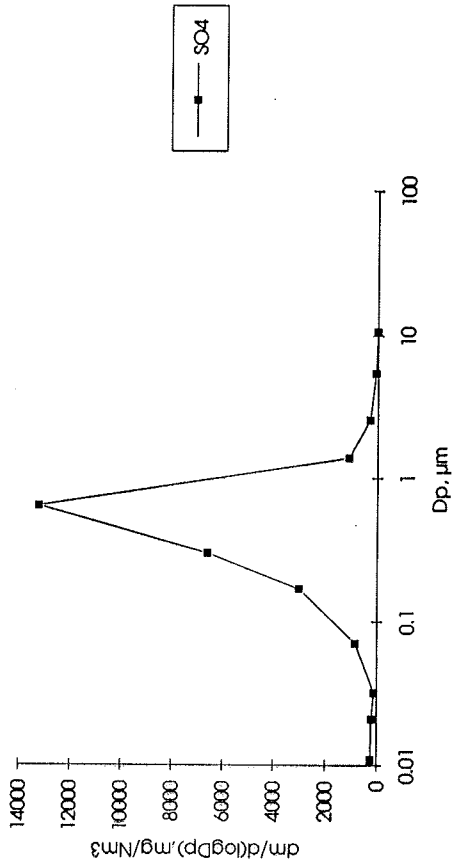


Chart in LIEK92_9.DOC



ABC -aerosolimallin kuvaus

Syöttötiedot:

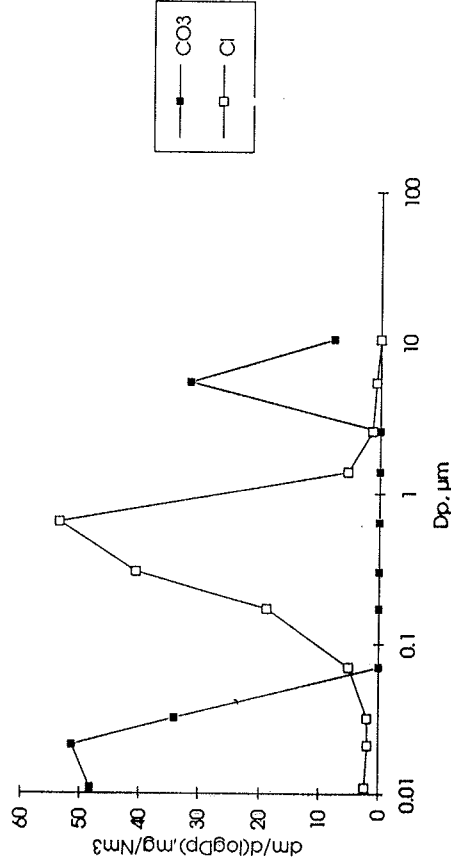
- natriumin (Na), rikin (S), hiiliyhdisteiden (CO, CO₂, COS ym.), kaliumin (K), kloorin (Cl) ja inerttien (Mg, Fe, Si...) vapautuminen
- kaasun ja lämmönvaihtopintojen lämpötilat
- ilman syöttö
- kattilan geometria

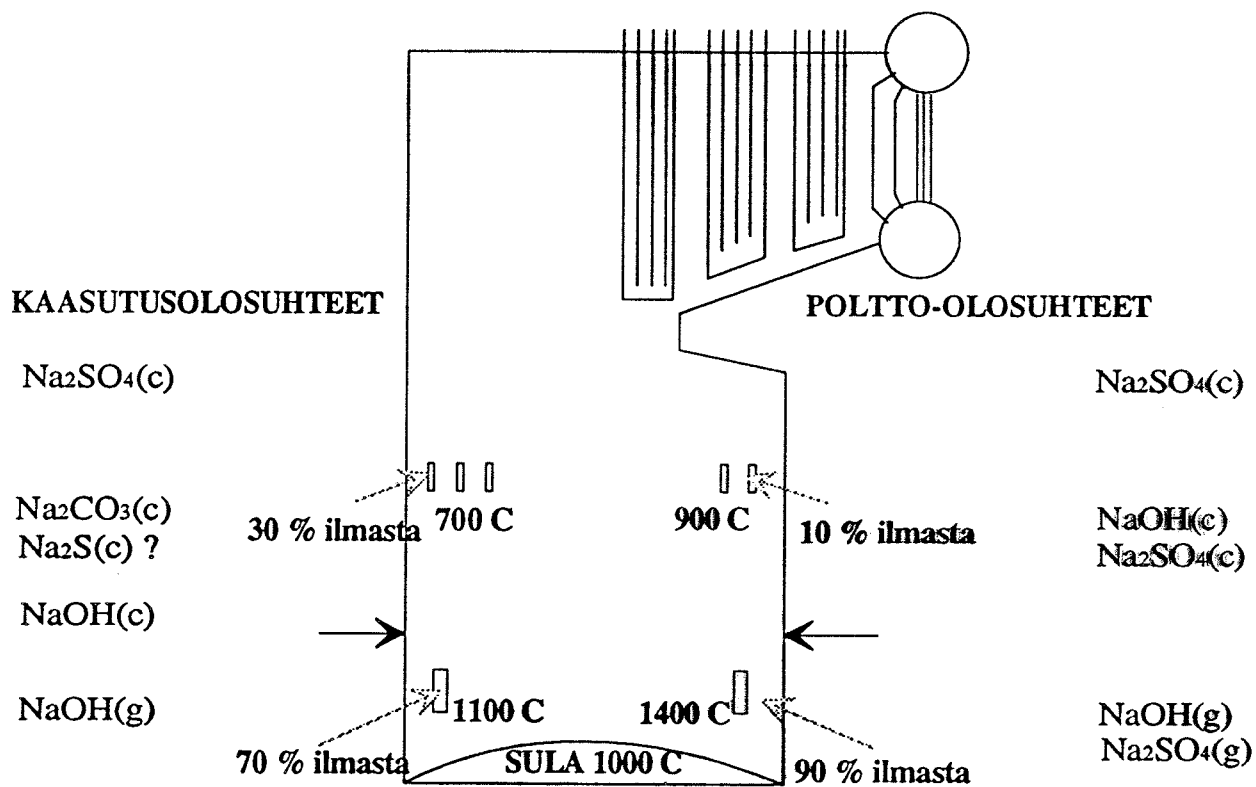
Oletukset:

- kaasun virtaukselle tulppavirtausmalli
- tasapainomalli kaasumaisille yhdisteille

Tulokset:

- hiukkasten koko ja kemiallinen koostumus kattilan eri kohdissa
- kaasun koostumus
- depositio (likaantuminen) ym...





AEROSOL BEHAVIOR IN COMBUSTION CALCULATED
RECOVERY BOILER VETSILUOTO PULP MILL, FINLAND

RECOVERY BOILER DIMENSIONS

total height of furnace	42 m
cross section area of furnace	105 m ²
liquor input level	6 m
tertiary air input level	17 m
total area of heat exchanger surfaces ca.	12500 m ²

RECOVERY BOILER PROCESS DATA

steam production	55 kg/s
air distribution I + II air	90 %
III air	10 %
black liquor flow	85 t/day

AEROSOLS IN BLACK LIQUOR COMBUSTIONAEROSOL BEHAVIOR IN COMBUSTION CALCULATED
COMBUSTION OF BLACK LIQUOR FROM HARDWOOD

content in mass-% in black liquor solids (as combusted)

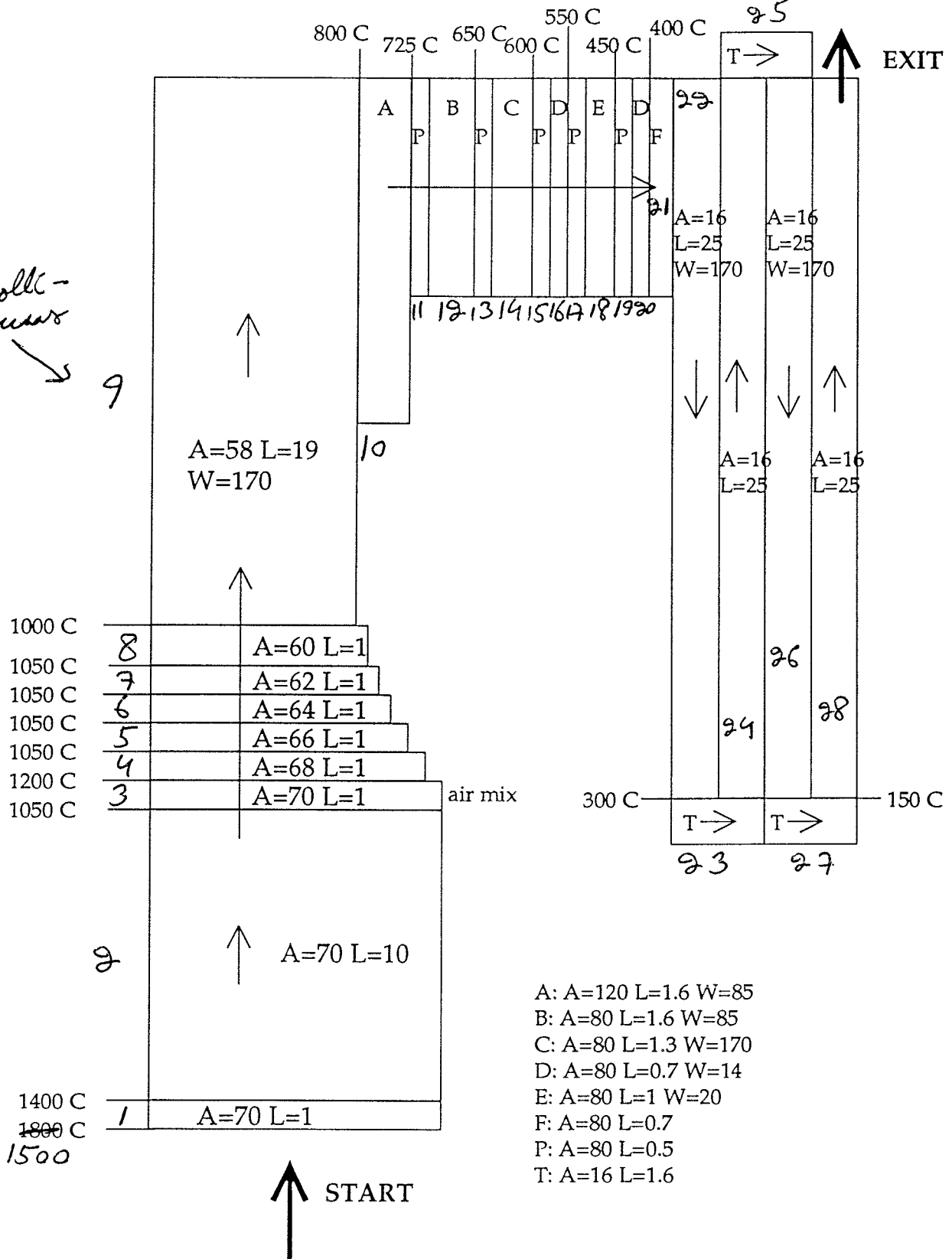
dry solids	68.60
C	29.5
H	3.27
N	0.17
S	6.35
Na	19.6
K	2.52
Cl	0.18

volatilized species in combustion gases

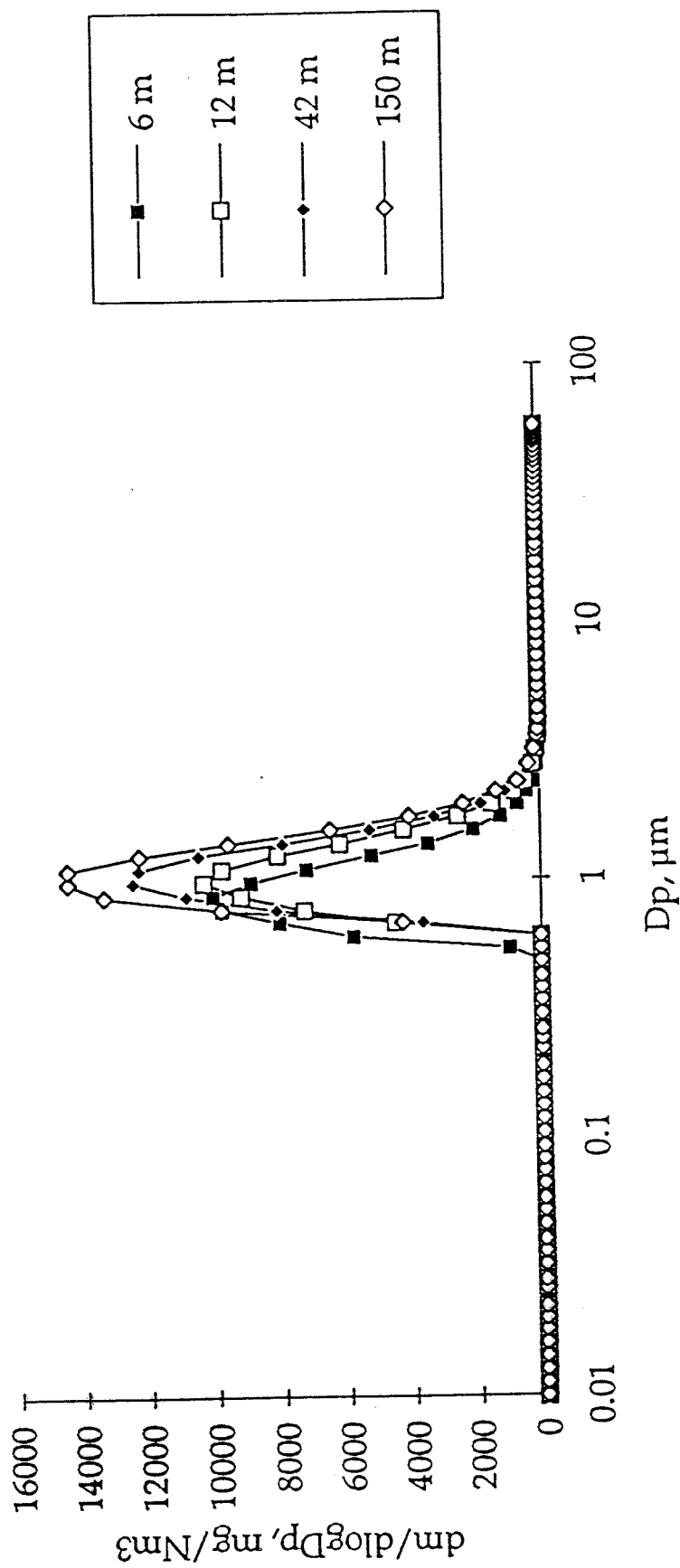
C	80 %
S	50 %
Na	10 %
Cl	80 %

AEROSOLS IN BLACK LIQUOR COMBUSTION

*Kontroll-
klassen*



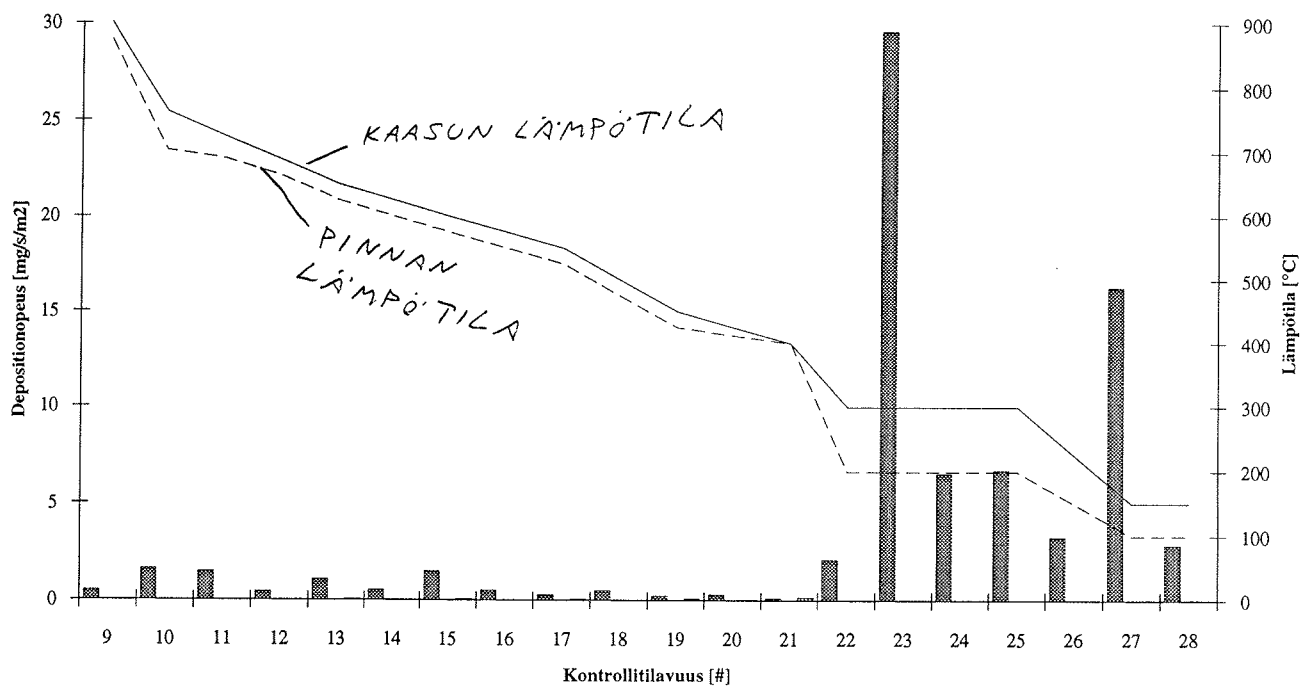
DPS, O2Al10, Na2SO4



ABC - mullin lasekter
sindigen 2000

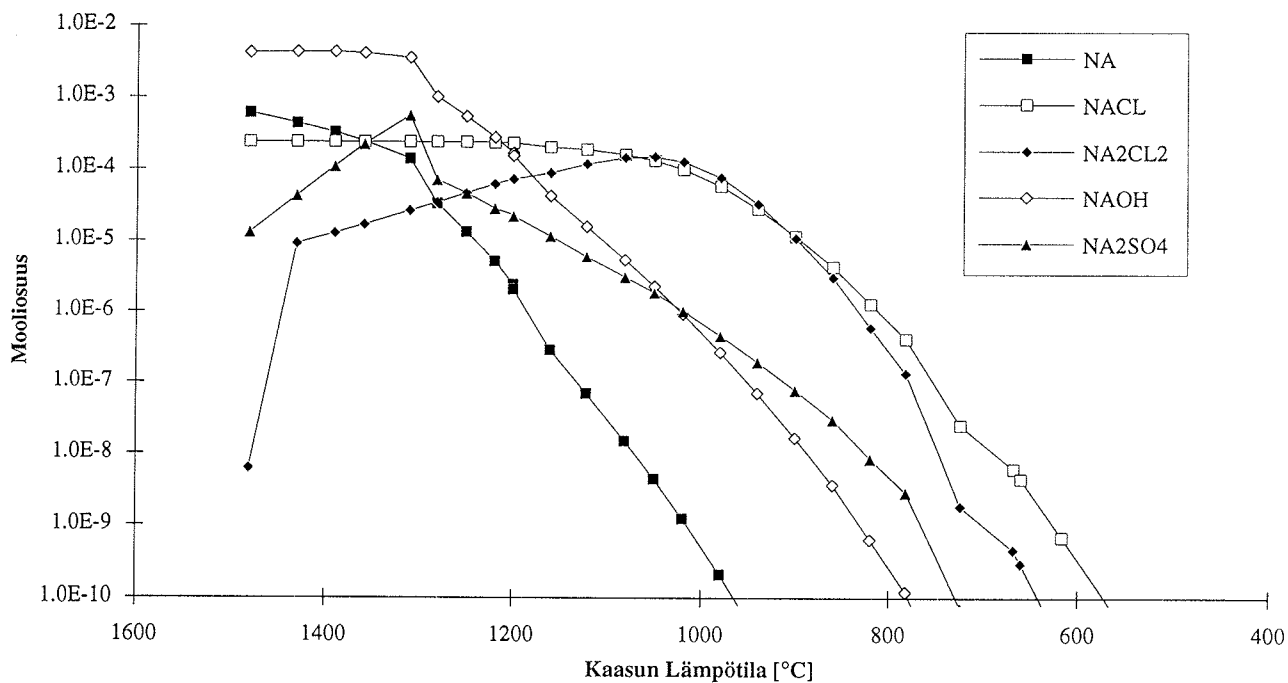
LASKETTU ABC - mallilla

Hiukkasten depositionopeus kattilan eri kohdissa



GasCompNa2SO4 Chart 1

Kaasumaisen natriumin (Na) koostumus



AEROSOLIT MUSTALIFEÄN POLTOSSA Johtopäätökset

**Aerosolien mittaustekniikkaa voidaan käyttää myös
soodakattilalaitoksella**

**ABC-mallilla voidaan laskea kaasujen, höyryjen ja hiukkasten
käyttäytyminen soodakattilan tulipesän olosuhteissa**

Natriumin ja rikin sidontamekanismit soodakattilan tulipesässä

**HAJUKAASUJEN KÄSITTELY****CASE METSÄ-SELLU OY ÄÄNEKOSKI****1
TEHTAAN ESITTELY**

Metsä-Sellu Oy on Metsä-Serla Oy:n omistama sellun valmistukseen erikoistunut yhtiö, joka perustettiin Etelä-Pohjanmaalla Oy Metsä-Botnia Ab:nä ja joka eriytettiin Metsä-Sellu Oy:ksi 1.4.1990. Yhtiön vuonna 1985 käynnistynyt sellutehdas muodostaa yhdessä Metsä-Serlan paperi-, kartonki- ja kemiantehtaan kanssa Äänekosken metsäteollisuusintegraatin. Yksilinjaisen sulfaattisellutehtaan tuotantokyky on tällä hetkellä 450 000 tonnia täysvalkaistua sellua vuodessa. Tuotannosta on n. 55 % havupuusellua ja n. 45 % lehtipuusellua. Tehtaan tuotanto menee pääasiassa omistajayhtiön käyttöön, mutta osa tuotannosta markkinoidaan sekä kotimaisille että ulkomaisille asiakkaille. Sellusta toimitetaan n. 25 % pumppuselluna Äänekosken integraatin muille tehtaille.

**2
TEHTAAN ILMANSUOJELUPÄÄTÖKSEN KESKEINEN SISÄLTÖ**

Keski-Suomen lääninhallitus on antanut 27.5.1992 päätöksen, joka määrittelee enimmäispäästöt tai päästörajat seuraavasti:

- hiukkaspäästöt
 - soodakattila 150 mg/m³ (n)
 - meesauuni 100 mg/m³ (n)
- NOX
 - soodakattila 90 mg/MJ (polttoainetta)
 - meesauuni 260 mg/m³ (n)
- TRS
 - yhteensä 49 ts/a
- klooriyhdisteet
 - kloori 26 t/a
 - klooridioksidi 56 t/a
- rikkidioksidi
 - yhteensä 3 kg/ts 1.1.94 lähtien
- polttoöljy
 - rikkipitoisuus enint. 2,3 %, kun rikin talteenotto on käytössä

Lisäksi ilmansuojelupäätökseen sisältyy velvoitteet

- tehtaan jatkuvatoimisten päästöjen mittauslaitteiden manuaalisesta kalibroinnista ulkopuolisen asiantuntijan toimesta vähintään kerran vuodessa
- tiedossa olevista tai havaituista poikkeuksellisista päästöistä tai päästöissä tapahtuvista muutoksista, jotka aiheutuvat prosessilaittehäiriöistä tai muista syistä ilmoittaminen ympäristönsuojeluviranomaisille
- osallistuminen alueen ilmanlaadun yhteisseurantaan ulkoilman pelkistyneiden rikkiyhdisteiden pitoisuuksien jatkuvatoimiseen tarkkailuun päästöjen vaikutusalueella
- selvitykset lääninhallitukselle 1.1.1994 mennessä menetelmistä, kustannuksista ja toteuttamisaikataulusta:

- Prosessin kaasumaisten rikkiyhdisteiden päästöjen vähentämiseksi alle tason 2,0 kg rikkidioksidia vuodessa laitoksen tuottamaa sellutonnin kohti.
- Tehtaan kaasumaisten pelkistyneiden rikkiyhdisteiden kokonaispäästöjen vähentämiseksi tasolle 25 tonnia rikkiä vuodessa. Lisäksi tulee selvittää keinot ko. yhdisteiden satunnais- ja häiriöpäästöjen minimoimiseksi. Edelleen tulee selvittää arvio jatkuvatoimisten päästömittauslaitteiden soveltuvuudesta TRS-yhdisteiden päästöjen seurantaan.

3

YLEISTÄ HAJUKAASUJEN KÄSITTELYSSÄ

Tehtaan hajukaasujen keräily ja käsittely on jaettu kahteen järjestelmään ns. väkevien ja laimeitten kaasujen käsittelyihin.

- Ns. väkevät hajukaasut kerätään keittämön tärpättilauhduttajalta, haihduttamon tyhjökaivolta ja lämpökäsittelylaitokselta sekä likaislauhteiden käsittelystä (stripperiltä). Nämä kaasut pääsääntöisesti poltetaan meesauunissa ja mikäli poltto meesauunissa ei ole mahdollista, pestään kyseiset kaasut alkalilla haihduttamon alueen kaasunpesurissa. Tällaisessa tilanteessa laimeat hajukaasut menevät ohii pesurin.
- Ns. laimeat hajukaasut keräillään osastoittain ja pestään ko. osastolla sijaitsevassa kaasunpesurissa. Yleisenä periaatteena pesureissa on, että puhdistettava jätekaasu ohjataan pesurin alaosaan.

Pesuneste johdetaan puolestaan pesurin yläosassa sijaitsevista suuttimista hienojakoisena suihkuna puhdistettavia kaasuja vastaan. Pesurit on varustettu kierrätyspumppulla. Uutta pesunestettä otetaan tarpeen mukaan samalla, kun pesurin pohjalta poistetaan ylikaatona liika pesuneste. Poikkeuksena on kaustistamon alueen laimeat hajukaasut, jotka keräilyn jälkeen johdetaan poltettavaksi meesauuniin sekundääri-ilman mukana.

Tehtaan suunnittelussa ja laitevalinnoissa asetettiin pääpaino varmaan ja koettuun tekniikkaan. Myös prosessin ohjauksessa pyrittiin noudattamaan samaa sääntöä, tavoitellen mahdollisimman yksinkertaista järjestelmää ja välttämään yliautomasointia. Prosessilaitteiden valinnoissa ei mitenkään erityisesti painotettu hajurikkiyhdisteiden synnyn minimointia. Lähtökohtana pidettiin hajukaasujärjestelmän hankinnassa sen soveltuvuutta valittuihin prosessiratkaisuihin.

Tehtaan prosessiohjaus suoritetaan Valmet Oy Domatic-järjestelmällä, johon on kytketty myös hajukaasulaitteiston ohjaukset. Keittämön, valkaisun ja soodakattilan ohjauksissa käytetään myös ylemmän tason tietokonejärjestelmää (Afora). Ilmansuojelulaitteiden toiminnan seuranta ja päästöjen raportointi on pääosin viety soodakattilan tietokoneelle.

4

VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN KÄSITTELY, AJOMALLIT JA OHJAUS

4.1

Keittämö ja haihduttamo

Väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään kerätään keittämöltä likaislauhdesäiliön ja tärpätin talteenottosysteemin höngät. Kaasut johdetaan putkessa meesauunille, jossa ne yhdistetään haihduttamon tyhjökaivolta ja lämpökäsittelystä tuleviin kaasuihin. Kaasujen paine säädetään linjakohtaisesti sopivaksi höyryejektorien avulla.

Keräilyjärjestelmä on hermeettinen. Se on varustettu räjähdyslevyllä, jonka tarkoituksena on mahdollisten äkillisten paineen nousujen aikana rikkoutua ja näin estää muun järjestelmän vahingoittuminen. Kalvon rikkoutuessa hajukaasut purkautuvat ulkoilmaan.

4.2

Likaislauhteiden puhdistus 1. strippaus

Keittämön tärpättidekantterilta ja haihduttamon likaisimmat lauhteet, lipeän esilämmittimet ja pintalauhduttimet johdetaan ns. likaislauhdesäiliöön puhdistusta varten.

Lauhteet puhdistetaan metanolista ja rikkiyhdisteistä strippauskolonnissa höyryn avulla. Strippauskaasut johdetaan meesauunille omaa kaasulinjaa pitkin. Likaislauhdesäiliö on varustettu myös tärpätin kuorintalaitteistolla, tärpättijäämä palautetaan tärpättidekantteriin.

4.3

Kaasujen poltto

Väkevät hajukaasut johdetaan meesauuniin yhdistetylle polttoöljy/hajukaasupolttimelle omina putkilinjoina pisaraerottimien, kuumennuslämmönvaihtimien ja liekinestimien kautta. Kaasujen poltto on lukittu öljynpolttoon ja uunin polttopään liian alhaiseen lämpötilaan. Hajukaasujen lämpösisältö vastaa n. 15 % meesauunin polttoaineiden lämpösisällöstä. Meesauunin polttotapahtumaa seurataan jatkuvatoimisen happianalysointtorin sekä lämpötilamittauksen avulla. Savukaasujen jäännöshappi kertoo erittäin tarkasti palamisen täydellisyydestä ja pitämällä happijäännös yli 3 %, ei savukaasuissa enään ole merkittäviä hajurikkipitoisuuksia. Väkevien hajukaasujen polton ollessa estynyt meesauunissa johdetaan ne haihduttamoalueen laimeitten kaasujen pesurille ja sieltä pesun kautta ulkoilmaan. Ko. tapauksessa haihduttamon pesurin toimintaa tehostetaan lisäämällä pesunesteeseen NaOH-liuosta.

Väkevät hajukaasut johdetaan poltosta pesurille kääntämällä ne turvallisuussyistä ensin katolle ja ottamalla ne pesuriin vasta putken höyrytyksen jälkeen. Myös takaisin polttoon ohjaus tapahtuu ulkoilman kautta. Väkevien kaasujen mennessä pesuriin johdetaan ko. alueen laimeat hajukaasut pesurin ohi pesurin poistoputkea myöten ulkoilmaan.

5

LAIMEITTEN HAJUKAASUJEN KÄSITTELY, AJOMALLIT JA OHJAUS

5.1

Keittäminen

Ilmansuojelulliselta kannalta katsottuna on alueella laimeitten hajukaasujen päästökohteena ainoastaan hakesiilon pesuri.

Matalapaineikiikin höngät johdetaan hakesiilon alaosaan ja ne lauhtuvat hakkeeseen, jolloin myös hai-sevat komponentit absorboituvat hakkeeseen. Hakesiilon purkaessa epätasaisesti hake saattaa tukkia siilon alaosassa olevan hönkäputken. Tällöin höngät joudutaan ohjaamaan siilon yläosaan, jolloin höngästä lauhtuva haisevien komponenttien määrä on vähäisempi ja päästö suurempi.

5.2

Pesu ja lajittelu

Höngät kerätään ja johdetaan alueen pesurille puhaltimen avulla. Pesu tapahtuu vedellä (mahd. käyttää myös alkaalista pesunestettä). Pesurin toimintaa valvotaan tarkkailemalla puhaltimen ja kiertopumpun toimintaa.

5.3

Haihduttamo ja mäntyöljyn keitto

Laimeiden hajukaasujen pesurille johdetaan höngät mm. säiliöalueelta ja mäntyöljykeitämmöltä. Pesurin toimintaa seurataan puhaltimien ja pesurin pumppujen käynnin avulla. Pesuriin menevää nestevirtausta voidaan lisäksi seurata virtausmittauksen avulla. Pesurilla käytetään pesunesteenä laihavalkoliipeä ja kierto voidaan lisätä myös NaOH-liuosta. Käytetty pesuliuos johdetaan soodakattilan liuottimeen ja pestyt kaasut johdetaan soodakattilan savupiipun kupeella kulkevaa putkea myöten ulkoilmaan n. 93 m:n korkeuteen. Kaasut sisältävät jonkin verran rikkiveityä, metyyylimerkaptaania ja dimetyylisulfidia. Pesutehokkuutta seurataan aika-ajoin manuaalisin mittauksin.

5.4

Soodakattilan liuotin

Liuottimen höngät pestään pesurissa laihavalkoliipeän avulla. Pesukiertoon tuleva lipeä jäädytetään ennen pesuria. Pesuliipeän alhaisella lämpötilalla (n. 50 °C) ja korkealla pH:lla (n. 12) on havaittu olevan hyvä rikkivedyn ja merkaptaanien mahdollisimman tehokkaan poiston kannalta. Haisevat rikkiyhdisteet tulevat myös osittain tulipesästä kaasun muodossa sularänniaukkojen kautta. Näiden kaasujen määrää pyritään pienentämään pitämällä tulipesän ja liuottimen paine-ero mahdollisimman pienenä, sekä poistamalla kattilan höyrynuohouksen aiheuttamat painepiikit tulipesän vetosäädön ennakoilla. Pesurin toimintaa tarkkaillaan seuraamalla pesunesteen virtausta hönkäpesurille. Lisäksi seurataan pesurin kierrätyslinjan virtausta ja painetta.

6

SAVUKAASUJEN PUHDISTUS

6.1

Soodakattila

Soodakattilan savukaasut puhdistetaan sähkösuotimilla, joita on 4 kpl. Kyseessä on siis puhdistus yksinomaan kiintoaineesta, jonka suhteen saavutetaankin n. 99,5 %:n puhdistustulos.

Kaasumaiset päästöt pyritään minimoimaan poltonohjauksella ja mahdollisimman tasaisella kattilan kuormituksella. Kaasupäästöjen pienentämiseen on polttolipeän k-a.pitoisuuden nostolla ollut merkittävä vaikutus. Soodakattilan piipun korkeus on 91 m.

Soodakattilan savukaasut eivät sisällä normaaliajotilanteessa haisevia rikkiyhdisteitä. Soodakattilan palamistapahtumaa seurataan jatkuvasti savukaasujen happi-, palamattomien- ja rikkidioksidipitoisuusmittausten avulla sekä kekoalueen lämpötilamittausten avulla. Käytettävissä on myös kekokamera, jonka avulla palamisen hallinta helpottuu oleellisesti. Poltettavan lipeän laatua valvotaan myös jatkuvasti kuiva-ainepitoisuusmittauksen avulla.

Mustalipeän polttoa ohjataan soodakattilassa tietokonejärjestelmän (damatic + afora) avulla. Tällöin erilaisten automaattisten mittausten avulla ohjataan mm. lipeän lämpötilan ja määrän säätöä, lipeän ruiskutusta, ilman syöttöä ja ilman jakoa. Poltto-olosuhteet voidaan näin optimoida ja rikkipäästöt saada minimoitua. Savukaasujen jäännöshapelle on myös määritetty alaraja, jonka yläpuolella ajettaessa ei palamattomia yhdisteitä normaaliajolla esiinny.

6.2

Meesauuni

Savukaasujen puhdistuslaitteena oli alunperin ainoastaan sähkösuodin, jolla saavutettiin kiintoaineen suhteen riittävä puhdistustulos n. 99,8 %. Mustalipeän lämpökäsittelyn käyttöönoton jälkeen liissäntyi polttoon tulevien hajukaasujen määrä merkittävästi lisäten meesauunin savukaasujen rikkidioksidipitoisuutta.

Meesauunille hankittiinkin viime vuonna (1992) savukaasujen puhdistukseen pesuri, joka on kytketty savukaasuvirtaan sähkösuotimen jälkeen. Pesurilla saavutetaan yli 90 %:n erotusaste SO_2 :n suhteen. Pesunesteenä pesurissa käytetään NaOH-liuosta. Käytetty pesuneste, natriumsulfiitti-/bisulfiittiliuos käytetään osaksi omalla tehtaalla valkaisun pesureilla kloorijäännöksiä sitomiseen, ylijäämä Na-sulfiittiliuoksesta myydään ulkopuoliseen käyttöön.

Pesurilla saavutetaan koko tehtaan osalta riittävä erotusaste SO_2 :lle ilmansuojelupäätöksen päästöarvon alittamiseksi. Pesuria ajetaan joko päästörajan mukaan tai sen alle, tarvittavan sulfiittiliuoksen määrän mukaan. Pesuri on osoittautunut yhdessä mustalipeän lämpökäsittelyn kanssa soveltuvan hyvin lipeävarannon ja sulfiditeetin säätämiseen.

MUSTALIPEÄN LÄMPÖKÄSITTELY

Metsä-Sellulle hankittiin vuonna 1989 prototyyppinä A. Ahlström Oy:n valmistama painekuumennuslaitos, jossa lämpökäsittelyn avulla alennetaan mustalipeän viskositeettia lipeän haihdutuksen mahdollistamiseksi korkeampaan kuiva-ainepitoisuuteen. Kuumennusprosessissa nostetaan lipeän lämpötila 180-190 °C ja pidetään se tässä lämpötilassa n. 20 min. Tällöin mustalipeässä tapahtuu pitkien ligniinimolekyylien pilkkoutumista, josta seurauksena on lipeän viskositeetin pysyvä aleneminen. Alentunut viskositeetti mahdollistaa lipeän väkevöimisen haihduttamon 1. vaiheessa jopa 80 %:n kuiva-ainepitoisuuteen sekä varastoimisen ja käsittelyn normaalipaineessa entisin laittein.

Metsä-Sellun kokemukset lämpökäsitellyn lipeän vaikutuksista:

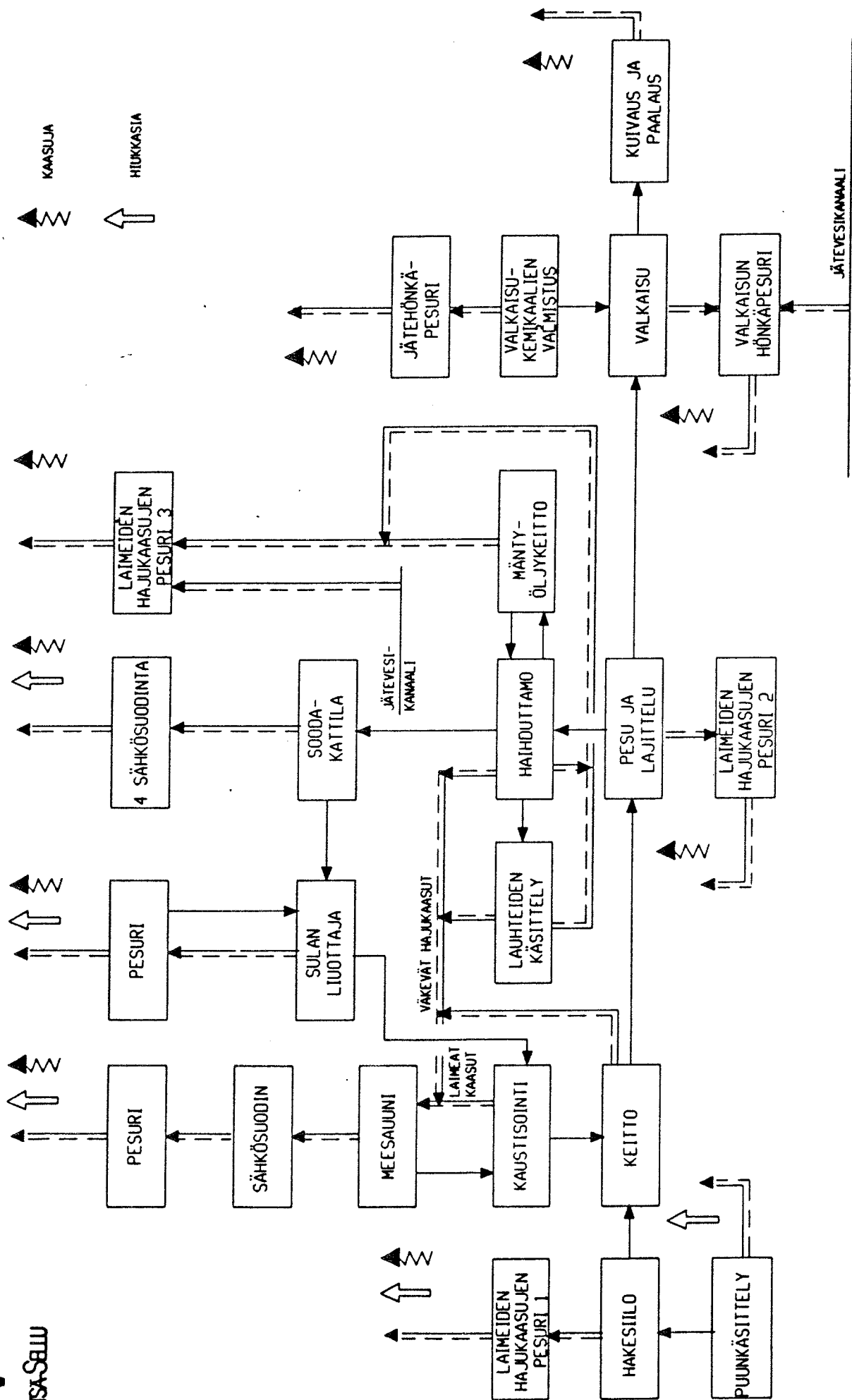
- Soodakattilalla
 - lämmön kehitys kasvanut
 - ajettavuus parantunut
 - likaantuminen vähentynyt
 - SO₂-päästöt nollaantuneet
 - pölypitoisuus ennen sähkösuotimia kasvanut
- Haihduttamolla
 - haihdutuskapasiteetti noussut
 - yksiköiden likaantuminen vähentynyt
 - väkevien hajukaasujen määrä kasvanut
- Koko tehdas
 - käytettävyys parantunut
 - lämpötalous parantunut
 - sulfiditeetti pystytään säätämään halutuksi

Lipeän lämpökäsittely lisää huomattavasti hajurikkiyhdisteiden määrää. Kaasumäärän kasvuun vaikuttaa voimakkaasti kuumennuslämpötila. Kaasut on kuitenkin helppo kerätä väkevien kaasujen käsittelyjärjestelmään, eivätkä ne täten lisää hajurikkipäästöjä. Poltettavien hajukaasujen määrän kasvulla on Metsä-Sellun kokemusten mukaan jopa edullinen vaikutus meesauunin ajettavuuteen ja käytettävyYTEEN. Mustalipeän lämpökäsittelyssä tulevat hajukaasut sisältävät pääasiassa dimetyylisulfidia, johon ei alkalipesu juuri tehoa, siksi hajukaasujen polton ollessa estynyt ja väkevien hajukaasujen mennessä varalaitteena olevalle kaasupesurille, pidetään lämpökäsittelylaitos pois toiminnasta.

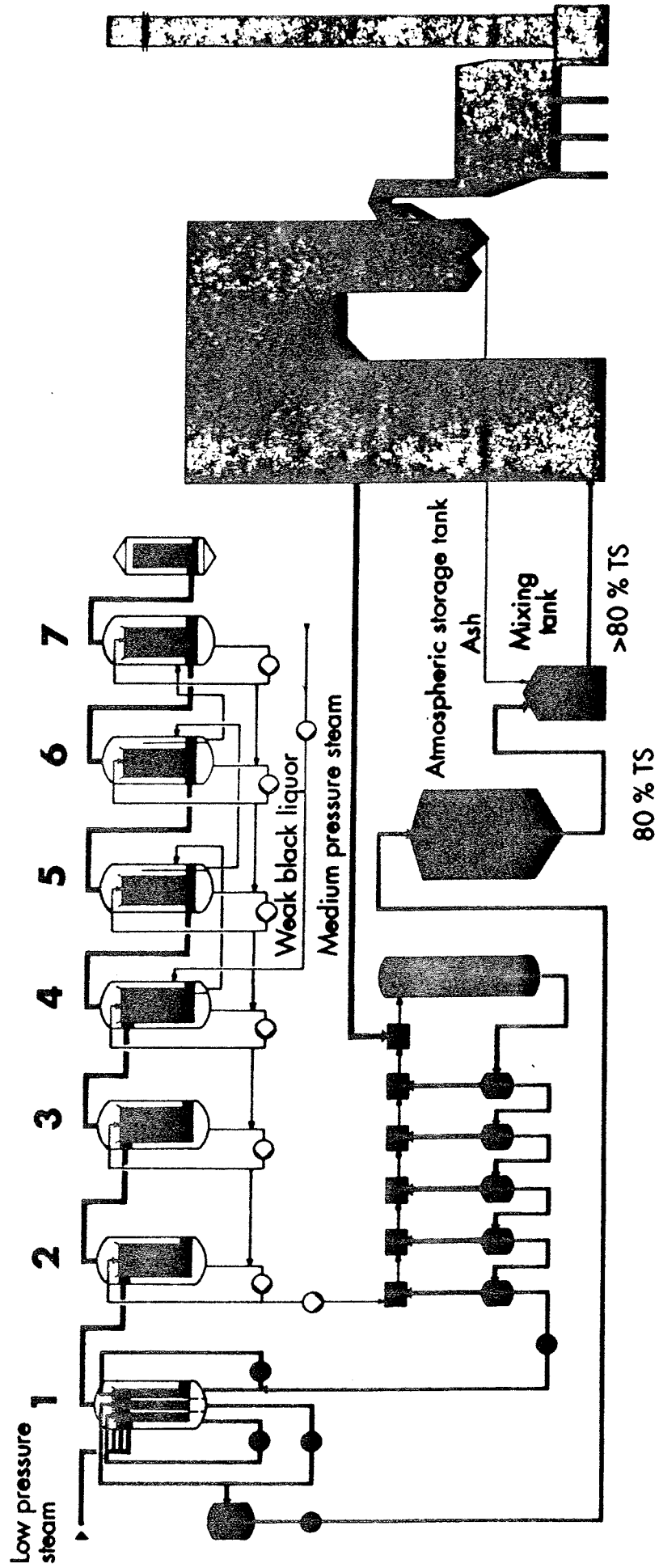


METSÄ-SELLU

KAASUMAISET PÄÄSTÖT TEHTAALTA

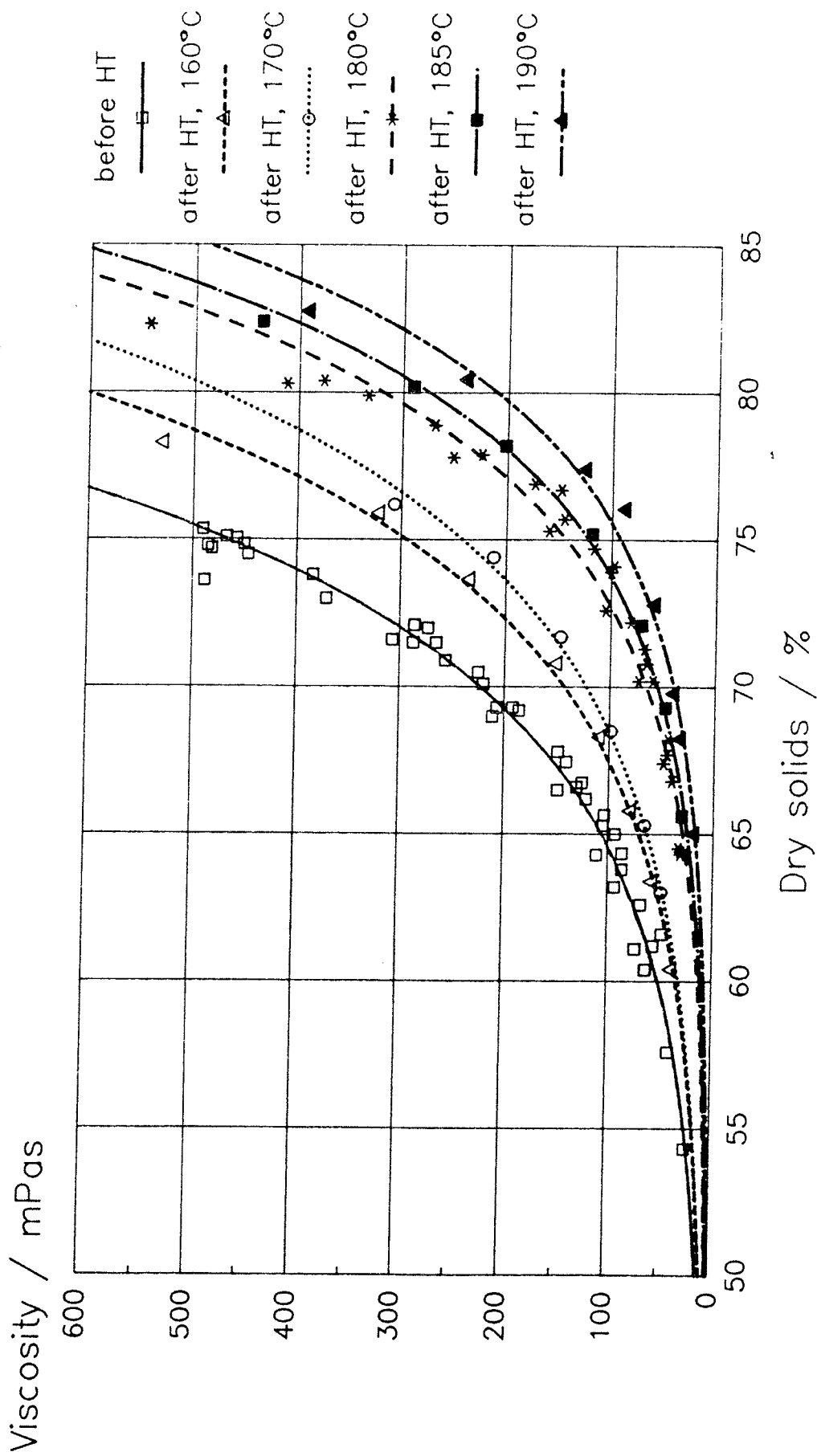


AHLSTROM LIQUOR HEAT TREATMENT



HEAT TREATMENT METSÄ-SELLU ÄÄNEKOSKI

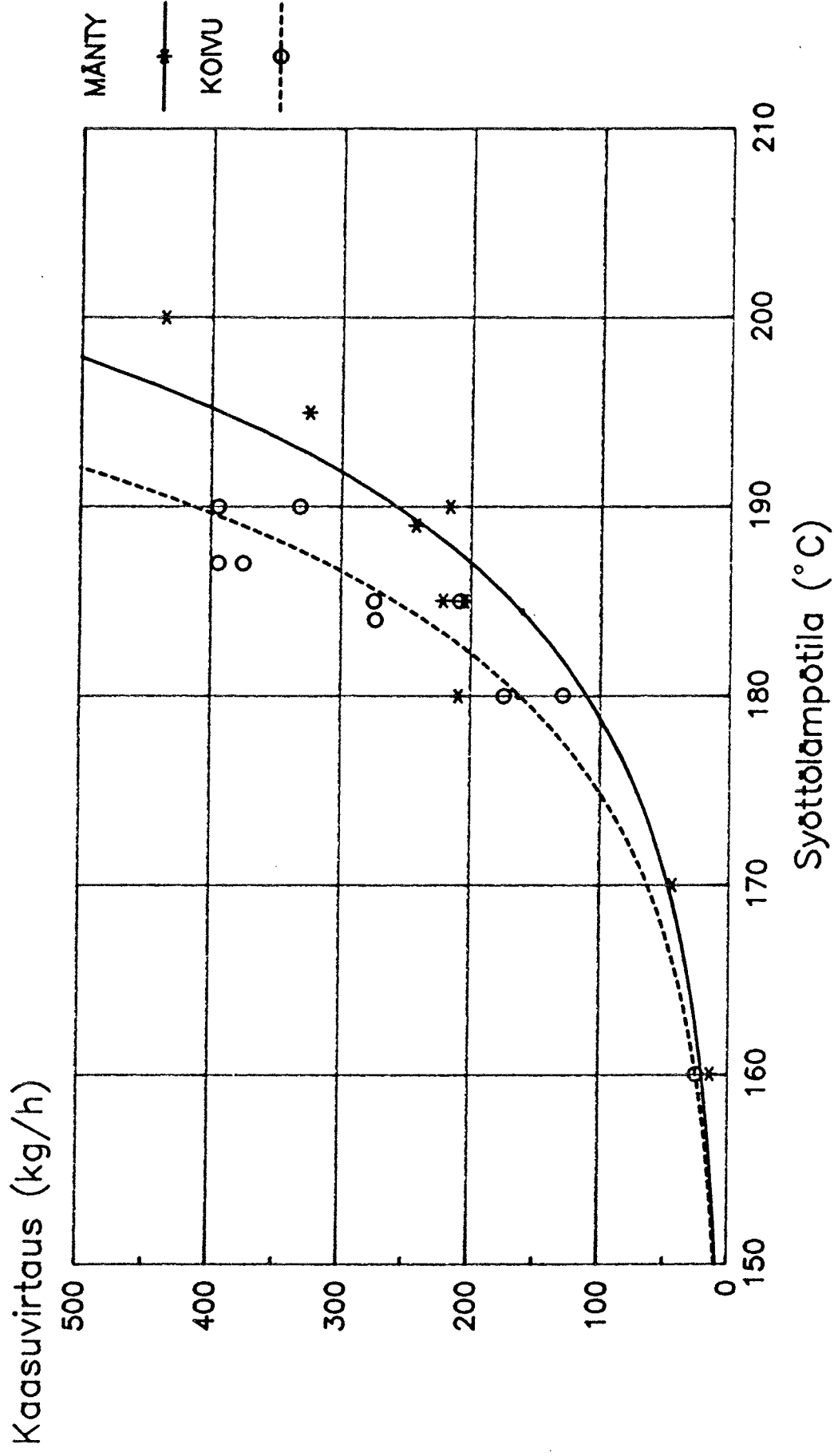
Viscosity before and after HT for birch



Black liquor samples were collected
at time 28.1.-20.4.1990.

Visc. measurements: 110°C, D = 500 1/s

LÄMPÖKÄSITTELY METSÄ-SELLU ÄÄNEKOSKI Kaasumäärä

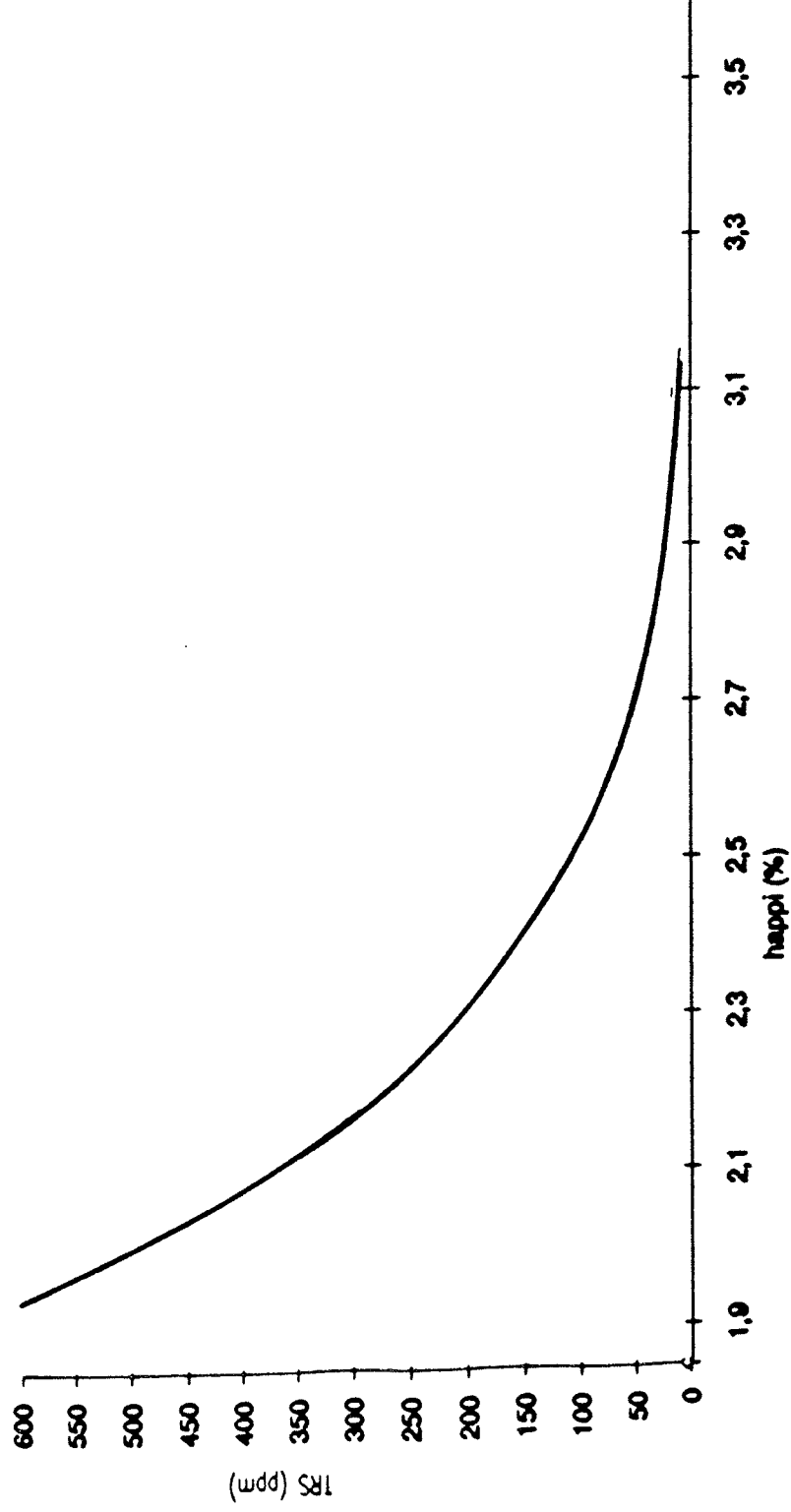


METSÄ-SERLA

Metsä-Sellu Oy



MEESAUNIN SAVUKAASUN TRS JÄÄNNÖSHAPEN FUNKTIONA



DI Reino Soukka

HAJUKAASUJEN KERÄILY JA POLTTO

1

Yleistä

Seuraava esimerkki hajukaasujen keräilystä ja poltosta kuvaa Veitsiluoto Oy:n Oulun sellutehtaalla käytössä olevaa järjestelmää ja sillä saavutettuja tuloksia. Tehdas on yksilinjainen ja sillä ajetaan vuorotellen havu- ja lehtipuusellua. Valmistuslinjaan kuuluvat seuraavat osastot:

- kuitulinja, jossa on jatkuvatoiminen keittämö, pesemö, syrjäytysvalkaisimo happiesivalkaisu-vaiheineen, sellun lajittelujärjestelmät sekä kuivatuskone paalauslinjoineen ja sellupaalien pulpperointilaitteet
- lipeälinja, jossa on haihduttamo, kaustistamo, meesauuni, soodakattila, puujätekatilla sekä turpiini.

Tehdas on täysin modernisoitu 1980-luvulla ja kapasiteetti on tällä hetkellä 240 000 tonnia havusellua ja 100 000 tonnia lehtipuusellua vuodessa. Lipeälinjan uusimisen yhteydessä 1980-luvun lopulla toteutettiin ilmansuojeluprojekti, jossa hajukaasut eri lähteistä kerätään ja poltetaan.

2

Järjestelmän periaate

Hajukaasuseos, jossa on osakaasuina rikkivetyä, metyyylimerkaptaania, dimetyylisulfidia ja dimetyyldisulfidia, on räjähdysaltis alueella 4 - 30 tilavuusprosenttia kaasua ilmassa. Jotta kaasuseos räjähdysalueella räjähtäisi, tulee kaasuseos lämmittää yli 220 °C:n lämpötilaan tai sytyttää se avoliekillä tai kipinäillä. Tämän vuoksi näitä kaasuja tulee käsitellä ei-räjähtävässä muodossa räjähdysriskin eliminointiseksi. Tämän periaatteen toteuttamiseksi kaasujen keräily suoritetaan kahdessa erillisessä järjestelmässä:

- 1 Väkevä järjestelmä, jossa kaasuseos pidetään ylemmän räjähdysrajan yläpuolella. Kaasut kerätään suljetussa järjestelmässä ja siirtoon käytetään höyryejektoria.
- 2 Laimea järjestelmä, jossa kaasuseos pidetään alemman räjähdysrajan alapuolella. Tällöin käytetään ilmaa laimentamaan kaasua.

3

Väkevien hajukaasujen järjestelmä

3.1

Väkevien hajukaasujen keräily. Kuvat 1, 2, 3.

Väkevät hajukaasut kerätään seuraavista paikoista:

- haihduttamon tyhjöpumpun tiivisteveden kierrätyssäiliöstä
- lauhtumattomat kaasut Kamyr-keittämön tärpätti-lauhduttimilta ja tärpättidekantterilta
- lauhtumattomat kaasut likaislauhteiden käsittelysysteemistä minkä muodostaa SLC-lauhteiden höyrystrippaus ja tätä seuraava metanolin poisto.

Keittämöltä ja dekantterista tulevat kaasut sisältävät pieniä tärpättipisaroihin, jotka erotetaan tärpättipesurissa kylmävesipesulla.

Eri keräilypisteistä kaasut johdetaan vesilukkoon, jossa ne sekoittuvat. Vesilukko toimii takaiskuventtiilinä estäen kaasun virtaamisen keräilypisteestä toiseen.

Vesilukkoon keräytyneet kaasut johdetaan edelleen rikkivetypesuriin, jossa osa siihen sisältyvistä rikkinyhdisteistä, etupäässä rikkivety ja metyyliimerkaptaani, tarvittaessa absorboituvat lipeään. Jos kaasua ei voida polttaa, se johdetaan ohiajopiippuun, mikä soodakattilan piipun kylkiäisenä ulottuu 127 metrin korkeuteen. Polton keskeytyessä pesunesteen kytkeytyy automaattisesti 50-prosenttinen NaOH-liuos.

Hajukaasujen siirto keräilypisteistä polttokammioon saakka tapahtuu höyryejektorilla, mikä on sijoitettu hajukaasukattilan viereen. Siten koko keräilyjärjestelmässä vallitsee alipaine aina ejektoriin saakka. Tämä alipaine on säädettävissä ja sitä ohjataan vesilukossa vallitsevan alipaineen mukaan. Sopiva alipaine eri keräilypisteissä säädetään kaasujohtoihin asennetuilla säätöventtiileillä. Kuva 3.

3.2

Metanolin nesteytyminen

Haihduttamoon kytketystä lauhteiden strippauskolonnista johdetaan lauhtumattomat kaasut ja osa höyrystä lipeään esilämmittimen kautta venttiilipohjatyypin metanolin tislaukskolonniin. Tislaus tapahtuu kolonnin alaosaan johdettavalla vastapainehöyryllä. Metanoli-kolonnin jälkeiset höyryt lauhdutetaan ja saavutetaan 80 % metanoliväkevyyttä lauhtuneessa metanolissa. Metanoli johdetaan metanolisäiliön kautta polttoon.

Tärpätin rikastumisen estämiseksi johdetaan osa tislauuskolonnin höyrystä välipohjilta tärpätti-lauhduttimeen ja lauhde sieltä tärpätin dekantointiin. Lauhtumattomat kaasut johdetaan yhteiseen vesilukkoon keittämön ja haihduttamon lauhduttamattomien kaasujen kanssa. Kuva 4.

3.3

Väkevien hajukaasujen poltto

Rikkivetypesurista keräilty kaasu johdetaan säädettävällä höyryjektorilla virtausmittauksen ja pisaranerottimen kautta polttokammioon poltettavaksi. Tuki-polttoainetta, metanolia tai kevytöljyä syötetään polttokammion etupäähän paineilmahajottimella, minkä ympärille ohjataan primääri-ilmaa. Hajukaasuja johdetaan polttokammioon vastavirtaan tukipolttoainehajotinta vasten. Tämä synnyttää voimakkaan turbulenssin, mistä seuraa korkea palamishyötysuhde. Kuva 5.

Lisää polttoilmaa johdetaan polttokammion takaosaan kapeiden rakojen kautta ja polttokammion lämpötila laskee noin 850 °C.

Savukaasujen lämpösisältöä otetaan talteen tulitorvituliputkityyppisessä jätelämpökattilassa. Happokaste-piste näillä hyvin rikkipitoisilla kaasuilla on korkea (n. 180 - 190 °C). Tämän vuoksi korroosion välttämiseksi kattilaa ajetaan 16 barin paineella, mikä redusoidaan tehtaan 10 barin verkkoon.

3.4

Rikin talteenotto

Jätelämpökattilan savukaasut pestään erillisessä pesurissa, josta saatua NaHSO_3 hyödynnetään valkaisuissa. Pesurin jälkeiset kaasut johdetaan soodakattilan savukaasuskrubberiin.

4

Laimeiden kaasujen järjestelmä

Laimeat hajukaasut ovat etupäässä säiliöhönkiä ja nämä kerätään haihduttamon, kaustisoinnin ja soodakattilan alueilta ja johdetaan puhaltimilla kondenssiveden erottamisen jälkeen esilämmitettyinä soodakattilan tertiääri-ilman mukana tulipesään. Ohiajopiippu on soodakattilan katolle. Kuva 6.

5

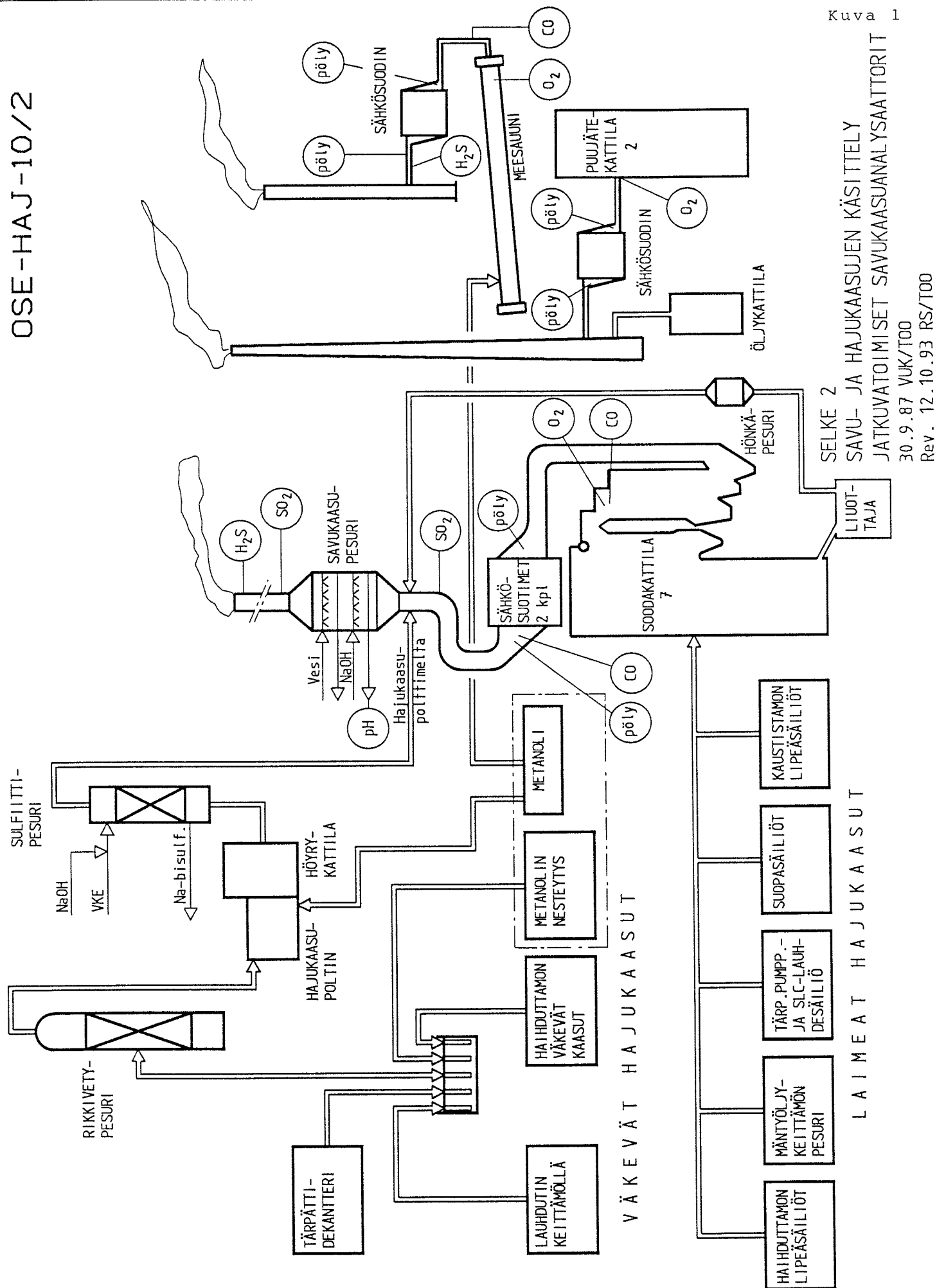
Turvallisuusnäkökohtia

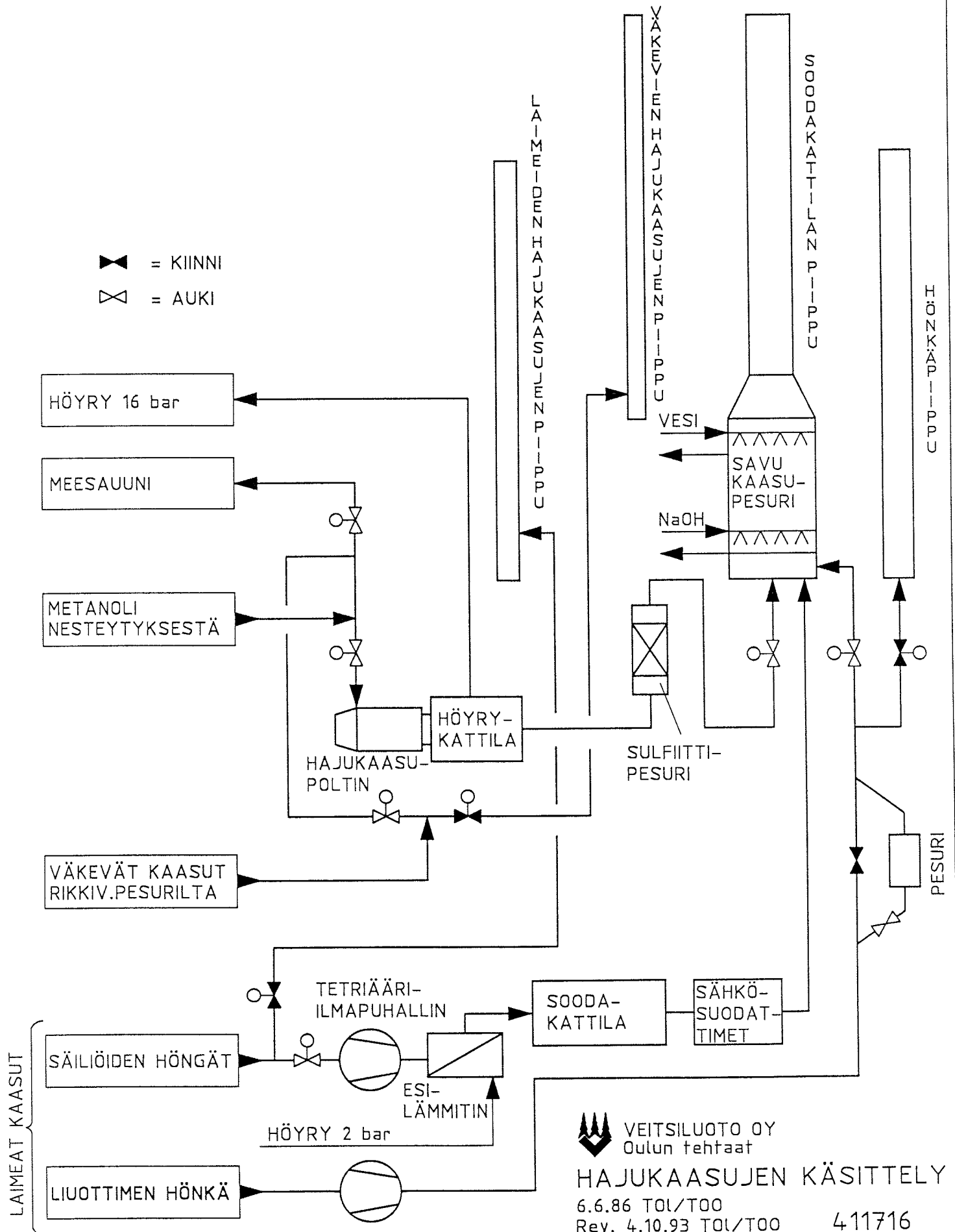
- Käyttöhenkilöstön koulutus ja ohjeistus
- Kaasuväkevyys pidetään räjähdysalueen (4 - 30 %) ulkopuolella
- Väkevien kaasujen siirtämiseen käytetään puhaltimien sijasta höyryejektoria
- Kaasun nopeus putkessa ylittää liekin etenemisnopeuden
- Liekinestimet
- Varokalvot
- Hydrauliset varoventtiilit
- Laitteiden puhdistus- ja tyhjennysyhteet
- Lukitusjärjestelmät.

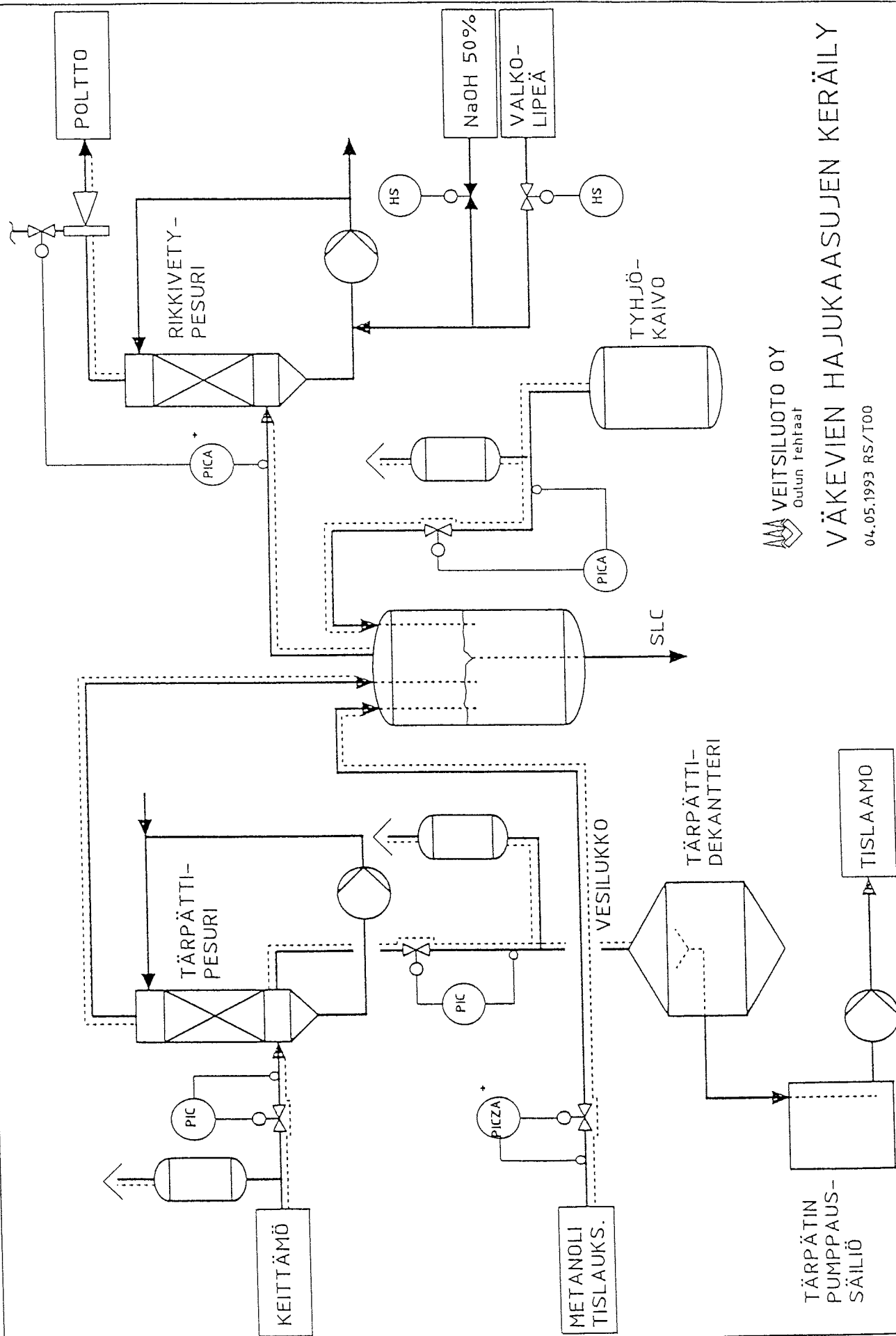
6

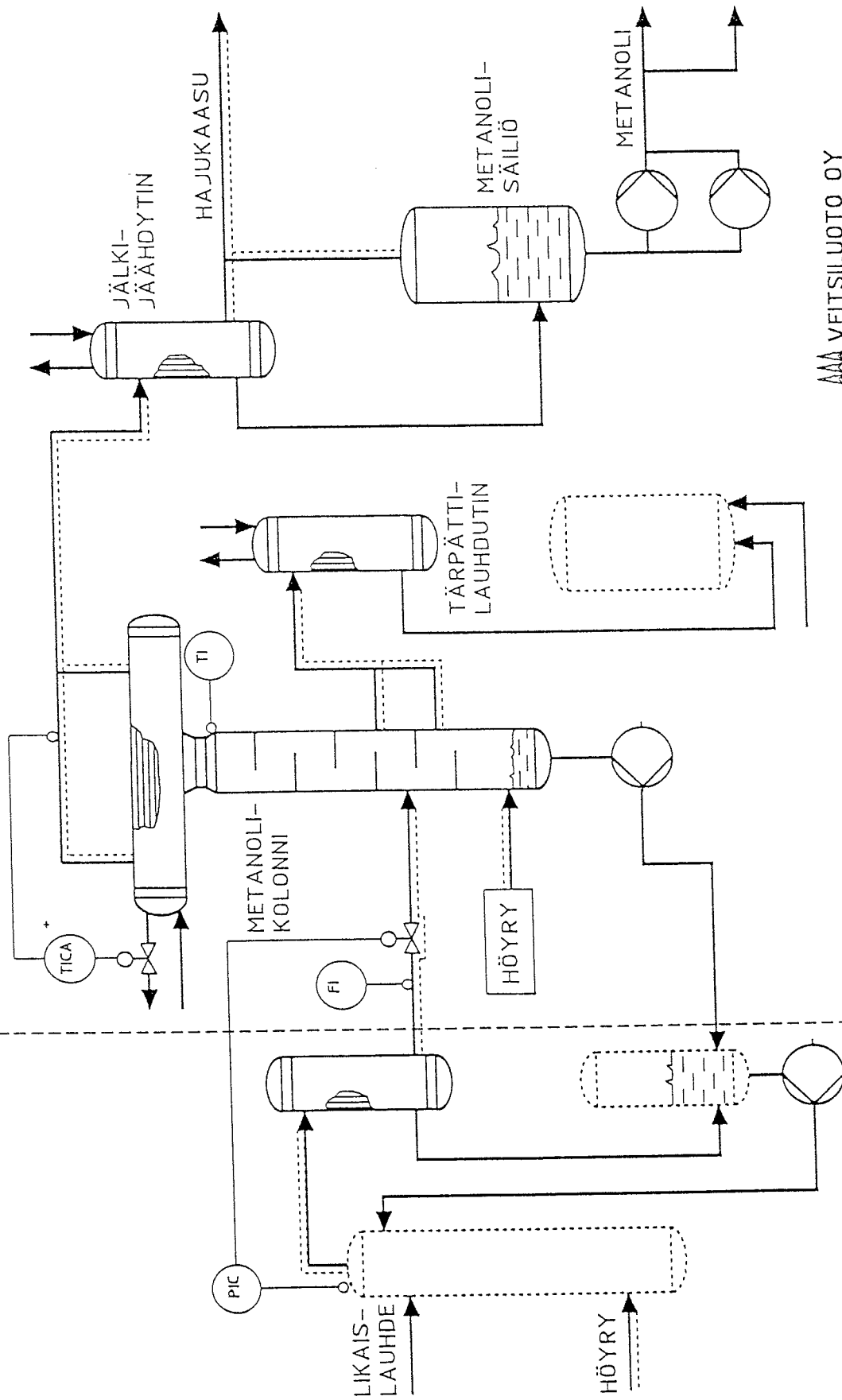
Käyttökokemuksia

- Väkevien hajukaasujen polttosysteemin käytettävyyks on ollut hyvin korkea. Vuoden 1992 käytettävyyssaste oli 99,3 %.
- TRS-päästöt pudonneet 1/10 aikaisemmista. Kuva 7.
- Pisaranerotin kerran palanut. Todennäköinen syy: hydraulisen varoventtiilin tyhjeneminen vedestä suuren alipaineen takia, jolloin järjestelmään on päässyt ilmaa. Tärpättipesuri ei ollut samanaikaisesti käytössä.
- Laimeiden hajukaasujen järjestelmässä kondenssiveden kanssa pulmia, vesihöyryä tulee paljon mm. kaustisoinnista.
- Rikkivetypesurin tukkeutuminen.
- Polttologiikka muutettu perusautomaatiojärjestelmään, jolla saatu parempi polton diagnostiikka.





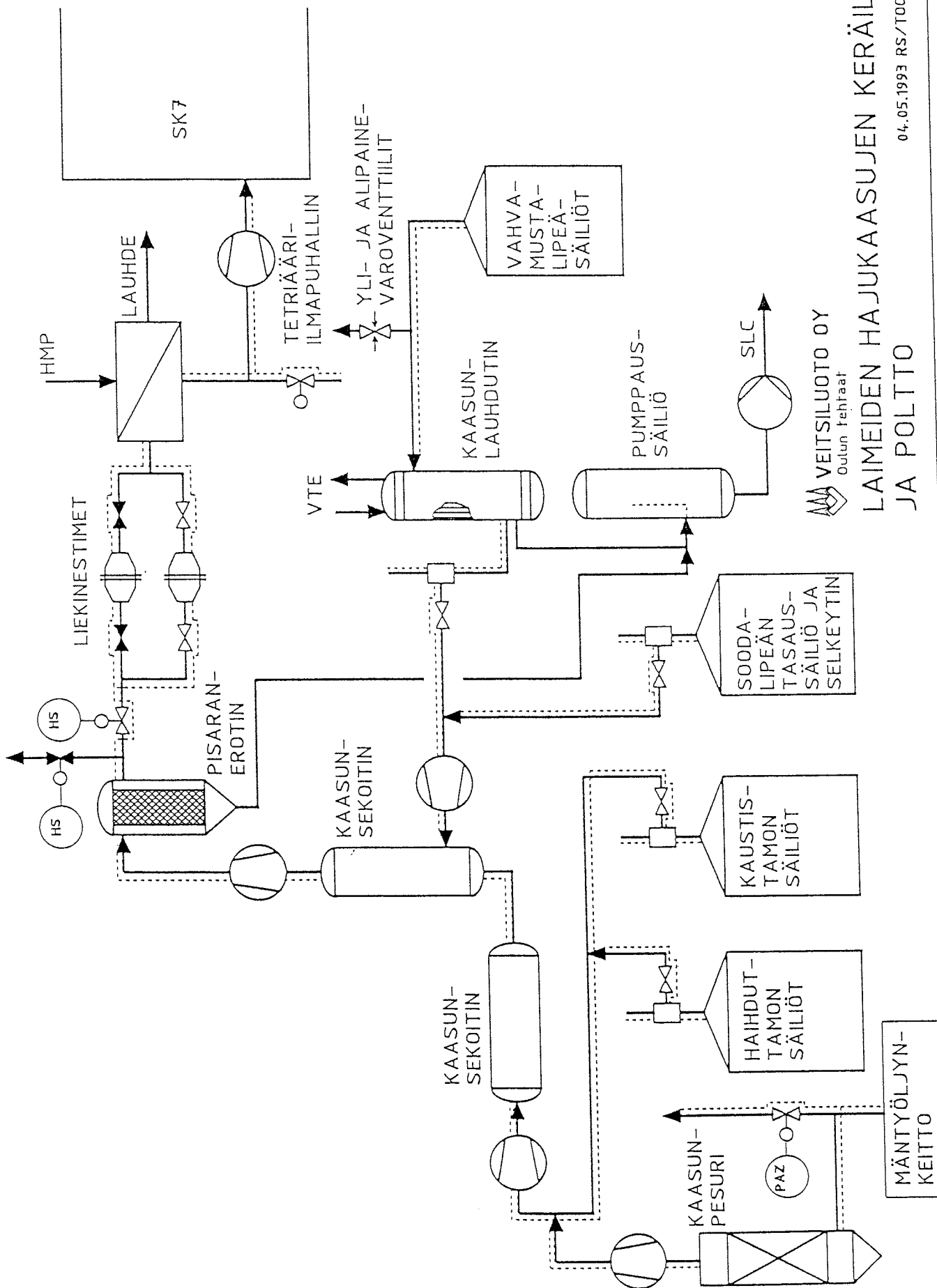




VEITSILUOTO OY
Outun tehtaat

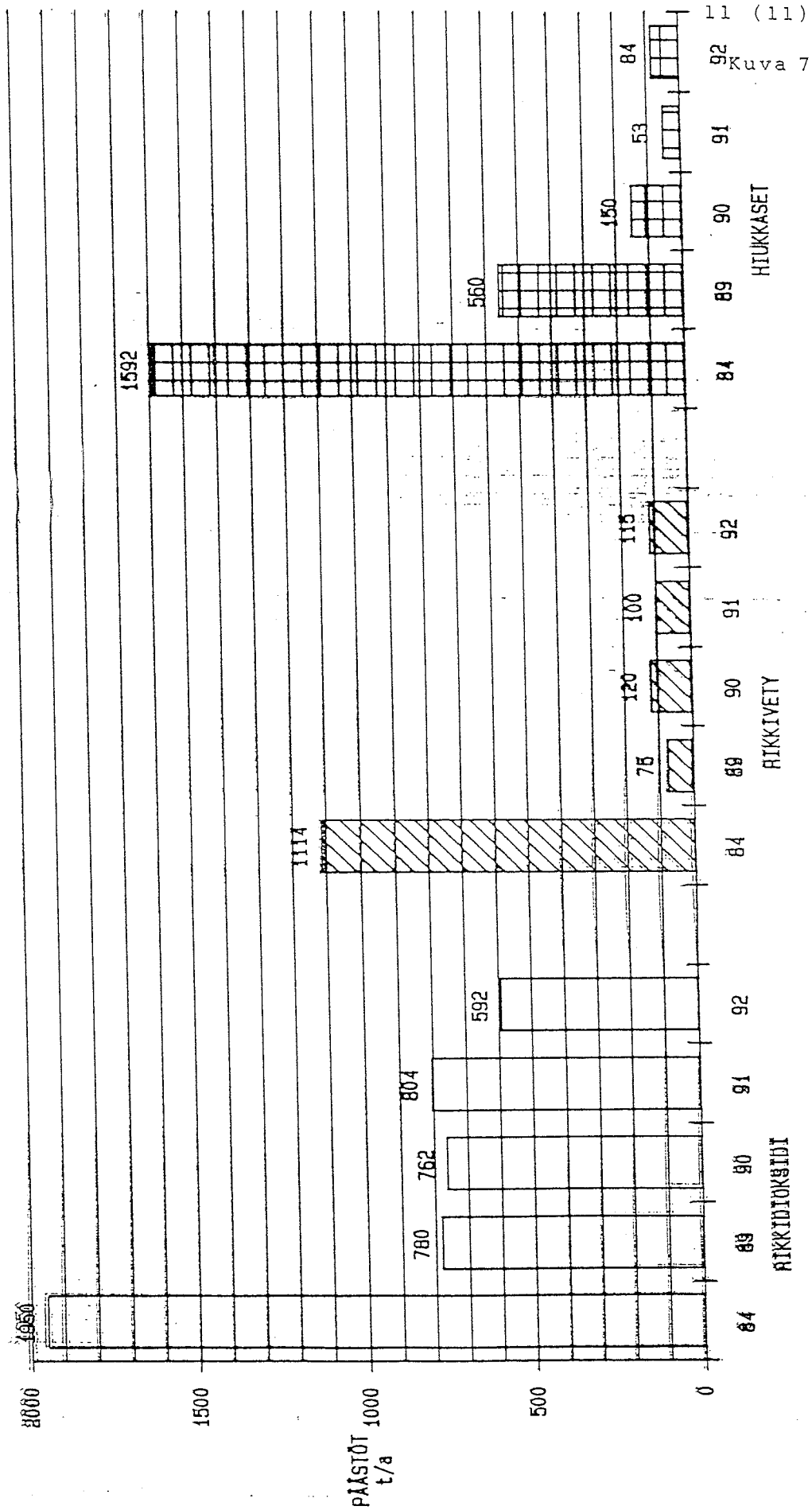
METANOLIN NESTEYTYYS

04.05.1993 RS/T00



VEIJOILUOTO OY
 OULUN KAUPUNKI
 Ympäristön suojelu

SELKE 2
 PROJEKTIN VAIKUTUS ILMAPIIÄSTÖIHIN
 (84-ILMAANSUOJELUTILIN 28.3.84) (89, 90, 91, 92-PAÄSTÖTIEDOT 1989, 1990, 1991, 1992)



BIOLIETTEEN KÄSITTELY, MUSTALIPEÄN SUPERVÄKEVÖINTI JA HAJUKAASUJEN POLTTO SOODAKATTILASSA

1

JOHDANTO

Selluloosatehtaiden jätevesien biologisessa käsittelyssä syntyy tehdas-koosta ja käsittelytavasta riippuen 10 – 20 t ka/d vaikeasti käsiteltävää biolietettä. Yleisin tapa lietteen hävittämiseksi on sekoittaa se kuitulietteeseen, lisätä vedenpoistoa parantavia kemikaaleja, puristaa seos mahdollisimman kuivaksi ja polttaa kiinteän polttoaineen kattilassa. Tällaisen lietteenkäsittelyn kustannukset ovat varsin korkeat ja ilmapäästöt vaihtelevat kattilatyypeittäin.

Nykyisellä tehdaskoolla soodakattilassa poltetaan keskimäärin 2000 – 2500 t kuiva-ainetta vuorokaudessa, joten biolietteen osuus koko mustalipeävirrasta on alle 1 %. Soodakattilassa poltto-olosuhteet ovat tarkoin ohjatut ja valvotut. Myös savukaasujen käsittely- ja puhdistuslaitteet ovat erinomaiset. Edellytykset biolietteen poltolle soodakattilassa on aikaansaatu kehittämällä Oy Metsä-Botnia Ab:n Kemin tehtailla menetelmä biolietteen esikäsittelyksi siten, että se voidaan haihduttaa yhdessä mustalipeän kanssa. Kehitystyö on suoritettu Oy Metsä-Botnia Ab:n ja Tampella Power Oy:n yhteistyönä.

2

TUTKIMUKSEN TAUSTA

Oy Metsä-Botnia Ab:n Kemin tehtailla suoritettiin vuoden 1991 aikana ensin laboratoriokokeet biolietteen lämpö- ja kemikaalikäsittelystä vedenpoiston tehostamiseksi ja viskositeetin alentamiseksi. Jatkona tälle tehtiin koeajo pilot-laitteistolla.

Kokeissa selvitettiin biolietteen haihdutettavuutta yksin sekä mustalipeään sekoitettuna. Koeajoissa etsittiin myös mitoitustietoja täysmittakaavaisen laitoksen suunnittelulle sekä laitoksen investointi- ja käyttökustannuksista.

Joulukuussa 1991 suoritettiin kahden viikon tehdasmittainen koeajo, jossa bioliete käsiteltiin em. tavalla ja poltettiin soodakattilassa. Biolietteen osuus oli noin 0,5 % mustalipeästä.

19.10.1993

Polttokokeiden lisäksi on tehty tasetarkasteluja ja kirjallisuustutkimuksia niistä aineista, jotka saattavat rikastua kemikaalikiertoon tai aiheuttaa muuten vahinkoa itse kattilassa.

Asiantuntijoina kemikaalikiertoon ja lietteenkäsittelyyn liittyvissä selvityksissä on käytetty alan konsultteja sekä yliopistojen erikois-tutkijoita.

3

TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli varmistaa aiempien kokeiden tulokset mahdollisuudesta hävittää sellutehtaan jätevedenkäsittelyssä syntyvä bioliete tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti polttamalla se mustalipeän joukossa soodakattilassa.

Soodakattilan osalta tavoitteena oli selvittää biolietteen vaikutus tuli-pesäprosessiin ja kattilan käytettävyyteen. Erityistä huomiota kiinnitettiin kerrostumiin lämpöpinnoille ja kaasumaisiin emissioihin.

Muina tavoitteina oli selvittää biolietteen polton vaikutus sulfaatti-selluloosatehtaan kemikaalikiertoon.

4

TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Varsinainen biolietteen polttokoe tehtiin kevään 1992 aikana. Koe-tulosten käsittelyssä on hyödynnetty lisäksi uuden soodakattilan takuu-kokeissa marraskuussa 1991 saatuja tuloksia.

Mittauksiin osallistuivat Oy Metsä-Botnia Ab:n Kemin tehtaat sekä Tampella Power Oy. Osan analyyseistä suorittivat Oy Keskuslaborato-rio Ab ja Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Sondimittaukset teki Prosessikemia Ky.

19.10.1993

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Sulfaattiselluloosatehtaan jätevesien biologisessa käsittelyssä syntyvä ns. sekundäärilietteelle on kehitetty menetelmä, jossa puhdas bioliete esikäsitellään ja väkevöidään haihduttamalla yhdessä mustalipeän kanssa sekä poltetaan soodakattilassa.

Tehdaskokeet suoritettiin keväällä 1992 ja biolieteosuus mustalipeän kuiva-ainevirrasta oli noin 1,5 %.

Biolietteen esikäsitely onnistui odotetusti. Haihduttamalla ei esiintynyt tavanomaisesta poikkeavaa likaantumista. Vahvamustalipeän kuiva-aine laski jonkin verran biolietteen sisältämän vesimäärän aiheuttaman haihduttamon ylikuormituksen johdosta. Lauhteet olivat puhtaita.

Bioliete nosti hieman (0,2 – 0,5 MJ/kg) vahvamustalipeän lämpöarvoa. Soodakattilan poltto-olosuhteissa tapahtui kokeen aikana häiriöitä, joissa syntyi ajoittain rikkidioksidia. Ilmiö ei liity yksin polttoon, vaan lipeän ominaisuuksien (viskositeetti, orgaanisen aineen lisääntyminen) muuttuminen aiheutti poltto-olosuhteissa muutoksia, joiden hallinta edellyttää ajomallin viritystä. Polttolipeän normaalia alhaisempi kuiva-ainepitoisuus lisäsi SO₂:n esiintymistä.

Tulipesän polttolämpötilan muuttuessa biolietteen mukana tuleva kloridi on joko tuhkasuolassa NaCl:na tai savukaasuissa HCl:na kuten kirjallisuudessa on esitetty (1). Kloridia voidaan poistaa tehokkaasti soodakattilan savukaasupesurin kierrosta ajomallituksella. Muut mahdolliset haitalliset aineet on poistettava soodasakan kanssa tai avaamalla meesakiertoa.

Savukaasupäästömittausten perusteella biolietteen poltto soodakattilassa on ylivoimaisesti paras nykyisiin polttomenetelmiin verrattuna. Mm. dioksiinipäästöt ovat vain 10 % Ruotsin ja Tanskan jätteenpolttokattiloiden ohjearvosta.

Biolietteen erilliskäsittelyn ansiosta primäärilietteen käsittelykustannukset alenevat ja kuori – kuitulietteesta voidaan saada enemmän energiaa tavanomaisissa kiinteän polttoaineen kattiloissa.

19.10.1993

6

DEMONSTRAATIOLAITOSHANKE

Tutkimustulosten ja kehitystyön perusteella Oy Metsä-Botnia Ab:n Kemin tehtaalla toteutettiin projekti demonstraatiolaitoshankkeena. Hankkeessa on kolme osa-aluetta:

- Lietteen esi-/jälkikäsittely
- Superväkevöinti (kuiva-aineen nosto yli 80 %:iin)
- Väkevien hajukaasujen käsittely

7

DEMONSTRAATIOLAITOKSEN TAVOITTEET

Ympäristönsuojelu

Siirryttäessä mustalipeän kuiva-aineessa 65 %:sta 75 %:iin voitiin todeta soodakattiloiden savukaasupäästöjen vähentyneen huomattavasti. Kehitys selluloosan valmistusmenetelmien ja lipeänkierron sulkeutumisen osalta johtaa lipeän epäorgaanisen osuuden ja S/Na-suhteen kasvuun ja lipeän lämpöarvon laskuun. Mikäli nykyinen hyvä tilanne halutaan säilyttää, on polttolipeän ka-tasoa edelleen nostettava. Suoritettujen pilot-kokeiden perusteella polttolipeän ka-taso voitaisiin nostaa yli 85 %:iin.

Korkeakuiva-ainepolton seurauksena kattilan tulipesän keon lämpötila nousee ylemmäksi ja takaa stabiilit poltto-olosuhteet. Samalla korkeassa lämpötilassa biolietteen mukana tulevista klooriyhdisteistä ei pääse muodostumaan supermyrkkyjä mm. dioksiinejä.

Poltettaessa bioliete soodakattilassa ei tarvitse varautua biolietteen mekaaniseen käsittelyyn tai kaatopaikkavarastointiin.

Käytännössä paperi- ja sellutehdasprosessit biolietteen korkeakuiva-ainepolton ansiosta sulkeutuvat entisestään vähentäen niiden yleistä ympäristökuormaa.

Sellutehtaan talous

Bioliete saadaan mustalipeän superväkevöinnin yhteydessä nykyisestä 30 %:in tasolta yli 80 %:in väkevyyteen. Tällöin ei tarvita uutta erillistä prosessia biolietteen loppukäsittelyyn.

Biolietteen kuivauksessa normaalisti käytetty kuituliete voidaan palauttaa prosessiin.

19.10.1993

Mustalipeän poltossa siirryttäessä kuiva-ainetasolta 65 % tasolle 85 % saadaan energian tuotto lisääntymään 10 – 20 %. Tällöin paperi- ja sellutehdasintegraation omavaraisuusaste kasvaa ja kokonaisenergia-talous paranee.

Menetelmän kaupallistaminen

Hankkeen tarkoituksena on kaupallistaa biolietteen käsittelyjärjestelmä ja mustalipeän korkeakuiva-ainepolttojärjestelmä yhdessä.

8 PROSESSIKUVAUS

Bioliete

Bioliete pumpataan biologisen jätevedenkäsittelylaitoksen lietteen tiivistimeltä 3 – 4 % kuiva-ainepitoisuudessa säiliöön, joka toimii välivarastona ja ajojen tasaajana.

Esikäsittely

Säiliöstä bioliete pumpataan lingoille, jossa siitä poistetaan vettä taloudellisemman esikäsittelyn aikaansaamiseksi. Lingottu bioliete käsitellään fysikaalisesti ja kemikaalisesti. Käsittelyn jälkeen liete syötetään säiliön kautta haihduttamolle.

Prosessin häiriötapauksien varalta lingottu bioliete voidaan ajaa kuljettimella vaihtolavalle.

Haihdutus

Bioliete pumpataan lipeän mukana haihduttamolle, jossa se väkevöidään haihduttamalla noin 70 ka-%:iin ja pumpataan yhdessä vahvalipeän kanssa vahvalipeäsäiliöön.

Superväkevöinti

Säiliön erillisessä lipeäkierrossa vahvalipeään sekoitetaan soodakattilasta tuleva tuhkasuola ennen superväkevöintiä.

Superväkevöinnissä biolietteen ja tuhkasuolan sisältämä vahvalipeä esilämmitetään lämmönvaihtimissa, jonka jälkeen se väkevöidään kahdessa superväkevöintiyksikössä haihduttamalla noin 83 ka-%:iin.

19.10.1993

Väkevöity lipeä paisutetaan polttoon sopivaan lämpötilaan paisunta-astiassa, jossa sen ka-pitoisuus nousee yli 85 %-yksikköön ennen polttolipeäsäiliöön ajoa.

Superväkevöinnissä syntyvät rikki-pitoiset kaasut kerätään ja käsitellään erikseen ja poltetaan soodakattilassa erillisessä hajukaasupolttimessa.

Korkeakuiva-ainepitoisen lipeän ja biolietteen poltto

Polttolipeäsäiliöstä superväkevöity lipeä pumpataan soodakattilan normaalille lipeärenkaalle ja edelleen lipeäsuuttimien kautta kattilassa poltettavaksi.

9

TOTEUTUSAIKATAULU

Toteutus

Rakentaminen	Joulukuu 1992 – maaliskuu 1993
Asennukset	Maaliskuu 1993 – toukokuu 1993
Kylmäkoestukset	Toukokuu 1993
Mekaaninen koekäyttö	Kesäkuu 1993
Käyntiinajo	Kesäkuu 1993
Tuotannollinen koekäyttö	Elokuu 1993
Tuotannollinen käyttö	Syyskuu 1993

10

KÄYTTÖKOKEMUKSET

Lietteen käsittely

Biolietettä käsitellään keskimäärin n. 15 t kuiva-ainetta/d.

Esikuivaus tehdään dekanterilingoilla, joita oli tarkoitus käyttää ilman polymeerilisäystä. Lingoilla ei kuitenkaan ole päästy haluttuun talteenottoasteeseen ja biolietteen kuiva-ainepitoisuuteen, jonka johdosta on aloitettu polymeerikoeajot.

Mahdollisesti muukin esikuivatustapa kuin dekanterilinko tulee kysymykseen, koska biolietteen kuiva-ainepitoisuuden ei tarvitse olla kovin korkea.

19.10.1993

Haihdutus

Vahvalipeäyksiöiden lämpötilaerot ovat nousseet n. 2 °C, kuten jo esikokeissa todettiin. Haihduttamon likaantumisessa ei ole todettu muutoksia.

Superväkevöinti

Vahvalipeä väkevöidään 82 – 85 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Väkevöittämiä on pesty n. 1 kerta/viikko. Pesutarve ei välttämättä ole niinkään usein.

Väkevien hajukaasujen poltto soodakattilalla

Väkevöittimien pesun yhteydessä hajukaasujen polton hallinta vaatii vielä lisäviritystä lähinnä pesusekvenssin ohjaukseen.

Soodakattila

Höyrykehitys noussut 4 – 5 % kuiva-ainetonnille, kun polttoliipeän kuiva-ainepitoisuus on noussut n. 74 %:sta n. 84 %:iin.

Tuhkasuolakierto on kasvanut.

Reduktioaste on hieman laskenut ja hajonta kasvanut. Johtuneeksi siitä, että soodakattilan ajo-olosuhteet ovat muuttuneet melkoisesti ja ylä-tason ohjausjärjestelmän viritys on vielä kesken.

Lisäaineiden vaikutus kemikaalikiertoon

Tähän mennessä ei ole havaittu oleellisia muutoksia.

Tarkempi seuranta on menossa lähinnä fosforin ja kloorin mahdollisen rikastumisen osalta.

19.10.1993

11 SUORITETUT MITTAUKSET

Yleistä

Aerosolimittausten yhteydessä 6.9. – 10.9.1993 tutkittiin laitoksen toiminta kolmella ajotilanteella:

Päiväm.	Lipeälaji	Super (KA)	Bioliete	Hajukaasut	Kuorma
6.9.93	havu	ON (85 %)	ON	ON	n. 2200 t ka/d
7.9.93	havu	OFF (73 %)	ON	ON	n. 2200 t ka/d
10.9.93	seka	ON (85 %)	ON	ON	n. 2200 t ka/d

Mittaus- ja analyysimäärä sovitettiin vastaamaan suorituskykymittaus-laajuutta haihduttamon, superväkevoinnin, soodakattilan, väkevien hajukaasujen polton ja savukaasupesurin osalta. Vertailulähtökohtina käytetään laitoksen takuumittauksia ja biolietteen poltto soodakattilassa (Liekkitutkimus 5 – 21) mittaustuloksia.

Alustavia mittaustuloksia

Väkevöity vahvamustalipeä ja bioliete

	KA-%	Kuiva-aineen kalorimetr. lämpöarvo MJ/kg ennen tuhkasuolalisäystä
HAVU	82 – 90	13,9 – 14,4
SEKA	82 – 87	13,1 – 13,6

Soodakattilan lämpöasetarkastelu ajalta ke 8.9.1993 klo 6.00 – to 9.9.1993 klo 5.00.

Kattilan arvot tarkasteluvälillä:

–	Höyrystys	kg/s	87
–	Tulistuslämpötila	°C	480
–	Syöttövesi	°C	121
–	Savukaasun lämpötila	°C	151
–	Nuohoushöyry	kg/s	2,2
–	Kuiva-aine	%	83 (enviro- powerin määrittäminen)
–	Kalorimetrinen lämpöarvo	kJ/kg	13100
–	Lipeän lämpötila	°C	135

19.10.1993

Laskemalla kattilan lämpötase käyttäen yllä mainittuja arvoja saadaan kattilan lipeäkuormaksi 2250 t ka/vrk. Vastaavasti lipeäkuormaksi saadaan 2225 t ka/vrk laskemalla se polttoliipeän virtauksesta.

Lämpöhyötysuhteeksi saadaan 67 %.

Lämpöhyötysuhde = kattilaan tuoto lämpö / höyrystykseen käytetty lämpö.

Takuukokeen lämpötaseessa lämpöhyötysuhde oli 63,6 % kuiva-aineen ollessa 73,7 % haihduttamolta. Kuiva-ainetasen ero poltto-lipeässä oli siis n. 7,3 %-yksikköä, ja hyötysuhteessa 3,4 %-yksikköä. Höyrystyksessä tämä vastaa ko. kuormalla 4,5 kg/s.

Havulipeä mittaussjakson aikana esiintyi SO₂-piikkejä 4,9 – 234,9 ppm korkealla (KA. 85 %) ja matalalla (KA. 73 %) kuiva-ainetasolla.

Syyt: Havulipeän ajomalliviritystä ei ole vielä tehty kattilan ylätasen ohjaukseen (mittausjakso ajettiin vanhoilla ajomalleilla).

Sekalipeä SO₂-piikit 0,0 – 72,1 ppm.

HUOM! Ajomallien viritys on aloitettu sekalipeämalleista. Viritystyö on vielä kesken.

NO_x-taso on riippumaton kuiva-aineesta.

PÖLYMÄÄRÄ	KORKEA KUIVA-AINE 85 %	MATALA KUIVA-AINE 74 %
TULOKANAVA	22 – 30 g/Nm ³ /kuivat	15 – 12 g/Nm ³ /kuivat
POISTOKANAVA	< 10 mg/Nm ³ /kuivat	< 10 mg/Nm ³ /kuivat

Mittauksen virheprosentti tulokanavassa +- 30 % ja poistokanavassa +- 15 %.

Tampellan pölymittauksen mukaan matalalla kuiva-ainetasolla pölymäärä tulokanavassa 13 g/Nm³ ja korkealla kuiva-aineella 15 – 20 g/Nm³.

19.10.1993

12
JATKO-OHJELMA

Aerosolimittausten yhteydessä suoritettujen mittausten analysointi
---> asetettujen tavoitteiden toteutuminen
----> laitteistojen mitoitus tarkastus

Superväkevöinnin ajomallien optimointi.

Soodakattilan ylätasen säätöjen optimointi tutkimustulosten perusteella.

Biolietteen mukana kemikaalikiertoon tulevien haitallisten aineiden seuranta (Cl, P, Mg, Fe).

LÄHTEET

Hupa M., Backman R., SKrifvars B-J., Hyöty P.: The influence of chlorides on the recovery boiler fireside behavior, Åbo Akademi and Tampella Power.

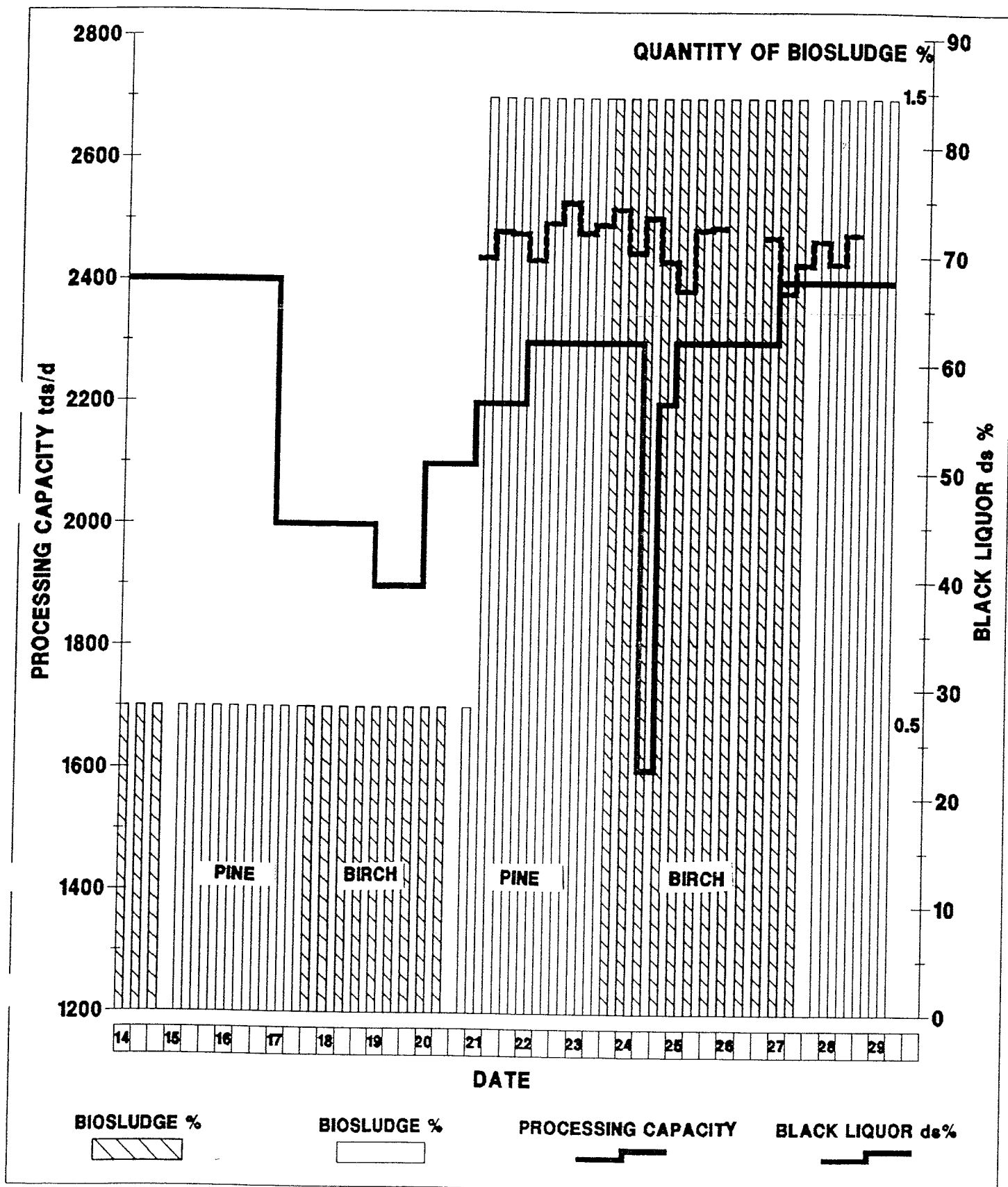
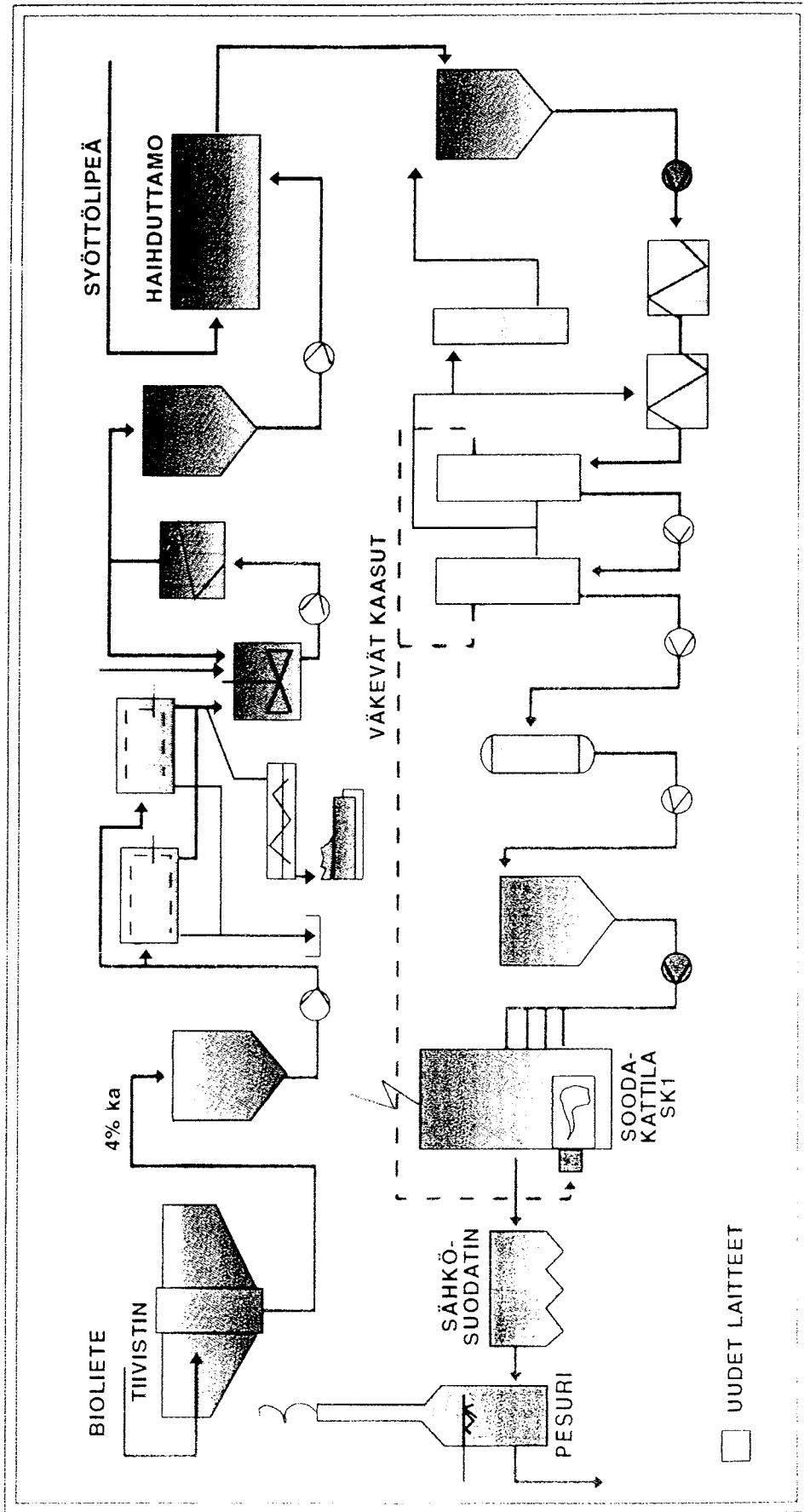


FIGURE 1. THE OPERATING CONDITIONS IN THE RECOVERY BOILER

MB

BIOLIETTEEN ESIKÄSITTELY JA VÄKEVÖINTI



METSÄ-BOTANIA

Kemi Mills

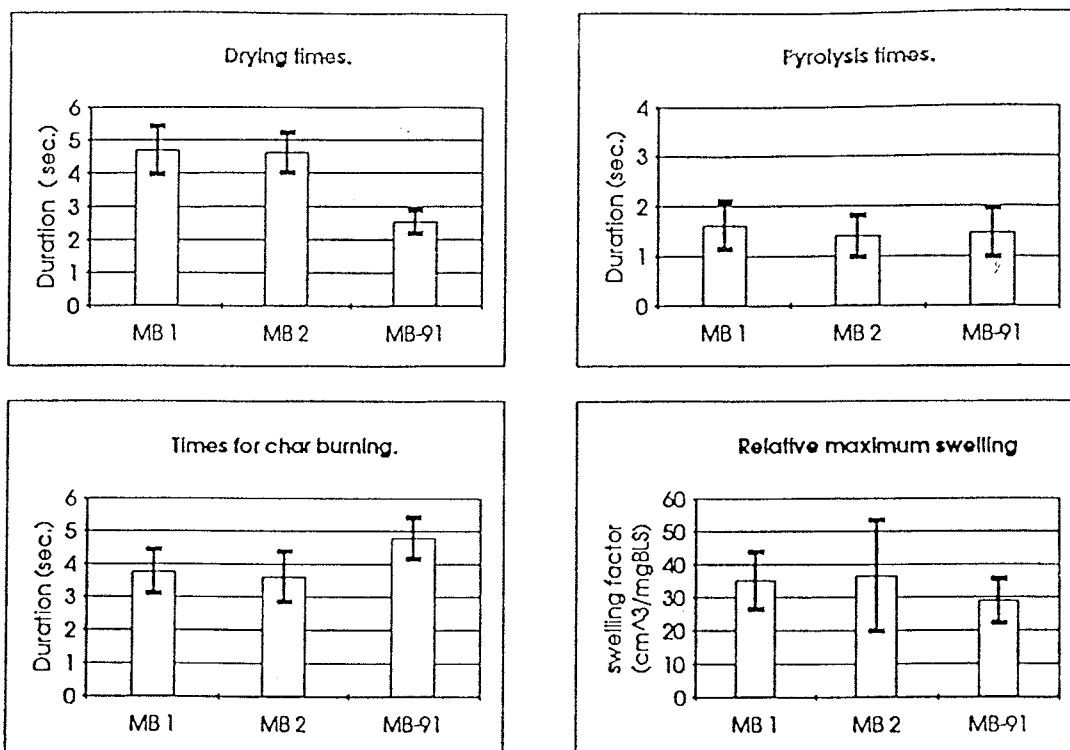


Figure 4. Combustion properties of black liquors from Metsä-Botnia Kemi mills. Duration of the different combustion stages and maximum relative swelling for combustion of black liquor at 700 C in 100 % air. (MB1&MB2 = biosludge containing BL:s; MB-91 BL without biosludge addition)

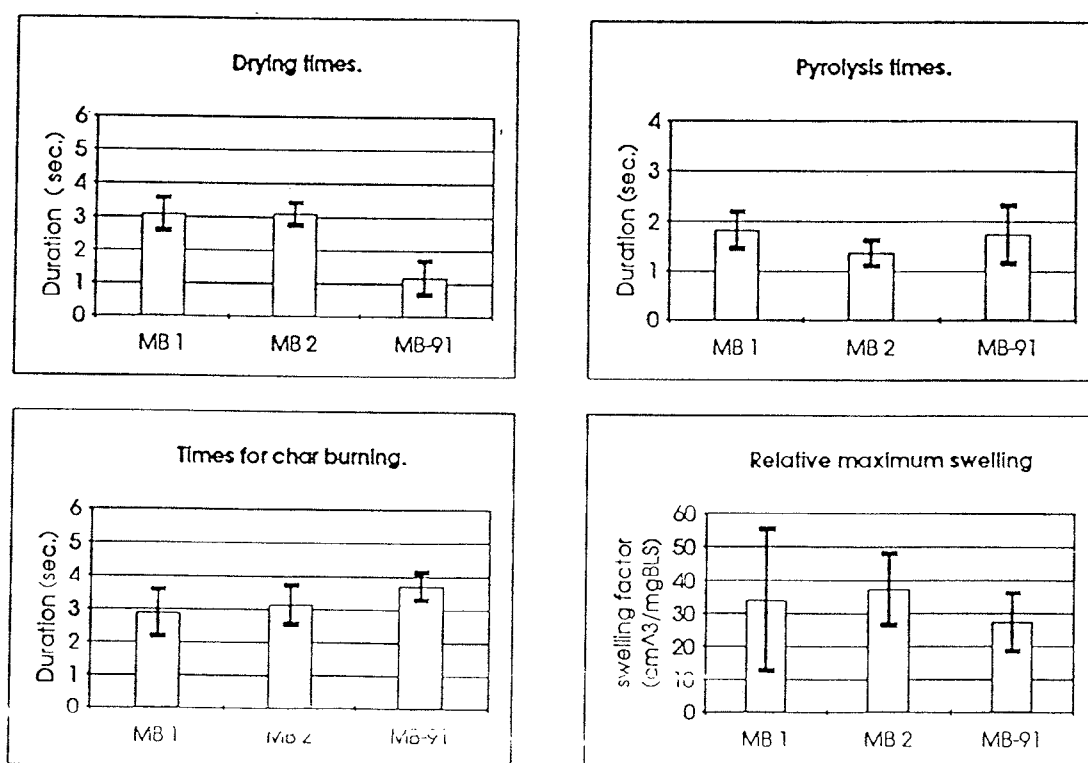


Figure 5. Combustion properties of black liquor from Metsä-Botnia Kemi mills. Duration of the different combustion stages and maximum relative swelling for combustion of black liquor at 800 C in 100 % air. (MB1&MB2 = biosludge containing BL:s; MB-91 BL without biosludge addition)

Condition	Zero- test				BL+ sludge			
Load	2400 t ds/day		1500 t ds/day		2400 t ds/day		1500 t ds/day	
Location	hot	cold	hot	cold	hot	cold	hot	cold
0.5	1.6	2.3	2.4	1.1	4.1	1	2.5	0.5
2	8.5	3.5	7.8	3.5	5	2.4	9	0.5
6	6.7	2.5	8	8.6	9.8	9.1	15.8	0.5
24					10.5	11.2		

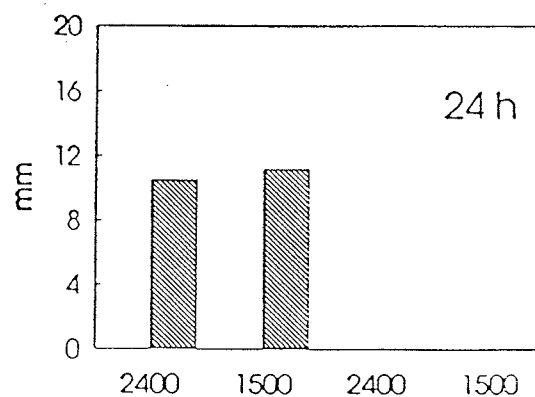
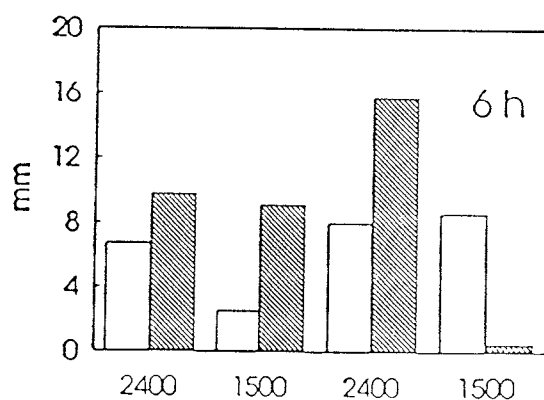
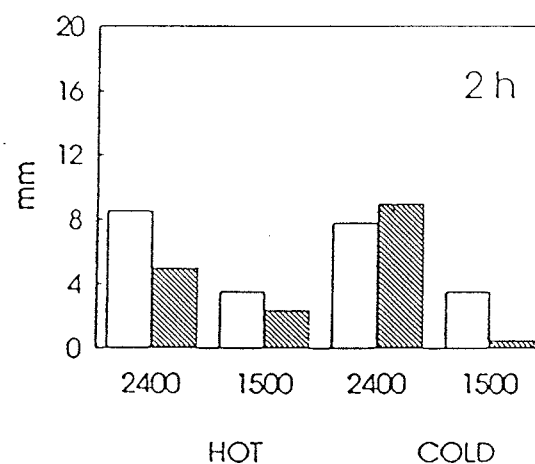
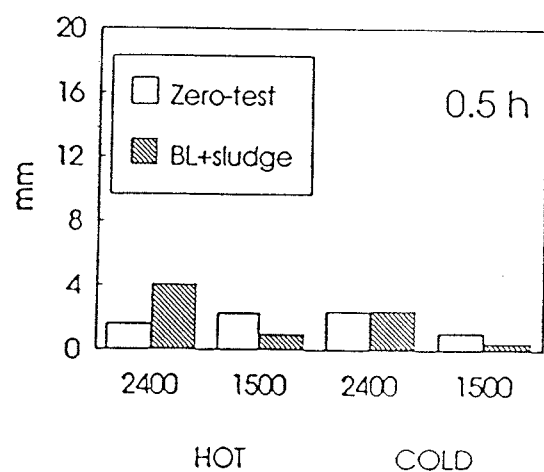
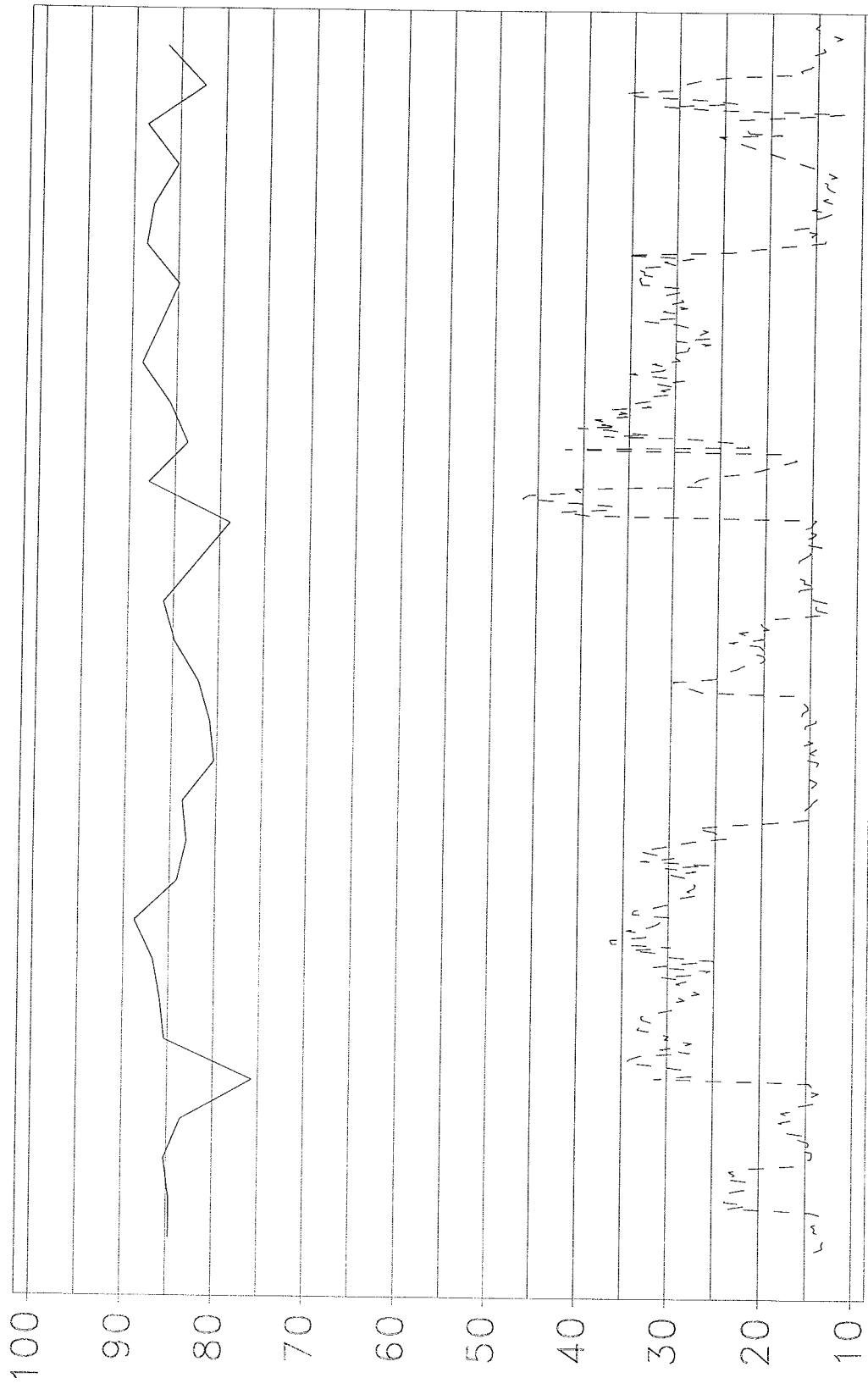


TABLE 10.
THE DEPOSIT THICKNESSES OF THE PROBE.

POLITTOON MENEVÄN VAHVALIPEÄN KUIVA – AINE

ELOKUU 1993

KA % / KEITON KAPPALUKU



PVM

PROSESSIN VALVONTA JA PÄÄSTÖJEN MITTAUS

1.

Yleistä

Sulfaattiprosessin merkittävimmät päästölähteet ilmaan ovat keittämö, soodakattila ja meesauuni.

Päästökohteina voidaan vielä mainita massan pesu, mäntyöljykeittäminen ja lauhdeiden höyrystrippaus.

Yleinen suuntaus on se, että tehtaan päästölähteiden lukumäärä pienenee uudis- rakentamisen myötä.

Vanhoissa tehtaissa saattaa päästölähteitä olla liki sata, kun sitävastoin uudemmissa tehtaissa päästölähteitä on jo alle kymmenen. Haisevat ns. TRS-yhdisteet kerätään nykyaikaisessa tehtaassa talteen ja poltetaan joko soodakattilassa, meesauunissa tai erillisessä polttolaitoksessa.

Lääninhallitusten ilmansuojelupäätöksissä on asetettu kaasumaisille rikkiyhdisteille raja-arvoiksi 3-4 kg SO₂/ts.

Lisäksi on asetettu soodakattilan ja meesauunien savukaasujen rikkivetypitoisuuksille enimmäisarvoja.

Niinkään väkevien hajukaasujen keräily- ja hävitysjärjestelmän toimivuudelle ja teholle on viranomaisen asettanut myös ehtoja. Laimeat hajukaasut on käsiteltävä 80-90 %:sti. Lisäksi ulkoilman pelkistyneiden rikkiyhdisteiden pitoisuudelle on tulossa ohjearvo. Nämä kaikki edellyttävät hyvää käytöntarkkailua, mittauksia, analysointia ja raportointia.

2.

Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS)

Sulfaattitehtaan hajun pääasiallisina aiheuttajina pidetään neljää pelkistynyttä rikkiyhdistettä, joista käytetään yleisnimitystä TRS-yhdisteet (TRS = Total Reduced Sulfur).

Nämä ovat

		hajukynnys (ppb)
- rikkivety	H_2S	0,4... 5
- metyylimerkaptaan	CH_3SH	0,1... 3
- dimetyylisulfidi	$(CH_3)_2S$	1,0...20
- dimetyylidisulfidi	$(CH_3)_2S_2$	0,8...12

(Yksikkö ppb = $1\text{ mm}^3/\text{m}^3$)

Näiden yhdisteiden hajukynnys on hyvin alhainen. TRS-yhdisteitä muodostuu mm. keiton aikana. Tällöin puun ligniinin pilkkoutumistuotteet, jotka sisältävät mm. metoksyyliryhmiä ($O-CH_3$), muodostavat valkolipeän sulfidi (S^{2-})- ja hydrosulfidi (SH^{1-})-ryhmien kanssa metyylimerkaptaan

Keittoliuoksen pH on yleensä riittävän korkea estämään rikkivedyn muodostumisen. Osa metyylimerkaptaanista hapettuu dimetyylisulfidiksi ja dimetyylidisulfidiksi. Näiden yhdisteiden liukoisuus keittoliuokseen on pieni. Ne rikastuvat keittimen höyryfaasiin vapautuen sieltä keittimen tyhjennysvaiheen aikana. Merkittävä osa keiton aikana syntyneistä pahanhajuisista pelkistyneistä orgaanisista rikkiyhdisteistä siirtyi aikaisemmin näiden puskukaasujen mukana ulkoilmaan. Nykyisin lauhduttamattomat puskukaasut ohjataan hajunkeräysjärjestelmään ja sitä kautta suoraan polttoon. Jatkuvatoimisissa vuokeittimissä nämä hajukaasupäästöt ovat virtaukseltaan tasaisia ja ne voidaan suhteellisen helposti kerätä poltettavaksi.

Toinen tärkeä väkevien TRS-yhdisteiden lähde on mustalipeän haihdutus. Haihduttamalla mustalipeän kuiva-ainepitoisuutta nostetaan kiehuttamalla lipeää alipaineessa. Vapautunut vesihöyry sisältää runsaasti pelkistyneitä orgaanisia rikkiyhdisteitä. Vesihöyry lauhdutetaan ja lauhduttamattomat kaasut kerätään poltettaviksi hajunhävitysyksikössä. Nykyisin väkevöinti tapahtuu yksinomaan haihduttamalla. Aikaisemmin loppuhaihdutus suoritettiin soodakattilalaitoksella suorassa savukaasuhaihduttimessa eli nk. harpassa. Tällöin savukaasujen rikkidioksidi ja hiilidioksidi laskivat mustalipeän pH:n niin alas, että mustalipeästä irtosi erittäin paljon TRS-yhdisteitä, jotka joutuivat savukaasujen mukana ulkoilmaan. Suoraa savukaasuhaihdutusta ei enää mm. tästä syystä suunnitella eikä rakenneta. Viimeiset harpat ovat jääneet pois käytöstä kesällä 1992.

Soodakattila ei ole kovinkaan merkittävä hajupäästölähde, koska se pyritään aina ajamaan parhaimmalla mahdollisella tavalla. Savukaasujen happi- ja häkäpitoisuutta seurataan tarkoin. Mikäli häkäpitoisuus savukaasuissa nousee, ilmaantuu savukaasuihin jonkin ajan kuluttua myös rikkivetyä. Tämä estetään lisäämällä polttoilmaa. Soodakattilasta peräisin olevia orgaanisia rikkiyhdisteitä ei savukaasuissa esiinny. Myös rikkivedyn esiintyminen savukaasuissa on poikkeuksellista.

Meesauunin savukaasuissa saattaa esiintyä TRS-yhdisteitä, lähinnä rikkivetyä, mikäli meesa on heikosti pesty tai poltossa on happivajetta. Heikosti pestyssä meesassa on natriumsulfidia, joka muuttuu meesauusissa rikkivedyksi.

3.

Hajukaasujen käsittelyn käytöntarkkailu

3.1

Yleistä

Prosessi- ja puhdistuslaitteiden käytöntarkkailu palvelee ensisijaisesti prosessia. Vaikka useimmilla käytöntarkkailun mittaussuureilla ei suoranaisesti seurata prosessin aiheuttamia päästöjä ilmaan, voidaan prosessin hallittavuutta kuvaavien seurantaparametrien perusteella kuitenkin päätellä jotakin päästötasosta ilmaan. Mikäli tietyn häiriötilanteen aiheuttama päästö ilmaan tunnetaan esimerkiksi aikaisempien mittausten perusteella, voidaan päästön suuruutta arvioida kerran suoritettun mittauksen jälkeen käytöntarkkailun antamien tietojen sekä häiriön kestoajan perusteella. Päästöjen laskenta perustuu tällöin päästökertoimien hyväksikäyttöön.

Päästökertoimia käytetään Suomessa ainakin yhdellä tehtaalla. Tehdas pyrkii tällä päästöjen tarkkailujärjestelmällä mahdollisimman häiriöttömään ja ilman-suojelullisesti parhaimpaan prosessi- ja puhdistuslaitteiden ajotapaan. Järjestelmä perustuu siihen, että tehtaalla tunnetaan kaikki oleelliset päästölähteet, joiden normaaliajan päästötasot on mittauksin määritetty. Myös eri tyyppisten häiriöiden aiheuttamat päästötasot on yritetty arvioida. Ilmansuojelullisesti merkittävät prosessiarvot sekä ylitysajat kirjataan työvuorojen päiväkirjoihin. Näistä lähtötiedoista lasketaan sisäiseen käyttöön tarkoitetut kuukausikeskiarvot kiintoaine-, rikkidioksidi-, typpioksidi- ja TRS-päästöille (t/kk). Vuoden lopussa viranomaisille toimitetaan vastaavalla tavalla lasketut vuosikeskiarvot.

Oleellista tarkkailuohjelmassa ovat siis laskentakaa-
vat, joissa on erilaisia empiirisesti määriteltäviä
päästökertoimia ja prosessitietoja. Näitä laskenta-
kaavoja hyväksikäyttäen lasketaan mikrotietokoneella
oleellisimmille päästöille niiden kuukausi- ja vuosi-
keskiarvot. Mittauksia ei suoriteta muuten kuin
tarkistusmielessä.

3.2

Väkevät ja laimeat hajukaasut

Väkevien hajukaasujen siirto ja käsittely suljetussa
systeemissä edellyttää melko pitkälle menevää käytön-
tarkkailua ja ohjausta. Lähes poikkeuksetta väkevien
hajukaasujen käsittelyn tarkkailu ja ohjaus on nykyisin
liitetty koko tehtaan tehdasautomaatiojärjestelmään.

Oleelliset käytöntarkkailuun liittyvät toiminnot ovat:

- keräilykohteiden tiiviyyden tarkkailu (ylipaine/ali-
paine, happipitoisuus)
- järjestelmän käyttöturvallisuuden (ylipaine/alipaine-
hälytykset, virtaamamittaukset, murtolevyjen ja
liekinestimien kunto) tarkkailu
- polton (mm. liekinvalvojan kunto) tarkkailu
- savukaasujen rikkidioksidin talteenoton (SO_2 :n mit-
taus pesurin jälkeen) tarkkailu

Laimeiden hajukaasujen käsittelyn käytöntarkkailussa on
kyse lähinnä puhallinjärjestelmien tarkkailusta,
jolloin tärkeimmissä tarkkailusuureet ovat:

- putkistojen paineet, virtaamat, puhaltimien toiminta
- kondenssivedenpoiston seuranta
- polttopaikan seuranta (hajupitoinen ilma poltoon/
ulos)

Eräs oleellinen käytöntarkkailuun liittyvä yksityiskohta on varmistaa häiriötilanteissa, ettei puhalleta putkistoja myöten tehdastiloihin.

3.3

Pesurit

Pesurien toimintaa ohjataan säätämällä kiertävän pesuliuoksen pH:ta ja tiheyttä. pH vakioidaan tietylle alueelle riippuen poistettavasta kaasukomponentista ja pesunesteestä. pH säädetään lisäämällä pesunestettä pesukiertoon. Kiertoliuoksesta haihtuva vesi korvataan tuorevedellä kiertoliuoksen tiheyden säädön perusteella. Kiertoliuoksen määrää pidetään sopivana poistamalla kiertoliuosta liuossäiliön pinnan säädön mukaan. Pesurissa suoritetaan em. syistä johtuen paine-ero-, paine- ja lämpötilamittauksia. Paine-ero pesurin yli mitataan tukkeutumisen välttämiseksi. Kiertoliuoksen paine ja määrä sekä puhdistettavan kaasuvirran lämpötila mitataan ennen ja jälkeen pesurin. Pesurien jälkeen on nykyisin tavanomaista asentaa mittalaitteet (SO_2 -, H_2S -, TRS-mittaukset), jolloin normaalin tarkkailun ohella voidaan seurata pesurien toimintatehokkuutta.

4.

Päästömittaukset

Useimmilla tehtailla on jatkuvatoimiset rikkidioksidi- ja TRS-mittarit soodakattilan, meesauunin ja hajukaasujen polttolaitoksen piipuissa. Muista kohteista pitoisuudet määritetään pistokokeina kaasukromatografisesti tai SFS:n menetelmien mukaan. Yhtä tärkeää kuin määrittää pitoisuus on määrittää myös virtaus joko mittamalla tai laskemalla.

Selluteollisuuden savu- ja prosessikaasut sisältävät runsaasti vesihöyryä. Esim. soodakattilan savukaasuis- ta noin 30 tilavuusprosenttia on pelkkää vesihöyryä.

Näin ollen on tärkeätä erottaa mahdollisimman selektiivisesti vesihöyry näytekaasusta siten, etteivät rikkiyhdisteet saman tien häviä tai muuta olomuotoaan näytekaasussa. Vesihöyryyn hallitsematonta lauhtumista näytteenottolaitteiston putkistossa on kaikin keinoin välttävä.

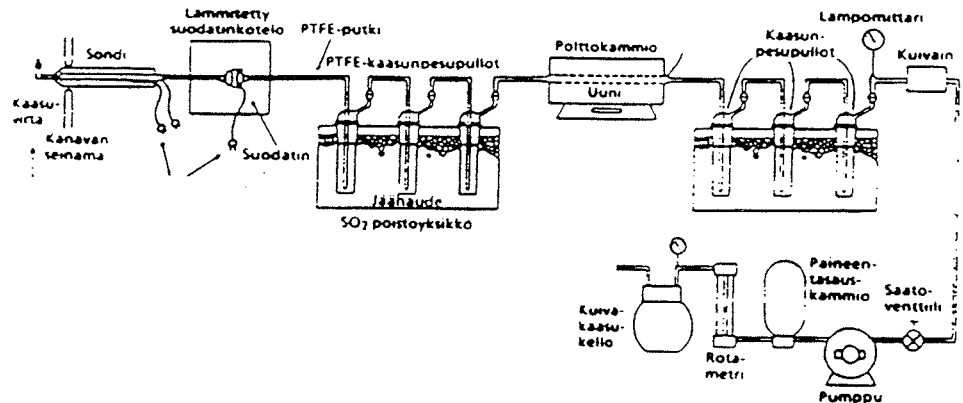
Vesihöyryyn hallitsematon lauhtuminen voidaan tehokkaasti välttää käyttämällä lämmitettyjä teflonputkia. Mikäli näytekaasua imetään esim. savukaasupesurin jälkeisestä kanavasta, on itse sondinkin syytä olla lämmitetty.

Usein erotetaan vesihöyry näytekaasusta lauhduttamalla, jolloin näytekaasun lämpötila lasketaan hallitusti kastepisteen alapuolelle. Tarvittaessa lauhtunut määrä voidaan punnita ja analysoida. Tällöin on vaarana, että osa rikkiyhdisteistä liukenee lauhteeseen. Vesihöyry voidaan kuitenkin erottaa selektiivisesti näytekaasusta suurenmitta rikkihäviöittä käyttämällä nk. permeaatiokuivainta.

Näytteenotto- ja käsittelylaitteistoon tulee voida syöttää kalibrointi- ja nollakaasua näytteenoton yhteydessä.

Suomessa on laajan suosion saavuttanut laimennussondi, jossa näytekaasu laimennetaan inertillä kaasulla hallitusti. Tällöin näytekaasun vesisisältö ei haittaa analysointia. Laimennusta näytekaasuvirrasta poistetaan ensin näytekaasun sisältämä SO_2 , jonka jälkeen näytekaasun pelkistyneet rikkiyhdisteet hapetetaan korkeassa yli 800 °C:n lämpötilassa rikkidioksidiksi ja analysoidaan tavallisella rikkidioksidianalysaattorilla. Korkeassa lämpötilassa palavat myös tietyt määritystä häiritsevät orgaaniset yhdisteet kuten terpeenit. Voidaan käyttää myös kahta rikkidioksidianalysaattoria, jolloin rikkidioksidi mitataan ennen ja jälkeen polton. Erotus vastaa TRS-yhdisteitä.

Pistonäytteenä pelkistyneiden rikkiyhdisteiden kokonaismäärän määrittämiseksi on äskettäin vahvistettu SFS-standardi, SFS 5727. Näytteenottolaitteiston periaate on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. TRS-yhdisteiden näytteenotto

Kanavasta imettävä näytekaasuvirta johdetaan ensin SO_2 -poistoyksikön läpi, jolloin näytekaasuvirrasta poistuu selektiivisesti näytekaasun alunperin sisältämä SO_2 . Tämän jälkeen näytekaasuvirta johdetaan polttokammioon, missä näytekaasun TRS-yhdisteet hapettuvat termisesti rikkidioksidiksi. Polttokammioista näytekaasuvirta johdetaan absorptioyksikön kautta tilavuusmittausyksikköön. Absorptioyksikössä TRS-yhdisteistä peräisin oleva näytekaasun SO_2 hapettuu absorptioliuoksena käytettävän vetyperoksidin vaikutuksesta rikkihapoksi. Näin muodostunut näyte titrataan bariumperkloraatilla thorini-indikaattoria käyttäen.

Määriteltäessä TRS-yhdisteitä komponenttikohtaisesti menetellään toisin kuin standardimenetelmässä SFS 5727 on esitetty. Näytteenotossa käytetään nesteabsorption sijaan laminaattipussia, johon näytekaasu kerätään. Näytekaasu on käsiteltävä samalla tavalla kuin muissakin menetelmissä, siis sen tulee olla kuiva ja hiukkasista vapaa. Näytekaasun siirtämiseen laminaattipussiin voidaan käyttää letkupumppua. Suomessa on levinnyt KCL:n kehittämä ja käyttämä näytekaasun siirtomenetelmä, missä näytteenottolaitteiston viimeisenä osana oleva laminaattipussi sijaitsee säiliössä, johon imetään tyhjiö. Tällöin pussi täyttyy tutkittavalla savukaasulla. Pussi viedään laboratorioon analysoitavaksi. Analysointi tapahtuu kaasukromatografilla.

5.

Epäsuorat mittaukset

Päästömittauksissa voidaan käyttää myös epäsuoria mittauksia. Esim. soodakattilassa on todettu selvä CO/H₂S-korrelaatio: kun SO pitoisuus kohoaa, H₂S-pitoisuuskin lisääntyy savukaasussa. CO-mittareista on hyviä kokemuksia prosessimittauksissa, joten CO-mittauksella olisi käyttöä kattilan ohjauksessa ja H₂S-pitoisuuksien nousun seurannassa SO₂/TRS-mittauksen asemasta. Koska CO/H₂S-korrelaatio on riippuvainen kattilasta, selvitykset on tehtävä kattilakohtaisesti.

6.

Taselaskelmia

Taselaskelmia on käytetty kuvaamaan rikin kulkua prosessin sisään ja ulos. Taselaskelmiin, jos ne perustuvat todellisiin näytteenottoihin, virtausmittauksiin ja laboratorioanalyysiin, tulee suhtautua varauksella. Kaikkiin mittauksiin sisältyy virheitä ja nämä virheet vaikuttavat näinollen myös taselaskelmien lopputulokseen.

Koelaskelmin voidaan osoittaa 10 %:n virheen jossakin lähtötiedossa aiheuttavan tietyissä tapauksissa yli 50 %:n virheen lopputuloksessa. Lähtötietojen virheiden merkitys luonnollisesti kasvaa, kun päästötasot pienenevät.

7.

Koulutus

Metsäteollisuus ry:n asettama ilmansuojelun ad hoc-ryhmä toteaa päästömittaajien pätevyydestä seuraavaa: "Pääsääntönä on, että tehdas itse mittaa ja seuraa päästöjensä vastaavalla tavalla kuin jätevesisektorilla. Tämä edellyttää, että sekä päästöjen mittaajilla että prosessin hoitajilla on riittävä ammattitaito suoriutua tehtävistään. Mittaajien tulee hallita voimassa olevat mittausstandardit, analyysi- ja tulostusmenetelmät sekä olla riittävästi perillä mitattavan kohteen prosessiolosuhteista. Prosessin hoitajien taas tulee olla selvillä prosessiensa aiheuttamista ympäristöpäästöistä niin ilmaan, veteen kuin kiinteisiin jätteisiin. Mittauksista vastaavan tulee edellämainittujen seikkojen lisäksi osata prosessia riittävästi. Hänen tulee osata laatia mittaus suunnitelma niin että prosessin tila ja sen vaihtelut tulee otetuksi huomioon. Jatkuvatoinimisista mittalaitteista vastaavilla tulee olla riittävät tiedot laitteiden huollosta, näytteenottolinjojen puhdistuksesta ja kalibroinnista. Edellämainitut seikat koskevat myös ulkopuolisia konsulttimittaajia.

Päästöt ja niiden riippuvuus prosessinohjauksesta, puhdistinlaitteet ja niiden toiminta sekä päästökohteet tulee selvittää jo työnopastuksen yhteydessä.

Mittaajien pätevytyymiseen tähtääviä, useiden päivien mittaisia kursseja, joilla käsitellään mm. jatkuvatoimisten mittalaitteiden periaatteita, toimivuutta, huoltoa ja kalibrointia, järjestävät useat koulutukseen erikoistuneen tahot".

Liitteet

Sellutehtaan merkittävimmät päästölähteet.

Kaavio hajukaasujen poltto ja keräily.

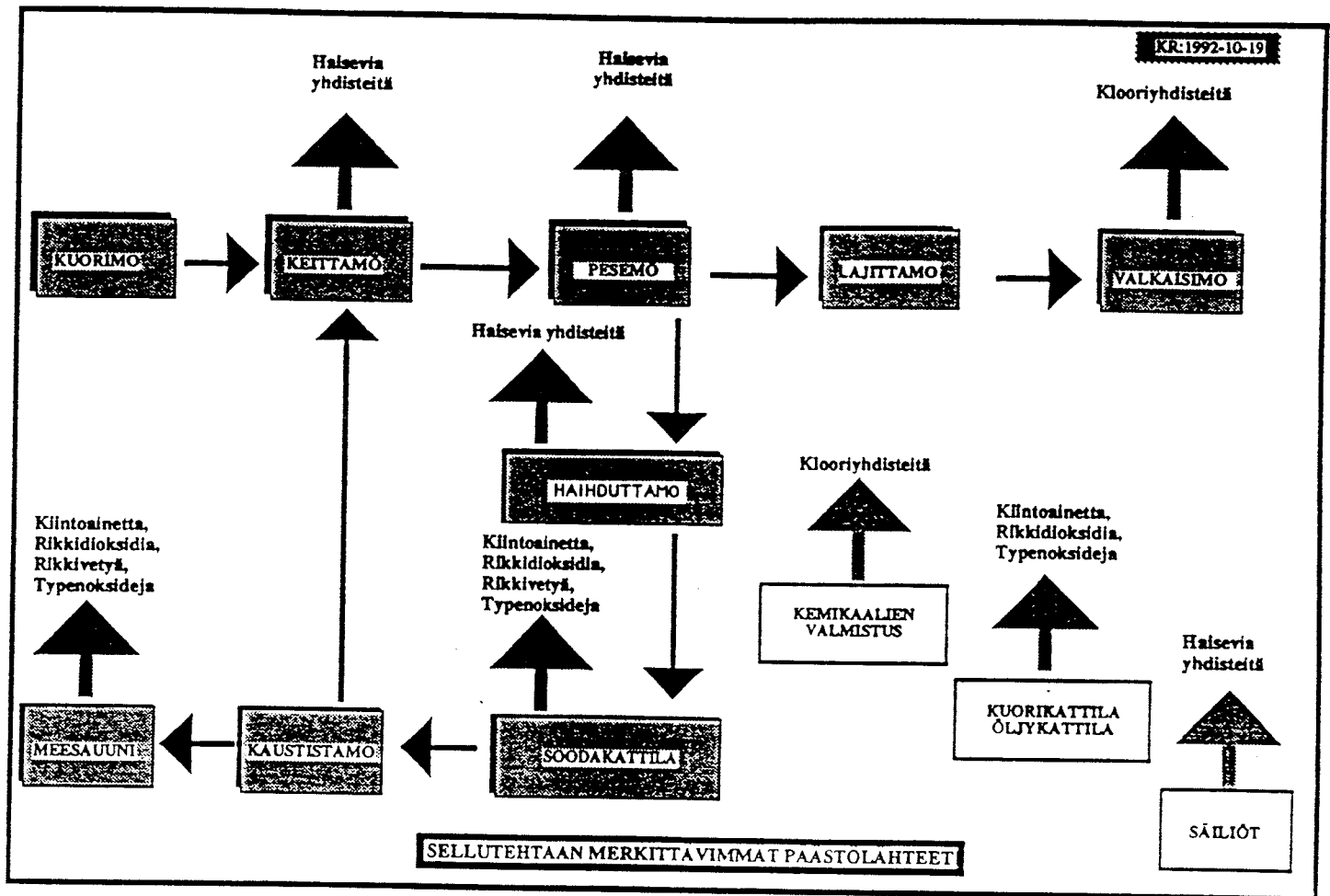
Käytöntarkkailuraportteja hajukaasujen käsittelystä.

Esimerkkejä mittauspisteistä ja tuloksista.

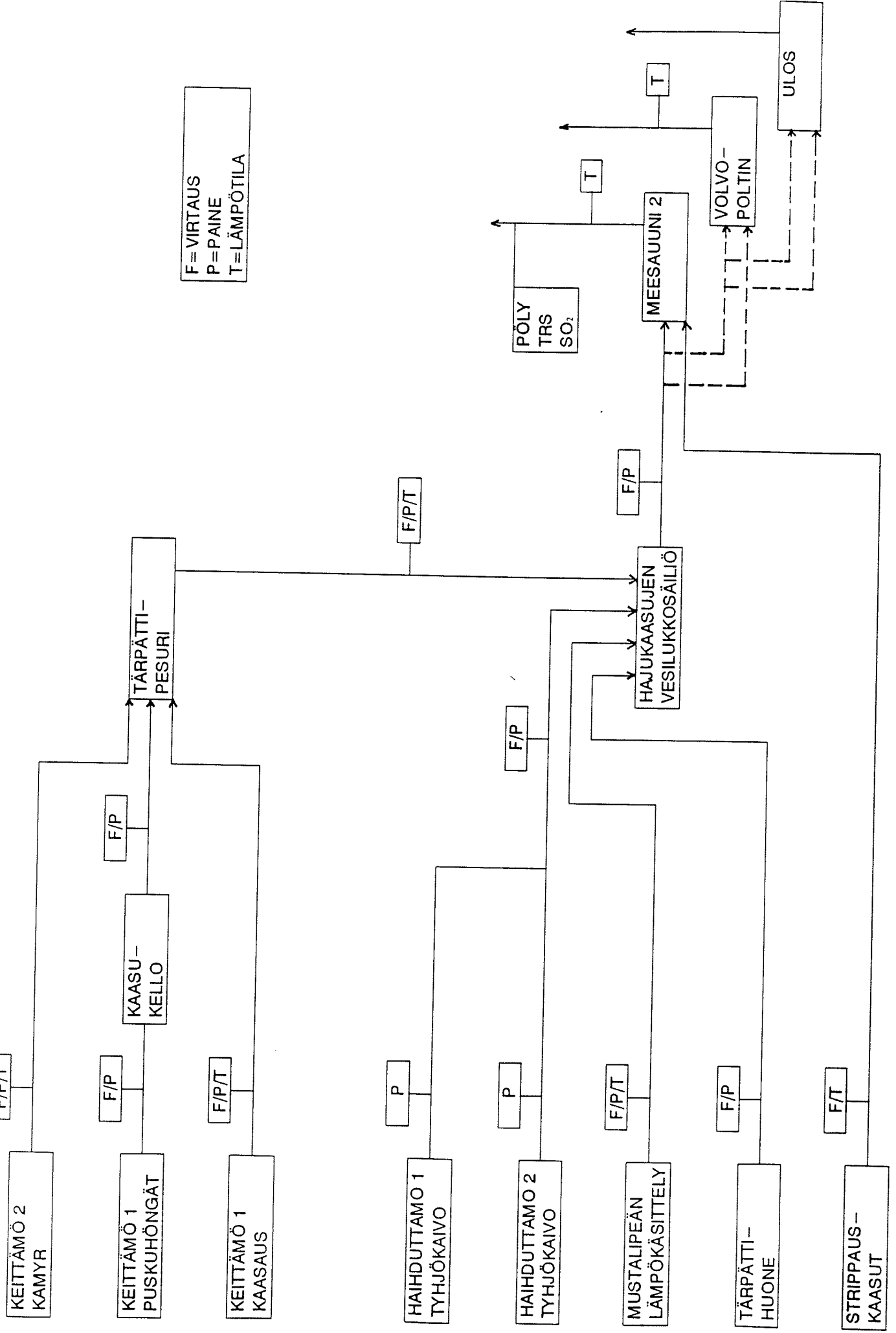
Rikkiyhdisteiden arviointi mittauksen ja rikkitaseen avulla.

Kirjallisuus

Metsäteollisuus ry: Selluteollisuus ja ilmansuojelu, selluprosessin päästöt ilmaan, niiden vähentäminen ja tarkkailu.

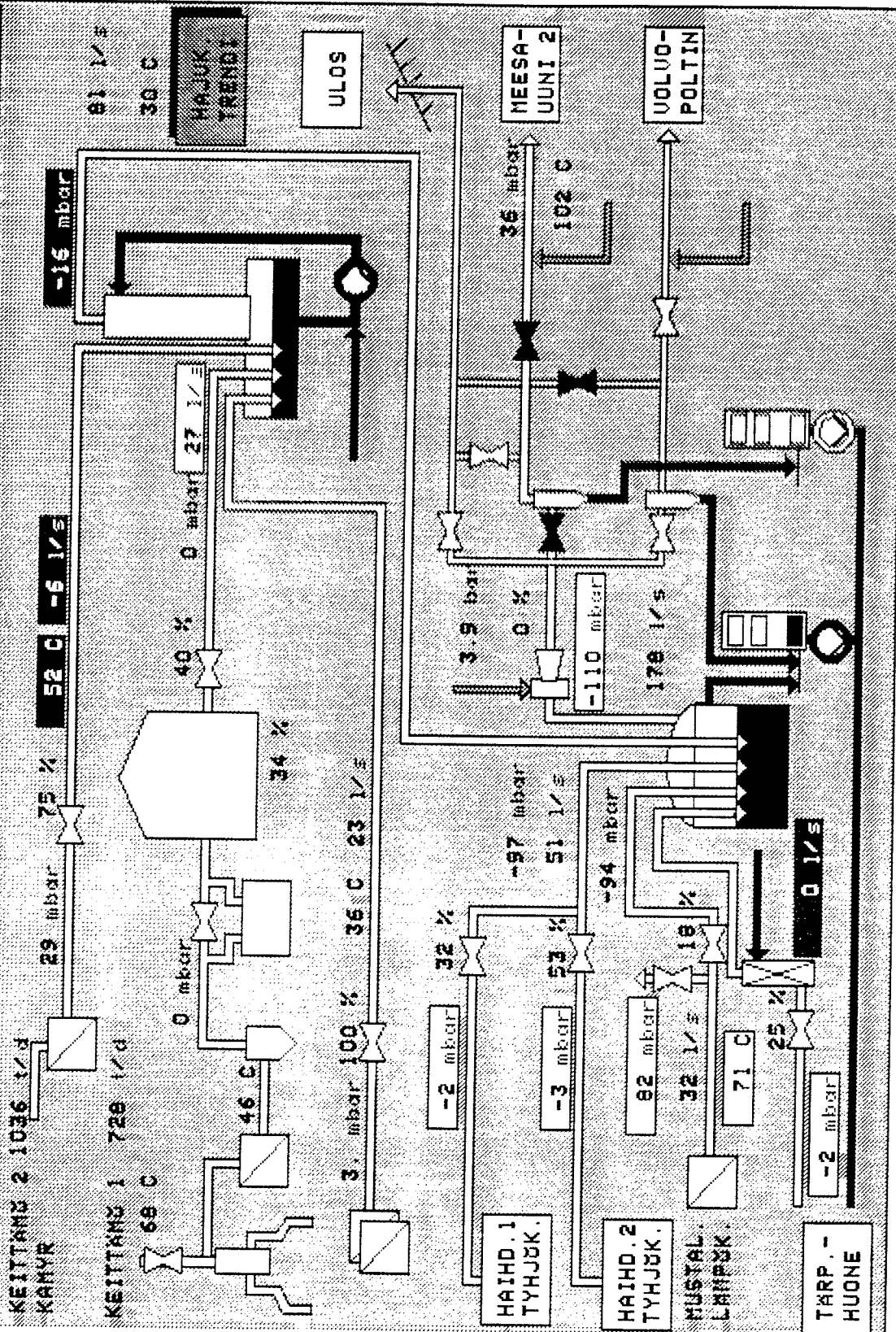


HAJUKAASUJEN KERÄILY JA POLTTO



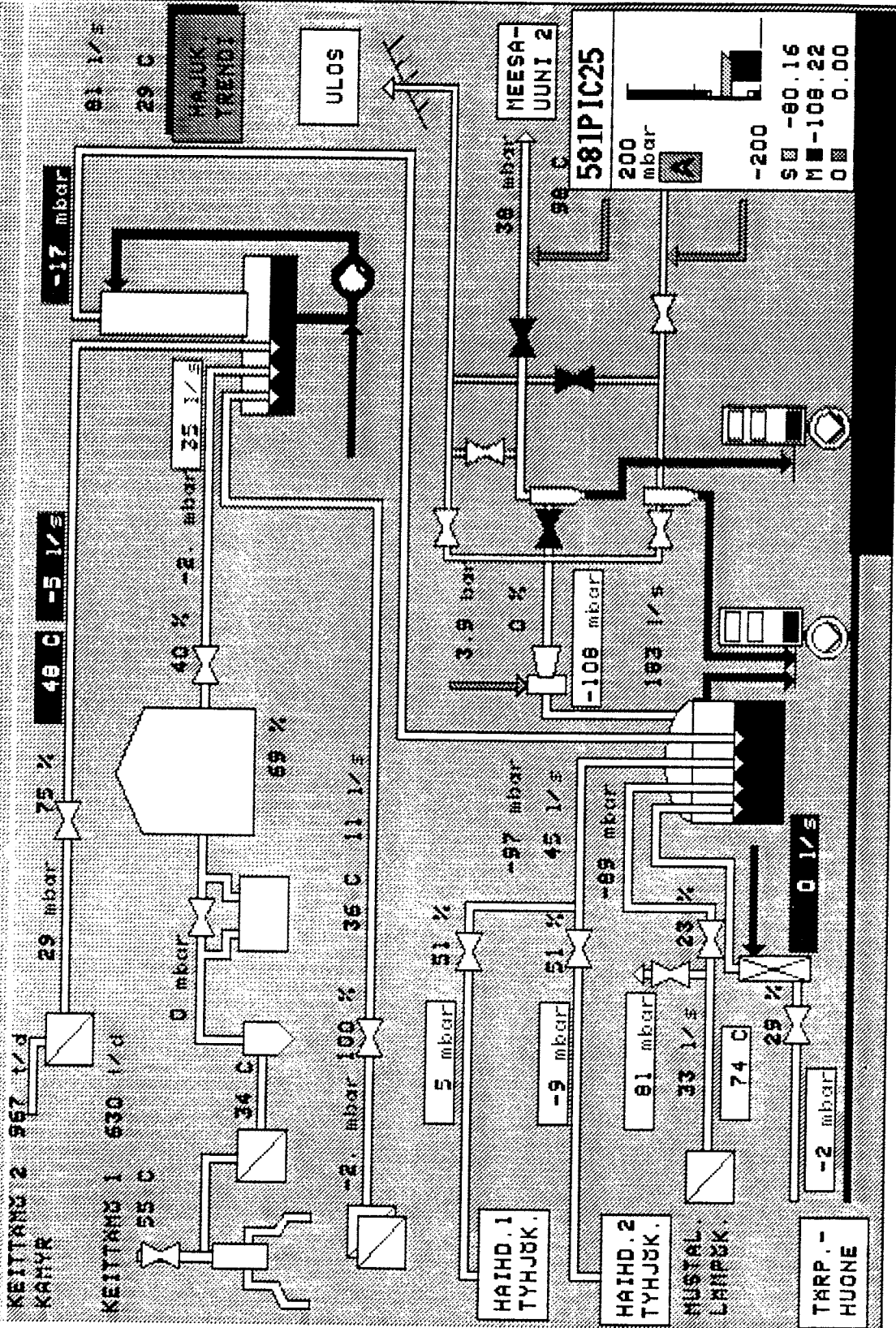
500 HAJUKAASUJEN POLTTO

12.05.1993 AM



500 HAJUKAASUJEN POLTTO

14.05.1993
AM -
HAJUKAASUJEN
TRENDI



(HAJUKAASU
EJEEKTORILLE)

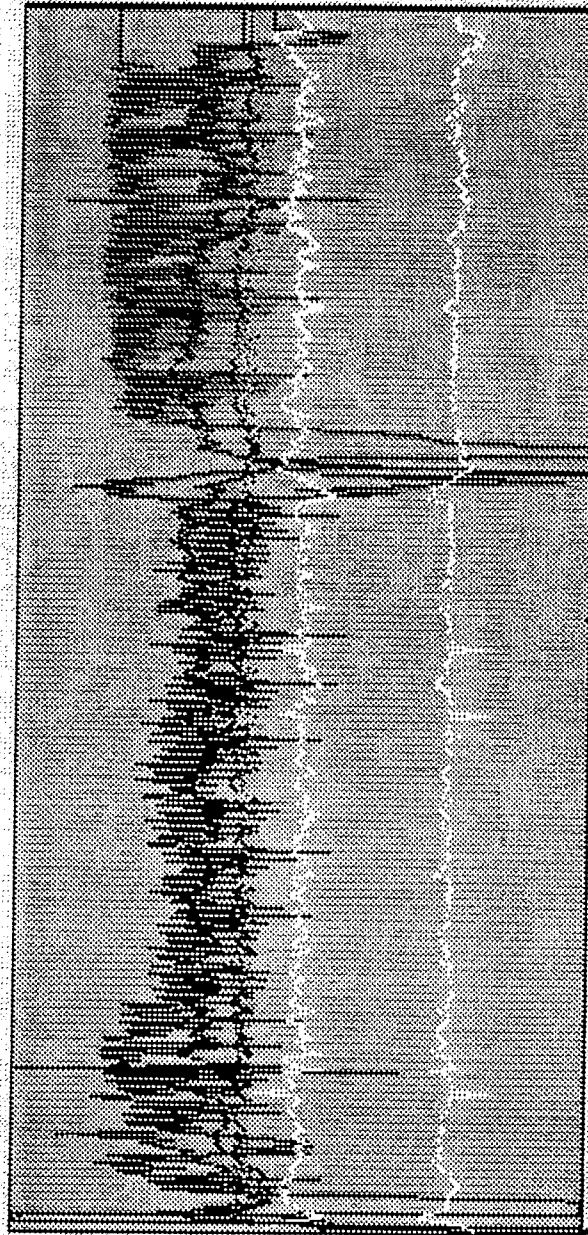
158

HAJUKAASUT 1

AM
12.05.1993

MONIKÄYRÄTRENDI

100 %



h -40.0

LONKON NIMI

-20.0

OSASTO TUNNUS

ARVO YKS.

MAX

MIN

AIKASIIR

HAJUKAASU HAIHDUTTAMOLTA	LIPEA	581FI41	45.2 1/s	80.0	0.0
LAUHTUMATT. KAASUN MAARA	LIPEA	537FI240	33.4 1/s	40.0	0.0
KEITTAMUKAASUT TARP.PESURISTA	LIPEA	581PI49	-17.1 mbar	100.0-200.0	
KEITTAMUKAASUT TARPATTIPES	LIPEA	581FI5	90.9 1/s	150.0	0.0
HAJUKAASU EJEKTORILLE	LIPEA	581PIC25	-110.4 mbar	200.0-200.0	
HAJUKAASU EJEKTORILLE	LIPEA	581FI21	196.0 1/s	300.0	0.0

161 VUOROKAUSIRAPORTTI 1/2

AM
13.05.1993

HAJUKAASUJEN KERÄILY
SEURANTARAPORTTI 1/2

Pvm 12.05.93 Klo 06.01 - 06.00
Kulunut aika 23 h 59 min

UIRTATUKSET

KEITTAMO 1+2 F15
-K 1 KELLO F10
-K 1 TARP.L F116
KEITTAMO 2 F139
HAIHO 1+2 F141
ML-LAMPUKAS. F1240
EJEKTORILLE F121

Nyt 1/s	Ka. 1/s	min 1/s	max 1/s	uht. m3	Kay % ajasta	Ulos m3	Kuluo m3
60.0	77.7	48.0	96.3	6708	100.0	20.	0
22.2	21.9	0.0	47.0	1897	73.9		
12.2	16.3	0.0	31.4	1408	99.8		
0.9	-4.6	-5.8	1.3	-396.	0.0		
47.3	53.7	16.1	72.9	4636	100.0	20.	0
29.2	29.0	0.0	42.9	2502	94.5	12.	0
170.3	183.4	144.2	317	15832	100.0	6.	0

MU2-EEN
UOLUON
ULOS

Kay % ajasta	Start Kpl
99.7	23.56
0.0	0.00
0.0	0.04

TUOTANNOT
KEITTAMO 1 ¼
KEITTAMO 2 ¼
ML-LAMPUKAS. ¼

PUMPUT	Kay % ajasta	Start Kpl
16312502	100.0	0
16313802	24.6	33
16313802	5.0	10

RAPORTTI 2/2

KOPIO

VANHA/UUSI

162 VUOROKAUSIRAPORTTI 2/2

AM
13.05.1993

HAJUKAASUJEN KERNÄLY
SEURANTARAPORTTI 2x2

Pvm 12.05.93 Klo 06:05 - 06:05
Kulunut aika 23 h 59 min

Pos.	Paineet			Venttiili			Hälytys			
	Nyt mbar	Asetus mbar	min / mbar	max mbar	<LL min	>HH min	min %	max %	LL kpi	HH kpi
Kellotaso 1+2	PI49	-17	0	-27	-14	0	1439	0	0	1
-K 1 kello	PI11	-1	0	-16	0	0	0	0	0	0
-K 1 tarp.1.	PI013	-1	0	-11	15	0	0	96	100	0
-K 2	PI037	29	0	26	30	0	0	75	75	0
Hoidd 1+2	PI18	-58	0	-114	-39	0	0	0	0	0
-Hoidd. 1	PI017	-4	-4	-8	0	0	0	13	40	0
-Hoidd. 2	PI019	-4	-4	-16	3	0	0	35	72	0
Täp. huone	PI026	-2	-2	-13	0	0	0	0	35	0
ML-lämpökds.	PI241	-58	0	-168	199	0	0	0	0	0
ML-lämpökds.	PI0242	78	0	-191	472	0	10	0	100	3
Ejektörin imu	PI025	-106	-80	-123	-59	0	0	0	10	0
Kaasu MU2-ään	PI38	31	0	31	41	0	0	0	0	0

PUSKULÄMMÖN TALTEENOTTO

Puskurailloj	PI26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kuuma-akku	PI05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaasu kelloon	PI01	0	0	-16	23	0	0	0	0	0	0
Kellon pinta	LI7	0	0	0	0	0	69	0	0	0	18
Puskula	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RAPORTTI 1/2

KOPIO

VANHA /UUSI

Liite 8

VALKALJŠIMON : SKOLNININ PIPTULIN

— MITTAUSPISTEE



РЕШЕНО !

QUALITY

HONKAKAAVTO
KEITTO-PESU-AJITTELU)

3. MITTAUSTULOKSEN KESKIARVOT JA KÄSITTELYN OTETTAVAT KAASUJAKEET

3.1 KEITTO-PESU-LAJITTELU 2

	n kpl	Mitattu virtaus			KÄSITTELY Polt- to NI/s (1)	Mitattu konsentraatio					Laskettu päästö				
		cc	l/s tosi kosteaa	NI/s NTP kuiva		H ₂ S mg/ Nm ³	MM mg/ Nm ³	DMS mg/ Nm ³	DMDS mg/ Nm ³	TARP. mg/ Nm ³	Hajut mg/ Nm ³	TRS mgS/ Nm ³	Hajut kg/d	TRS kgS/d	TARP. kg/d
Kamyr hakesiilo	4	22	543	517	ulos	25	105	32	202	255	363	246	16,4	11,0	11,4
Pesemo2. suodossäiliö	3	58	81	55	ulos	0	14	656	0		670	348	3,1	1,6	
Säteispesuri	3	61	137	85	ulos	0	0	82	0		82	42	0,7	0,4	
Pesumassasäiliö	0				ulos										
Pesulipeäsäiliö	2	63	65	38	ulos	0	0	50	0		50	26	0,0	0,0	
Oksasykloona	4	34	507	421	ulos	2	26	58	163	185	249	160	11,1	7,1	6,7
Lajittamo 2 hönkä	3	43	8530	6573	VIS	1	0	72	0		73	38	41,9	21,8	
KPL2 YHTEENSA			9862	7689											
Käsittelyyn yhteensä				0	0								73	42	
Ei käsitt. yhteensä				7689									0	0	
													73	42	

3.2 KEITTO-PESU-LAJITTELU 1

	n kpl	cc	l/s	NI/s	KÄSITTELY	H ₂ S mg/ Nm ³	MM mg/ Nm ³	DMS mg/ Nm ³	DMDS mg/ Nm ³	TARP. mg/ Nm ³	Hajut mg/ Nm ³	TRS mgS/ Nm ³	Hajut kg/d	TRS kgS/d	TARP. kg/d
UW-pesuri	4	82	1740	677	1000 KPLj	10	224	327	0	240	560	327	26,4	15,1	14,0
Mustalipeäsuodin	2	100	80	10	50 KPLj	947	14316	1845	221		17329	11538	8,5	5,5	
Likaislauhdesuodatin	4	73	78	44	80 KPLj	54	6425	5500	5085	230	17064	10635	54,7	34,2	0,9
ML-annostelusäiliö	2	85	13	8	80 KPL	0	1	107	2		110	57	0,1	0,0	
Tasaus ja keräily.	4	90	171	41	150 KPLj	58	593	418	505	435	1574	1009	3,5	2,2	1,5
Oksasykloona 60%	3	44	1023	814	1000 KPL	10	82	329	2129	284	2550	1683	123,4	81,6	12,0
Reikä keitt. katossa (Oksasysteemi)	4	46	54	42	80 KPL	3	802	1409	994	555	3207	1941	10,4	6,3	2,0
Pesu-lajittelu 1(2.1)	6	68	9375	5448	VIS	4	37	94	21		156	91	73,2	42,8	
Pesu-lajittelu 1 (2.2)			7384	4720	1200 KPLj								34,9	19,9	
KPL1 YHTEENSA			10543	6355											
Polttoon yhteensä				907	3640 KPL							2242	262	165	
Ei käsitt. yhteensä				5448	VIS							88	227	145	
													35	20	

HUOMAUTUKSIA Kohtiin 3.1 ja 3.2

(1) VIS = Valkaisimo 1:n hönkäpesuri. KPL = Laineiden hajukaasujen polttoon, runkolinja KPL. KPLj = kaasujake jäähdytetään lämmönsiirtimellä.

(2.1) Pesu-lajittelu 1 jae sisältää UW-pesurin, Mustalipeäsuotimen, Tasaus- ja Keräilyssäiliön höngät.

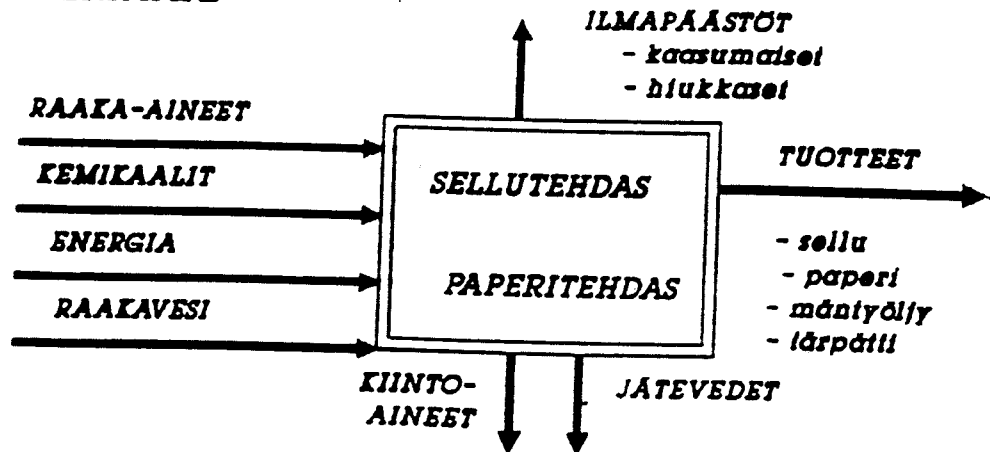
(2.2) Pesu-lajittelu 1 jae, josta laskettu pois UW-pesurin, Mustalipeäsuotimen, Tasaus- ja Keräilyssäiliön höngät.

3.3 HAIHDUTTAMOT	n	Mitattu virtaus		KÄSITTELY	Mitattu konsentraatio, kuiva kaasu					Laskettu päästö					
Mustalipeä- ja suopasäiliöt	kpl	°C	l/s	NI/s	Polt- to	H ₂ S mg/ Nm ³	MM mg/ Nm ³	DMS mg/ Nm ³	DMDS mg/ Nm ³	TARP. mg/ Nm ³	Hajut mg/ Nm ³	TRS mgS/ Nm ³	Hajut kg/d	TRS kgS/d	TARP. kg/d
	2		tos kosteaa	NI/s kuiva	NI/s (1)										
Syöttölipeäs. 1/1*					100 H1										
Syöttölipeäs. 1/2*					100 H1										
Välilipeäs. 1/1*					80 H1										
Välilipeäs. 1/2*					80 H1										
Suovankeräily. 1*					60 H1										
Vuotovesikaivo. H1*					MöS										
Syöttölipeäs. 2/1	74			63	100 H2	0	44	194	0		238	129	1.3	0.7	
Syöttölipeäs. 2/2	72			43	100 H2	0	41	269	0		310	166	1.2	0.6	
Välilipeäsäil.2	75			44	80 H2	0	43	0	0		43	29	0.2	0.1	
Hukkalipeäsäiliö	73			19	100 H2	0	0	335	0		335	173	0.5	0.3	
Suovankeravssäil.2	79			65	80 H2	0	41	116	0		157	87	0.9	0.5	
Ylijuoksus.(suopa)					50 H2										
Suovan varastos.2/1	40			53	80 H2	0	0	100	0		100	52	0.5	0.2	
Puolivahvalipeäs.	2	81		26	150 H3j	3	442	2288	591		3323	1880	7,0	3.7	
Vahvalipeäsäiliö	2	92		25	150 H3j	72	1596	791	256		2714	1714	5,3	3.3	
HAIHDUTTAMOIDEN SÄILIÖT YHT.					1310						Haihduttamo 2 ->		17	9	
Polttoon yhteensä					1310								17	9	
Ei käsittelyyn. yhteensä					0								0	0	
3.4 SEKUNDAARILAUHDESÄILIÖT															
Sek.lauhdesäil. 1* (LHK)	78			9	150 H3	146	702	280	0	22	1128	750	0,9	0.6	0.0
Sek.lauhdesäil. 2* (LHK)	62			177	250 H3	327	2884	867	336	158	4414	2907	67,5	44.5	2.4
Strip.lauht.säiliö* (VHK)	67			133	40 VHK	5502	37409	5484	2820	629	51215	34868	588.5	400,7	7.2
SEK.LAUHDESÄILIÖT YHTEENSÄ				319	440								657	446	
LHK-polttoon yhteensä				186	400						1303		68	45	
VHK-polttoon yhteensä				133	40								589	401	
Ei käsittelyyn. yhteensä				0	0								0	0	

HUOMAUTUKSIA Kohtiin 3.3 ja 3.4: Tähdellä (*) merkityt säiliöt on nykyisin kytketty mö-osaston skrubberiin. Stripattavien lauhdeiden säiliön hönkä kytketään väkevien hajuk.keräilyyn(VHK), ulospuhallusputki sokeoidaan => hönkävirtaus pienenee.
(1) H1, H2, H3 = haihduttamon keräilyrunkolinjoja 1 - 3, VHK = väkevien hajukaasujen keräily, MöS = Mö-osaston skrubberi, H3j = kaasujae jäädytetään lämmönsiirtimellä

RIKKIYHDISTEPÄÄSTÖJEN ARVIOINTI MITTAUSTEN JA RIKKITASEEN AVULLA

• PERIAATE



• KOKONAISRIKKI

ILMAPAASTÖT

(raaka-aineet + kemikaalit + raakavesi + energia)
- (tuotteet + jätevedet + kiinteät jätteet)

• JATKUVATOIMISET RIKKIMITTAUKSET

ILMAPAASTÖJEN PIIPPUKOHTAINEN JAOITTELU

SO₂ - PAASTÖT

- soodakattila
- meesauuni
- liuottajat
- öljykattilat (laskenta)

PÖLYPAASTÖT

(Na₂SO₄ ja CaSO₄)
- soodakattila
- meesauuni

H₂S - PAASTÖT

- meesauuni
- soodakattila
- liuottajat

• HAJAPÄÄSTÖT - Kokonaisrikkipäästöt ilmaan - mitattavat rikkipäästöt ilmaan

(SO₂, H₂S, hiukkasten S-pitoisuus)

HAJAPÄÄSTÖT YLEENSÄ HAJURIKKIYHDISTEITÄ.

Automaation suomat mahdollisuudet

päästöjen hallinnassa

VALMET Automation Oy
Automaatiojärjestelmät

Tuotepäällikkö
Jukka Mikkonen

8.10.1993

AUTOMAATION SUOMAT MAHDOLLISUUDET PÄÄSTÖJEN HALLINNASSA

1. YLEISTÄ

Seuraavassa esityksessä käsitellään automaation, täsmällisemmin sanottuna prosessin ohjauksen suomia mahdollisuuksia päästöjen hallintaan ja seurantaan. Aluksi kuvataan muutamassa kappaleessa sitä viitekehystä missä teollisuus toimii ja tulee toimimaan. Automaatiojärjestelmästä kuvataan lyhyesti sen yleisrakenne ja automaation tavoitteet sekä mahdollisuudet ilma- ja jätevesipäästöjen hallinnassa.

1.1 EY:n mukanaan tuomia vaikutuksia

Lainsäädäntö täydentyy ja tarkentuu: uusia ja päivitettäviä lakeja ovat mm. ympäristölupamenettelylaki, ympäristövahinkojen korvaus, ympäristörikoslait, vesilaki ja ilmansuojelulaki. EY:ssä on olemassa kansallisia päätöksiä sitovia lakeja, joiden antamia rajoja ei saa ylittää tai alittaa tapauksesta riippuen, sen sijaan kansalliset lait saavat olla tiukempia kuin EY:n lait.

Tavoitteita ovat ympäristön suojelun kannalta mm. ennalta varautuminen ja ennalta ehkäisy. Lisäksi tavoitteena on ympäristön laadun parantaminen ja ennallaan säilyttäminen. Suomeen em. tavoitteet tuovat mukanaan mm. seuraavia vaikutuksia: raja-arvoja tulee lisää, valvonta tiukkenee, lupakäsittelyt tulevat hankekohtaisiksi. Luonnollisena seurauksena on, että toteutumis- ja toteuttamisvaikeuksia ilmenee.

Ympäristövastuiden osalta voidaan mainita, että aiheuttaja maksaa, vahingonkärtsijän asema paranee. Huomattakoon vielä, että vaikka yritys toimiikin luparajoissa, on se kuitenkin vahingon sattuessa korvausvelvollinen. Ympäristövahinkojen osalta riittää, että tapahtuma on ollut todennäköinen, sitä ei vahingon kärsineen tarvitse välttämättä todistaa.

1.2 Markkinoiden vaikutukset

Asiakkaita ohjaavat nykyisin monien muiden kriteerien ohella ns. vihreät arvot. Tuotteen ja valmistusmenetelmien tulee olla ympäristöystävällisiä. Tästä on ollut seurauksena mm. se, että tehtaiden vesikiertojen sulkeutumista toteutetaan ja puhdistuslaitteita rakennetaan tasolle, joka viranomaisten kannalta katsoen on paremmalla puolella kuin jos olisi toimittu pelkkien lupaehtojen varassa.

1.3 Kokonaispäästöjen hallinta

Ilmansuojelun kannalta mainittakoon, että kaasumaisten rikkiyhdisteiden päästöjen tavoiterajat ovat uusille laitoksille 4 kgSO₂/t sellua ja vanhoille (toiminta alkanut ennen 1.7.1987) 6 kgSO₂/t sellua. Myös typpipäästöt ovat esillä muutamien tehtaiden ilmansuojelupäätöksissä. Kokonaisuutena tavoitteena on edelleen päästöjen pienentäminen nykyisistä arvoista.

8.10.1993

Jätevesipuolella tavoitteena on myös kokonaispäästöjen vähentäminen. Tärkeäksi muodostuu mm. COD-päästöjen seuranta ja hallinta ja yleisemminkin päästörajoiden tiukentaminen. Muita tärkeitä seurattavia suureita ovat BOD₇ ja AOX.

1.4 Vesikiertojen sulkeutumisen vaikutus

Vesikiertojen sulkeminen on johtanut ja on johtamassa siihen, että S/Na-tasapaino on järkkynyt rikkipitoisuuden kasvamisen suuntaan siten, että sulfiditeetti on noussut tasolle 45 %. Sellutehtaan toiminnan ja myös korrodoivien olosuhteiden kannalta sopiva sulfiditeettitaso olisi n. 35 %.

Vesikierron sulkeminen merkitsee paitsi valkaisun jätevesien volyymin pienemistä, niin etenkin niiden kuiva-aineen integroimista talteenottoon. Tämä puolestaan tulee kuormittamaan kemikaalikiertoa lisääntyvine tukkeutumis- ja korroosio-ongelmineen.

2. AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Tehtaan automaatiojärjestelmä koostuu hierarkisesti kenttälaitteista, I/O-korteista, laskentaa ja säätöjä suorittavista prosessiasemista, käyttäjäliitynnästä, joka on valvomonhoitajan ja tehtaan johdon työväline (valvomoasemat, raportointijärjestelmät ja henkilökohtaiset tietokoneet) sekä näitä yhdistävistä kenttä-, systeemi- ja verkkoväylistä.

Prosessia automatisoitaessa on otettava huomioon muutamia seikkoja: turvallisuus, prosessin luonne, tuotannon hallinta, tuotannon muutoksen hallinta, erilaiset prosessin hyvyttä kuvaavat laskennat ja niiden esittäminen, tiedon käsittely ja siirto eri käyttäjäryhmille sekä käyttäjäkunta. Lisäksi on huomioitava tehtaan tulevat tarpeet mahdollisine laajennuksineen ja muutoksineen.

Automaation on oltava rakenteeltaan modulaarinen ja hierarkinen niin, että sitä voidaan laajentaa ja säätöjen ominaisuuksia lisätä myöhemmin tehtaan tarpeiden mukaan. Perussäätöjen tulee turvata prosessin normaali turvallinen käynti. Lisäominaisuuksilla, kuten optimoivilla säädöillä, saavutetaan mm. helpompi käytettävyys, parempi taloudellinen lopputulos ja tarkempi prosessin ja päästöjen valvonta.

3. ILMAPÄÄSTÖT

Tyypillisimpiä päästöjä ovat mm. hajurikkiyhdisteet, NO_x, ja pöly. Nykyisin vaatimukset sellutehtaiden hajuttomuudesta ja rikkipäästöjen pienuudesta ovat johtaneet siihen, että hajukaasuja on ryhdytty polttamaan joko erillisissä polttolaitoksissa tai prosessilaitteissa (soodakattila, meesauuni). Pölypäästöjä käsitellään edelleen joko pesureissa tai sähkösuotimissa.

Päästöjen valvonnan ja hallinnan kannalta ilmapäästöjä voidaan seurata tehokkaasti erilaisista prosessinäytöistä, joissa on näkyvissä koko tehtaan tilanne. Hallinnan kannalta tärkeitä seikkoja ovat ajon tasaisuus, ajomuutosten hallinta ja ajomuutosten sekä häiriöiden ennakointi. Esimerkkinä voidaan mainita soodakattilan tulipesän puoleiset säädöt (keko ja symmetria), joiden avulla voidaan kattilan lämpötilaprofiilin hallinnalla vaikuttaa SO₂-päästöjä pienentävään suuntaan.

4. JÄTEVESIEN KÄSITTELY

Jätevesien käsittelyprosessi poikkeaa tehdasprosessista siten, että tulevan veden laatu ja virtaama vaihtelevat huomattavassa määrin. Prosessin aikaviiveet ovat pitkiä, mittaustarkkuus vaihtelee runsaasti ja lisäksi joudutaan tekemään paljon aikaavieviä laboratorioanalyysyjä.

Veden puhdistamon ajon ohjauksen tavoitteena onkin vakauttaa prosessin tila niin, että haluttu puhdistustulos saavutetaan optimikustannuksin, ja että tehtaan tuotanto ei häiriinny. Tehtaan tuotantoprosessi tuottaa jäteveden käsittelyyn kuorman puhdistettavaksi, ja puhdistamon tulee päästöjen hallinnan kannalta kyetä mukautua hyvinkin vaihteleviin kuormituksiin. Muita yhtä tärkeitä tavoitteita ovat fosfori- ja kiintoainepäästöjen hallinta, prosessin kokonaisvaltainen seuranta sekä prosessista oppiminen

5. KEHITYSNÄKYMÄ

5.1 Nykyinen tilanne

Nykyisten automaatiojärjestelmien kapasiteetti on riittävän suuri kaikkien tarpeellisten laskentojen ja säätöjen suorittamiseen. Tästä on mm. se etu, että käyttäjäliityntä on yhdenmukainen säätötasosta riippumatta. Ohjeiden ja monitorien laskentojen suorittaminen järjestelmässä ja lopputulosten esittäminen graafisessa muodossa on mahdollista. Lisäksi vaatimukset ovat johtaneet automaatiojärjestelmien kehityksen avoimeen suuntaan, mikä näkyy käyttäjälle siinä, että esim. PC:stä tai informaatiojärjestelmästä saadaan tietoa ja ohjeita automaatiojärjestelmän monitorille sekä siinä, että prosessin ohjausnäyttöjä voidaan seurata omalla PC:llä.

5.2 Kehittyneistä säätömenetelmistä

Prosessiteollisuudessa on monta paikkaa, joista suorien, luotettavien mittaustulosten saaminen on joko vaikeaa tai mahdotonta. Esimerkkeinä mainittakoon mm. soodakattilan keko ja aktiivilietelaitoksen osalta on line -mittausten epätarkkuudet. Tämä on johtanut siihen, että käyttöhenkilökunnan on pitänyt hoitaa prosessia omaan kokemukseensa perustuen päättelemällä ja ennustamalla tulevat tilanteet. Ajoavat luonnollisesti vaihtelevat ajajasta riippuen, ja kun samaan aikaan operaattorilla on useita eri prosesseja ohjattavana, jää aikaa osaproessin ohjaukseen vähemmän kuin ennen.

8.10.1993

Edellä mainittuihin ongelmiin tarjoaa apua mm. sumea säätölogiikka. Aktiivilielaitoksen ohjauksessa sumeita säätöjä voidaan käyttää hyväksi prosessin tilan analysoinnissa ja prosessin eri ajovaihtoehtojen suunnittelussa sekä laitoksen toiminnan tilan ennustamisessa.

Prosessin mallinnukseen ja erilaisten tietojoukkojen ja mittaustulosten riippuvuussuhteiden hakemiseen voidaan käyttää neuroverkkoja. Niitä voidaan opettaa eri ajotilanteisiin ja niillä voidaan määrittää esim. sumea sääntökanta.

Yhteenvedonomaaisesti voidaan vielä todeta, että edellä mainittuihin säätömenetelmiin pyritään kokoamaan käyttäjän prosessinohjauskokemus.

6. YHTEENVETO

Tulevaisuudessa tehtaille asetetaan entistä tiukempia vaatimuksia päästöjen hallinnan ja seurannan suhteen. Päästörajat tiukentuvat ja niitä tulee lisää. Tehtaille näillä vaatimuksilla on luonnollisena seurauksena kuinka esille tulevasta tilanteesta selvittää.

Vaihtoehtoja ovat mm. laitekannan uusiminen ja prosessin hallinnan ja seurannan parantaminen. Laiteinvestoinnit ovat välttämättömiä siellä, missä vaatimukseen ei päästä muilla keinoin. Toisena vaihtoehtona on ottaa nykyisestä laitekannasta irti kaikki mitä siitä on saatavissa. Tässä vaihtoehdossa eräänä tärkeänä osatekijänä on automaatioasteen kohottaminen tasolle, jossa koko tehtaan tuotanto-, tuotantoennuste- ja päästötilanne suhteessa luparajoihin on selvillä koko ajan. Tällä tavalla voidaan hyödyntää puhdistuslaitoksien kapasiteettia niin, että saavutetut tulokset täyttävät asetetut luparajat riittävällä marginaalilla, ei liian suurella eikä liian pienellä.