



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KONEMESTARIPÄIVÄ 1994

17.2.1994 Imatra

SJO-18709V-01

OSANOTTAJALUETTELO

EVK/PJN

Otaniemi 13.2.1994

1(3)

SJO-18709V
Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1994

Yritys	Osallistuja	Kokous	Päivällinen	Majoitus	
				16.-17.2.	17.-18.2
PUHEENJOHTAJA					
Enso-Gutzeit Oy, Imatra	Juha Kosonen	X	X		
LUENNOITSIJAT					
Acutest Oy, Tampere	Pentti Pataniitty	X	X	X	X
Energia-Ekono Oy, Espoo	Tuomas Timonen	X	X	X	X
Enso-Gutzeit Oy, Imatra	Heikki Rutanen	X	X		
Metsä-Sellu Oy, Äänekoski	Osmo Niemitalo	X	X	X	X
Veitsiluoto Oy, Oulu	Reijo Hukkanen	X	X	X	X
Åbo Akademi, Turku	Bengt-Johan Skrifvars	X	X		X
OSANOTTAJAT					
A. Ahlström Osakeyhtiö, Varkaus	Lauri Hämäläinen	X	X		X
	Tapani Karttunen	X	X		X
	Lasse Koivisto	X	X		X
	Timo Launo	X	X		X
	Petri Markkanen	X	X		X
	Esa Vakkilainen	X	X		X
Energia-Ekono Oy, Espoo	Petri Nieminen	X	X	X	X
Enocell Oy, Uimaharju	Pekka Nokelainen	X	X		
Enso-Gutzeit Oy, Heinola	Rainer Kokemäki	X	X		X
Enso-Gutzeit Oy, Imatra	Tapani Hirvonen	X	X		
	Kosti Homanen	X	X		
	Tapani Hämäläinen	X	X		
	Heikki Matikainen	X	X		
	Seppo Peltola	X	X		

OSANOTTAJALUETTELO

SJO-18709V, Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1994

EVK/PJN

13.2.1994

3

Yritys	Osallistuja	Kokous	Päivällinen	Majoitus	
				16.-17.2.	17.-18.2
Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari	Heikki Kojola	X	X	X	X
	Pertti Nevala	X	X	X	X
	Lars-Martin				
	Wikström	X	X	X	X
Yhtyneet Paperitehtaat Oy Joutseno Pulp	Tuomo Vesterinen	X	X		
	Jorma Viinikainen	X	X		
Yhtyneet Paperitehtaat Oy Valkeakoski	Erkki Pohja	X	X	X	X

**SOODAKATTILA-ALAN YHTEISTYÖ JA
VAURIORAPORTOINTI**

TUOMAS TIMONEN, ENERGIA-EKONO OY

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIN YHTEENVETO 1993

VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ

TULIPESÄ	2 kpl.
VERHO	
TULISTIN	2 kpl.
KEITTOPINTA	3 kpl.
LIERIÖ	
EKONOMAISERI	3 kpl.
POHJA	
MUU	
YHTEENSÄ	10 kpl.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1993

VAURION SATTUESSA ILMENI

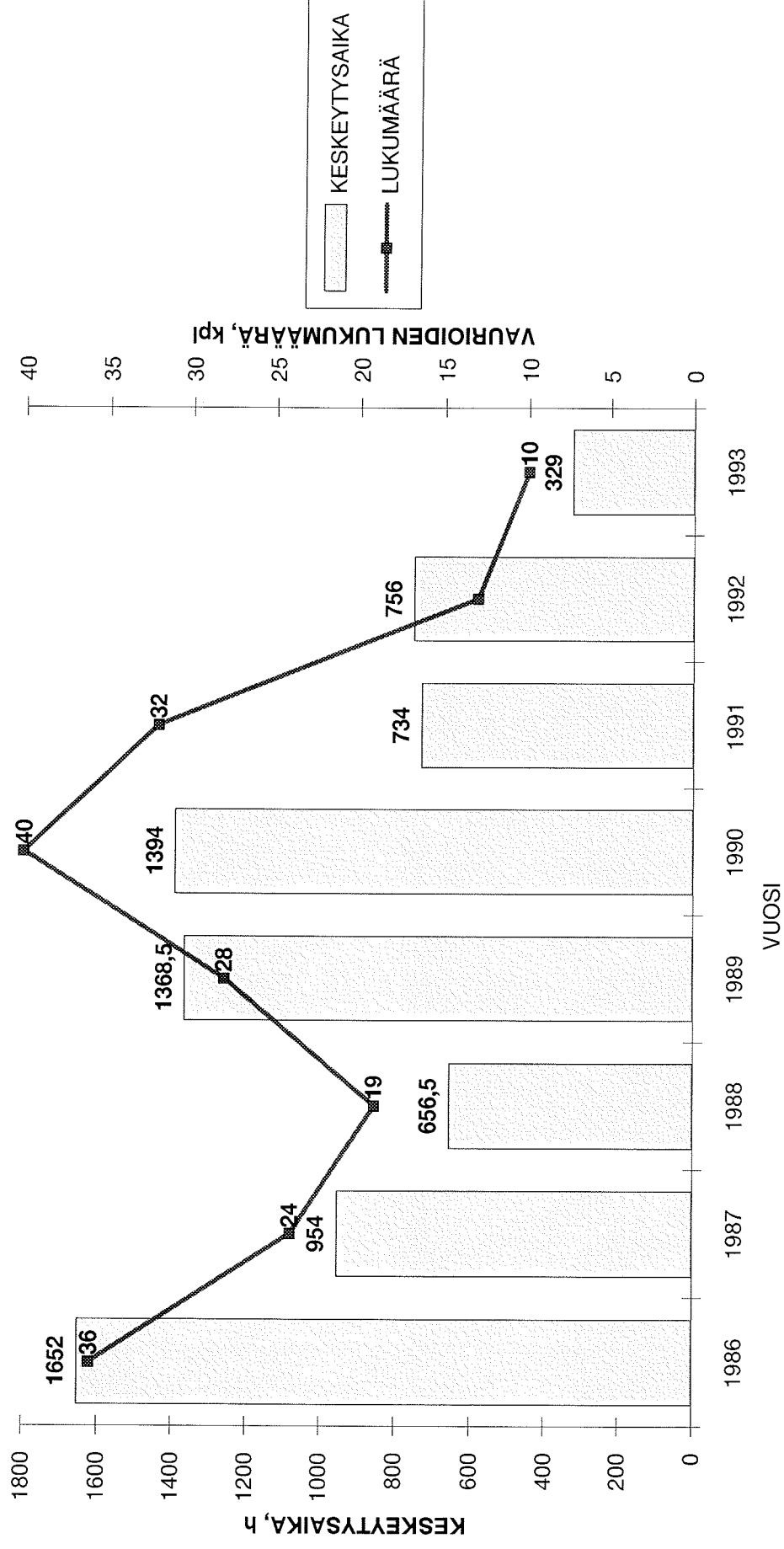
VESIVUOTO KATTILAAN	4 kpl.
VESIVUOTO ULOS	2 kpl.
HÖYRYVUOTO ULOS	2 kpl.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1993

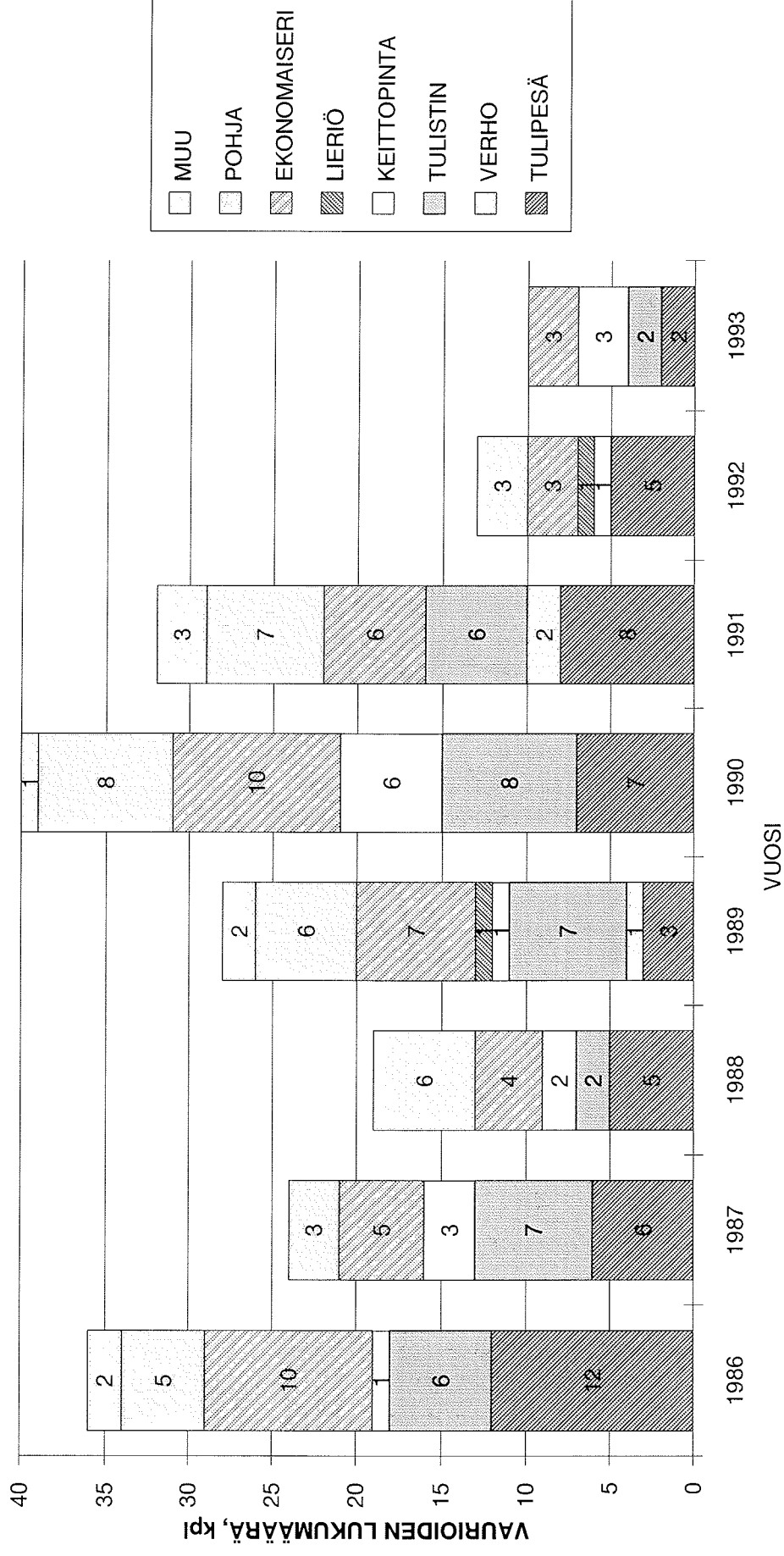
KESKEYTYSAIKA

TULIPESÄ	76 h
VERHO	
TULISTIN	57 h
KEITTOPINTA	147 h
LIERIÖ	
EKONOMAISERI	49 h
POHJA	
MUU	
YHTEENSÄ	329 h

VAURIOIDEN KOKONAISLUKUMÄÄRÄ JA LIPEÄN POLTON KESKEYTYS TUNTEINA



VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ Vauriotyyppittäin



VAURIORAPORTTEJA VUOSIEN VARRELTA

OSMO NIEMITALO, METSÄ-SELLU OY



...

VAURIOITA VUOSIEN VARRELTA

Yhteistyö soodakattila-alalla alkoi n. 30 vuotta sitten ja ilmeisesti syyt yhteistyön tarpeeseen olivat uusien korkeampipaineisten soodakattiloiden käyttöönotto, josta seurasi vakavia syöpymisongelmia, joita sitten käsiteltiin paljon teollisuuden lämpöteknillisen kerhon kokouksissa. Tulistimien kanssa oltiin myös vaikeuksissa johtuen korkeimmista lämpötiloista ja uusista rakenteista, mistä riitti puheenaihetta hyvin paljon. Amerikasta oli tullut myös tietoja soodakattilaräjähdyksistä, joten paineita asioiden selvittämiseen ja ohjeiden antamiseen oli.

Äänekoskella 28.9.1965 sattunut tähänasti Suomessa tuhoisin soodakattilaräjähdyks vauhditti varmaankin raportointitarvetta soodakattiloiden käyttäjien kesken. Linaan tähän DI Tom Roos:in tekemän alustavan raportin tapahtumien kulusta sekä DI P. Hyvärin laatiman lopullisen version räjähdysten syystä, joka on julkaistu Ehkäise tapahtumia-lehdessä 1/1967.

Lisäksi olen lainannut DI Kalle Pelkosen 19.10.1966 TLK:n soodakattilajaoksen kokouksessa Pietarsaassa pitämän esitelmän kokemuksia hätäsammutuksesta, koska se on allekirjoittaneelle perin tuttu.



KERTOMUS

METSÄLIITON SELLULOOSA OY:N ÄÄNEKOSKEN TEHTAALLA 28.9.1965
TAPAHTUNEESTA SOODAKATTILARÄJÄHDYKSESTÄ

Kertomus on alustava ja on tarkoitettu lähinnä Ekonon sisäistä tiedoitusta varten.

Kertomus perustuu paikan päälle tekemääni käyntiin 28.-30.9.65 välittömästi räjähdysten tapahtumisen jälkeen. Käynnin yhteydessä suoritin alustavan vauriokatsauksen voimalaitoksen käyttöinsinöörin Niemen sekä A. Ahlström Osakeyhtiön edustajan ins. Saarteisen kanssa. Yrittääkseni selvittää tapahtumien kulkua keskustelin käyttöhenkilöiden, mm. räjähdysten sattuessa töissä olleiden katt. lämmittäjän ja turbiinihoitajan kanssa sekä tarkkailin käyttömittarien piirturipapereita ja säätölaitteiden asentoja.

1

Tapahtumien kulku

- 1.1 Kattilan tulipesästä kuului tussahdus sekä liekit löivät pesän luukuista ulos. Tämä tapahtui n. klo 13.15 ja johtui tulipesässä sattuneesta vuodosta. Vuodon paikkaa ei ole löydetty tätä kirjoitettaessa.
- 1.2 Tulipesä musteni ja höyrynkehitys pieneni. Tästä syystä lämmittäjä ryhtyi toimenpiteisiin öljypolton päälleottamista varten.
- 1.3 Lieriön vesipinta laski välittömästi ja lämmittäjä käynnisti höyrykäyttöisen varapumpun. (2 pumpua oli silloin käytössä)
- 1.4 Laitoksen ylikonemestari tuli paikalle ja pysähdytti öljypumpun, jolloin polttoöljyn päälleottaminen oli mahdotonta. Tämän jälkeen hän pysäytti kokonaisilmapuhaltimen sekä käski sulkea kaikki ilmapellit.
- 1.5 Näin oli hätäpysähdys aloitettu. Lipeän esilämmitys kytkettiin pois ja ruiskutusta pesään jatkettiin n. 3 min. ajan.
- 1.6 Turbiini kytkettiin pois ja höyry ajettiin red. aseman kautta. Tulistimen starttiventtiili avattiin tai sitä ruvettiin aukaisemaan.
- 1.7 Tilanne rauhoittui. Pesä oli ilmeisesti täysin musta, lieriön vedenpinta pysyi paikallaan kahden syöttöpumpun avulla, paine oli jatkuvasti laskemassa, tulipesän veto oli suuri (säätö suoritettiin käsin ja veto jäi ilmeisesti muuttamatta ilmapuhaltimen poiskytkemisen jälkeen.)
- 1.8 Näin ollen päätti käyttöhenkilökunta tutkia missä vuoto oli. Aikaisemmin on vuoto kerran ilmennyt eräässä verhoputkessa ja luultavasti tästä syystä miehet lähtivät tälle tasolle, joka sijaitsee sek.ilmasuuttimen yläpuolella.

- 1.9 Miesten tutkiessa vuodon paikkaa tapahtui voimakas räjähdys tulipesässä n. klo 13.30 siis n. 15 min vuodon ilmestyttyä. Paine kattilassa oli silloin n. 30 aty. Räjähdys ei kuulunut pamahduksena vaan pikemminkin voimakkaana tussahduksena.
- 1.10 Räjähdysten sattuessa saivat ilmeisesti vuotoa tutkimassa olleet 5 miestä heti palo- ja muita vammoja. 3 heistä löydettiin kuolleina kellaritasolta oikealla puolella olevan nostoaukon alla. He olivat luultavasti yrittäneet pakoontakoon pitkin nostoaukossa olevia nostokoukun vaijereita tai pudonneet nostoaukosta alas. Nostoaukon koukku oli hoitotason korkeudella (+ 10) ja koukun ja vaijerin väliin oli jäänyt hansikas. Nostoaukko oli niin kaukana kattilasta, että miehet tuskin olivat lentäneet aukosta alas räjähdysten paineaallon voimasta. Vuotoa tutkimassa olleista 5 miehen ryhmästä jäi 2 miestä eloon. Toinen heistä tuli kiiveten nostoaukon vieressä kulkevaa kuulalevaattoria pitkin alas hoitotasolle saaden syviä palovammoja käsiinsä sekä toinen kävelen kattilan toisella eli vasemmalla puolella olevia portaita alas.
- 1.11 Neljäs mies, joka sai niin pahoja vammoja, että hän myöhemmin kuoli sairaalassa, oli ollut laittamassa lipeälinjaa laihalipeäpesulle, siis täysin normaali toimenpide, mihinkä tuskin ryhtyisi vaaratilanteessa.

2

Räjähdysten aiheuttamat vauriot

2.1 Henkilövahingot olivat

- 4 kuollutta
- 4 loukkaantunutta

Nämä olivat kaikki kattilahuoneessa räjähdysten sattuessa. Kuolonuhreista lienee ainoastaan yksi suoraan räjähdysten aiheuttama. Muut olisivat ehkä selvinneet valitsemalla paremman pakotien tai jäämällä paikoilleen odottamaan apua.

2.2 Aineellisten vaurioiden laajuus selviää liitteenä olevasta yleiskatsauksesta.

3

Räjähdysten syyt

- 3.1 Primäärinen syy on ollut vuoto kattilan tulipesä- tai keittoputkissa. Eräs todennäköinen paikka on tulipesän oikeassa etunurkassa olevan sekundääri-ilma-aukon lähellä tai sen yläpuolella tulipesän kerrostumista päätellen, mutta sen paikkaa ei ole löydetty toistaiseksi.

- 3.2 Vuodosta on vettä valunut pesän pohjaan. Oikeassa seinässä oli havaittavissa n. 1 m levyinen kaista, missä putket ja myös tapit olivat paljaana. Pohjalle oli ilmeisesti muodostunut kova kerros jähmettyneestä sulasta ja lipeästä, jonka päälle vesi kertyi kunnes se pääsi kosketukseen hehkuvan sulan kanssa aiheuttaen sularäjähdyksen. Tämä tapahtui luultavasti vasemmassa etunurkassa, sillä pohjan vahingot olivat tässä paikassa suurimmat (koko nurkka oli auennut). Pohjan kunnosta voidaan päätellä, että joka tapauksessa on pohjassa tapahtunut voimakas sularäjähdyks. Muualla tulipesässä sekä kattilassa tapahtuneista vahingoista on vaikea päätellä ovatko nämä sularäjähdyksen tai ylempänä kaasutilassa tapahtuneiden räjähdysten aiheuttamia. Vaikka ylempänä heikkorakenteisissa seinissä olevat vauriot viittaavat kaasutilassa tapahtuneisiin räjähdyksiin, pidän kuitenkin yhtä todennäköisenä, että yksinomaan sularäjähdyks tulipesän pohjassa on aiheuttanut kaikki vauriot.
- 3.3 Räjähdysten syy sekä tapahtumien tarkka kulku on tutkimuksen alla poliisiviranomaisten taholta.

4

Toteamuksia ja ehdotuksia sattuneen räjähdysten johdosta

- 4.1 Räjähdysvaaran ollessa on kaikkien käyttöä varten ei välttämättömien henkilöiden ehdottomasti poistuttava kattilahuoneesta.
- 4.2 Vuodon sattuessa tulipesäpuolella on räjähdysvaara olemassa, vaikka pesä on täysin musta, ainakin kunnes kattila on paineeton tai mieluummin tyhjä.
- 4.3 Hätätapauksista tehtäessä on keon sammuttamisen jälkeen lopetettava lipeäruiskutus tulipesään ja puhallettava ruiskuista höyryä pesään. Säättämällä vetoa niin, että pesässä on lievä ylipaine estetään ilman tulo tulipesään mahdollisesti syntyneiden räjähdysherkkien kaasujen joukkoon.
- 4.4 Kattilahuoneen kaikki tasot on molemmissa päissä varustettava poistumismahdollisuudella.
- 4.5 Betonitasot ovat turvallisempia kuin ritilätasot, sillä ei yksikään betonitaso ollut täysin murtunut, kun taas ritilät useilta kattilan ympäri olevilta tasoilta olivat lentäneet pois paikoiltaan, jolloin putoavat ritilät sekä rikkinäiset tasot muodostavat lisävaaran räjähdysten sattuessa.
- 4.6 Räjähdysten tapahduttua on parempi jäädä paikoilleen, jollei turvallinen pakotie ole ulottuvilla, sillä kevytrakenteisilla seinillä varustetussa kattilahuoneessa tuskin happi loppuu ennenkuin apua tulee.

Helsingissä, 5 p:nä lokakuuta 1965

T. Roos

Tässä yhteydessä on syytä mainita, että Äänekosken kattila oli lähtenyt käyntiin loppuvuodesta 1960. Kattila oli A. Ahlström Oy:n valmistama CE 420 t/ka vrk 82 bar/480°C 80 t/h höyryä.

Kattilan seinät olivat tangenttiaaliputkista ilman tapitusta, putken mitat 51 x 4 mm ja kattilassa ei ollut verhoputkistoa.

Pesän alaosan voimakkaan syöpymisen vuoksi jouduttiin alaosa uusimaan vuonna 1964 ja samassa yhteydessä rakennettiin pakko-kiertoinen verhoputkisto nokan alle sekä kolmas lieriö ylälieriön tasolle ja joka oli yhteydessä verhoputkistoon ja ylälieriöön. Pumput hoitivat kierrätyksen, lämmittäjät olivat kovin työllistettyjä, koska lieriöiden pinnan säätö oli hankalaa.

"Tussahduksen korjaus kesti 4 kuukautta 3-vuorotyönä.

Yleiskatsaus vaurioihin:

1. Kattilan teräsrakenne:

Osa vaakapalkeista katkennut ja osa pahoin vääntynyt. Teräsrakenteen pystypilareissa paikoitellen lieviä kiertymiä ja taipumia.

2. Hoitotasot

Kattilan ympärillä olevien hoitotasojen palkit ja ritilät suureksi osaksi vääntyneet.

3. Kattilan seinien levytykset ja jäykisteet:

Kehyspalkit vaurioituneet pahoin kaikki.

Ulkolevytys suurimmaksi osaksi vääntynyt, osaksi repeillyt.

Sisälevytys pullistunut melkein kaikkialla ja sen kiinnitysteräksset repeilleet paikoin irti putkista.

4. Tulipesäputket:

Pohjaputkisto painunut alaspäin ja kallistunut.

Vasen seinä repeytynyt irti pohjasta, sen jakolaatikko vaurioitunut. Seinäputket koko kattilan korkeudella vääntyneet ja ylhäällä repeytyneet irti kattoputkista.

Etuseinä revennyt irti pohjaputkista, seinäputket vääntyneet koko korkeudeltaan ja nokka irronnut sivuseinistä sekä siirtynyt ulospäin.

Oikea sivuseinä vääntynyt alaosastaan lievästi ja noin 3 m:n korkeudelta ylöspäin voimakkaammin. Pohjan ja seinän yhtymäkohtaa ei tutkittu. Ylhäällä seinä revennyt irti kattoputkista.

Takaseinä kuten oikea seinä.

Takaseinäputkien jatkeena olevien kattoputkien vaurioita ei tarkemmin tutkittu. Suurempia muodonmuutoksia ei niissä ulkoapäin havaittu.

Koko tulipesä poikkileikkaukseltaan huomattavasti pyöristynyt ja nurkista monin paikoin revennyt auki. Nurkissa havaittavissa lukuisasti sisälevytyksen kiinnitysterästen irrotessaan aiheuttamia putkien katkoamia ja repeämiä. Vasemmalla etunurkalla repeämä ulottuu pohjalta alalieriöön asti.

5. Verhoputkisto:

Elementit näyttävät ehjiltä, mutta ovat pudonneet takaseinältä kannatuksista ja etuseinällä yhteet laatikkoihin vääntyneet.

6. Tulistimet:

Tulipesän puolella ei pahempia vaurioita havaittavissa. Lähempi tarkastus puuttuu. Välikaton yläpuolella osa yhteistä vääntynyt.

7. Keittopintaputket:

Suuria vaurioita ei havaittavissa. Putkia ja manglauksia ei lähemmin tutkittu.

8. Lieriöt:

Kannatuselimet liikkuneet ja osittain vääntyneet. Tarkastus puuttuu.

9. Jälkikeittopinta ja pystyeko:

Putkistoissa ei suuria vaurioita havaittavissa. Kannatuselinten, laatikoiden ja yhteiden tarkastus puuttuu.

10. Sähkösuodin:

Seinät pullistuneet ja osaksi repeilleet. Pohja pullistunut. Kattoja, kannatuselimiä ja mekanismeja ei tutkittu.

11. Vaakaputkieko:

Vähäisiä painumia eristysseinässä kattilan puolella.

12. Savukanavat:

Ennen sähkösuodinta pahoin vaurioituneet. Sähkösuotimen jälkeen pullistumia havaittavissa. Vaakaputkiekon jälkeen ei vaurioita havaittavissa.

13. Ilmakanavat:

Kattilan ympärillä olevat jakokanavat vaurioituneet.

14. Nuohoimet:

Kolkein kaikki osittain vaurioituneet.

15. Ulkopuoliset putkistot ja armatuurit:

Putkistoissa paikoitellen vääntymiä.

Armatuurien tarkastus puuttuu.

16. Apulaitteet:

Päällepäin ei suurempia vaurioita havaittavissa.

Tarkempi tutkimus puuttuu.

Rakennuksen ja siihen liittyvien betonitasojen vaurioita ei tässä yhteydessä tarkistettu.

Pöytäkirjan vakuudeksi:

Äänekoski 30.9.1965



Pentti Hyvärinen

SYYT SOODAKATTILAN RÄJÄHDYKSEEN ÄÄNEKOSKELLA

Metsäliiton Selluloosa Oy:n Äänekoskella olevan sulfaattisellutehtaan soodakattilassa tapahtuneesta tulipesäräjähdyksestä on kulunut toista vuotta. Onnettomuus herätti aikoinaan yleistä huomiota mm. sen aiheuttamien kuolemantapausten ja palovammautumisten takia. Tämän räjähdysonnettomuuden vaiheet olivat lyhyesti selostettuina seuraavat.

Syyskuun 28. päivänä 1965 oli soodakattila toiminnassa tavalliseen tapaan, ja polttoaineena käytettiin mustalipeää. Kello 13.10-13.15 kuultiin kattilan tulipesästä "pussahduksen" kaltainen ääni, ja tuli sammui heti lähes kokonaan. Myöhemmin selvisi, että kattilan putkiston pakkokierto-osaan kuuluvaan erääseen vaakasuoraan putkeen, joka sijaitsi tulipesässä, oli tällöin tullut vinosti alaspäin suuntautunut reikä, josta ulos suihkunut vesi sammutti tulipesän pohjalla palaneen polttoainekeon. Mainittu reikä on esitetty kuvassa 2. Kattilan höyrypaine alkoi tämän jälkeen nopeasti laskea. Veden syöttöä kattilaan jatkettiin sen tyhjenemisen estämiseksi.

15-20 minuutin kuluttua tulen sammumisesta tapahtui kattilan tulipesässä äkillinen paineen nousu, ns. tulipesäräjähdyks. Sen vaikutuksesta tulipesän metallilevystä tehdyt seinämät pullistuivat ja suuri joukko tulipesän sisäpinnalla olevia putkia murtui. Kattilan paine oli tällöin n. 30 ilmakehää ja kattilaveden lämpötila siis 230-240 °C. Murtuneista putkista ulos suihkuavasta kattilavedestä höyrystyi tämän takia huomattavan suuri osa heti paineen alentuessa, minkä johdosta kattilahuone täyttyi äkillisesti kuumalla höyryllä. Kattilahuoneessa oli sillä hetkellä kahdeksan henkilöä, joista neljä kuoli ja neljä sai pahoja palovammoja.

Tämän räjähdysonnettomuuden syiden selvittelyssä kohdistettiin runsaasti tutkimuksia luonnollisesti siihen seikkaan, mistä syystä kattilan erääseen putkeen oli päässyt syntymään kuvassa 2 esitetty reikä. Kuten edellä on mainittu, kuului tämä putki kattilan putkiston pakkokierto-osaan. Putkiston tähän osaan kuului monia kymmeniä rinnakkain kytkettyjä putkia, joissa kaikissa tapahtuvaa veden kiertoa ylläpidettiin pumpulla. Veden tasaisen virtaamisen varmistamiseksi kaikkiin eri putkiin oli kukin putki varustettu halkaisijaltaan n. 7,5 mm kokoisella kuristussuuttimella. Kukin näistä suuttimista oli lisäksi varustettu lieriömäisellä suojusvaipalla, jossa oli noin 30 kappaletta halkaisijaltaan n. 3 mm kokoisia reikiä.

Suuttimet oli kiinnitetty jakotukkeihin ja vesi virtasi ensin suojusvaipan reikien kautta säteen suuntaisesti sisäänpäin ja tämän jälkeen akselin suuntaisesti mainitun suojusvaipan sisällä olevan varsinaisen suutinaukon kautta kattilan vesiputkeen. Eräs suuttimista on esitetty kuvassa 3. Vaippa reikineen on näkyvissä, kun taas varsinainen suutinaukko on vaipan sisällä näkymättömissä.

Kattilaräjähdyksen syitä tutkittaessa irroitettiin kaikki mainitut suuttimet, jolloin todettiin, että muutamien suuttimien vaipoissa olevat reiät olivat osaksi tukkeutuneet karstamaisen aineen vaikutuksesta. Näiden joukossa oli myös se suutin, joka kuului siihen putkeen, johon oli syntynyt kuvassa 2 esitetty ja tämän räjähdysonnettomuuden aiheuttanut reikä.

Analysoitaessa mainittua karstamaista ainetta todettiin, että tämä aine sisälsi etupäässä magneettista rautaoksidia eli magnetiittia (Fe_3O_4). Toisaalta tiedetään, että suurpaine kattilan veden kanssa kosketuksiin joutuvat teräsosat ovat ohuen magnetiittikalvon peittämät ja että tämä magnetiittikalvo voi irrota eri syistä mm. happojen vaikutuksesta, hienojakoisena sakkana.

Tutkimuksia tehtäessä todettiin, että kattilavesi oli tullut happamaksi (pH n. 4,9) 7.9.1965 eli kolme viikkoa ennen räjähdysonnettomuutta. Tämä oli todettu varhain aamulla ja happamuushäiriö oli päivän kuluessa saatu korjatuksi. Lienee todennäköistä, että hapan kattilavesi oli ennen happamuushäiriön korjatuksi tulemistä jo ehtinyt irrottaa huomattavan määrän tätä magnetiittikalvoa, joskin sen irtoaminen on ehkä saattanut johtua myös muista syistä, kuten lauhdeiden mukana tulleista vieraista aineista. Kattilaveden joukkoon oli täten joutunut hienojakoista magnetiittisakkaa. Tämä sakka oli kiertänyt kattilaveden mukana ja sitä oli kulkeutunut mm. edellämainittujen suuttimien lävitse. Tällöin olivat muutamien suuttimien vaippojen reiät osaksi tukkeutuneet sakasta muodostuneiden tulppien vaikutuksesta. Kuvassa 3 näytetty suutin on eräs näistä suuttimista ja kuvaa tarkastelemalla voidaan todeta vaippojen reikien olevan osaksi tukossa. Tästä tukkeutumisesta oli seurauksena veden kierron hidastuminen näitä suuttimia vastaavissa putkissa. Särkyneen putken suutinvaipe oli tukkeutunut kaikkein nopeimmin minkä takia tähän putkeen tuli ennen pitkää se tilanne, että putkeen päässyt vesi kiehui kokonaan höyryksi jo putken alkuosassa, joten putken loppuosa oli vain pelkkää höyryä. Tämän takia putken loppuosa pääsi kuumenemaan liikaa, mahdollisesti hehkuvan kuumaksi. Tästä oli soodakattilan tulipesässä vallitsevissa olosuhteissa se seuraus, että putki alkoi syöpyä ulkopinnaltaan ja tämä syöpyminen oli ilmeisesti nopeinta putken kaikkein kuumin kohdissa. Samanaikaisesti taipui tämä putki, samoin kuin pari muutakin putkea lämpölaajenemisen takia loiville mutkille. Ennen pitkää putken eräs kohta syöpyi niin ohueksi, että se puhkesi kattilan paineen vaikutuksesta, jolloin kuvassa 2 näytetty reikä syntyi äkillisesti repeämällä.

Välittömästi reiän vierestä poikki sahatun putken poikkileikkauskuva on esitetty kuvassa 4. Siitä havaitaan putken ohueksi syöpymien ulkopuolelta.

Syy kattilaveden happameksi muuttumiseen kolme viikkoa ennen räjähdystä saatiin selvitettyksi. Kattilalaitoksen kellarikerroksessa sijaitsee ns. suolavapaan veden allas, josta syötettiin jatkuvasti vettä kattilaan. Tätä allasta peitti betoninen välipohja, jonka yläpuolella oli väkevän rikkihapon säiliö ja eräs putki, joka oli osaksi haponkestävää terästä ja osaksi klinkkeriä ja jota myöten virtasi rikkihapon vesiliuosta. Rikkihapposäiliön alapuolella oli haponkestävällä kaakeloinnilla päällystetty ns. varmuusallas, johon väkevän rikkihapon oli määrä kerääntyä siinä tapauksessa, että rikkihapposäiliöön tulisi vuoto. Kattilalaitoksen tämä kohta käy selville kuvasta 5.

Edellämainitun putken klinkkeristä tehtyyn osaan oli jostakin syystä tullut halkeama, jota myöten rikkihappoliuosta oli päässyt mainittuun varmuusaltaaseen. Myös siinä sattui olemaan halkeama, jota myöten rikkihappoliuosta valui edelleen suolavapaan veden altaaseen, jolloin siinä ollut kattilaan syötettävä vesi luonnollisesti muuttui happameksi. Tämän takia myös kattilavesi muuttui yhä enemmän happameksi, kun tätä vettä syötettiin kattilaan.

Tapahtuneen kaltaisen tulipesäräjähdysten mekanismia ei yksityiskohtaisesti tunneta. Räjähdystä edeltäneestä tilasta ja itse räjähdystapahtumasta saatujen tietojen ja suoritettujen tutkimusten perusteella voidaan kuitenkin muodostaa todennäköinen kuva niistä ilmiöistä, jotka tulipesässä olivat tapahtuneet höyryputken puhkamisen jälkeen ja joiden vaikutuksesta räjähdys tapahtui.

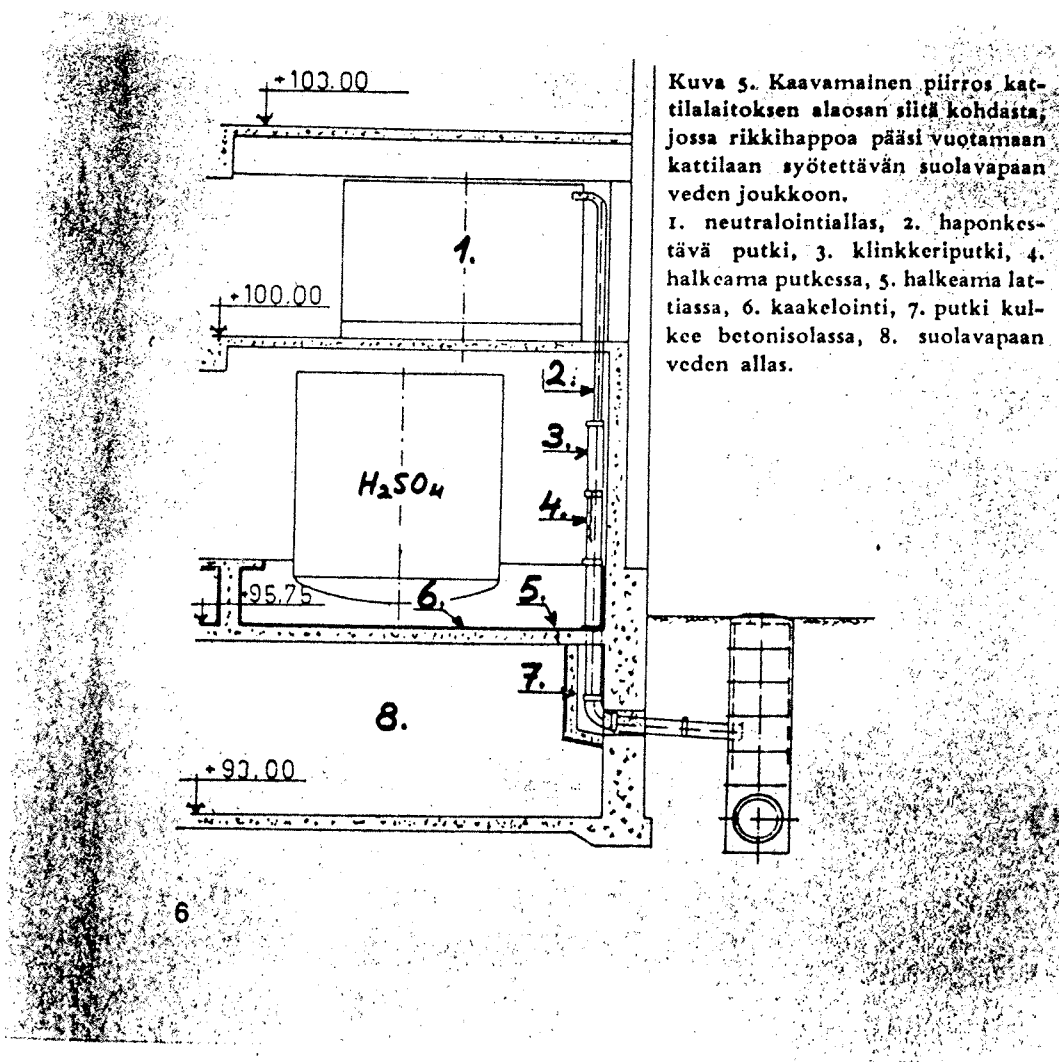
Putken puhjetessa ja veden alkaessa suihkuta siitä ulos oli tulipesän pohjalla normaalin mustalipeästä muodostunut palava keko, jossa oli monta tonnia eri kuivatislauusvaiheissa olevaa polttoainetta. Alimmaisena oli kerros hehkuvan kuumia ja sulassa tilassa olevia suoloja. Kun tulipesän pohjalle valui vuotokohdasta vettä, ei vesi aluksi päässyt kosketuksiin polttoainekeon sisällä olevien kaikkein kuumimpien aineiden kanssa. Kesti 15-20 minuuttia, ennenkuin saavutettiin sellainen tilanne, että tulipesän pohjalle kertynyt vesi pääsi tunkeutumaan polttoainekeon sisälle. Tällöin tapahtui veden äkillinen ja "räjähdysenomainen" höyrystyminen polttoainekeossa olevien hehkuvan kuumien ja sulassa tilassa olevien aineiden sekoittuessa veden kanssa. Tällaista soodakattilan tulipesäräjähdystä nimitetään "sularäjähdykseksi". Tätä räjähdystä on mielestäni pidettävä pelkästään fysikaalisena ilmiönä eli veden äkillisenä höyrystymisenä.

Kemiallisen kaasuräjähdyksen mahdollisuus on ainakin nyt kysymyksessä olevassa sularäjähdyksessä vähemmän todennäköinen, sillä räjähtävän kaasuseoksen syntymiseen ei liene ollut mahdollisuuksia, koska tulipesän ilmatilan höyrypitoisuus oli räjähdysketkellä suuri ja koska kukaan useista silminnäkijöistä ei ole todennut räjähdykseen liittyneen minkäänlaista liekki-ilmiötä.

Sattuneen räjähdysonnettomuuden pohjimmaisena syynä on pidettävä sakan muodostumista kattilaveteen ja tähän taas on todennäköisenä syynä ollut lähinnä rakenteellisista syistä aiheutunut kattilaveden happameksi muuttuminen kolme viikkoa ennen räjähdystä.

Dipl.ins. P. Hyvärinen,
Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Edellä olevassa kirjoituksessa mainitaan useasti kuvista, niitä en valitettavasti saanut kopioitua niiden huonon laadun vuoksi.





KOKEMUKSIA HÄTÄSAMMUTUKSESTA

Syyskuun 26. päivänä maanantaita vasten yöllä klo 01.00, Kemi Oy:n soodakattilassa tulet sammuiivat yhtäkkiä pesässä ja samanaikaisesti rupesi savukaasua ryöppyämään kattilahuoneeseen. Myöskin kohinaa rupesi kuulumaan ja annettujen soodakattilaohjeitten mukaan lämmittäjät rupesivat toimimaan. Ts. ilmat katkaistiin, sähkösuodattimet otettiin pois päältä, lipeäruiskutus jatkui ja samanaikaisesti myöskin starttiventtiili aukaistiin paineen pudottamiseksi. Tämä sen takia, että siinä vaiheessa ei tiedetty, missä vuoto on. Joka tapauksessa savukaasupuhaltimet eivät riittäneet, eikä suorantien höyryjektorillakaan saatu riittävästi vetoa aikaan savukaasujen poistamiseksi. Paine putosi noin 3 tunnin aikana 100 kp/cm²:sta 15 kp/cm²:iin, siis niin nopeasti kuin se oli siinä vaiheessa mahdollista. Välillä tuli kuitenkin suurin piirtein joka puolen tunnin päästä uusi ryöppy kattilahuoneeseen; siis lipeä paukahteli. Kun paine oli pudonnut 15 kp/cm² ja lipeäruiskutus oli jatkuvasti ollut päällä, niin että lipeää tuli sula-aukoista ulos sekä myös ilmarekistereihin ja ilmakanaaleihin, niin siitä huolimatta keon pinta pysyi hehkuvana. Todettiin siis se, että normaali ruisku ei riitä sammuttamaan kekoa. Ruiskun painetta oli pienennetty juuri sen takia, että saataisi keon keskelle enemmän tavaraa ja siten saataisiin se sammumaan ja peitetyksi.

Noin klo puoli 5 aamuyöstä konemestari suoritti kuuntelua kattilahuoneessa ja silloin hän totesi, että vuoto onkin jossakin kattilan yläosassa, vaikka alkuvaiheessa oli tuntunut siltä, että vuoto on kattilan pohjalla. Vaihtoehtoina oli, että vuoto on yläosan seinäntuubeissa, Skreen-tuubeissa, sekundääritulistimessa tai primääritulistimessa. Avaamalla tarkastusluukku voitiin todeta vuodon olevan primääritulistimen ensimmäisessä rivissä. Se puhalsi hyvin voimakkaasti ja alkuvaiheessa syöttövesimäärä oli noussut n. 200 tonniin/h, kun kattilan ajo oli noin 140 höyrytonnia/h. Kun tilanne oli näin selvinnyt, ajettiin keko starttipolttimilla polttamalla pois, jotta kattila jäähtyisi.

Kun kattilaa päästiin lähemmin tarkastelemaan, todettiin, että yksi primääritulistimen lenkki oli poikki n. 100 mm kattoputken alapuolelta. Katkeaminen johtunee väsymismurtumasta, joka syntyy siitä, että tulistajan lenkit heiluvat savukaasuvirran sekä nuohoushöyryn vaikutuksesta. Vioittunutta putkea tarkasteltaessa toteaa, että siinä on hyvin runsaasti poikittaisia hiushalkeamia. Kun muut tulistajan lenkit tarkastettiin, todettiin, että kahdessa ensimmäisessä rivissä oli kaikissa putkissa vastaavia hiushalkeamia.

Joudumme näinollen uusimaan ko. kohdat mahdollisimman pian sekä muuttamaan tulistajien alapäiden sidontaa siten, että heilumisen laajuus pienenee. Myöskin läpivientiaukkoa kattoputkien välissä on tarkoitus avartaa.

Alasajo osoitti sen, että tällainen vuoto aiheuttaa niin suuren vastapaineen savukaasupuolella, että kaasuja tulee varmasti aukoista kattilahuoneeseen. Samoin kävi ilmi, että soodakattilaohjeen mukainen keon peittäminen mustalipeällä hätäalasajossa ei onnistunut varsinaisella käyttöruiskulla, vaan pitäisi todennäköisesti olla lisälaitteet tätä varten, mikäli ohje yleensä on oikea.

Dipl.ins. Pelkonen

Edellä olevaan voi lisätä sen, että kattila oli tukkoinen ennen tapahtumaa.

SOODAKATTILAN VESIPESU

REIJO HUKKANEN, VEITSILUOTO OY, OULU



Reijo Hukkanen

7.2.1994

SOODAKATTILAN TULISTIMEN, TULIPESÄN JA POHJAN PUHTAAKSIPESUSTA**1****Pesun tavoitteet**

Tulipesässä ja kattilan pohjalla voidaan tehdä korjaus- ja tarkastustöitä ilman mekaanista puhdistustyötä tai painepiikkausta ja ettei tulipesään tarvitse rakentaa suojakatosta.

Ilman suojakatosta toimlessa tullistimeen ja kelttopintaan tulipesän puolelle ei saa jäädä suolakerrostumia ollenkaan.

Pohjan pesusta lähemmin raportissa 16.9.1993.

2**Edellytykset pesun onnistumiselle**

Riittävä määrä riittävän paineista lämmintä, vähintään +60 °C:n, mieluummin +75 °C:n lämpöistä pesuvettä ainakin pesun lopussa.

Paine nuohointasolla n. 15 bar.

Pesurilla varustetussa kattilassa lähes kaikki tarpeellinen pesuvesi on saatavissa pesurista jos pesu suoritetaan välittömästi paineenlaskun jälkeen ja kattilaa ei tyhjennetä.

3**Tulistimen ja tulipesän pesussa huomioitavaa**

- Tarkastustyön nopeuttamiseksi myös tulipesän seinät pestään puhtaaksi.
- Jos pohjan puhtaaksipesua tarvitaan, vähennetään pohjan dekantointia esim. poistamalla vähintään yksi sulakouru ennen pesun aloitusta.
- Käytettävät nuoholimet valitaan huolellisesti vesimäärän ja pesuajan rajoittamiseksi.
- Tulipesän seinät nuohoinsivuilla pestään ajamalla nuohoimia tarpeellinen matka sisälle ja suuntaamalla suihku pestäviin kohtiin.
- Kaikki luukut tulipesän alueelta tulee avata ja pestä puhtaaksi letkuttamalla. (Kamivaara!)
- Vaikein alue on nokan aluspinta.
- Tulipesän seinät pestään. Tämä tapahtuu sivusuuttimilla ja/tai letkuttamalla vastakkaiselle seinämälle.
- Ilmarekisterit suljetaan ja niiden läpi ajetaan sellainen määrä ilmaa ettei pesuvesi tunkeudu rekistereihin.



R Hukkanen/HLa

16.9.1993

skpesu

**SOODAKATTILAN TULISTIMIEN JA POHJAN PESUSTA
OULUN SELLUTEHTAALLA**

1

Yleistä

Soodakattilan tulistimen pesu suoritetaan meillä noin kolme kertaa vuodessa riittävän tulistus-lämpötilan saavuttamiseksi. Tulistimienpesussa vettä joutuu myös kattilan pohjalle, jonka vuoksi pohjan puhtaaksi pesemistä vedellä ei vältetä.

Tulistimet pestään nuohoimilla käyttäen lämmitettyä jokivettä. Tulistimet ja tulipesän seinät pestään niin puhtaaksi ettei pohjalla työskentelyä varten tarvita suojakatosta. Käytännössä tämän puhtaus-asteen saavuttaminen kahdeksassa tunnissa edellyttää pesuveden lämpötilaa vähintään 70 °C ja että vettä on riittävästi (400 m3).

2

Alasajo ja pesun aloitus

Tulistinalueen pesua ei koskaan aloiteta ennen kuin kattilan paine on 0 - 1 bar ylipainetta ja pohjaputkien lämpötilamittaukset osoittavat pohjan lämpötilan olevan korkeintaan n. 105 °C. Tämä lämpötila saavutetaan noin 12 - 15 tunnin kuluttua siitä kun lipeämpoltoa on alettu pienentää. Lipeämpolton lopettamisesta jäähtymisaika on 8 - 10 tuntia em. lämpötilaan. Ennen tulistinalueen pesua kattilapaineen laskiessa alle 3 bar pestään ekot. Keko poltetaan ennen tulien sammutusta alasajon aikana sellaiseen tilaan että pohjalla oleva sula muodostaa yhtenäisen sulalammikon. Jotta edelliseen päästään, nostetaan polttolipeän ruiskutuslämpötilaa reilusti ennen lipeämpolton pienentämistä. Lipeämpolton loputtua huolehditaan, ettei pohjalle mene ylimääräistä ilmaa.

3

Pohjan pesu

Kaksi ränniä poistetaan dekantointikerroksen pienentämiseksi ja myöhemmässä vaiheessa tarvittavan imuletkun saamiseksi pesään.

Tulistinalueen pesun alettua aloitetaan pohjalle tippuvan suolan ja pohjalle jähmettyneen sulakerroksen pois pesu. Vettä käytetään runsaasti primääri-ilma-aukoista johdettujen pesuputkien kautta. Putket voidaan työntää syvemmälle tulipesään 4 - 5 tunnin kuluttua pesun aloituksesta. Tässä vaiheessa vedelle pyritään saamaan pohjalla kiertoliike pesuputkien sijoittelun avulla.

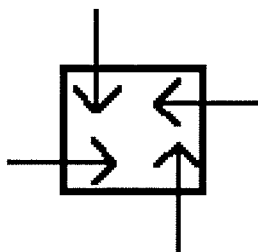


R Hukkanen/HLA

16.9.1993

skpesu

Pesuveden normaali lämpötila on 70 - 75 °C. Pesuveden lämpötilaksi riittää +50 °C. Tämä kuitenkin jatkaa merkittävästi pesuaikaa. Haluttaessa mennä tulipesän pohjalle ilman suojakatosta keskitetään pesua tulistinalueella silmämääräisten tarkastusten avulla kattilan yläosan saamiseksi täysin puhtaaksi. Tämän jälkeen pestään letkuttamalla nokan alapinta ja tulipesän seinämät.



Pesuputkien asentoja sekä paikkoja primäärirekisterin aukoissa muutellaan jatkuvasti. On tärkeää että vedelle saadaan nopea virtaus, koska liuotettavan kamikerroksen pinnalle laskeutuva nokikerros estää tehokkaasti liukenemista. Samasta syystä pesuputket varustetaan suuttimilla, jotka antavat terävän suihkun. Tämän työvaiheen tehokas suoritus edellyttää, että työhön keskittyy asiantunteva koko työvaiheen käytännössä hoitava henkilö.

4

Pohjan loppupesu

Tarvittaessa pohja voidaan pestä tyhjäksi noin 18 - 22 tunnin kuluessa lipeänpolton lopetuksesta.

Pohjalla on tässä vaiheessa jonkin verran kameja. Vesi imetään kattilan pohjalta pois ja loput kamit liuotetaan letkuttamalla ja/tai poistamalla ränni-aukoista. Veden poisimu suoritetaan alimmasta pisteestä ja pohja letkutetaan vaihteittain tyhjäksi. Apuna tässä käytetään imusuutinta sekä lapiota, joka on muotoiltu pohjaputkien mukaiseksi. Käytetään myös harjoja, joilla vesi ja noki "ajetaan" imuun. Lopputuloksena pohja on täysin tyhjä kiinteistä epäpuhtauksista ja vedestä. Loppupesuun menee aikaa 4 - 8 tuntia. Tähän työvaiheeseen tarvitaan imuautoa kuljettajineen ja kolme käyttöhenkilöä.

5

Pohjan kuivaus

Pohja kuivataan primääri-ilmalla, joka esilämmitetään matalapainehöyryllä 140 °C:n lämpötilaan. Kattilasta on tyhjennetty pesun aikana vesi pois. Tällöin kattila ja kattilan pohja saadaan kuivattua kun sen lämpötila nostetaan 100 °C:seen. Kuivausaika on noin kolme tuntia.



R Hukkanen/HLa

16.9.1993

skpesu

6

Pohjan kiillotus

Pohja kiillotetaan siihen tarkoitukseen lattiahoitokoneesta muutetulla koneella. Koneessa vaakasuoraan akseliin kiinnitetyillä hiontakiekoilla (3M), jotka on muotoiltu pohjan mukaisesti, kiillotetaan kerrallaan kaksi pohjaputkea tai evää. Kiillotus sujuu hidasta kävelyvauhtia. Kiillotuksen suorittaa tottunut työpari pesussa saavutetusta puhtaudesta riippuen 3 - 5 tunnissa.

7

Pohjan tarkastus

Tarkastus tehdään konemestaripäivillä 1993 esitetyn tarkastusohjeen mukaan. Heti kiillotuksen jälkeen pohjalle levitetään ao. ohjeen mukainen fluoresoiva tunkeumaneste. Tunkeumanesteinä käytetään astiatavarana saatavaa ARDROX 970 P24 ja levitykseen käsiruiskua. Tunkeumaneste poistetaan ohjeen mukaisesti letkuttamalla vesisuihkulla. Pohjan alimmassa pisteessä käytetään imua ja muotoiltua suutinta, jolla kaikki vesi saadaan täydellisesti pois. Pohja tarkastetaan ohjeen mukaisesti käyttäen tehokasta fluoresoivaa valonheitintä. Vauriokohteiden dokumentointia fluoresoivalla tarkastusmenetelmällä emme ole saaneet samalle tasolle kuin aiemmin perinteisen tunkeumanestetarkastuksen ja valokuvauksen yhdistelmällä.

Veitsiluoto OY
Oulu
Hukkanen Reijo

15.9.1993

AIKAKAAVIO TULISTIMEN JA POHJAN PESUSTA SEKÄ TARKASTUKSESTA

Aika	0 h	8 h	16 h	24 h	32 h
Lipeän polton lopetus	II				
Ekojen pesu					
Sularännien poisto					
Tulistimen pesu					
		letkut	2 henkilöä		
Pudonneen suola liuotus					
Pohjan pesu					
Pohjan lopullinen pesu				3 henkilöä + imuauto	
Pohjan kuivaus					
Pohjan kiilloitus					
Pohjan tarkastus					

**MATERIAALIEN ON-LINE -KUNNONVALVONTA
AKUSTISELLA EMISSIOILLA**

PENTTI PATANIITTY, ACUTEST OY

AKUSTISEEN EMISSION PERUSTUVA MATERIAALIEN ON-LINE KUNNONVALVONTA

1. JOHDANTO

Akustisen emission käyttö materiaalien käyttäytymisen seurannassa on varsin vanha ja tunnettu menetelmä. Sen soveltamista eri alueille on tutkittu yli 10 vuoden ajan. Alkuaikana tutkimukset olivat rajoittuneet laboratorioissa tehtäviin materiaalikokeisiin ja joihinkin korroosioon liittyviin testeihin. Viimevuosien aikana on tutkimukset painottuneet painekokeiden aikana tehtyihin AE-testeihin, joiden avulla pyritään löytämään rakenteiden heikot kohdat rasittamalla rakennetta yli normaalin käyttökuorman. Rasituksen aikana piezoantureiden avulla pyritään kartoittamaan rakenteiden emissiota aiheuttavat kohteet.

Vuoden 1989 lopulla käynnistyi tutkimusprojekti AKUSTISEN EMISSION soveltamiseksi materiaalien jatkuvaan kunnonvalvontaan. Projektin tavoite oli kehittää laitteisto ja AE-mittaustekniikat, joilla voitaisiin seurata rakenteiden käyttäytymistä jatkuvan anturoinnin avulla reaaliajassa käyttötietojen rinnalla. Pääkohteeksi asetettiin säröjen ydintymisen ja eteneminen todentaminen. Erityisellä spesifikaatilla keskityttiin jännityskorroosiosäröjen synnyn seurantaan. Projektin rahoitukseen osallistui Neste Oy, Kemira Oy, Teknillinen Tarkastuskeskus, Tekes ja PPTH. Projektin toteutti Tampereen Tuotantotekniikka Ky, joka on kaupallisesti soveltanut laitteita ja mittaustekniikkaa vuoden 91 alusta lähtien. Vuoden 93 kesäkuun jälkeen on markkinointia hoitanut Acutest Oy, joka suorittaa myös mittauspalveluja.

2. TOIMINTAPERIAATE

AE-laitteiston toiminta perustuu materiaalin rakenteisiin sitoutuneen energian vapautumisen aiheuttaman elastisen korkeataajuisen värähtelyn mittaamiseen. (100kHz - 1MHz) (kuva 1.) Tämä sisältää kaikki nopeat muutokset materiaalin rakenteissa aina yhden hilavälin mittaisesta diffuusiosta makroskooppiseen murtumaan asti.

AE-ilmoitta rakenteiden energiakenttien uudelleen järjestäytymisestä ja ne ovat aina ensimmäinen havaittava merkki rakenteessa alkaneesta mahdollisesta vauriosta.

Elastisen aallon kohdatessa piezosähköisen anturin se muutetaan sähköiseksi signaaliksi, (kuva 2.) joka johdetaan laskuriyksikölle ja edelleen tietokoneelle ja tulostukseen. Näin saadaan tietoa rakenteen käyttäytymisestä kuormituksen alaisena, reaaliajassa. Laitteistolla voidaan myös tehdä painekokeen yhteydessä kuormitustestejä, joilla voidaan todeta rakenteiden heikot kohdat. (AE-laitteisto kuva 3.)

2.1 Tarkasteluparametrit

Silloin kun tarkastellaan materiaalissa tapahtuvaa halkeaman ydintymistä ja sen etenemistä on AE-menetelmä varsin luotettava, jos laitteisto on nykyaikainen ja kalibroitu materiaaliakohtaisten koetulosten pohjalta siten, että mittaustapahtuma korreloi ko. materiaalin käyttäytymistä säröilyssä. On kuitenkin muistettava, että AE-ilmoittaa vain ne halkeamat, jotka ovat AKTIIVISIA JA ETENEVÄT KUORMITUKSEN AIKANA. Paineekokeen aikana saatu informaatio on sikäli puutteellista, että se ei ilmoita niitä virheitä materiaalissa, jotka eivät ko. kuormituksen aikana ole aktiivisia, vaan ovat jo purkaneet jännitystilansa säröilyssä ja ovat tilapäisesti levossa. Erilaisen kuormitustilanteen aikana nämä ns. lepäävät säröt saattavat kasvattaa jännitystilojaan ja muuttua yllättäen uudelleen aktiivisiksi ja näin ollen ovat silloin yllätyksellisiä ja arvaamattomia. Tapahtumat jotka emittoivat materiaalissa elastisia, anturein havaittavia aaltoja, voidaan jakaa seuraaviin pääryhmiin:

Dislokaatioliike

Faasimuutokset (mm martensiittireaktio)

Murtuman ydintyminen ja eteneminen

Signaalit jakautuvat amplitudinsa ja keston mukaan kahteen ryhmään:

Jatkuva emissio (plastinen deformaatio) (kuva 4.)

Purkaustyyppinen epäjatkuva emissio (murtumat ja ydintyminen)
Jatkuvassa emissiossa fononienergia on pieni (1-10 eV). Epäjatkuvas-
sa emissiossa n. kymmenen potenssiin 14 suurempi kuin jatkuvassa emis-
siossa. Epäjatkuvan emission sähköinen vaste kuvassa 2.

Halkeamien ydintymisen kannalta oleelliset mitattavat parametrit ovat seuraavat:

Kynnysarvojen ylittävien counttien kokonaismäärä. (kuva 5.)

Counttien nousunopeus, count / s

Emission taajuus-spektri

Amplitudi

Emissiolähteen sijainti anturikentässä

2.2 Painekoetta täydentävä AE-testi

Painekokeen aikana tehty AE-testi antaa täydentävää tietoa tutkittavan rakenteen käyttäytymisestä kuormituksen alaisena. Se ei lyhyen keston vuoksi voi korvata muita tarkastusmenetelmiä, vaan antaa nopeasti yleiskuvan aktiivisista kohdista, jotka nykyisin metodein tarkastetaan ja dokumentoidaan.

2.3 On-line AE-mittaus

Jatkuvan AE-mittauksen perustana on aina oltava materiaalikohtaista tutkimustietoa ns, materiaalidataa, jotta voidaan asettaa parametrit ja anturit oikein kohteeseen. Antureiden sijoittelussa on noudatettava ns. fononista periaatetta, jotta antureilta saatava tieto olisi vertailukelpoista ja identtistä.

On-line valvonnassa pyritään keräämään kohteen koko akustinen historiikki, jolloin tiedetään rakenteen käyttäytyminen kaikissa kuormituslanteissa. Erityisen oleellisia ovat alasajot ja ylösajot, jotka kuormittavat rakenteita erityisen paljon. Kokeiden perusteella voidaan sanoa milloin counttien kumulatiivinen summa on täynnä ja rakenne kriittisessä tilassa ja korjattava. On-line valvonnan periaate kuva 5. jossa ylöspäin nouseva käyrä kuvaa säröilyä kumulatiivisessa muodossa ilmaistuna. Vaakasuora osuus ilmoittaa ettei rakenteessa tapahdu säröilyn aikaansaamaa emissiota.

Tärkeimmät parametrit ovat counttien kokonaismäärä ja nousunopeus. Mittauskaistojen raja-
us on toteutettu anturin ominaisuuksien ja suodattimien avulla. Tarkasteluun otetaan vain halutut taajuskaistat ja amplitudit. Yleisimmät sovellutuskohteet AE-valvonnalle ovat mm.:

Säiliöt ja paineastiat:

Halkeamat ja niiden ydintyminen. (kuva 6)

Jännityskorroosion todentaminen. (kuva 7)

Käyttöiän määrittäminen

Rakenteen heikkojen kohtien etsiminen

Prosessivalvonnassa:

Vuotojen paikallistaminen

Prosessin toiminnan valvominen

Putkistojen kunnonvalvonta

Materiaalitekniikassa:

Faasimuutosten tutkiminen

Murtumatutkimus

Käyttövarmuuden mittaaminen

Myötörajan määrittely

jne.

3.ESIMERKKEJÄ JATKUVASTA AE-KUNNONVALVONNASTA

3.1 Neste OY Porvoon öljynjalostamo

Laajamittaisen ja pitempiaikaisen kokemuksen AE:lla toteutesta jatkuvasta materiaalien kunnonvalvonnasta omaa Neste oy:n porvoon jalostamon kunnossapito- ja tarkastushenkilöstö. Ensimmäiset pitempiaikaiset mitaukset aloitettiin 6.8.1990 FCC-yksikön regeneraattorissa. AE-kunnonvalvontaa on jatkettu yhtäjaksoisesti tähän päivään asti. Mittauskohteita on lisätty ko.yksikköön kuuluvaan reaktoriin vuoden 91 aikana ja 100% kattavuus on saatu vuoden 93 aikana. (kuva 8). Lisäksi syksyllä 93. käynnistetyn SYRP-yksikön reaktori ja lämmönvaihtajat ovat on-line valvonnassa. Nestekaasun pallosäiliöitä on valvottu 92 vuoden helmikuusta lähtien AE-laitteiston avulla.

Perusteet jatkuvaan AE-valvontaan siirtymisestä ovat selkeät:

Materiaalien käyttäytymisestä saadaan tietoa jatkuvasti reaaliajassa. (tark. tarve pienenee)

Käyttökäyttöhenkilöstö voi optimoida tuotantovälineistön käytön ja rakenteiden kestävyysden pitkäjänteisesti.

Uudistettu paineastialaki mahdollistaa tarkastusten lieventämisen, jos kohdetta tarkkaillaan luotettavavin tarkastusmenetelmin. (määräaik. tark. siirto)

Tuotantolaitosten seisokit, alasajot/ylösajot voidaan toteuttaa hallitusti.

Prosessia voidaan ohjata esim. jännityskorroosiota vähentävään suuntaan. (inhibiitit)

Kokemukset n.3,5 vuoden AE-kunnonvalvonnasta ovat olleet Neste Oy:n henkilöstön mukaan varsin hyviä ja ovat todenneet investointien olleen kannattavia. (AE-tuloste kuva 9.)

3.2 SOODAKATTILAN ON-LINE-KUNNONVALVONTA AKUSTISELLA EMISSIOILLA

Käyttökähteet kattilassa:

3.2.1. Vuotojen valvonta

Akustisella emissiolla on menestyksellisesti valvottu kattilan vuotoja yhdysvalloissa vuodesta 89 lähtien. (Badcock & Wilcox)

Valvonta jakaantuu kahteen osaan :

-Kattilan sisäpuolinen vuodonvalvonta (atmosf. anturit)

-Ulkopuolinen valvonta (aalto.+ kiinteät anturit)

Sisäpuolinen valvonta toteutetaan kattilan atmosfääristä sisäpuolelta erityisellä vuodonilmaisuanturin avulla. (kuva 10) Nuohimien käytön ajaksi mittaus suljetaan. Jatkuvalle vuodonvalvonnalla on onnistuttu löytämään vuodot suhteellisen pieninä (halk. n.1,5mm), joten paikannukseen ja alasajoon on jäänyt riittävästi aikaa ennen vuodon muuttuamista kriittiseksi.

Ulkopuolisen vuodonvalvonnan kohteet ovat pääasiallisesti putkistot ja paineastiat. Jatkuvalle AE-valvonnalla on mahdollista havaita kasvava särö jo heti sen syntyvaiheissa. Korkeapaineista höyryä sisältävän komponentin vaurio yleensä alkaa pienestä säröstä, joka kasvaa eksponenttaalisesti kunnes tapahtuu katastrofaalinen vaurio. Juuri ennen lopullista vahinkoa vuodosta tulee kuuluva, mutta siinä vaiheessa kasvu on jo niin nopeaa, että estäviin toimenpiteisiin ei yleensä jää riittävästi aikaa.

3.2.2 Pohjaputkien säröilyn AE-valvonta

Suomessa ensimmäinen AE-laitteisto soodakattilan pohjaputkien valvontaan on otettu käyttöön A.Ahlström Oy:n toimesta 4.5.92.(AETTC-2000 kuva 11.)

AE-valvonnan avulla on mahdollista saada arvokasta tietoa käyttötieto- ja ja emissiomittauksista vertaamalla.Tapahtumat jotka aikaansaavat säröilyä pohjaputkistossa ovat sidoksissa prosessin kulkuun ja tilanteisiin kattilan käyttötapahtumissa.Säröilyn laatu ja luonne on tulkinnallinen. Onko havaittu särötyyppi jännityskorroosion tai väsymiskorroosion aikaansaamaa tai näiden yhteinen vaikutustapahtuma.

Yhtälö säröilyn syntyyn jännityskorroosiosärön osalta on:

Pitää olla:-Jännitystila materiaalissa
-Korroosiota aiheuttava tilanne
-Korroosiolle altis materiaali

Jos joku tekijä puuttu ei säröilyä tapahdu

Väsymiskorroosiossa jännitystilan korvaa syklinen vaihtokuormitus,jossa kuormanvaihtokertojen määrä on ratkaiseva.Muutoin sama kuin jännityskorroosiossa.

Jatkuvalla AE-valvonnalla joka kytketään aaltoputkien avulla pohjaputkiin (kuva 12) on mahdollista saavuttaa merkittäviä säästöjä seuraavien tekijöiden avulla:

- Käyttöhenkilöstö voi optimoida kattilan käytön siten,että rakenteiden säröilyä voidaan minimoida.(alasajot,ylösajot,terminen kuormitus jne.lisäävät muodostumisriskiä oleellisesti.)
- Materiaalin käyttäytymisestä saadaan tietoa jatkuvasti reaaliajassa.(takaisinkytkentä)
- Uudistettu paineastialaki mahdollistaa tarkastusten lieventämisen jos kohdetta tarkkailaan jatkuvasti luotettavin menetelmin.(esimerkkinä.Neste Oy Porvoon jalostamo)
- Turvallista käyttöikää voidaan jatkaa ja investointeja siirtää prosessia ohjaamalla säröilyä vähentävään suuntaan.

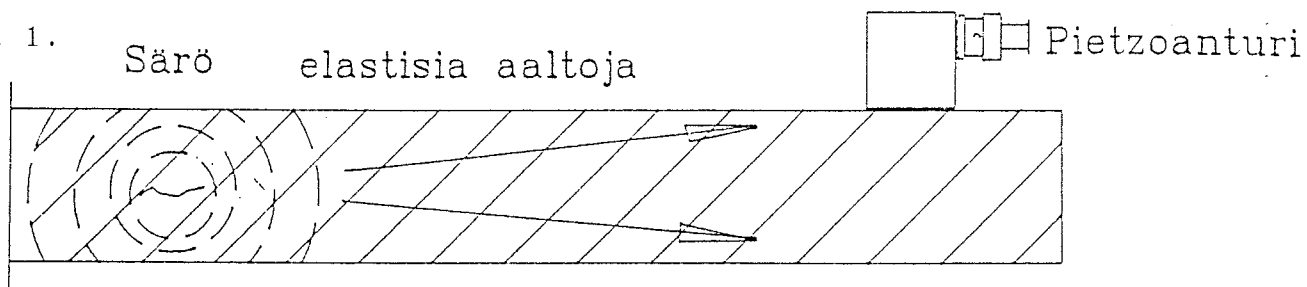
4.YHTEENVETO

Akustisen emission käyttö materiaalien kunnonvalvonnassa on viimevuosien aikana lisääntynyt ja laajentunut eri alueille.Myös käytön lisäykseen on vaikuttanut laajentunut tutkimustyö ja laite- ja mittaustekniikojen kehitys.Laitteistokehitys on mahdollistanut AE-kunnonvalvonnan käyttöönoton teollisuudessa, koska laitteet ovat yksinkertaistuneet ja halventuneet.Soveltuvuus laboratorioden ulkopuoliseen pitenpiaikaiseen käyttöön on hyvä.Häiriösuojaus ja tiedonkeruutekniikat ovat aivan eri tasoilla kuin viisi vuotta sitten.Menetelmän ottaminen jatkuvaan mittaukseen on mahdollistanut sen käytön erityisesti paineastioissa ja laitteissa joissa määräaikaistarkastukset ovat olleet välttämättömiä käyttövarmuuden vuoksi.AE-kunnonvalvonnan avulla on mahdollista ohjata prosessia halutulla tavalla ja eliminoida laitteistoa rasittavat kuormitushuiput ja säröilyä aiheuttavat tekijät pois.

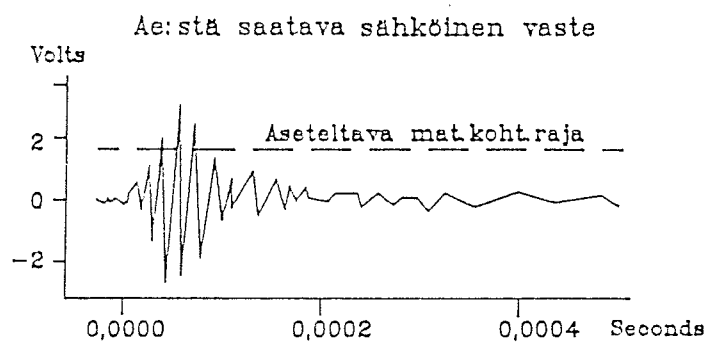
AE-valvonnan käyttöalueet ovat lähes rajattomat.Kaikki ne materiaalit jotka emittoivat ääntä ovat soveliaita käyttökohteita.Soveltamisen kriteerit ovat lopullisesti kuitenkin kustannuspuolella.Kaikkien investointien tulisi olla kannattavia.Kannattavuuden mittaamistavoista ja arvoista voi olla erilaisia näkemyksiä, koska kaikkia arvoja ei aina voida mitata rahassa, kuten turvallisuutta jne.Esimerkkinä alueen laajuudesta voi mainita avaruussukkulan vetysäiliöiden AE-tarkastukset ja ranskanperunoiden kypsyiden toteaminen AE:n avulla.

Kuva 1.

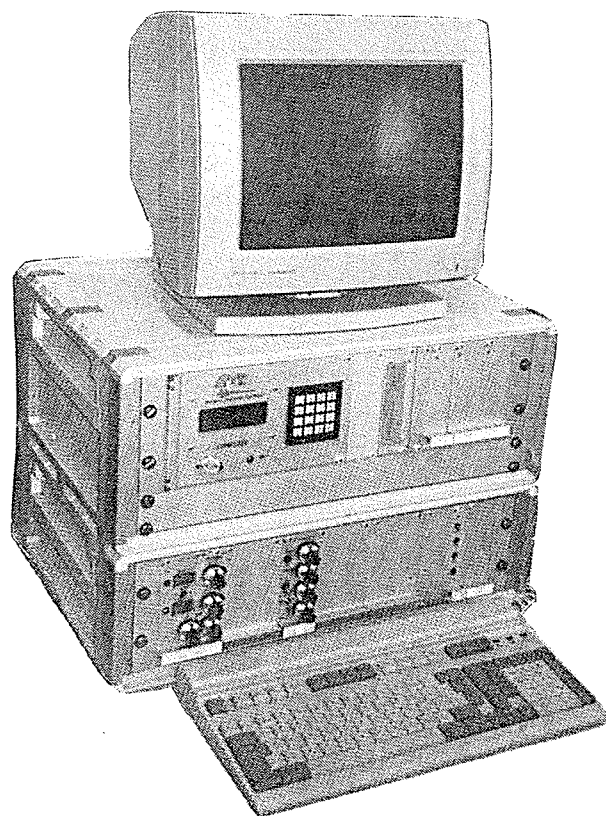
Särö elastisia aaltoja



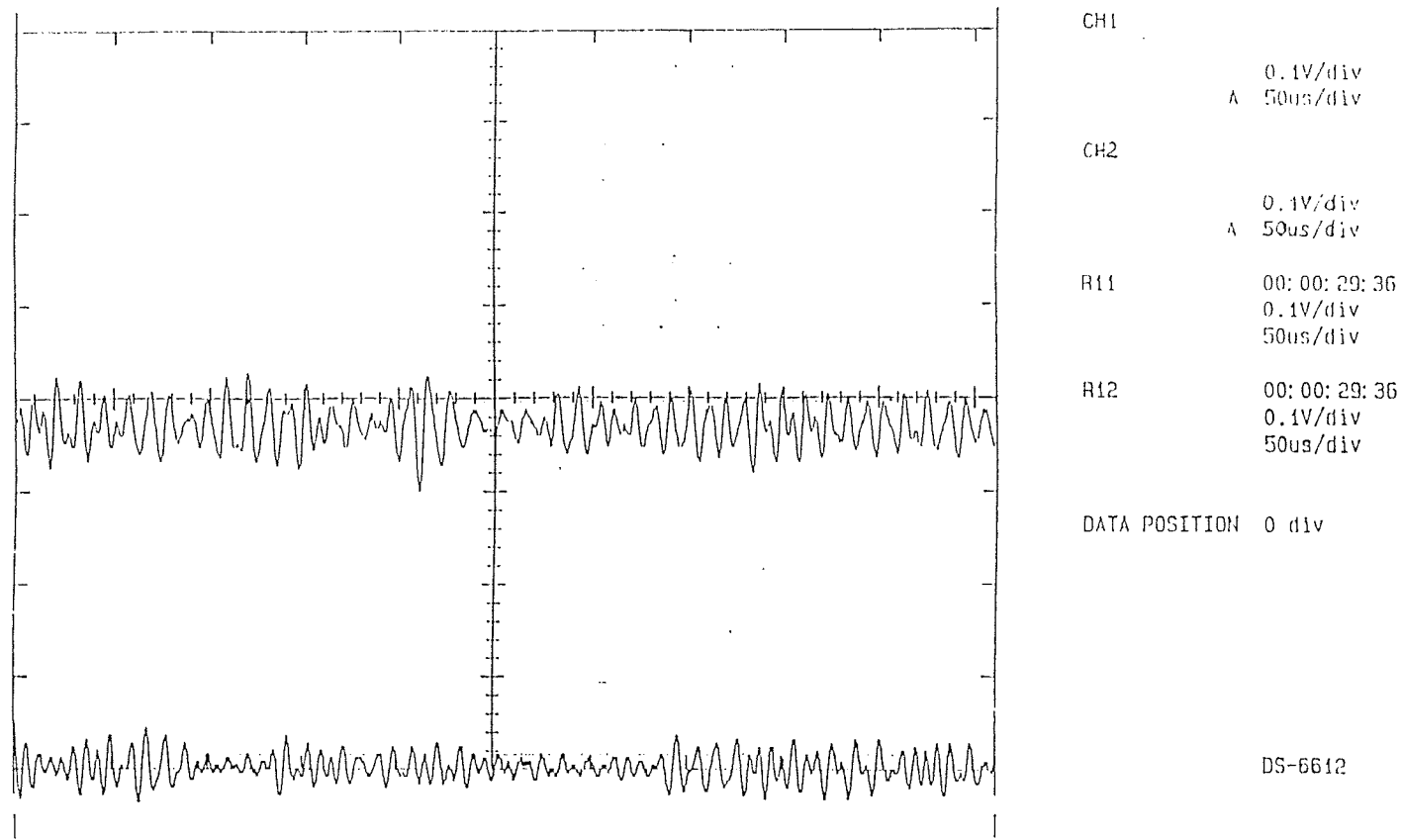
Kuva 2.



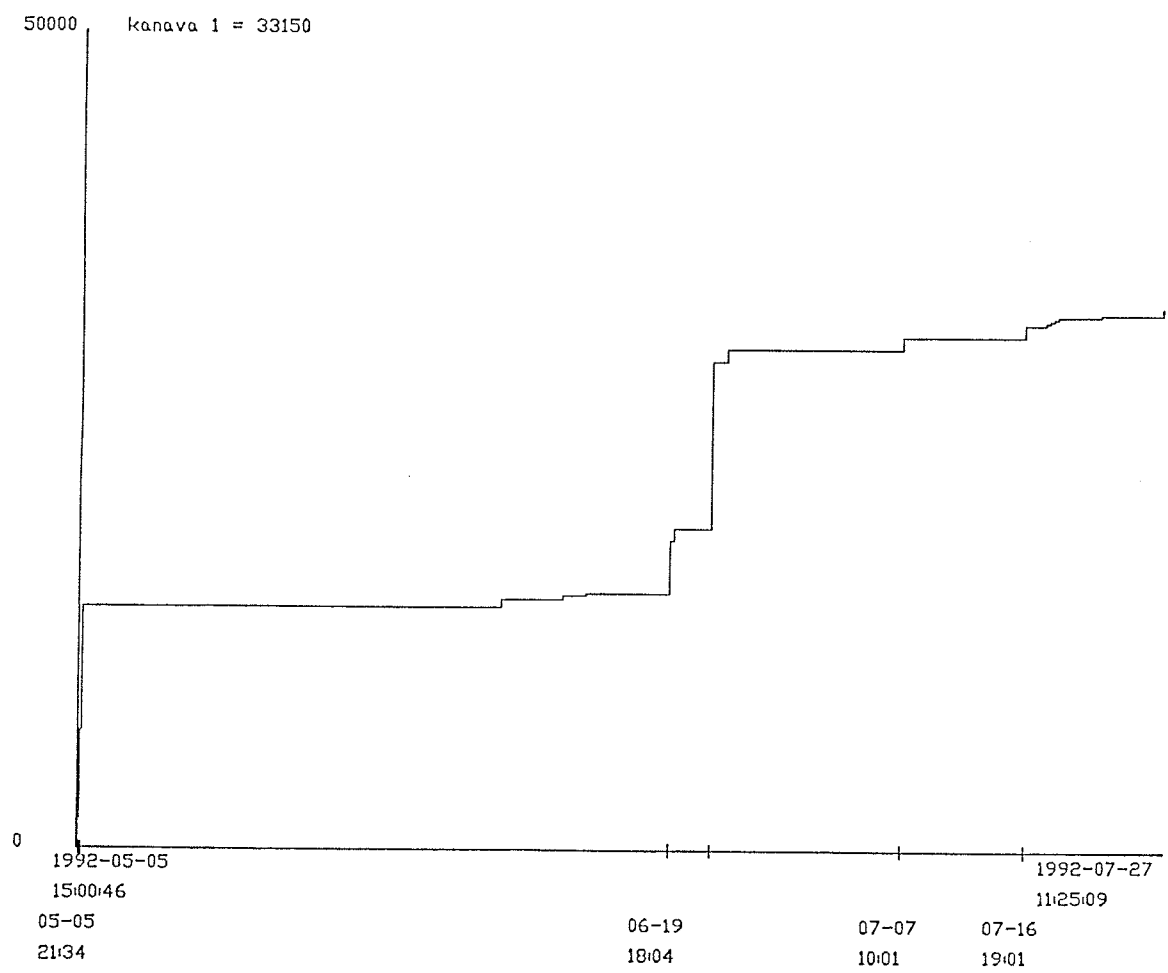
Kuva 3.



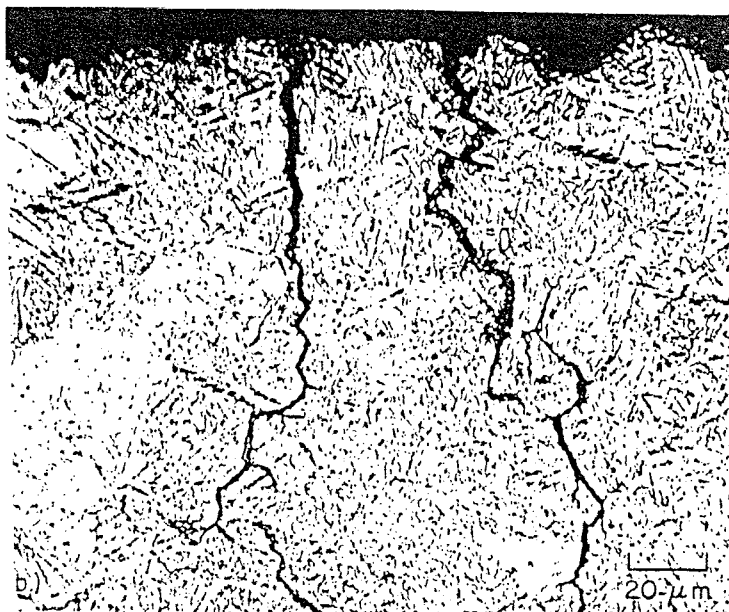
Kuva 4.



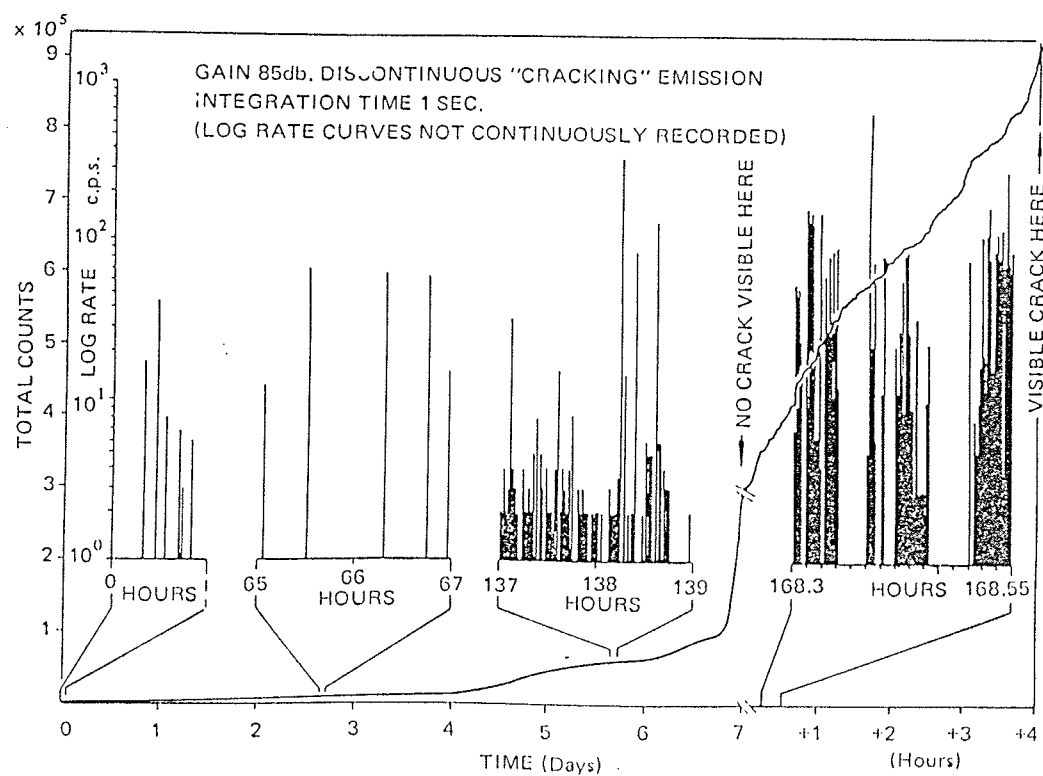
Kuva 5.



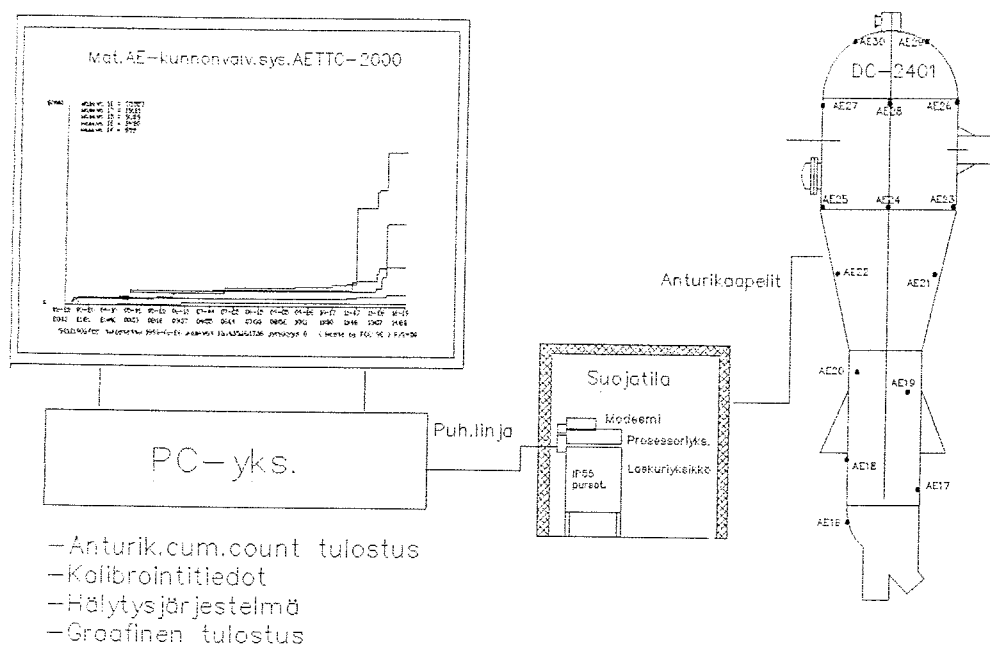
Kuva 6.



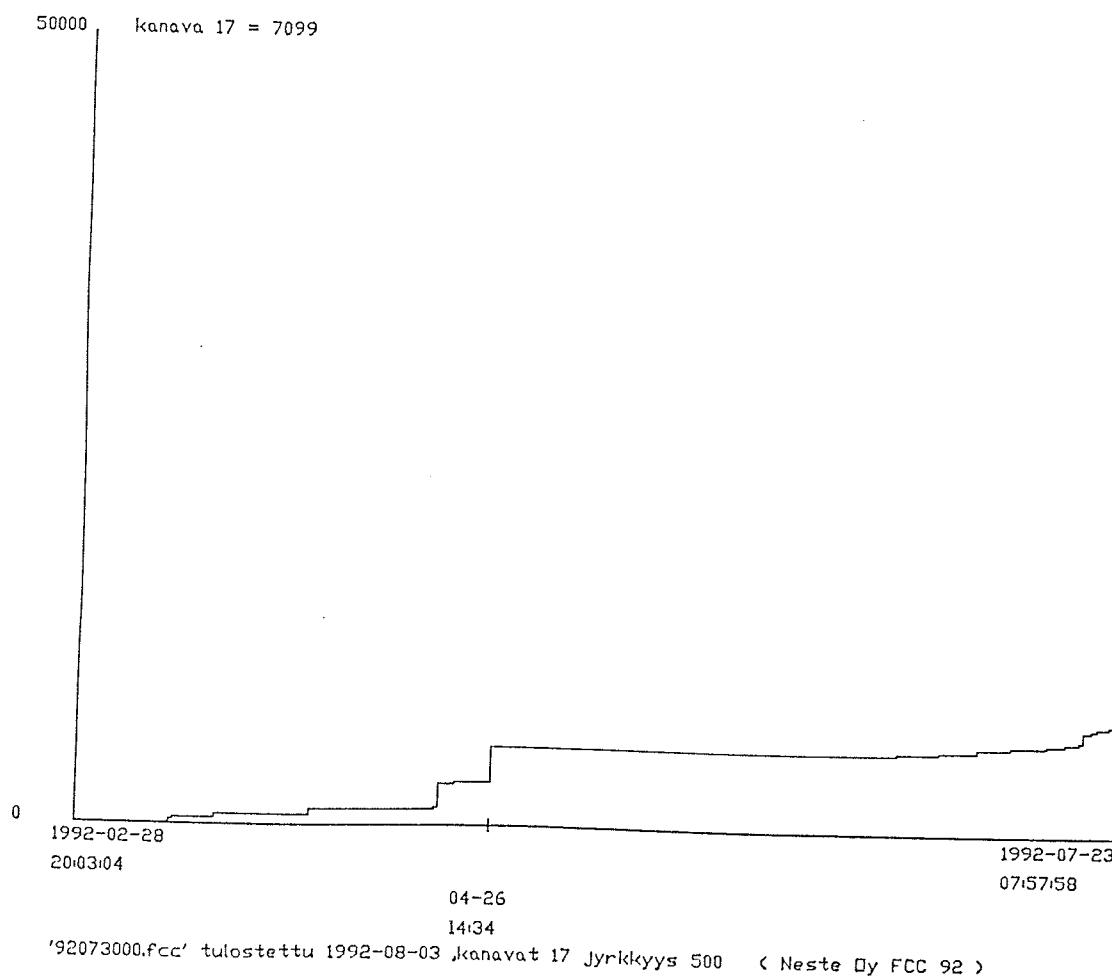
Kuva 7.



kuva 8.



Kuva 9.



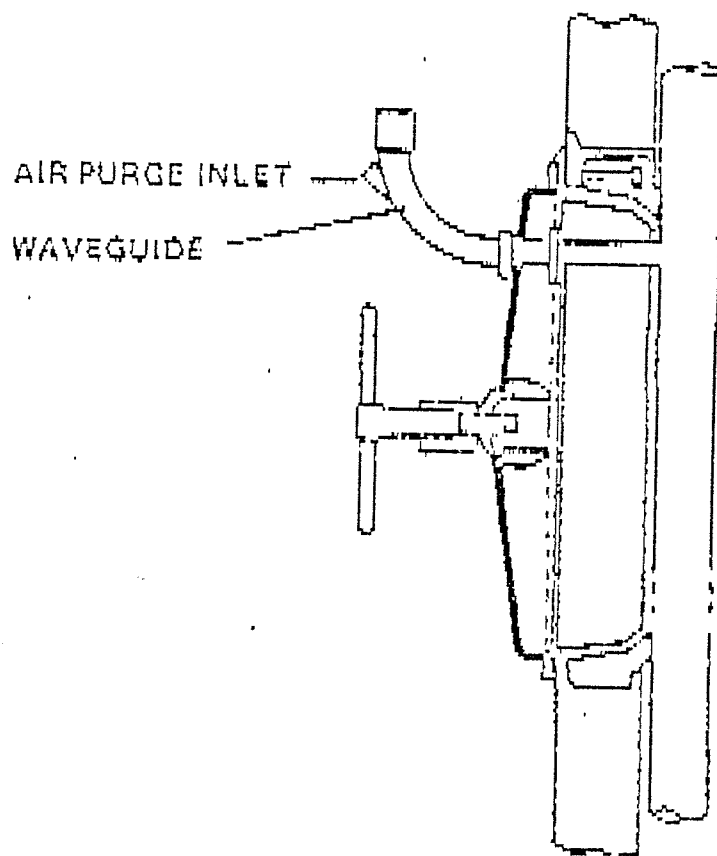
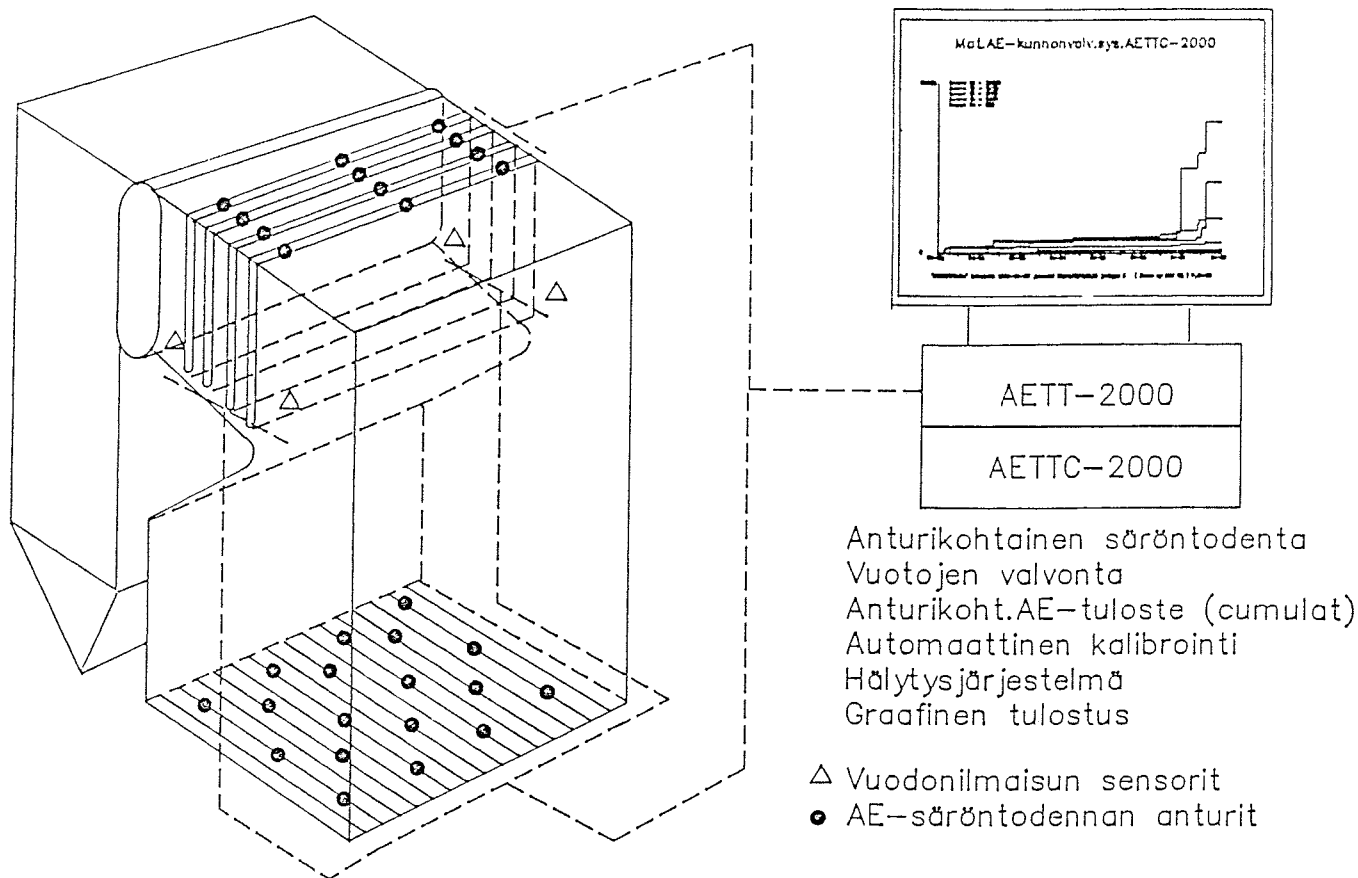


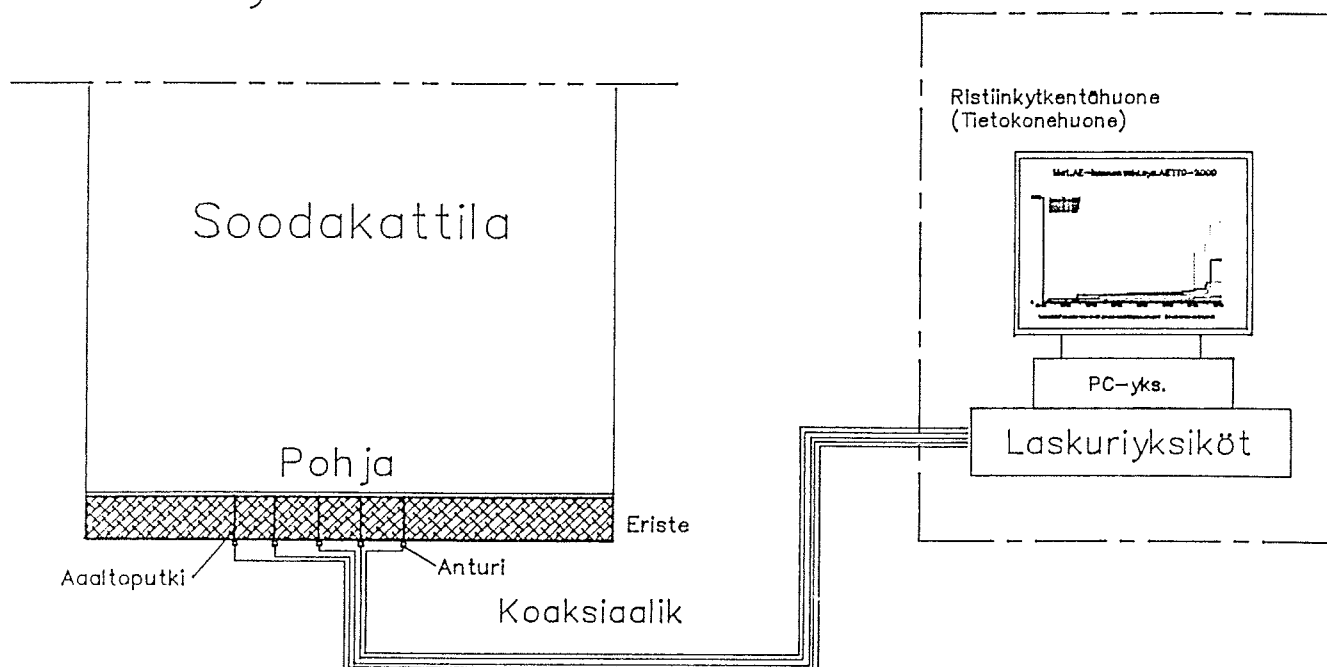
Diagram of Waveguide Mounting
on Boiler Access Door *Kura 70*



Kuva 12

Materiaalien jatkuva kunnonvalvonta—
laitteisto akustista emissiota käyttäen

Kyt kentä



MUSTALIPEÄN PALAMINEN

BENGT-JOHAN SKRIFVARS, ÅBO AKADEMI

COMBUSTION OF BLACK LIQUOR DROPLETS

M. Hupa
Department of Chemical Engineering
Åbo Akademi University
Turku, FINLAND

W.J. Frederick
Department of Chemical Engineering
Oregon State University
Corvallis, OR 97331

INTRODUCTION

In conventional processes, black liquor is fired into recovery furnaces at solids contents ranging from 60-70% and at temperatures of 105-120°C. With high solids firing, the solids content may exceed 80% and the firing temperature 175°C (1). Spray nozzles form the liquor into a flat, conical, or elliptical sheets which quickly disintegrate into droplets. Black liquor sprays typically have a mean droplet diameter of 2-3 mm and a range from 0.5-5 mm. Droplet formation is discussed in more detail by Adams (2).

This presentation deals with the fate of liquor droplets after they have left the nozzle. First, the stages of droplet combustion are discussed, based on data from ongoing fundamental combustion studies in laboratory conditions. Then liquor-to-liquor differences in combustion behavior are compared, and their causes are discussed. Finally, the practical implications of burning characteristics to recovery boiler performance are considered.

THE STAGES OF COMBUSTION

The combustion of liquor droplets proceeds in four stages, as illustrated in Figure 1.

Drying

In the drying stage, most or all of the water in the droplet is evaporated. Drying takes 1-2 seconds for an average size droplet (3; Figure 2a), and the drying time increases in direct proportion to the droplet diameter (4). The droplet swells slightly, typically by a factor of 1.5 in diameter (Figure 3a), as it enters the furnace and begins to boil. It swells and contracts slightly as the liquor continues to boil, but does not swell more through the rest of the drying stage (5). The droplet temperature rises rapidly to about 150°C early during drying, and then increases more slowly, approaching 300°C at ignition (Figure 3b).

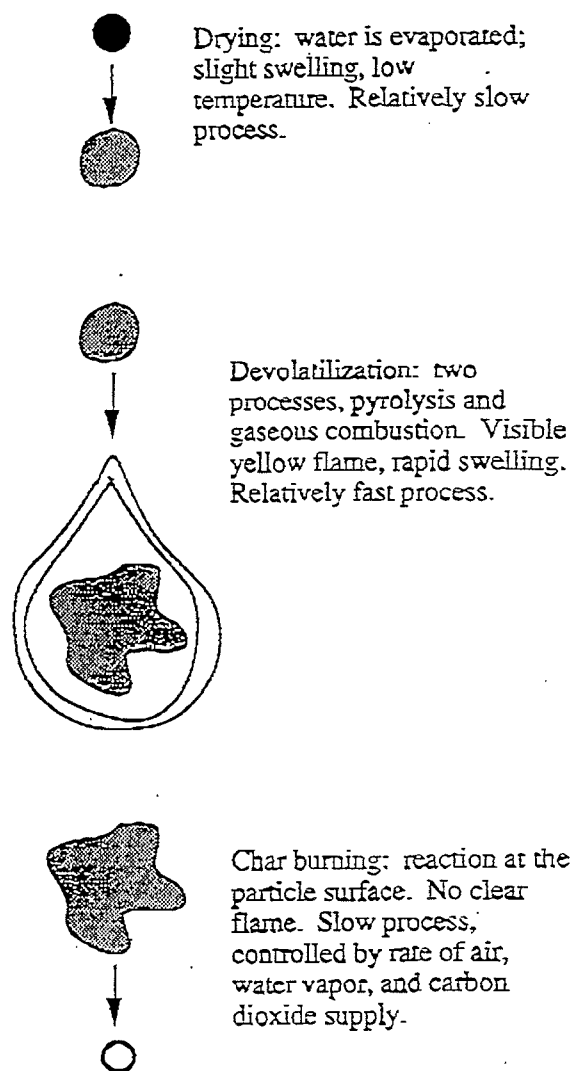


Figure 1. Black liquor burning stages

By the end of the drying stage, all visible signs of boiling have ceased. The droplets appear as extremely viscous or plastic, or as solid particles.

Devolatilization

For droplets burned in air, a bright, yellow flame appears at the droplet surface at the end of the drying stage. This marks the beginning of the second stage of burning, which involves pyrolysis of the liquor's organic matter and burning of the volatiles. The flame spreads rapidly, engulfing the entire droplet in less than 0.5 seconds.

Most kraft liquors swell considerably during devolatilization (Figure 3a). A typical liquor droplet swells to three times its initial diameter by the end of the devolatilization stage (Figure 2b). This corresponds to an almost 30-fold increase in volume.

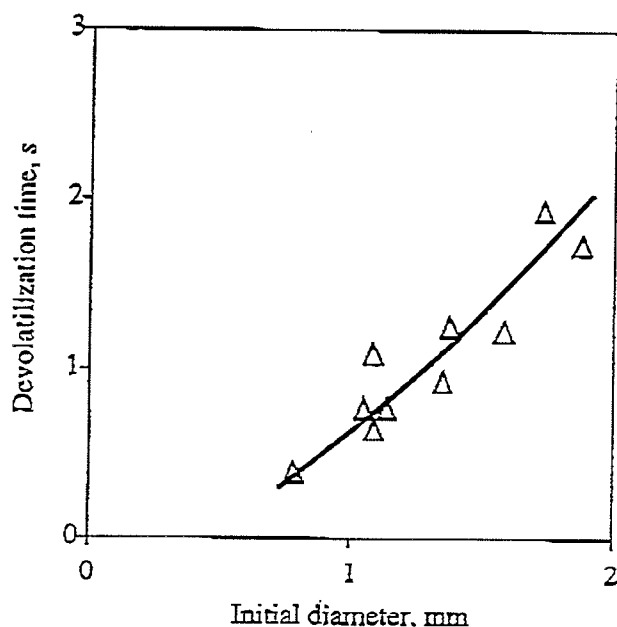
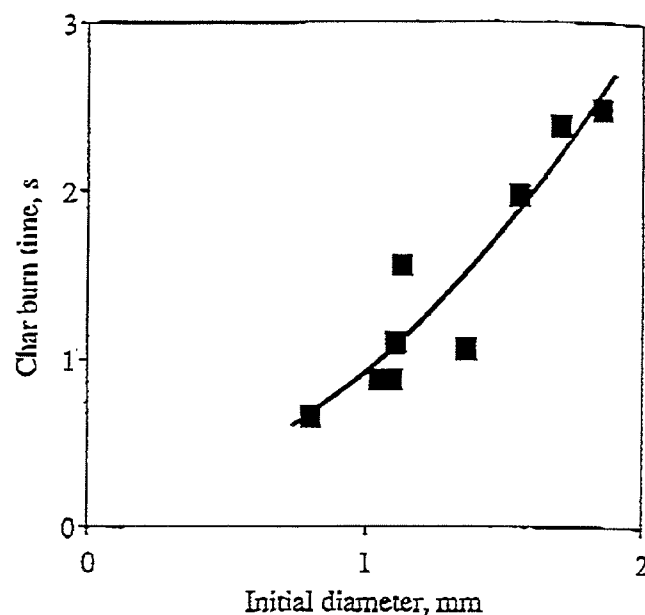
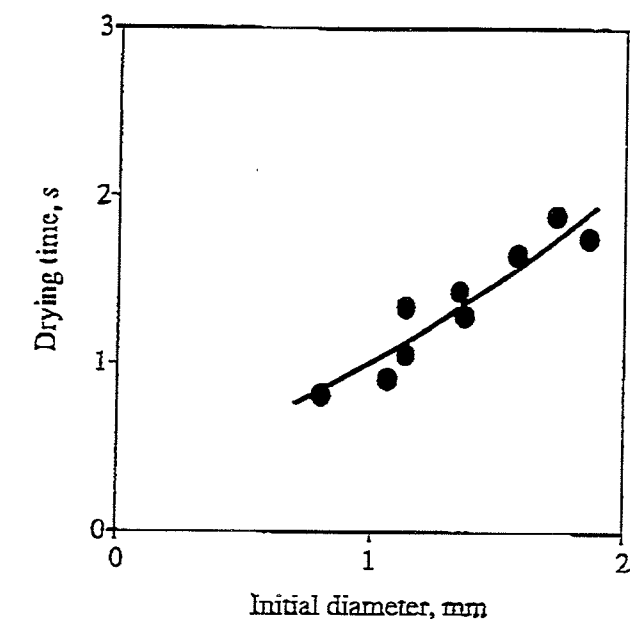


Figure 2. Combustion stage times versus initial droplet diameter for a kraft liquor, 60% solids, burned in air at 800°C. (a) drying, (b) devolatilization, (c) char burning.

Char Burning

After the release of volatiles, the residue from the liquor droplet is a swollen, porous char particle containing mainly carbon and sodium salts. Although the sodium salts are molten, the particle is given a solid structure by the carbon particles it contains. The particle burns at its surface, and it shrinks in size (Figure 3a) as carbon is burned away. There is no visible flame during char burning, but only a glow at the hot char surface. Char burns as fast as oxygen is supplied to the particle surface. Air, CO₂, and water vapor are all effective in converting char carbon to CO, which is burned in the surrounding gas.

The temperature of the char particle continues to rise during the char burning stage. In air, the temperature inside the particle may increase to 400°C above the ambient gas temperature (Figure 3b).

At the end of char burning, the carbon is depleted and the particle collapses suddenly into a molten droplet about half the diameter of the original liquor droplet. Char burning times vary from liquor to liquor, depending mainly on swelling and carbon content. Burning times are strongly influenced by the furnace gas composition; typical values in air are 1-6 seconds (Figure 2c).

During this stage, the temperature of the droplet rises rapidly (Figure 3b). At the end of the stage, the flame disappears, indicating that the droplet has lost all of its volatile organic matter. Devolatilization lasts typically 0.5-2 seconds in air for an average size droplet (3), but is slower at reduced oxygen content.

Much of the fume generation in recovery boilers may be during devolatilization. Our recent findings show that 15-30% of the sodium in black liquor is volatilized during this stage (15). This is enough to account for nearly all of the precipitator catch in most recovery boilers.

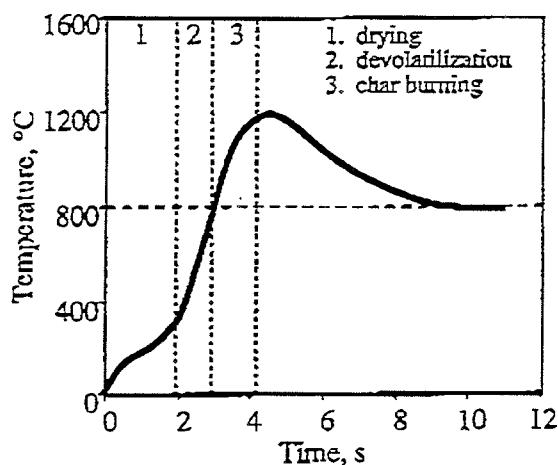
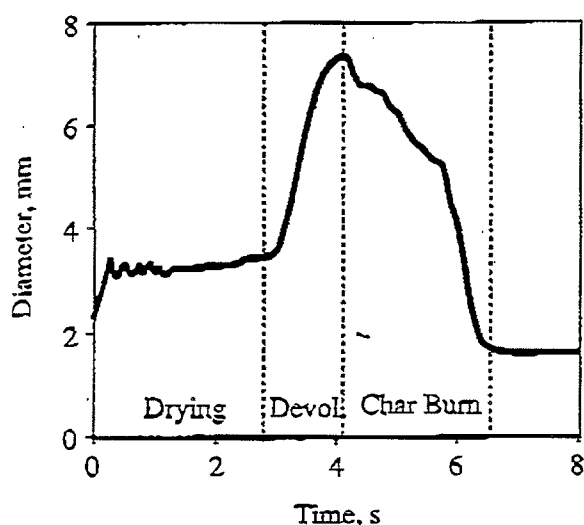


Figure 3. Diameter and temperature profiles for kraft liquor droplets burned at 800°C in air. (a) diameter versus time for a 2.2 mm droplet; (b) temperature versus time for a 1.5 mm droplet.

Some fume is released during char burning, particularly near the end of the stage. Also, small particles, about 0.1 mm in diameter, are often ejected from the burning char particle.

Inorganic Reactions

The melt formed at the end of the char burning stage consists of the inorganic constituents of the liquor. As char burning ends, the sulfur is completely reduced and the droplet contains Na_2S and Na_2CO_3 . If the droplet is allowed to oxidize, the sulfide is converted to sulfate. This reaction is exothermic and may further increase the droplet temperature (Figure 3b). In normal recovery boiler operation, most of the char reaches the

char bed before the char burning stage ends, and oxidation of sulfide is minimized. However, some droplets are entrained by the flue gases and carried to the upper furnace. These are gradually oxidized, forming carry over dust which contains Na_2SO_4 and Na_2CO_3 as main constituents.

A key question is where do each of these stages of combustion occur in a given recovery furnace with its particular liquor spray pattern? This will be discussed briefly at the end of this presentation, and in more detail in the presentations which follow this one.

BURNING OF DIFFERENT LIQUORS

Figure 4 shows the elapsed times for the stages of combustion of thirty liquors from different processes. The times are for droplets of the same size (1.5 mm diameter) at 60% solids, burned in air at 800°C. Twenty five of the liquors originate from kraft pulping processes using different wood species, one is a soda liquor, and the other four are from sodium based sulphite pulping.

The liquors differ widely in their burning behavior. The times drying and devolatilization vary by more than $\pm 40\%$ around the average values. The char burning times vary even more. Within the kraft liquors, the fastest burns more than twice as fast as the slowest. The sulphite liquor chars take almost twice as long to burn as the kraft chars. The soda liquor burned about the same as a typical kraft liquor.

The char burning times shown in Figure 4 are for droplets burned in air. In a recovery furnace, the char burning times will be 3-4 times as long because of the lower oxygen concentration. In terms of recovery boiler performance, char burning rate is the most important and the most variable of the combustion stages.

Figure 5 shows the maximum swelling for the same liquors as in Figure 4. Swelling is shown as the volume of the char at the beginning of char burning per gram of dry black liquor solids in the droplet prior to burning. Some of the liquors, particularly the sulphites, swell hardly at all. Others swell dramatically, to more than $50 \text{ cm}^3/\text{g}$ black liquor solids. The highly swelling liquors are the ones which burn more rapidly. There is a strong inverse correlation between the char burning times in Figure 4 and the maximum swelling in Figure 5.

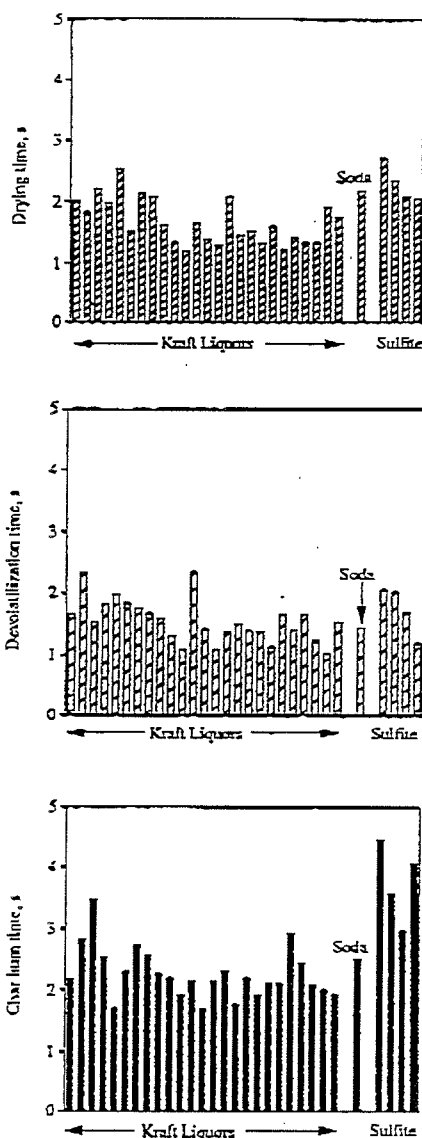


Figure 4. Combustion stage times for 30 liquors. (a) drying, (b) devolatilization, (c) char burning.

FACTORS WHICH INFLUENCE BURNING BEHAVIOR

Liquor-specific Factors

Before discussing the factors which influence burning behavior, it is important to examine the basic processes which control the rate for each stage. The drying and devolatilization processes are heat transfer controlled, while char burning is mass transfer controlled (4, 6-8). This means that droplets will dry and devolatilize as fast as heat is supplied to them. Char gasifies and burns as fast as oxygen is supplied. The oxygen source may be O_2 , CO_2 , and/or H_2O .

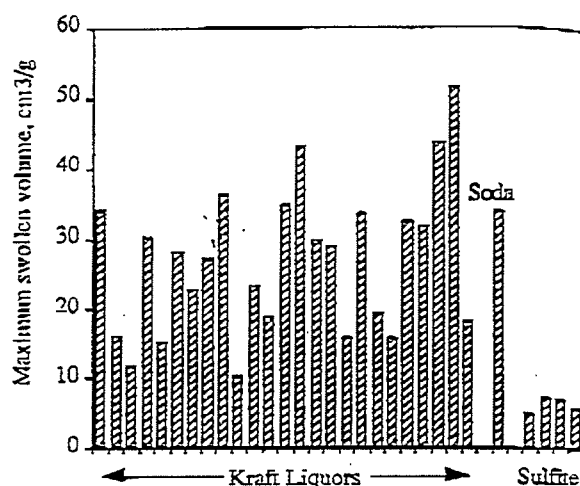


Figure 5. Maximum swollen volumes for 30 liquors burned in air at $800^\circ C$.

The rate of the heat and mass transfer processes which control burning all depend strongly on the diameter of the droplet or particle. For that reason, the most important liquor-specific factor in droplet combustion is swelling. During drying, different liquors swell much the same (5) which is why there are not greater differences in drying times in Figure 4. During devolatilization, droplets which swell more receive heat faster from the surrounding gas and flame, but the heat is conducted more slowly into the droplet. This accounts for the insensitivity of devolatilization time to differences in swelling. The strong correlation between char burning time and maximum swelling is observed because the char particles gasify and burn as fast as O_2 , CO_2 , and H_2O from the surrounding gases reach the particle surface. Particles with a greater external surface area therefore burn more rapidly.

Two other liquor-specific factors which impact burning times are the conditions required for ignition of the droplet and the fraction of the black liquor solids which is volatilized. Black liquor ignites when the rate of volatiles release reaches a critical value. Liquor-to-liquor differences in the rate of volatiles release as the droplet approaches dryness may account for the differences in drying times in Figure 4. While the factors which control ignition have been studied for other fuels, they have not yet been for black liquor, and the effect of differences in ignition behavior remain open to speculation.

The char burning time is inversely proportional to the volatile fraction in black liquor. The volatile fraction for most fuels depends on the carbon content of the fuel, the temperature to which the droplet is heated during devolatilization, and the heating rate. The organic and inorganic composition may also play a role.

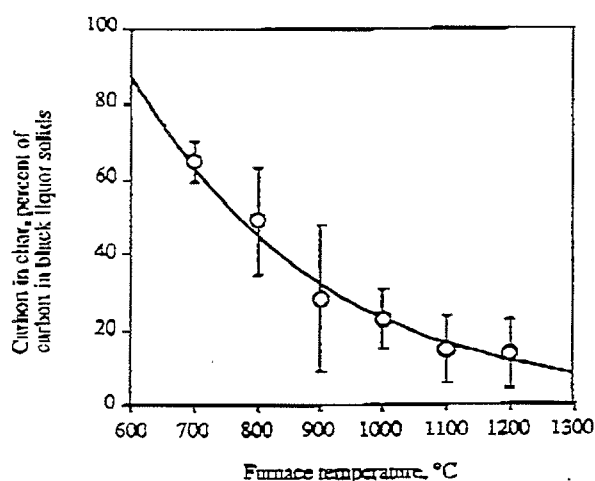
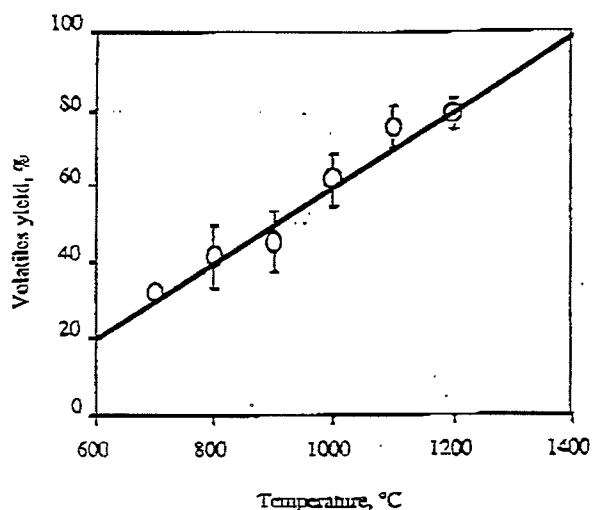


Figure 6. (a) Volatiles yield (a) and carbon content of char (b) versus temperature for a softwood kraft liquor. 6-55 mg droplets, 60-65% dry solids content, 10 s pyrolysis time. Error bars indicate ± 1 standard deviation.

The effects of these variables on black liquor char burning time have not been studied until recently, but data now available shows that furnace temperature has a strong influence on volatiles yield (Figures 6; Frederick and Hupa, 1991). Research in this area continues.

Furnace Parameters

Furnace parameters, particularly temperature and gas composition, influence the combustion stage times differently. Since the drying rate is fixed by the heat transfer rate, drying times decrease rapidly as the furnace temperature increases (Figure 7). The surrounding gas composition has no influence on drying.

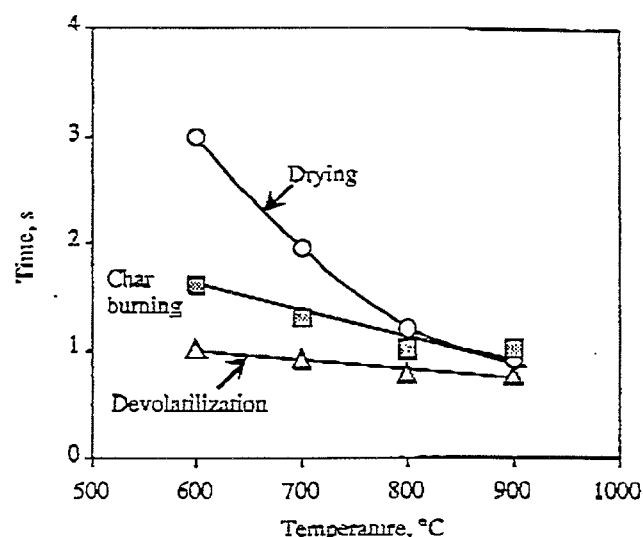


Figure 7. Combustion stage times versus furnace temperature for 1.5 mm droplets.

Devolatilization times are not affected much by furnace temperature because the flame surrounding the droplets isolates them thermally from the ambient furnace conditions. The flame temperature is the most important variable in determining the rate of devolatilization. It is most strongly influenced by the oxygen content of the surrounding gas.

Furnace temperature affects char burning times mainly because of its effect on the amount of carbon remaining to be burned after pyrolysis (Figure 6b). The composition of the surrounding gas is also an important furnace parameter in determining char burning time. As indicated earlier, the rate of char burning increases in direct proportion to the concentrations of oxygen, carbon dioxide, and water vapor in the surrounding gas. Char burning rates are not affected much by furnace temperature because they are controlled by mass transfer and mass transfer rates are not temperature sensitive.

FACTORS WHICH AFFECT SWELLING

As swelling is the most important liquor-specific variable which influences droplet combustion, we now take a closer look at the factors which affect it. As with combustion times, these can be divided into two categories, liquor-specific factors and furnace parameters.

Liquor-specific Parameters

The liquor-to-liquor variability in swelling has not yet been completely explained in terms of liquor composition and properties. The most obvious

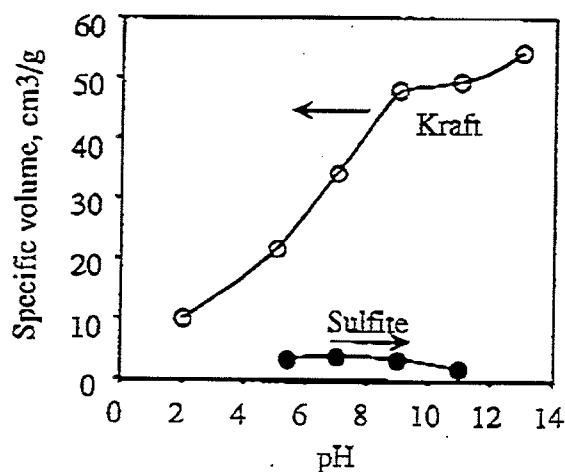


Figure 8. Effect of pH on swelling for kraft and sulfite liquors.

differences in swelling are between kraft and sulphite liquors (Figure 5). Part of the difference is related to pH. When kraft liquor is acidified with a mineral acid, its swelling behavior is clearly altered. As the pH is reduced to 7 and lower, swelling decreases dramatically, approaching that of a sulphite liquor (Figure 8). Increasing the pH of the acidified liquor with NaOH does not restore its swelling properties. The irreversible change in swelling behavior may be related to the loss of sulfide upon acidification, or to irreversible changes in the lignin fraction of the organic matter. Likewise, the practically non-swelling, slow burning behavior of sodium based sulphite liquors cannot be altered by raising the pH with either NaOH or Na_2CO_3 .

The pH effect is particularly important to consider in cross recovery when kraft and NSSC liquors are mixed and burned together (3). The swelling and char burning behavior of mixtures of these liquors changes abruptly at 30-40% NSSC liquor based on dry solids (Figure 9). Below this level, the liquor mixture burns like a kraft liquor; above, it burns like an NSSC liquor. A pulp mill which operated near the transition point often had problems with sudden blackouts. When the NSSC/kraft liquor ratio was controlled more carefully, the blackout problem disappeared.

The relationship between the composition of black liquor and its swelling characteristics is not completely understood, but much progress has been made. The known effects are summarized here.

"Dead load" chemicals decrease swelling moderately. Figure 10 shows how the addition of "dead load", introduced in this case as Na_2SO_4 , influences swelling.

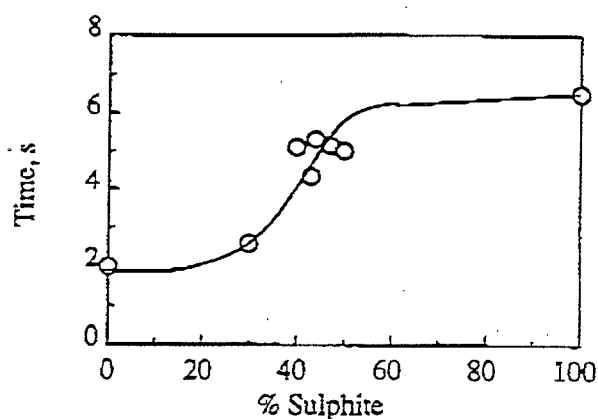
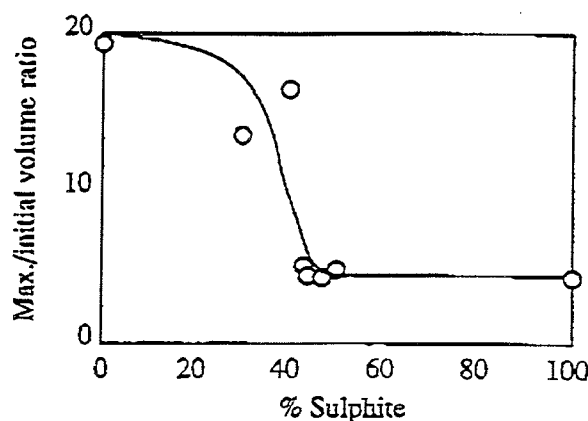


Figure 9. Maximum swelling and char burning times for mixtures of a kraft liquor and a sodium based sulphite liquor. Data are for 1.5 mm droplets at 60% solids burned in air at 800°C.

Swelling decreased more rapidly than expected if the effect is solely one of dilution of the organic solid fraction.

Large amounts of tall oil, when added to a strongly swelling liquor, can reduce swelling much more than expected from simply the dilution effect (Figure 10). The normal amount and variation of tall oil in black liquor have only a small effect on swelling, however.

The ratio of lignin/carbohydrate in black liquor can affect swelling. In studies with synthetic liquors, some exhibited a maximum in swelling at lignin/carbohydrate ratios near 50/50, while others showed no differences in swelling (17,18). Limited data indicates that lignin molecular weight also affects swelling (9)

Furnace Parameters

Gas temperature can affect swelling. The maximum swelling for three liquors at different furnace temperatures decrease by roughly a factor of two as temperature increases in the range 600-900°C (Figure

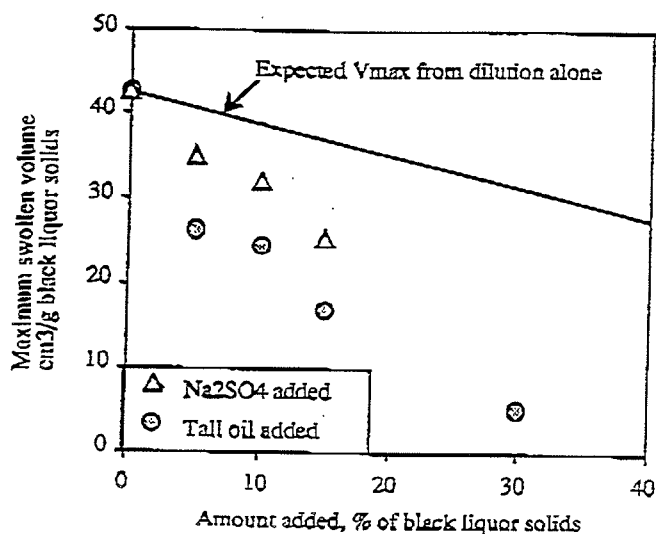


Figure 10. Effect of Na_2SO_4 and tall oil addition on maximum swelling for a kraft liquor burned in air at 800°C .

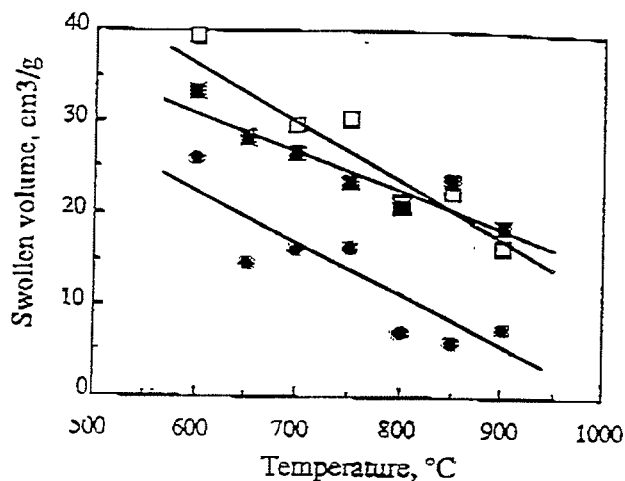


Figure 11. Effect of furnace temperature on swelling for three kraft black liquors burned in air

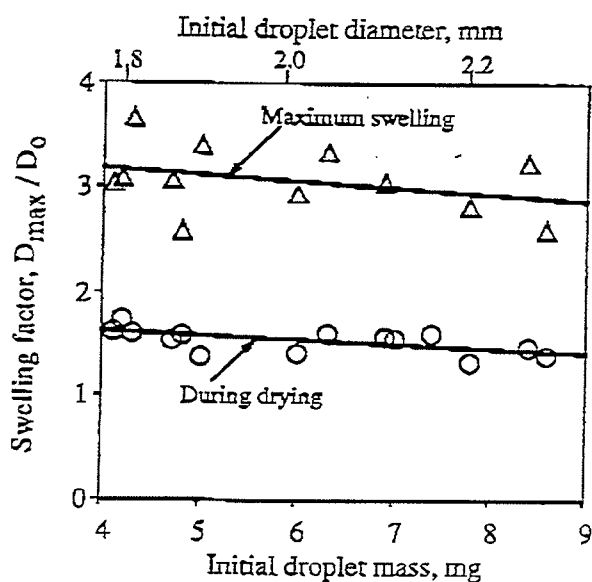


Figure 12. Effect of droplet size on swelling. Data are for a typical kraft liquor in air at 800°C .

Table 1. The effect of gas atmosphere on the swelling of black liquor droplets at 800°C (4).

Gas composition	Swollen volume, cm^3/g
N_2	133 ± 33
4-12% O_2	234 ± 121
21% O_2	66 ± 21
20% CO_2	43 ± 4
20% H_2O	61 ± 20

The data in Table 1 shows how furnace gas composition affects swelling. Under otherwise identical conditions, droplets swell less in air or high concentrations of CO_2 or water vapor. Swelling is greater in nitrogen and greatest at reduced oxygen concentrations.

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF HIGH SOLIDS LIQUORS

With the current interest in high solids firing, a key question is how combustion behavior differs at high solids firing conditions. The combustion stage times and maximum swelling are shown for a typical kraft liquor in Figures 13-14. The measurements were made with droplets of constant initial mass but different dry solids content, at 800°C in air. The combustion stage times depend on the amount of water or dry solids in the droplet, so drying time is plotted as drying time per mg water initially in the droplets, while devolatilization and char burning times are plotted per mg dry solids.

11). At lower temperatures, much greater swelling has been observed (10, 11), but these conditions are not representative of recovery furnaces.

Swelling is nearly independent of droplet size when compared on a relative basis (Figure 12).

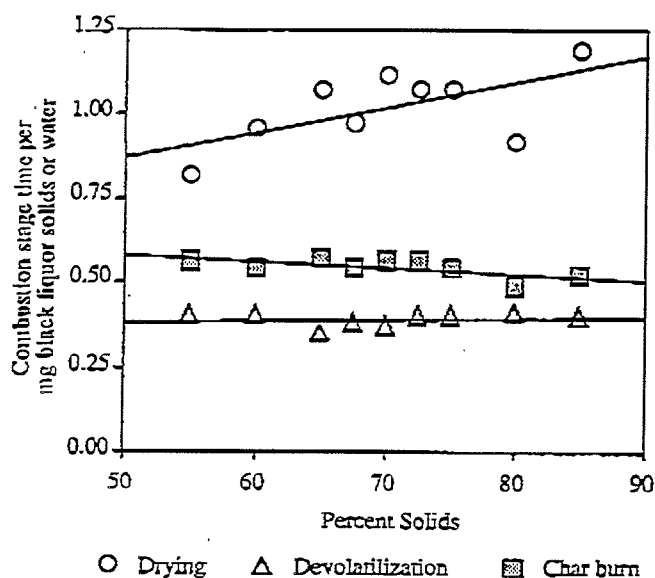


Figure 13. Effect of solids content on combustion stage times for 2.2 mm diameter droplets burned in air at 800 °C (14).

From this data, we see that there is very little difference in the basic burning characteristics at high dry solids content. The devolatilization and char burning times per mg dry solids change very little as initial solids content increases (Figure 13). The drying time per mg water is slightly longer at higher solids content. Swelling per mg dry solids is independent of initial solids content for some liquors but increases with dry solids content for others (Figure 14).

This data shows that the combustion behavior of black liquor droplets does not change greatly as dry solids content is increased. Because the droplets dry faster at higher initial dry solids content, it should be possible to use a coarser spray. This has the advantages of moving combustion lower into the furnace and reducing carry over. With this method of firing, more air will need to be delivered through the primary ports. A key remaining question is the effect of high solids firing on temperature in the lower furnace and its implications to fuming rates and plugging of gas passages with fume, precipitator efficiency and stack opacity, NO_x emissions, and corrosion in the lower furnace.

IMPLICATION TO DROPLET TRAJECTORIES AND BURNOUT

The swelling characteristics of black liquor have a great impact on the trajectory of a droplet in a recovery furnace. This in turn affects where heat is absorbed

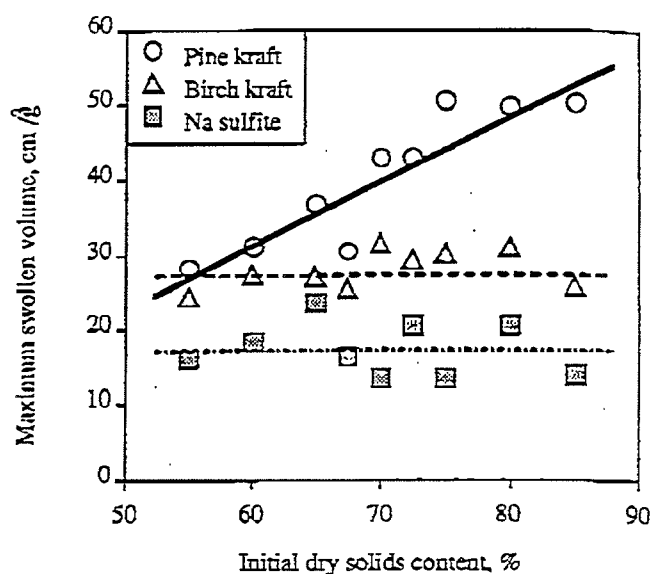


Figure 14. Effect of solids content on maximum swelling for 2.2 mm droplets burned in air at 700 °C (14).

(during drying) or released (during the burning stages). It also impacts where burnout occurs and where deposits may form in the superheater.

The flow and temperature fields in a recovery boiler are very complex, and calculation of droplet trajectories is a slow and difficult task (12). However, insight into how swelling impacts droplet trajectory and burnout can be gained by examining the trajectories of droplets in a simple flow field.

Figure 14 shows the trajectory of a black liquor droplet in an upward flowing gas at uniform velocity. The trajectory was calculated using droplet combustion stage models to calculate the drying, devolatilization, and char burning times, and a momentum balance to calculate the velocity. The stages of combustion are marked by different symbols in Figure 15. Note that the upward motion of the droplet begins during drying, and continues part way through char burning. The trajectory is, of course, strongly influenced by gas velocity and initial droplet mass. At higher velocities, the downward motion at the end of char burning may not occur.

The effect of swelling on droplet trajectory and burnout is seen in Figure 16. This figure shows the calculated trajectories and burnout point for five liquors, varying from poorly to highly swelling, in a high velocity gas flow. The poorly swelling liquors burn slowly, but is carried upward more slowly by the gases because it

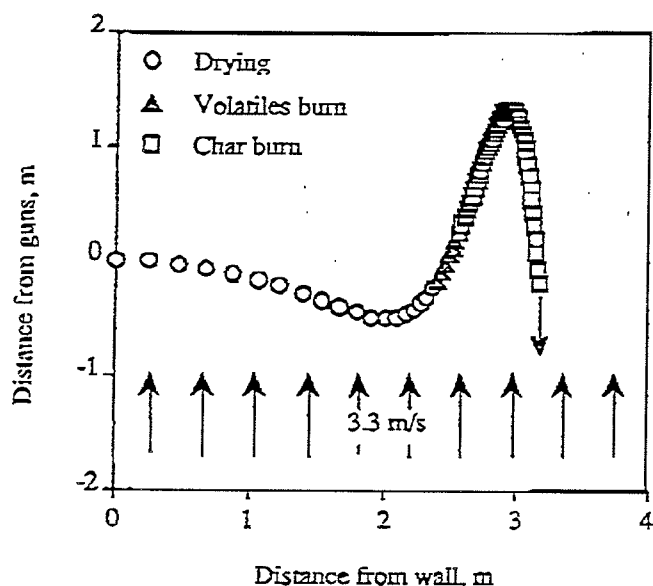


Figure 15. Trajectory for a 1.5 mm black liquor droplet at 60% solids, burned at 800°C in air flowing upward at 3.3 m/s. Maximum swollen volume = 24 cubic centimeters/g black liquor solids.

remains relatively dense while burning. The highly swelling liquors move up rapidly with the gas, but burn even more rapidly. They burn out at a lower elevation than do more poorly swelling liquors.

The results in Figure 16 illustrate the complex interaction between swelling, burnout, and trajectory. The trajectories shown depend strongly on gas velocity and droplet size as well as on swelling. Of course the simplified patterns are not truly representative of furnace conditions. However, they do show at least qualitatively how swelling can impact burnout location and plugging of air passages.

CONSEQUENCES

Black liquor droplets burn in three distinct phases: (I) drying, (II) devolatilization, and (III) char burning. At furnace conditions, devolatilization is rapid and drying is somewhat slower. Char burning is much slower, and dominates the total burning time. In modern firing systems, the drying and devolatilization phases take place in flight, although larger droplets may continue to devolatilize in the char bed. Part of the char burning, perhaps as much as half, also occurs in flight.

Part of the liquor, usually the smaller droplets, may burn completely in flight. These are often entrained in the flue gas as "carry over" particles. The tradeoff

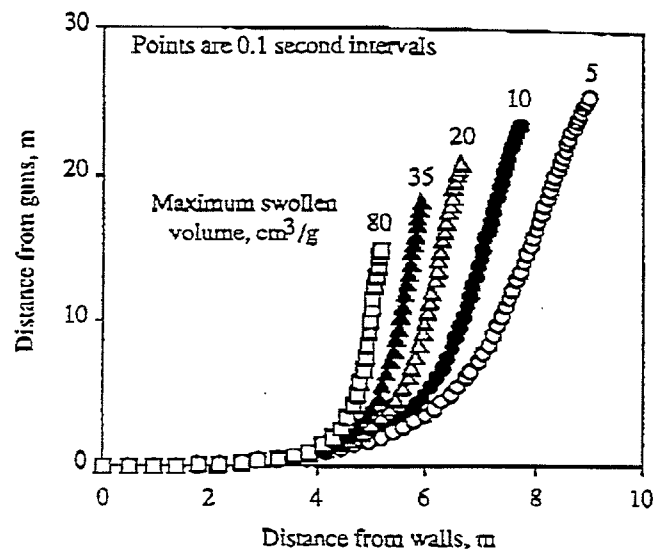


Figure 16. Effect of swelling during drying on trajectories to burnout for 2.2 mm droplets in an upward flowing gas at 1000°C. 10 m/s gas velocity, 5% oxygen in gas, 60% initial solids content.

between burning time and entrainability means that liquors with high swelling characteristics are not necessarily a greater carry-over problem than poorly swelling liquors. The upward gas flow rate varies across a recovery boiler, with the highest velocity in a central core (6). All liquors should be fired in a way that minimizes entrainment in the upward central core flow.

Kraft liquors from different processes show great variations in their combustion behavior. This is an important factor to keep in mind when transferring operating strategies from one unit to another. Good firing practices in one unit may not be successful in another if the liquor burning characteristics are greatly different.

Swelling is the liquor-specific combustion property which most affects combustion and combustion stability. It varies widely from liquor to liquor, but can be characterized by laboratory measurements. Swelling characteristics should be compared based on measurements made at furnace conditions, not at low temperatures. There is no correlation between low temperature swelling behavior and swelling at furnace temperatures (5).

The combustion behavior of high solids liquors is about the same as at lower solids. When firing high solids liquors, spray size needs to be reduced to offset the longer char burning times which result from the higher dry solids mass per droplet.

Burning sodium based sulphite or NSSC liquors together with kraft liquors may change the burning characteristics of the kraft liquor abruptly when the proportion of sulphite liquor exceeds 30% of the total dry solids.

The swelling characteristics and burning behavior of black liquor is affected by large concentrations of tall oil or extremely low pH. Both decrease swelling. Upsets which result in short-term, high soap concentrations or high ClO₂ generator brine inputs may cause boiler upsets and combustion instability.

ACKNOWLEDGEMENTS

The following organizations provided financial support for parts of the work discussed in this paper: LIEKKI, the Combustion research Program of Finland; the Research Institute of the Åbo Akademi Foundation; Oy Tampella AB; the U.S. Department of Energy, and Weyerhaeuser Company. Their support is gratefully acknowledged.

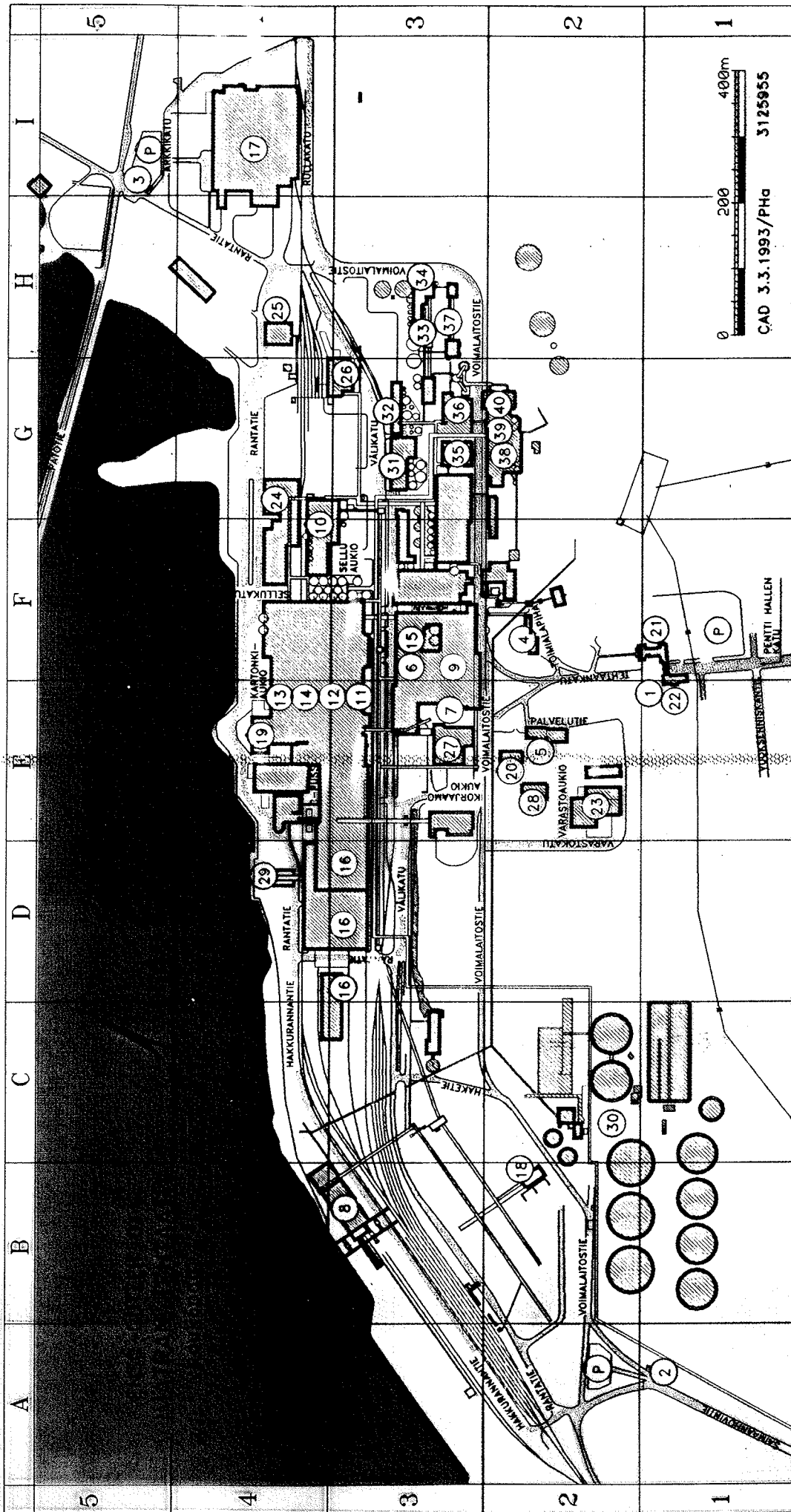
REFERENCES

1. Rasanen, O., Alajarvi, T., "Evaporation to ultra-high solids: benefits and possibilities" 1990 Kraft Recovery Operations Short Course Notes, TAPPI Press, Atlanta (1990) p. 95-104.
2. Adams, T., "Black liquor spray nozzles for kraft recovery boilers" 1990 Kraft Recovery Operations Short Course Notes, TAPPI Press, Atlanta (1990) p. 163-172.
3. Hupa, M., Solin, P., Hyöty, P., "Combustion Behavior of Black Liquor Droplets" in *Proc. 1985 Intl. Chem. Recovery Conf.*, p. 335-344.
4. 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.
5. Frederick, W.J., Noopila, T., and Hupa, M., "Swelling of pulping liquor droplets during combustion," *J. Pulp Paper Sci.*, September, 1991.
6. Adams, T.N., Frederick, W.J. *Kraft Recovery Boiler Physical and Chemical Processes*, American Paper Institute (1988).
7. Frederick, W.J., Kulas, K.C., Clay, D.T., Hupa, M., Noopila, T., "Analysis of black liquor single droplet combustion data", *Proc. 1989 Int'l. Chem. Recovery Conference*, Ottawa, April 3-6, 1989(d), p. 81-88.
8. Kulas, K.C., "A model of the combustion of a single droplet of kraft black liquor," Ph.D. Thesis, The Institute of Paper Science and Technology, Atlanta, GA (1989).
9. Söderhjelm, L., Hupa, M., and Noopila, T., *J. Pulp and Paper Science* 15(4):J117-J122 (1989).
10. Noopila, T. and Hupa, M., "Measuring the Combustion Properties of Black Liquors by Different Techniques", *Combustion Chemistry Research Group Report 88-5*, Åbo Akademi, Turku, Finland (1988).
11. Miller, P.T., Clay, D.T. "Swelling of kraft black liquor during pyrolysis," *AIChE For. Prod. Div. Symp.* V. 1 (1986), p. 152-159.
12. Grace, T.M., A. Walsh, A. Jones, D. Sumnicht, and T. Farrington, "A three-dimensional model of the kraft recovery furnace" *Proc. 1989 Int'l. Chem. Recovery Conference*, Ottawa, April 3-6, 1989, p. 1-8.
13. Walsh, A.R., "A computer model for in-flight black liquor combustion in a kraft recovery furnace" Ph.D. Thesis, The Institute of Paper Chemistry, January, 1989.
14. Frederick, W.J., Noopila, T., and Hupa, M., "Combustion behavior of black liquor at high solids firing conditions," Accepted for publication in *Tappi J.*, April, 1991.
15. Frederick, W.J. and Hupa, M., "Sodium Volatilization During Pyrolysis of Black Liquor," submitted to *Tappi J.*, June, 1991, accepted for publication July, 1991.
16. Frederick, W.J., Hupa, M., "Combustion parameters for black liquor," Final Report to the U.S. Department of Energy, Contract No. DE-FG02-90CE40936, Subcontract 91-001 (in press).
17. Alén, R., Hupa, M., Noopila, T., "Combustion properties of organic constituents of kraft black liquors," accepted for publication in *Holzforschung*, 1991.
18. Miller, P. T., Clay, D. T., and Lonsky, W. F. W., "The influence of composition on the swelling of kraft black liquor during pyrolysis," TAPPI Engr. Conf., Seattle, Sept. 1986.

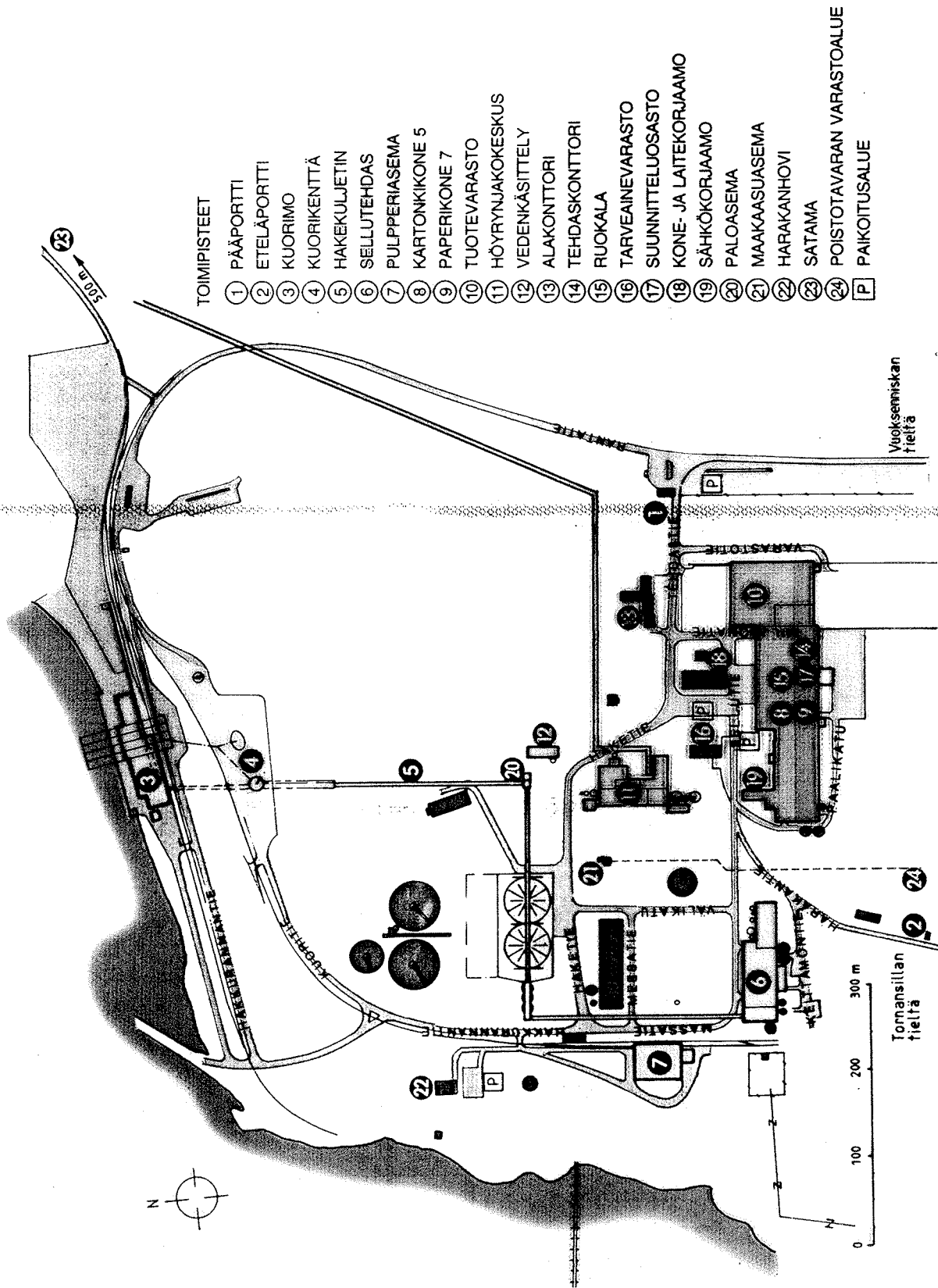
ENSO-GUTZEIT OY, IMATRAN TEHTAAT

JUHA KOSONEN

ENSO-GUTZEIT OY
IMATRAN TEHTAAT



1	PÄÄPORTTI	E1	9	KUITULINJA 1	F3	17	PÄÄLLYSTYSTEHDA	14	25	LIETTÄMÖ	H4	33	MEESAUNI 3	H3
2	KUORIMON PORTTI	A1	10	KUITULINJA 2	F4	18	SEULOMO	B2	26	VALK. KEMIKAALIASAMA	G3	34	KAUSTISTAMO 3	H3
3	PÄÄLLYSTYST. PORTTI	I5	11	KARTONKIKONE 1	E3	19	KARTONKITEHT. KONTTORI	E4	27	KONEKORJAAMO	E3	35	ÖLJYK. 9-11 + TURBIINI 6	G3
4	TOIMIALAN KONTTORI	F2	12	KARTONKIKONE 2	E3	20	KESKUSRUOKALA	E2	28	SÄHKÖ- / AUTOM. KORJ.	E2	36	SOODAKATTILA 5	G3
5	TEHTAAN KONTTORI	E2	13	KARTONKIKONE 4	E4	21	TEOLLISUUSOPPILOITOS	F1	29	SATAMA	D4	37	MEESAUNI 4	H3
6	PK-6:N KONTTORI	F3	14	PAPERIKONE 8	E3	22	PALOASEMA	E1	30	VEDENPUHDISTAMO	C2	38	KAASUK. 12 + KUORIK. 2	G2
7	SA-KONTTORI	E3	15	PAPERIKONE 6	F3	23	TARVEAINEVARASTO	E2	31	HAIHDUTTAMO 6	G3	39	TURBIINI 7	G2
8	KUORIMO	B3	16	TUOTEVARASTO	D3	24	SELL. VARASTO	G4	32	HAIHDUTTAMO 5	G3	40	SOODAKATTILA 6	G2



TOIMIPISTEET

- 1 PÄÄPORTTI
- 2 ETELÄPORTTI
- 3 KUORIMO
- 4 KUORIKENTTÄ
- 5 HAKEKULJETIN
- 6 SELLUTEHDAS
- 7 PULPPERIASEMA
- 8 KARTONKIKONE 5
- 9 PAPERIKONE 7
- 10 TUOTEVARASTO
- 11 HÖYRYNJAKOKESKUS
- 12 VEDENKÄSITTELY
- 13 ALAKONTTORI
- 14 TEHDASKONTTORI
- 15 RUOKALA
- 16 TARVEAINEVARASTO
- 17 SUUNNITTELUOSASTO
- 18 KONE- JA LAITEKORJAAMO
- 19 SÄHKÖKORJAAMO
- 20 PALOASEMA
- 21 MAAKAASUASEMA
- 22 HARAKANHOVI
- 23 SATAMA
- 24 POISTOTAVARAN VARASTOALUE
- P PAIKOITUSALUE

DEPARTMENTS

- 1 MAIN GATE
- 2 SOUTH GATE
- 3 WOOD ROOM
- 4 BARK STORAGING AREA
- 5 CHIP CONVEYOR
- 6 PULP MILL
- 7 REPULPING STATION
- 8 BOARD MACHINE 5
- 9 PAPER MACHINE 7
- 10 PRODUCT STORAGES
- 11 STEAM DISTRIBUTION
- 12 MILL WATER TREATMENT PLANT
- 13 OFFICE
- 14 MILL OFFICE
- 15 CANTEEN
- 16 MATERIAL STORAGE
- 17 ENGINEERING DEPARTMENT
- 18 MACHINE SHOP
- 19 ELECTRICAL SHOP
- 20 FIRE STATION
- 21 NATURAL GAS STATION
- 22 HARAKANHOVI
- 23 PORT OF VUOKSI
- 24 SCRAP YARD
- P PARKING

ENSO-GUTZEIT OY
Imatran tehtaat

3

TUOTANTO

VALKAISTUA SELLUA	560 000 TONNIA
VALKAISEMATONTA SELLUA	170 000 TONNIA
PAPERIA	300 000 TONNIA
KARTONKIA	720 000 TONNIA
PE-PÄÄLLYSTYS	160 000 TONNIA
ARKITUS	80 000 TONNIA

KARTONKI- JA PAPERIKONEET JA TUOTANNOT

KONE LEVEYS KAPASITEETTI TUOTTEET

PAKKAUSKARTONKITEOLLISUUS

KA 1	4,4 M	120 000 T	KUPPIKARTONKI NESTEPAKKAUSKARTONKI
KA 4	6,3 M	200 000 T	NESTEPAKKAUSKARTONKI
KA 5	4,9 M	200 000 T	NESTEPAKKAUSKARTONKI RUSKEARUNKOINEN

GRAAFISET PAPERIT JA KARTONGIT

PK 6	3,2 M	90 000 T	PÄÄLLYSTETYT HIENOPAPERIT
PK 8	6,5 M	185 000 T	KOPIOPAPERI OFFSETPAPERI
KA 2	5,6 M	200 000 T	GRAAFISET JA PAKKAUSKARTONGIT

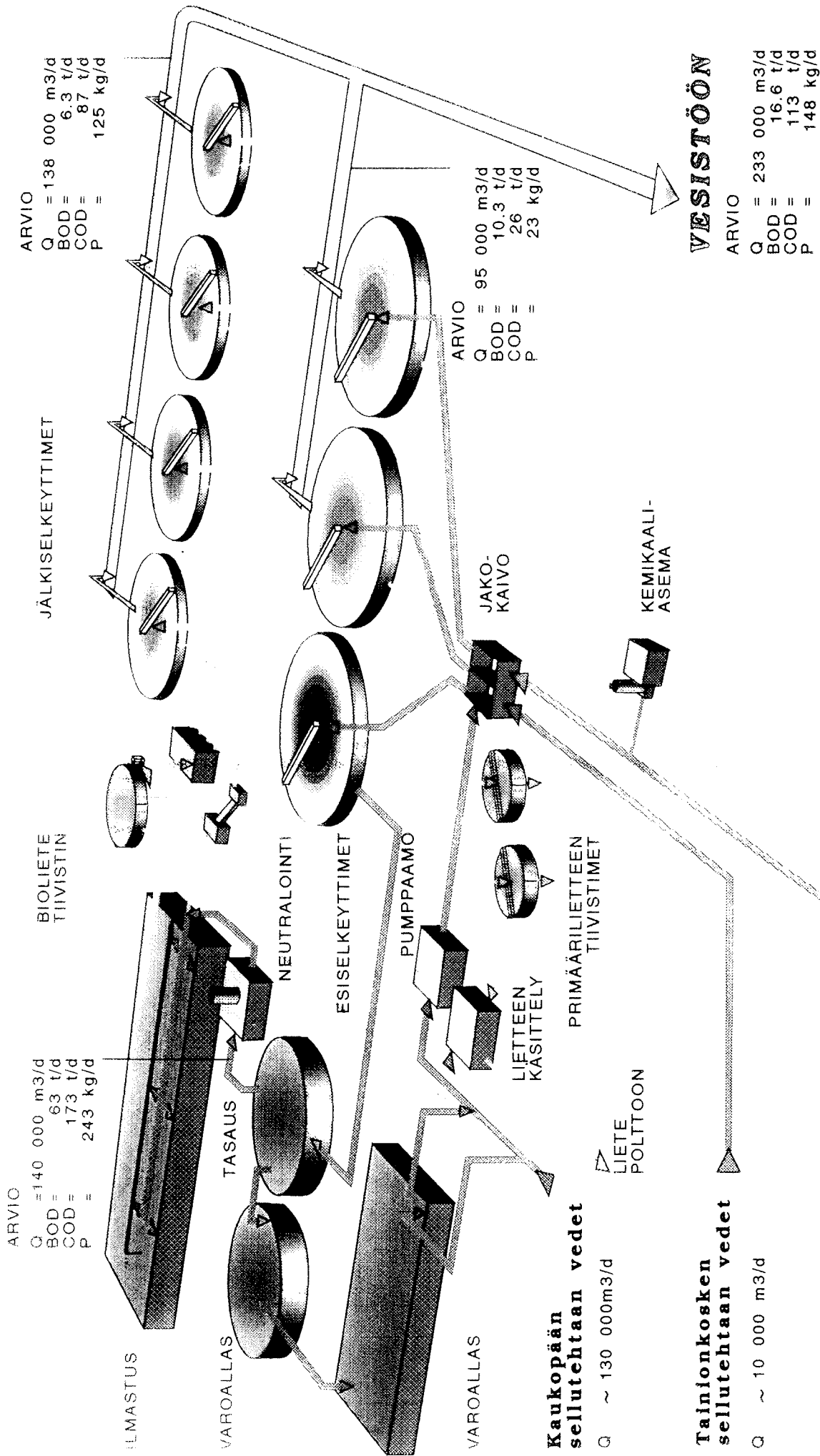
LAMINATING PAPERS OY

PK 7	2,6 M	25 000 T	LAMINAATTIPAPERIT
------	-------	----------	-------------------

HENKILÖSTÖ

TOIMIHENKILÖITÄ
TYÖNTEKIJÖITÄ (JOSTA N. 50% KESKEYTYMÄT-
TÖMÄSSÄ 3-VUOROTYÖSSÄ)

630
2020
YHT. 2650



Kaukopään sellutehtaan vedet

Q ~ 130 000 m³/d

Tainionkosken sellutehtaan vedet

Q ~ 10 000 m³/d

Kaukopään kartonki ja paperitehtaan vedet

Q ~ 95 000 m³/d

VEDENPUHDISTAMO



IMATRAN TEHTAAT

VOIMALAITOKSEN PÄÄLAITTEET

LIPEÄLINJA

Soodakattilat:

SK 6	3000 t ka/vrk 126 kg/s höyryä 84 bar 480°C	Tampella	1992
SK 5	1700 t ka/vrk 66 kg/s höyryä 70 bar 480°C	Ahlström	1987

Haihduttamot:

HO 6	180 kg H ₂ O/s	Ahlström	1992
HO 5	120 kg H ₂ O/s	Ahlström	1987

Meesauunit:

MU 4	300 t/vrk	Ahlström	1992
MU 3	450 t/vrk	Ahlström	1988

Kaustisointi:

KS 3	9700 m ³ valkolepää/vrk	Ahlström	1988/1992
Mäntyöljykeitäjä:			
MÖ 2	3,5 t/h	Alfa Laval	1987

Hajukaasujärjestelmä:

Metanolitilaamo

MoDo Chemetics 1992

Hajukaasukattila

MoDo Chemetics 1992

HÖYRYVOIMALAITOS

Kuorikattila:

KK 2	72,2 kg/s 84 bar, 530°C poltoaineet: - kuori/liete - maakaasu - raskas polttoöljy	Tampella	1992
------	--	----------	------

Apukattilat:

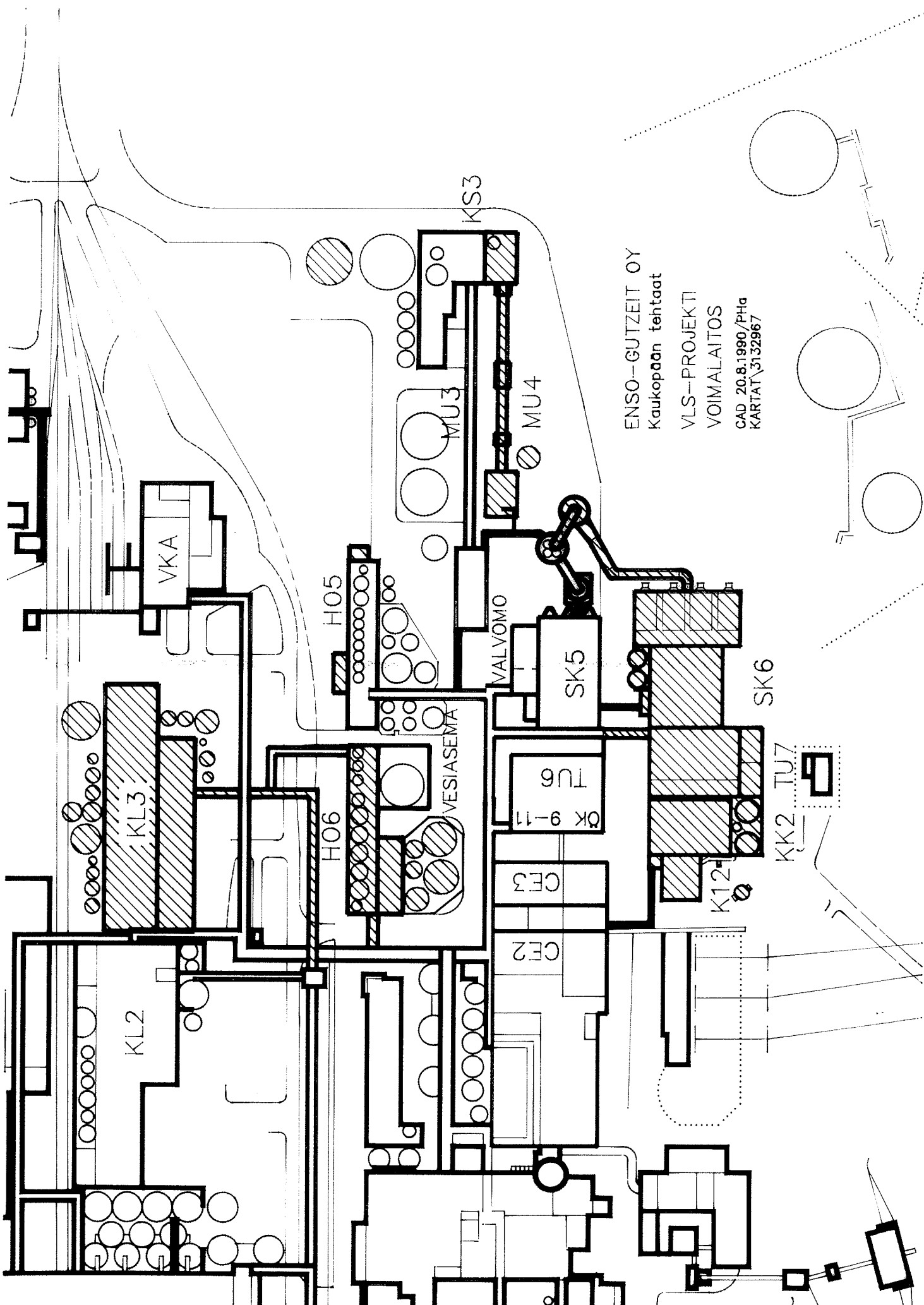
K 12	35 kg/s 84 bar, 520°C poltoaineet: - maakaasu - raskas polttoöljy	Tampella	1992
------	---	----------	------

K 9-11

3 x 18 kg/s 70 bar, 500°C poltoaineet: - maakaasu - raskas polttoöljy	Ahlström	1976
---	----------	------

Turbiinit:

TU 7	91,4 MW	MAN Energie	1992
TU 6	64 MW	AEG Kanis	1976



ENSO-GUTZEIT OY
Kaukopään tehtaasta
VLS-PROJEKTI
VOIMALAITOS
CAD 20.8.1990/PHa
KARTAT\3132967

ENSO-GUTZEIT OY
Imatran sellu

J Kosonen/st

27.1.1994

HÖYRYN KEHITYS

	TOT. -93	%
LIPEÄ TJ	9 729	62
KUORI TJ	3 618	23
KAASU TJ	2 185	14
ÖLJY TJ	100	1
YHTEENSÄ	15 632	100

MAAKAASU

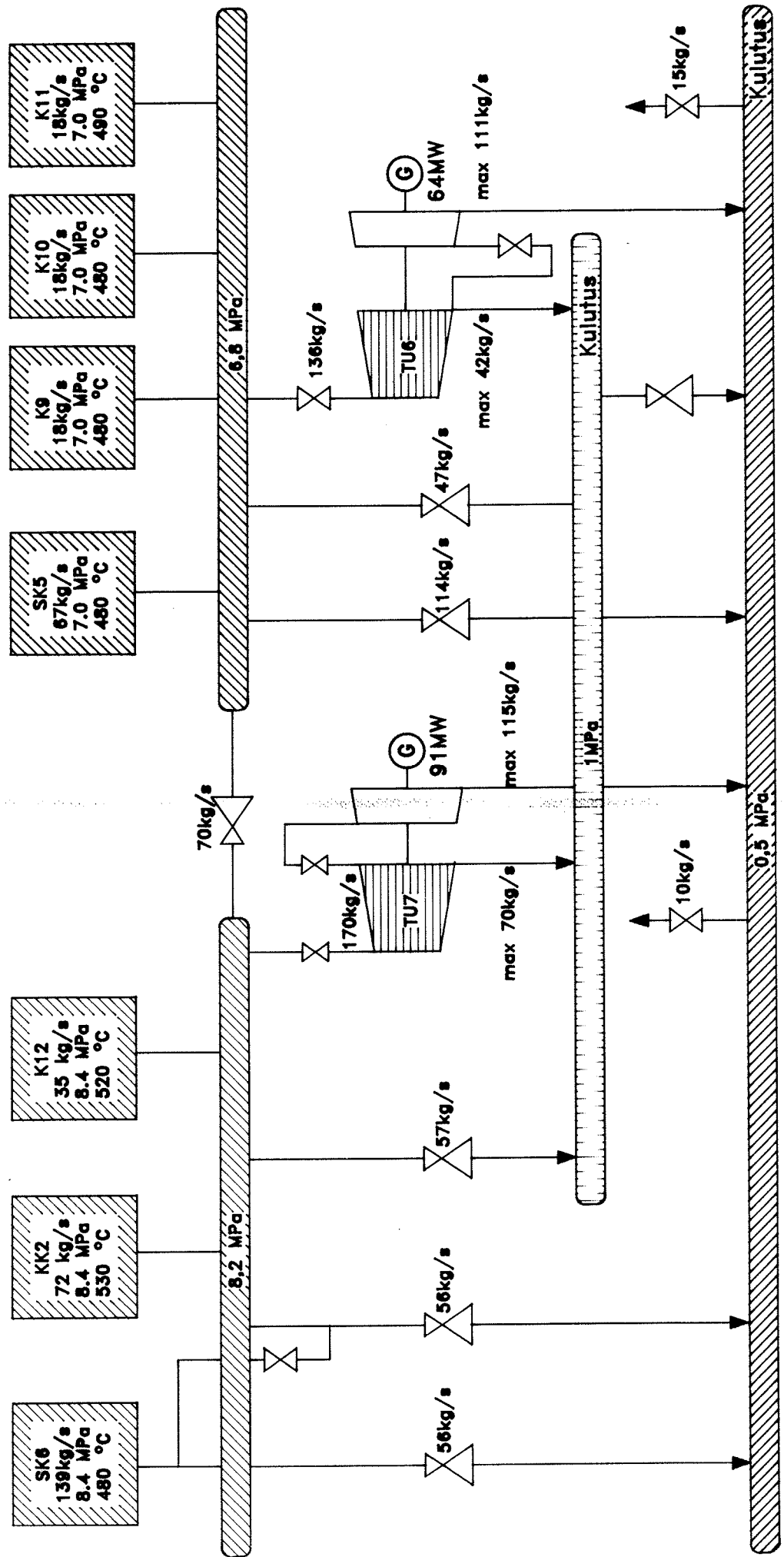
YHTEENSÄ 96,4 MILJ.M³

SÄHKÖ

	TOT. -93	%
OMA GWH	647	68
OSTO GWH	309	32
YHTEENSÄ	956	100

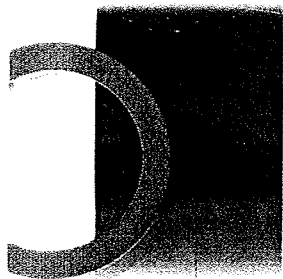
ENSO-GUTZEIT OY Imatran tehtaat

VOIMALAITOS

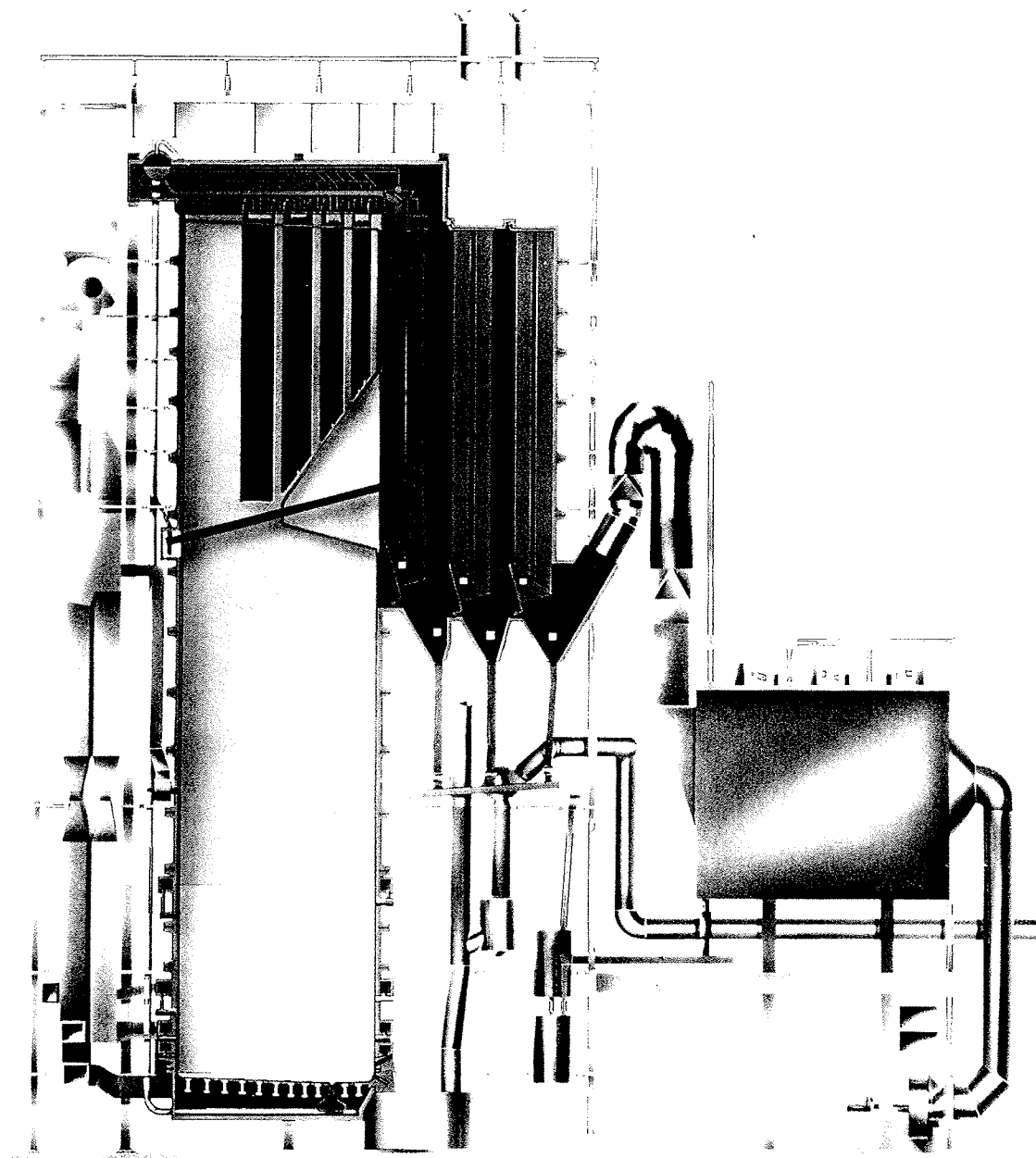


PROJ. 731 SOODAKATTILA SK6

SOPIMUS ALLEKIRJOITETTU	04.06.90
ASENNUS ALKOI	01.06.91
VESIPAINEKOE	04.02.92
ASENNUSTARKASTUS HYVÄKSYTTY	23.07.92
KÄYTTÖÖNOTTO SUORITETTU (24 H AJO)	02.08.92
KOEKÄYTTÖ LOPPUI (KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS)	30.10.92
KATTILA LUOVUTETTU	01.11.92



ENSO-GUTZEIT OY KAUKOPÄÄ MILLS, FINLAND



RECOVERY UNIT

Dry solids capacity:

3300 t/24 h

7,280,000 lb/day

Steam:

140 kg/s

1,135,000 lb/h

85 bar

1250 psig

480 °C

896 °F

Tampella power

Mitoitusarvot

Kapasiteetti	
-nimellinen	tka/vrk 3000
-minimi ilman öljyä	tka/vrk 2000
Mustalipeä	
-Kuiva-ainepitoisuus norm.	% 68
	maks. % 75
-lämpötila	°C 110
-lämpöarvo	MJ/kg 14,6
Höyry	
-lämpötila	°C 480
-paine	bar 85
Syöttövesi	
-lämpötila	°C 110
Savukaasut	
-lämpötila ekon jälkeen	°C 155
-happipitoisuus	% 3
Rakennepaine	bar 110

Tampella
power

Kattilan päämitat ja lämpöpinnat

Tulipesä		
leveys	mm	13334
-syvyys	mm	13715
-korkeus verhoihin	m	39,4
-kokonaiskorkeus	m	60,0
lämpöpinta	m ²	3642
Lieriö		
halkaisija	mm	1800
-vaipan pituus	mm	15500
Verhoputkisto		
lämpöpinta	m ²	355
Primääritulustin I		
-lämpöpinta	m ²	1630
Primääritulustin II		
-lämpöpinta	m ²	1363
Sekundääritulustin		
-lämpöpinta	m ²	2532
Tertiääritulustin		
-lämpöpinta	m ²	2130
Keittoputkisto		
-pituus	m	25
-lämpöpinta	m ²	6950
Ekot		
-pituus	m	26
-lämpöpinta	m ²	37050

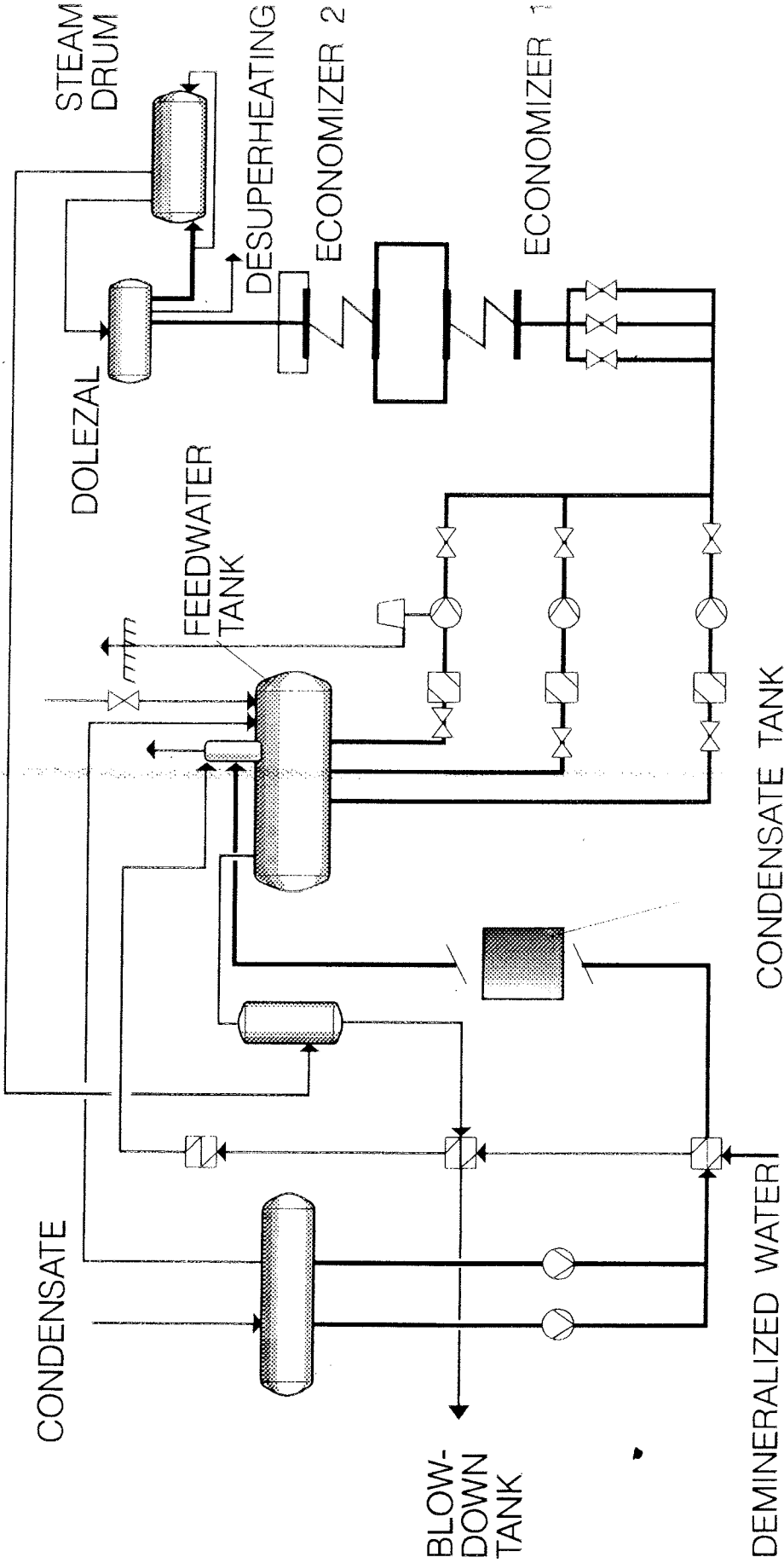
Tampella
power

Kattilan suoritusarvoja

Kuorma	tka/vrk	3000
kokonaishöyrystys	kg/s	126
Höyryn lämpötila		
-lieriössä	°C	307
-primäärin jälkeen	°C	360
-sekundäärin jälkeen	°C	440
-tertiäärin jälkeen	°C	480
Höyryn paineet		
-päähöyrylinjassa	bar	84
-lieriössä	bar	95
Syöttöveden lämpötila		
-syöttövesisäiliössä	°C	110
-eko I:n jälkeen	°C	145
-eko II:n jälkeen	°C	220
-dolezalin jälkeen	°C	256
Savukaasun lämpötilat		
-tulipesän jälkeen	°C	913
-verhojen jälkeen	°C	891
-tulistimen jälkeen	°C	550
-keittoputkiston jälkeen	°C	425
-ekon jälkeen	°C	155
Palamisilmamäärä	m ³ n/s	122,5
Savukaasumäärä O ₂ = 3,5	m ³ n/s	180,2

Tampella
power

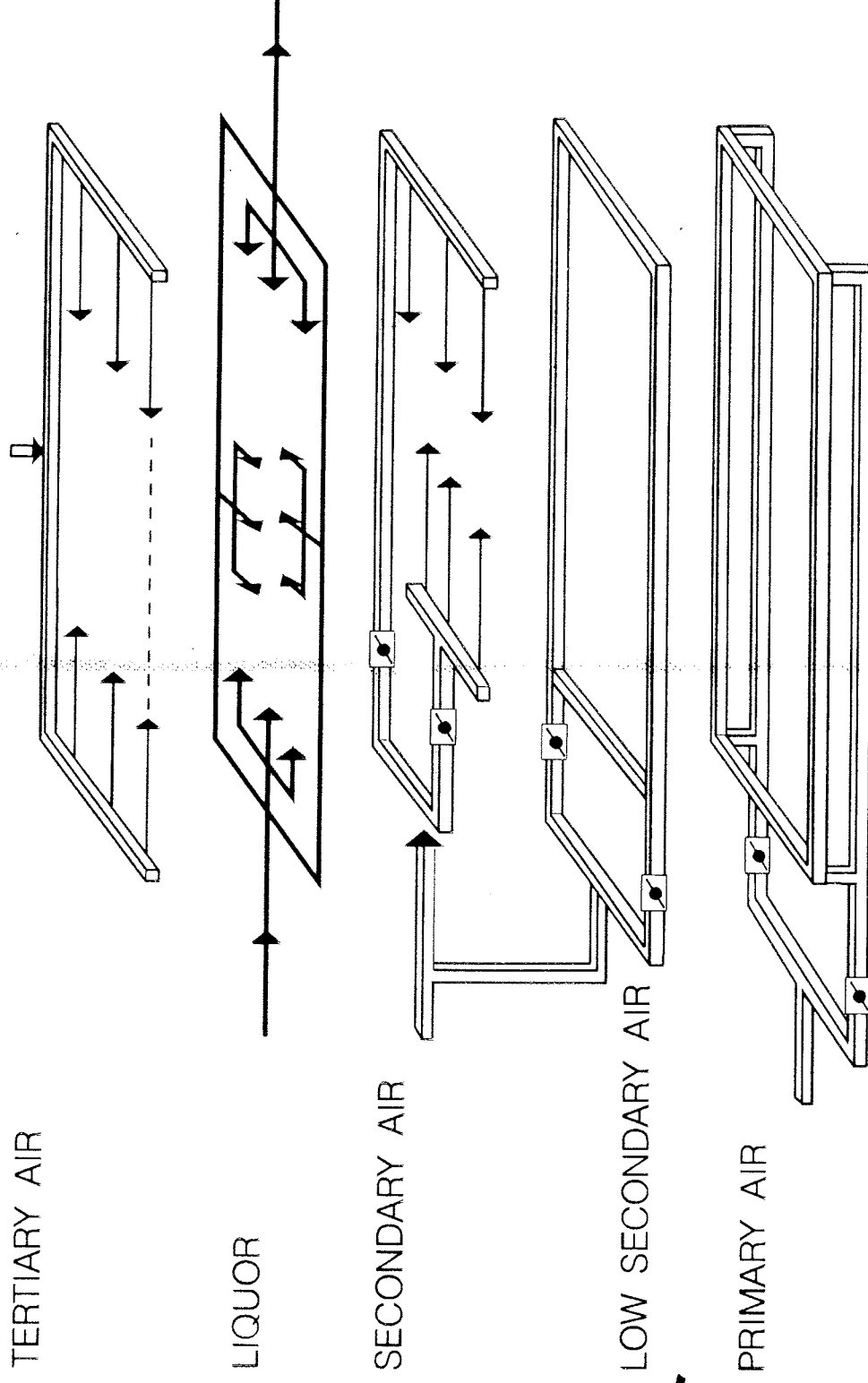
ENSO-GUTZEIT OY, KAUKOPÄÄ MILLS



Tampella POWDER

ENSO-GUTZEIT OY, KAUKOPÄÄ MILLS

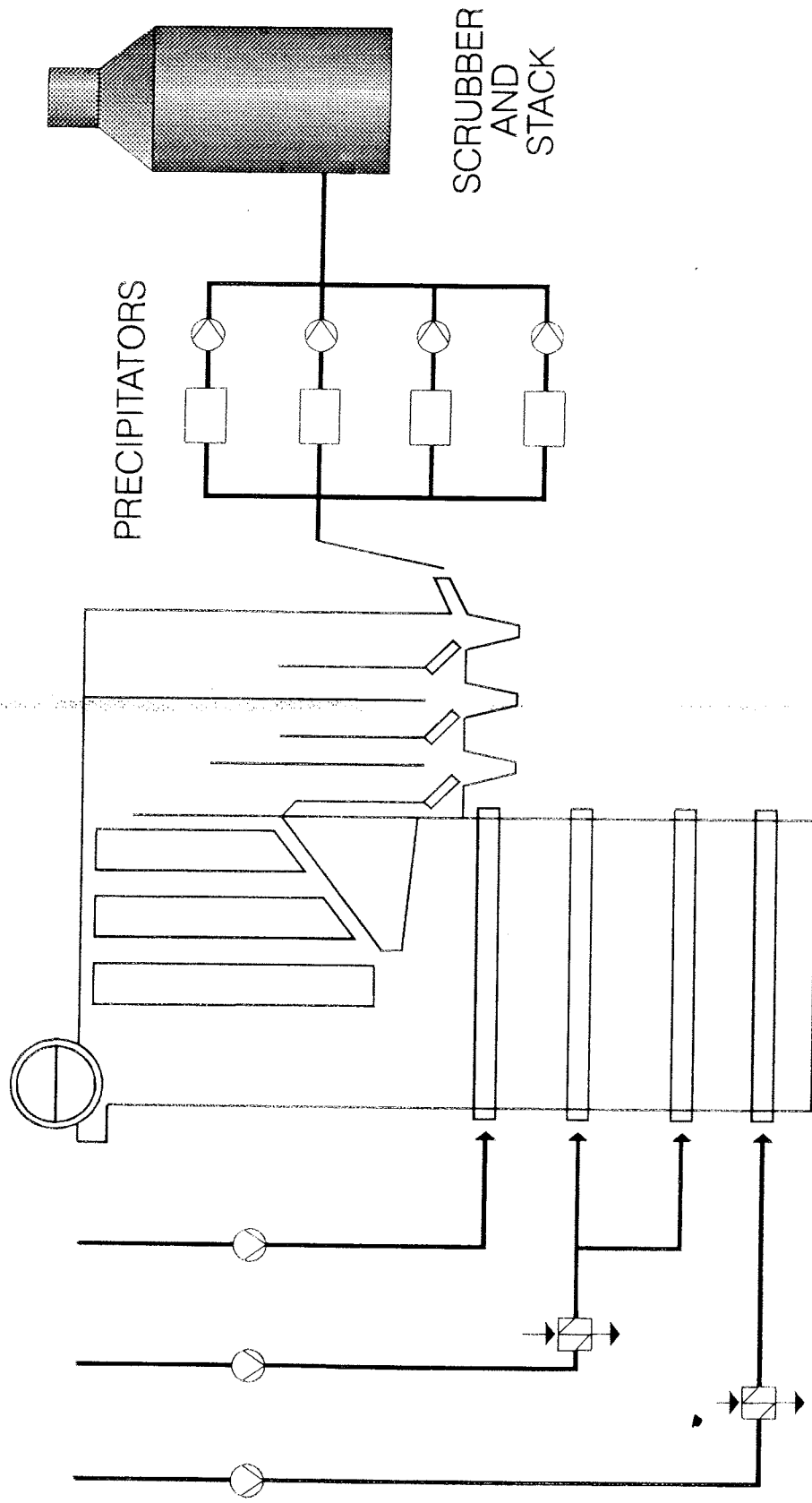
Combustion air system



Tampella
power

ENSO-GUTZEIT OY, KAUKOPÄÄ MILLS

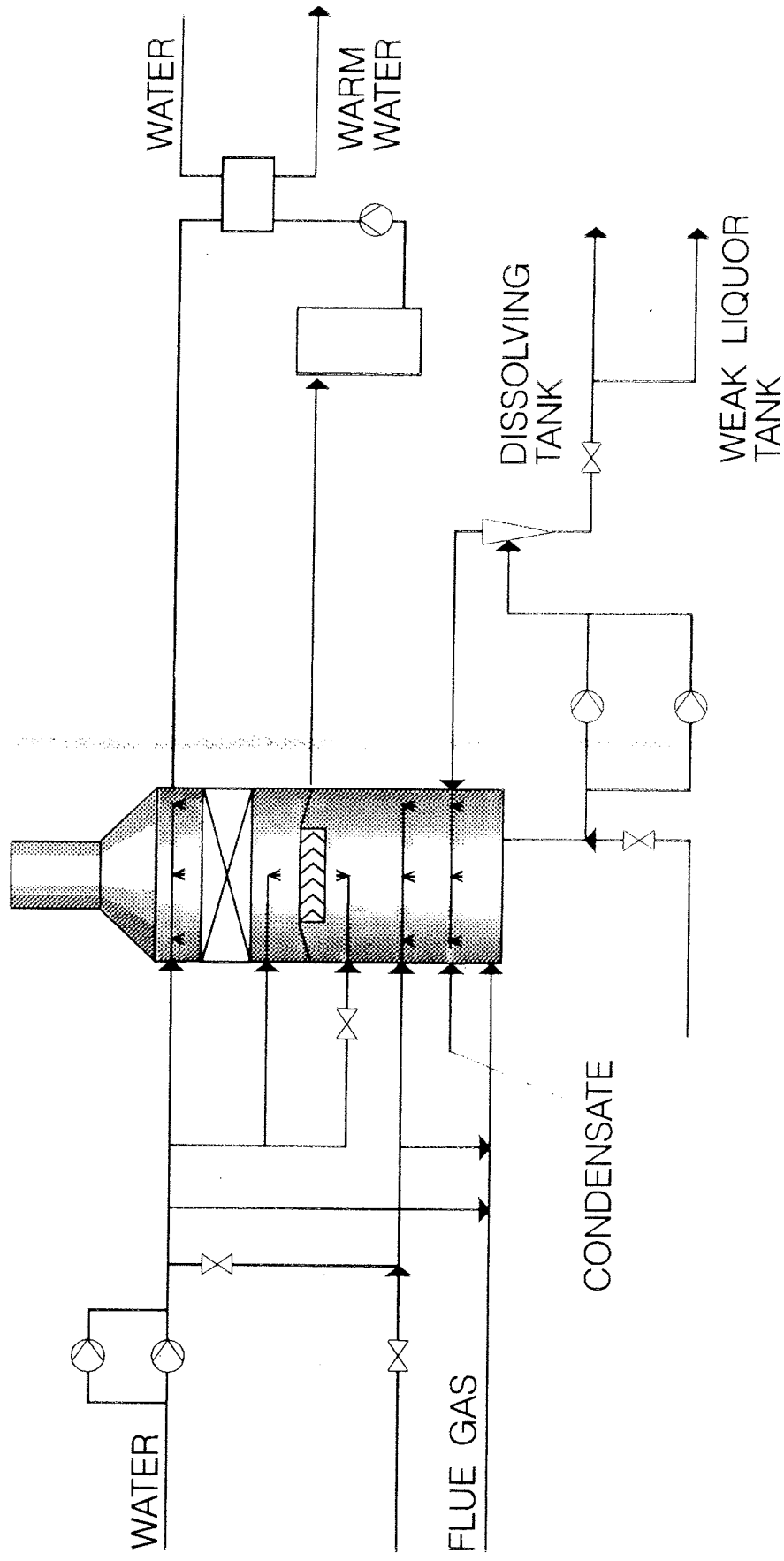
Air and flue gas system



Tampella
power

ENSO-GUTZEIT OY, KAUKOPÄÄ MILLS

Flue gas scrubbing system



Tampella
POWER



ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kuorikattila

PROJEKTIN AIKATAULU

■ Sopimuksen allekirjoitus	4.6.90
■ Asennus alkoi	15.7.91
■ Vesipainekoe	17.12.91
■ Asennustarkastus hyväksytty	27.4.92
■ Kattila säilöntään	26.5.92
■ Käyttöönotto (24h ajo)	10.7.92
■ Kattila luovutettu	31.8.92
■ Koekäyttö loppui	10.10.92

Tampella
POWER



ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kuorikattila

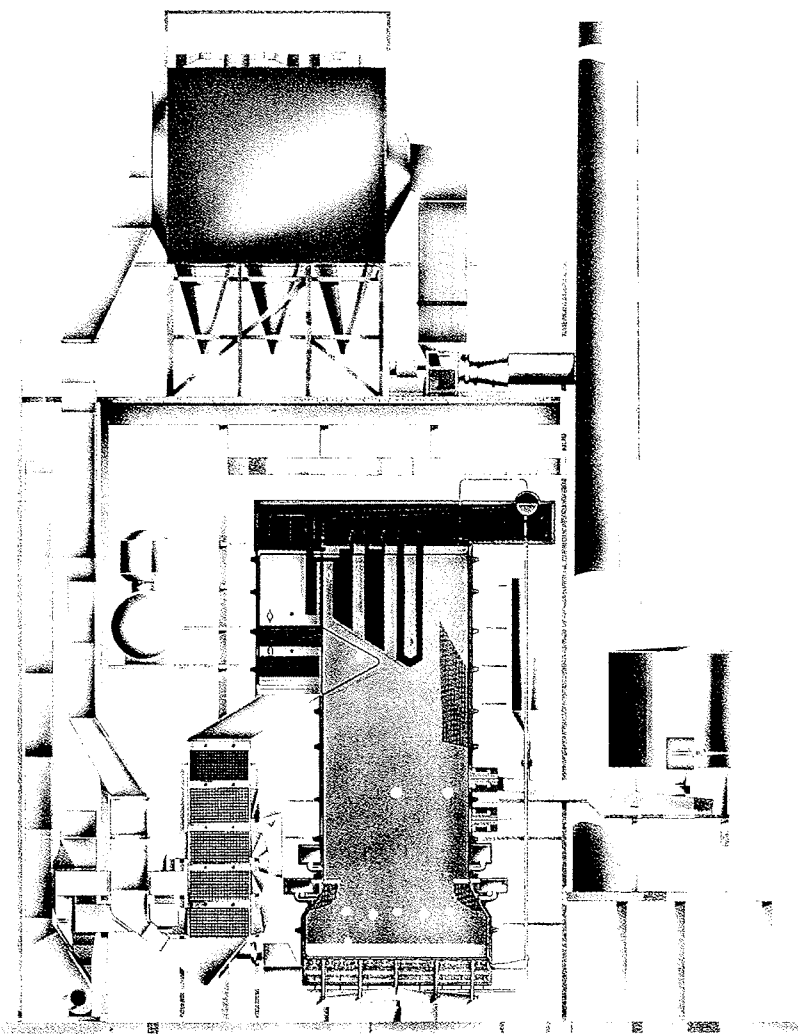
SUUNNITTELUARVOT

■ HÖYRYN ARVOT:		
■ Höyryn paine		84 bar
■ Höyryn lämpötila		530 °C
■ Syöttöveden lämpötila	155 °C (110 °C)	
■ Kattilan suunnittelu paine		100 bar
■ HÖYRYSTYS:		
■ Leijupoltto		72.2 kg/s
■ Kaasu/öljypoltto		64 kg/s
■ Netto höyryteho		203 MW
■ SÄÄTÖALUE:		
■ Täyden tulistuksen säätöalue (T=530 °C)		
• Leijulla		43...72.2 kg/s
• Maakaasulla		n. 50...64 kg/s
• Öljyllä		n. 55...64 kg/s

Tampella
POWER



ENSO-GUTZEIT OY KAUKOPÄÄ MILLS, FINLAND



BUBBLING FLUID BED BOILER

Steam:	72 kg/s	573,000 lb/h
	84 bar	1235 psig
	530 °C	986 °F
Fuels:	wood waste, natural gas, peat, oil, sludge	

Tampella
power



ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kuorikattila

POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ

- 2 erillistä kuorensyöttöjärjestelmää
 - mitoitus 2*70 % (2*240 m³/h)
 - 2 kuorisiltoa a' 400 m³
 - 2+2 annosteluruuvia
 - 3+3 syöttötorvea
 - syöttö kattilan sivuseiniltä
- Kuormapolttimet 4 kpl
 - teho/poltin 47 MW
 - kaasu-/öljykäyttöiset
 - etuseinällä 2 tasossa
- Leijun käynnistyspolttimet 4 kpl
 - teho/poltin 8.9 MW
 - kaasu-/öljykäyttöiset
 - sivuseinillä

Tampella
POWER

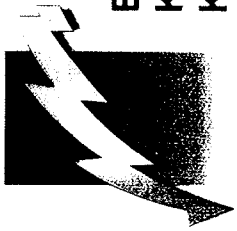


ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kuorikattila

ILMA- JA SAVUKAASUJÄRJESTELMÄ

- Puhaltimet
 - 2 savukaasupuhallinta 2*70 %
 - leijuilmapuhallin
 - sekundääri/poltinilmapuhallin
 - 2 kuoren syöttöilmapuhallinta
 - polttimien jäähdytysilmapuhallin
- Höyryluvot
 - primääri ja sekundääri ilmalle
 - ripaputkirakenne
- Savukaasuluovot
 - primääri ja sekundääri ilmalle
 - silleäputkirakenne

Tampella
POWER



**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT**
Kuorikattila



**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT**
Kuorikattila

PAINEENALAISET OSAT

- Tulipesä ja 2. veto
 - membran rakenne
 - pohja (leijuarina) vesijäähdytetty
 - katto ja 2. veto höyryjäähdytteinen
- Tulistimet
 - riippuvaa rakennetta
 - säteily sekundaari tulistin
 - 2+2 höyryjäähdytintä (syve-ruiskutus)
- Syöttöveden esilämmitin
 - eko I ripaputkityyppinen
 - eko II & III sileäputkityyppinen
 - suunniteltu höyrystäväksi

Tampella
power

TUHKANKÄSITTELY

- Pohjatuhkan poisto
 - karkeanpoistotorvet 20 kpl
 - vesijäähdytteiset ruuvit 4 kpl
 - kuiva kolakuljetin
- Lentotuhkan käsittely
 - 2 sähkösuodatinta 2*70 %
 - ▶ 3 kenttää/suodin
 - pölypitoisuus 30 mg/Nm³ (kuiva sk)
 - pneumaattiset tuhkalähettimet
 - ▶ luvon suppilot 3 kpl
 - ▶ suotimien suppilot 12 kpl
 - lentotuhkasiilo 300 m³
 - ▶ märkä- ja kuivapurkaus

Tampella
power



**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kuorikattila**

LEIJUPEDIN MITOITUSPOLTTOAINEET

■ KUORI+PUUJÄTTEET

■ Kuiva-ainemäärä yht.	1000 tks/vrk
■ Keskimääräinen kosteus	55.9 %
■ Ka:n tuhkapitoisuus	1.8 %
■ Tehollinen lämpöarvo	8.0 MJ/kg

■ LIETTEET:

■ Kuiva-ainemäärä yht.	200 tka/vrk
■ Keskimääräinen kosteus	70.0 %
■ Ka:n tuhkapitoisuus	21.1 %
■ Tehollinen lämpöarvo	2.46 MJ/kg

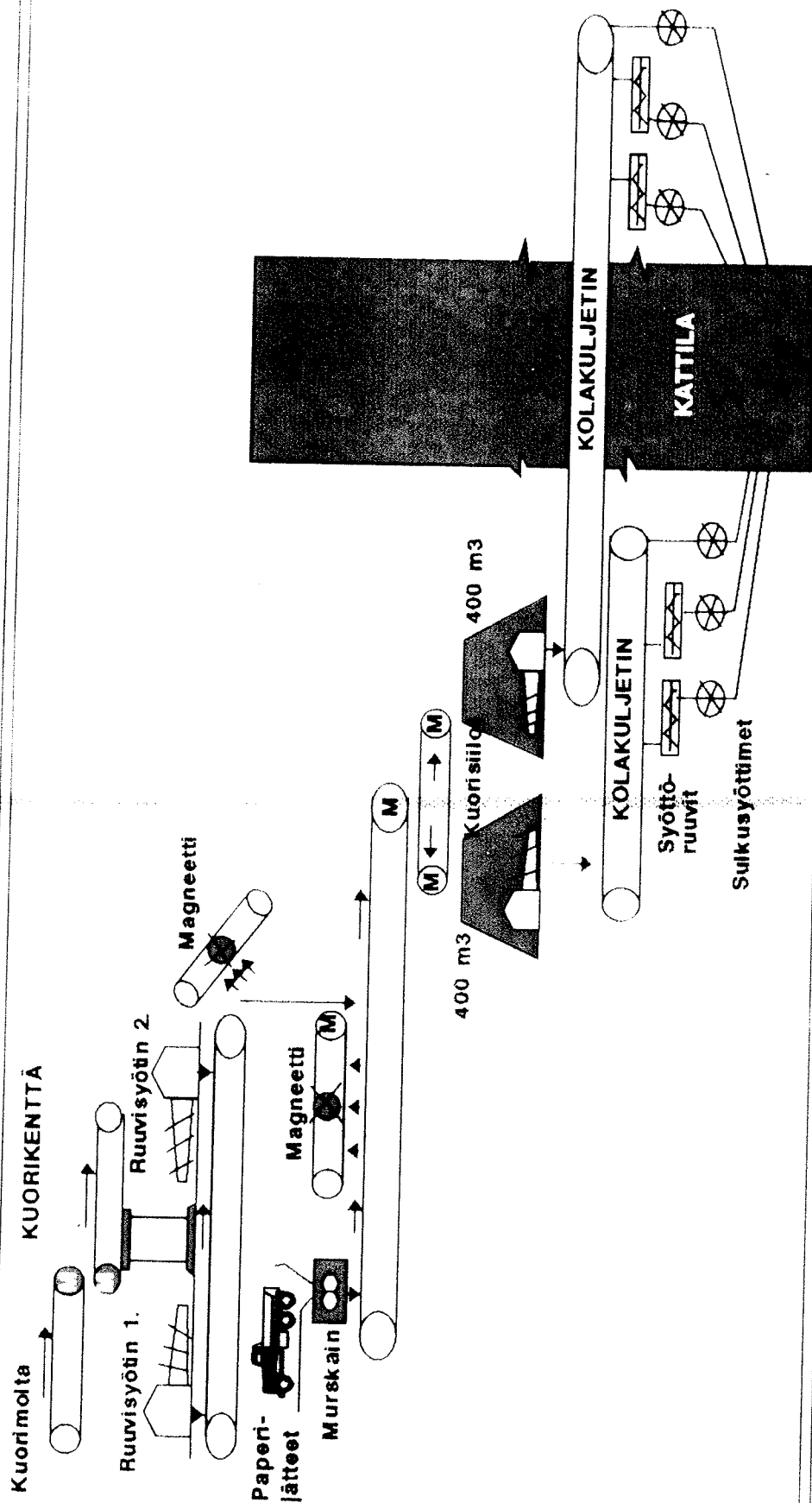
■ KUORI+LIETSEOS:

■ Kuiva-ainemäärä yht.	1200 tka/vrk
■ Keskimääräinen kosteus	59.1 %
■ Ka:n tuhkapitoisuus	5.1 %
■ Tehollinen lämpöarvo	6.72 MJ/kg

Tampella
power

ENSO-GUTZEIT OY, KAUKOPÄÄN TEHTAAT

Kuorensyöttösystemi



Tampella
power

TURBINE 7

Pääarvot:

Sähköteho	91,4	MW
Kierrosluku	3000	1/min
Generaattorin jännite	11,5	kV
Tulohöyry	maks. 170 kg/s	MPa (+ IEC)
	8,0	°C (+ IEC)
Väliottohöyry	maks. 70 kg/s	MPa (0,9...1,2)
Poistohöyry	maks. 115 kg/s	MPa (0,4...0,6)



ENSO-GUTZEIT OY
IMATRAN SELLU

TOIMINTAKUVAUS

rev.

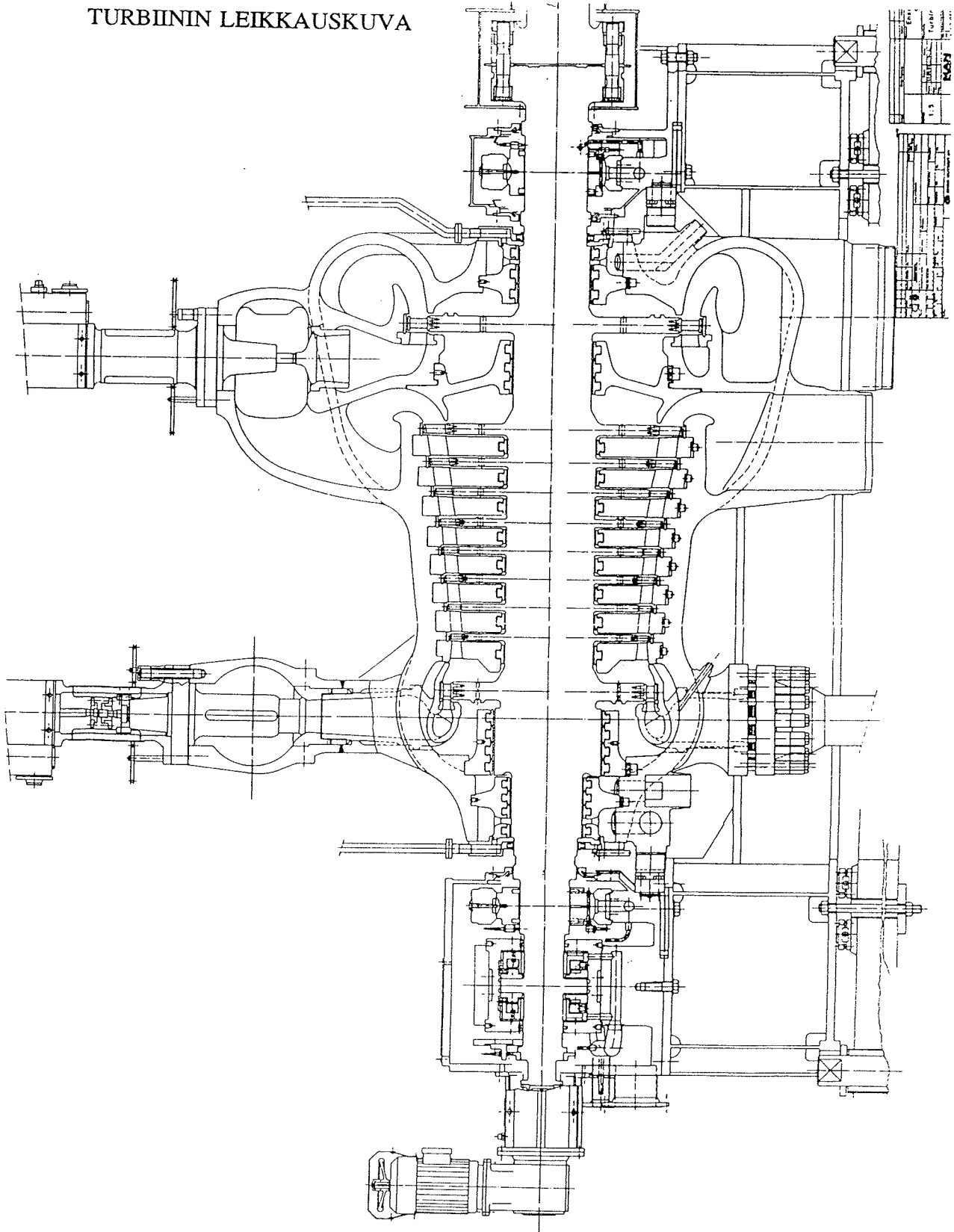
sivu

5(14)

tunnus

KOH/TU7

TURBIININ LEIKKAUSKUVA



Laat.

A.Kareoja

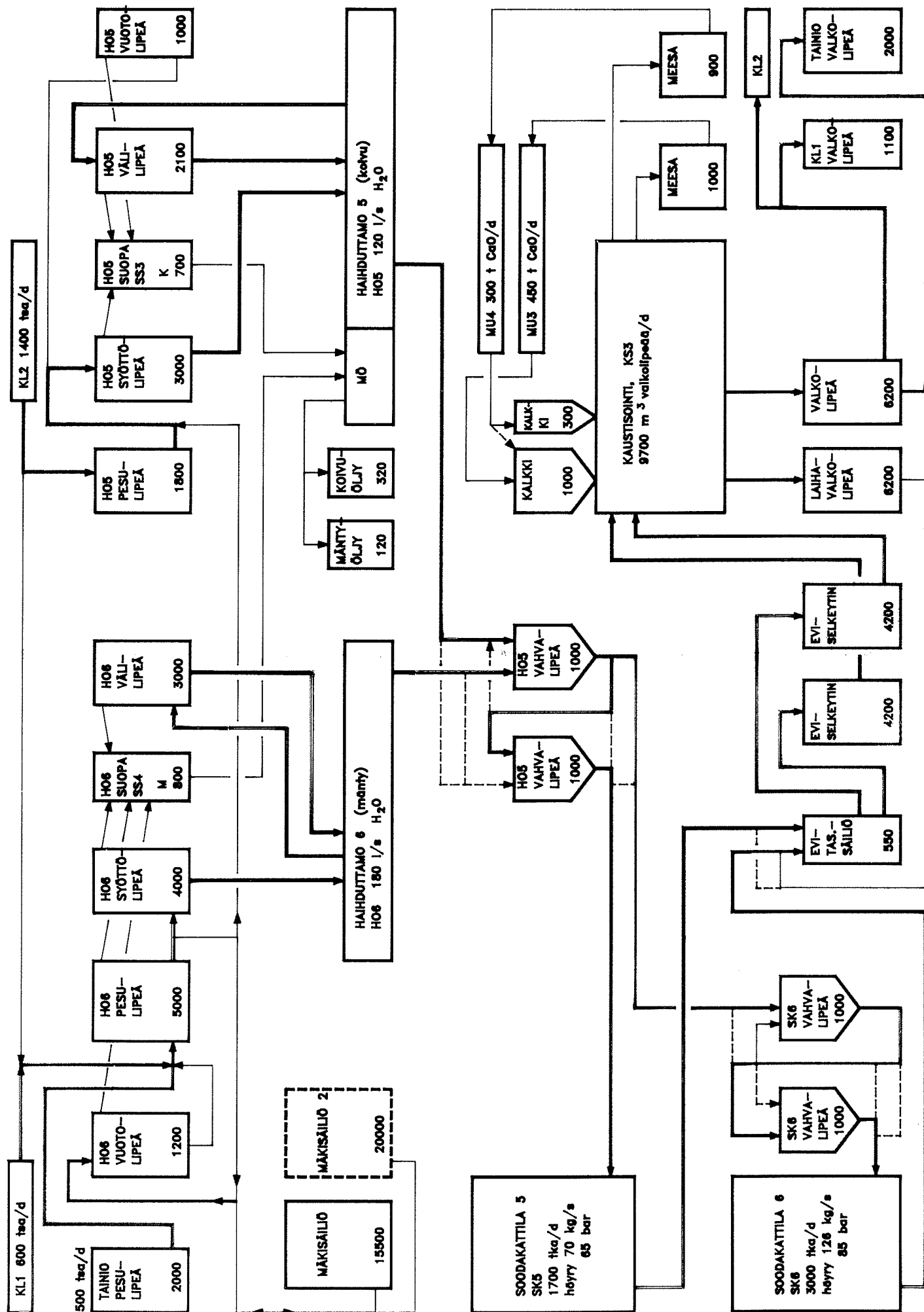
Tark.

K.Kolho

Hyv.

pvm.

10.5.1992

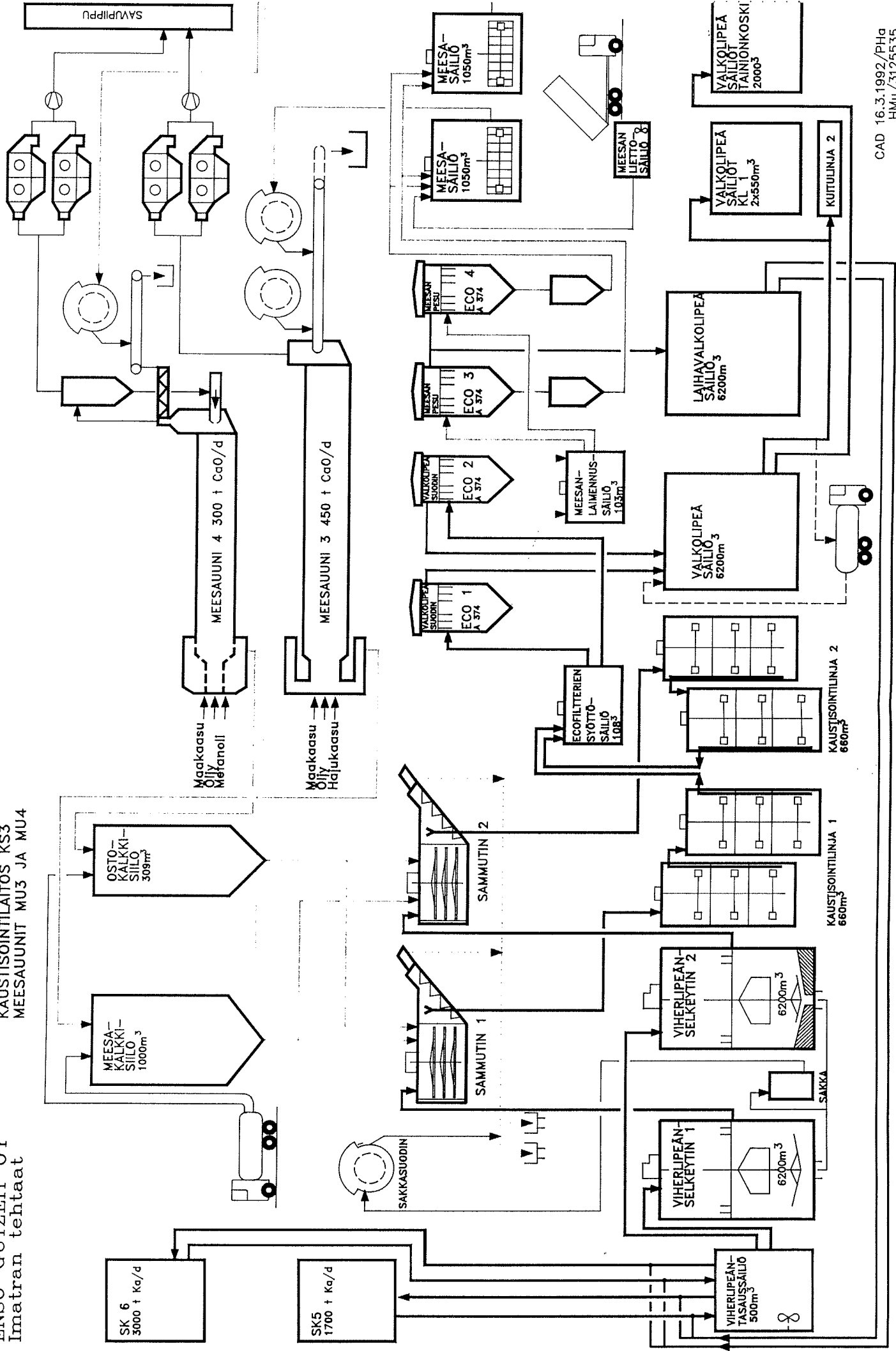


EG KAUKOPÄÄ VALKOLIPEÄOSASTO

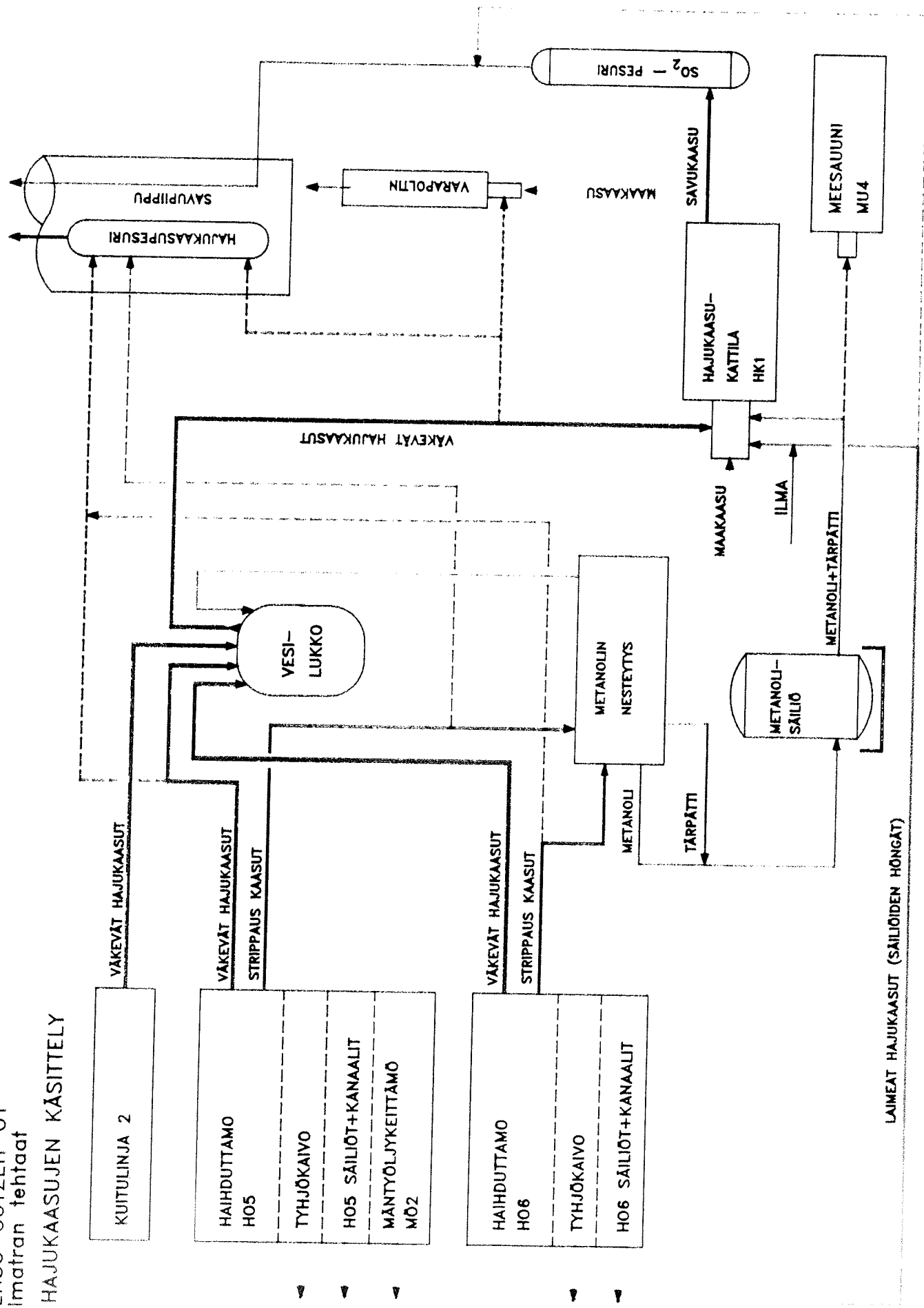
Päätös	Joulukuu 1986
Meesauuni	Kapasiteetti 450 t/d Koko Ø 4.0 x L 135 m
Kaustisointilaitos	Kapasiteetti 6300 m³/d - Koko laitos Ecofilter -teknologialla
Käynnistys	Syyskuu 1988

MODERNISOINTI

Päätös	Joulukuu 1990
LMD, meesauuni	Kapasiteetti 300 t/d Koko Ø 3.6 x L 75 m - Pyropoltin, sektorijäähdytin
Kaustisoinnin Modernisointi	Kapasiteetti 9700 m³/d - uusi viherlipeäselkeytin - uusi Ecofilter - uusi kaustisointisäiliö
Käynnistys	Syyskuu 1992



ENSO-GUTZEIT OY
Imatran tehtaat
HAJUKAASUJEN KÄSITTELY





**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kaasukattila**

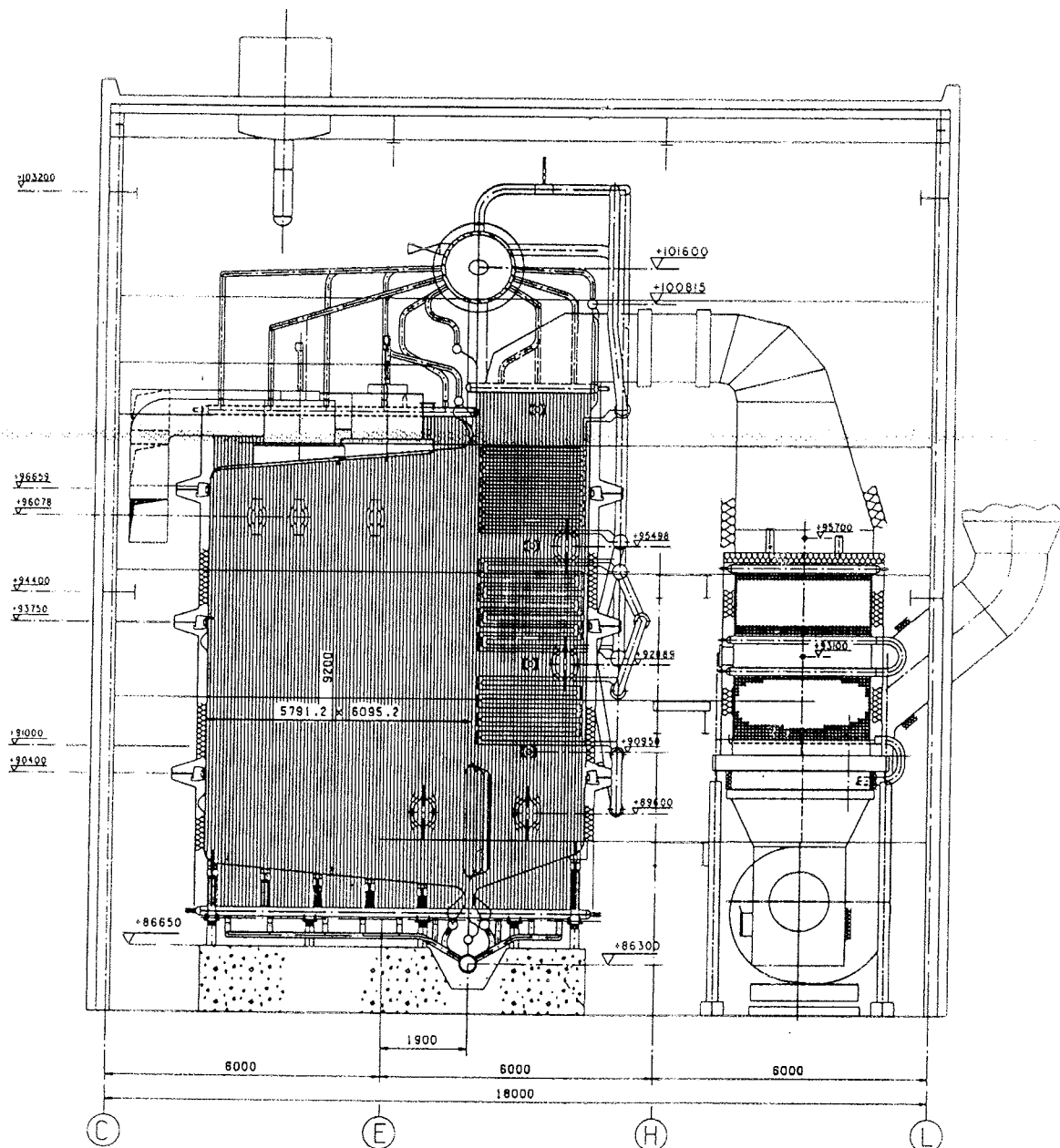
PROJEKTIN AIKATAULU

■ Sopimuksen allekirjoitus	4.6.90
■ Kattila asennuspaikalla	9.3.92
■ Vesipainekoe	8.5.92
■ Asennustarkastus hyväksytty	28.7.92
■ Käyttöönotto (24h ajo)	8.8.92
■ Kattila luovutettu	8.10.92
■ Koekäyttö loppui	8.10.92

Tampella
power



ENSO-GUTZEIT OY
KAUKOPÄÄ MILLS, FINLAND
Gas boiler



Tampella
POWER



**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kaasukattila**

SUUNNITTELUARVOT

HÖYRYN ARVOT:

■ Höyryn paine	84 bar
■ Höyryn lämpötila	520 °C
■ Syöttöveden lämpötila, kaasupoltto	110 °C
■ Syöttöveden lämpötila, öljypoltto	140 °C
■ Kattilan suunnittelupaine	96 bar

HÖYRYSTYS:

■ Kaasupoltto	35 kg/s
■ Öljypoltto	35 kg/s
■ Netto höyryteho, max	104 MW

SÄÄTÖALUE:

■ Täyden tulistuksen säätöalue (T=520 °C)	15...35 kg/s
• Kaasulla	18...35 kg/s
• Öljyllä	

Tampella
POWER



**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kaasukattila**

PÄÄMITAT

■ Tulipesän mitat	
■ Leveys	6095 mm
■ Syvyys	5791 mm
■ Korkeus	9200 mm
■ Tilavuus	325 m ³
■ Poikkipinta-ala	35.3 m ²
■ Lämpöpinnat	
■ Primääri tulistin	410 m ²
■ Sekundääri tulistin	210 m ²
■ Tertiääri tulistin	403 m ²
■ Syöttöveden esilämmitin (eko) (riipapinta)	4327 m ²

Tampella
POWER



**ENSO-GUTZEIT OY,
KAUKOPÄÄN TEHTAAT
Kaasukattila**

PÄÄPIIRTEET

- 1-lieriöinen luonnonkiertokattila
- Alhaalta kannatettu
- Kaasutiivis alipaineinen tulipesä
- Tulipesän ja 2-vedon seinät vesi-jäähdytteiset ja membranrakenteiset
- Tulipesän pohjalla tulenkestävä massaus
- Maakaasu/öljy polttimet (3 kpl)
 - Sijainti tulipesän katossa
 - Esilämmittämätöntä ilmaa
- Kolmivaiheinen tulistin (2. veto)
 - 2 höyryjäähdytintä (sv-ruiskutus)
- Syöttöveden esilämmitin (3. veto)
 - Ripaputkirakenne
 - Ei höyrystyvää tyyppiä

Tampella
power