



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KONEMESTARIPÄIVÄ 1995

1.2.1995 Kemi

SJO-18709V-02



EVK/MPS

Otaniemi 26.1.1995

T:\SKY\OTR\KONEMEST\KMP95.OHJ

Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1995

AIKA 1.2.1995 klo 9.30 -21.00

PAIKKA Hotelli Cumulus
Hahtisaarenkatu 3, 94100 KEMI
puh. 9698-228 31, fax. 9698-228 299

OHJELMA	09.00	Ilmoittautuminen ja aamukahvi (Cumulus, aula)
	09.30	Tilaisuuden avaus Jukka Heiko, Veitsiluoto Oy, Kemin sellutehdas
		Soodakattilayhdistyksen toiminta ja vauriokatsaus Petri Nieminen, Energia-Ekono Oy
		Mustalipeän pisaroituminen Ari Kankkunen, Teknillinen korkeakoulu
	10.45	Tauko
	11.00	Termisten ruiskupinnoitteiden korroosionkestävyys Hannu Hänninen, Teknillinen korkeakoulu
		Mustalipeän polttotekniset ominaisuudet Timo Uusikartano, Åbo Akademi
	12.30	Lounas (Cumulus)
	13.30	Veitsiluoto Oy, Kemin sellutehtaan esittely Jukka Heiko, Veitsiluoto Oy, Kemin sellutehdas
	14.15	Kahvi (Cumulus)
	14.45	Tehdaskierros (Veitsiluoto Oy, Kemin sellutehdas)
	17.30	Sauna (Cumulus)
	19.30	Päivällinen (Cumulus)



EVK/MPS

Otaniemi 26.1.1995

1(3)

SJO-18709V

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Konemestaripäivä 1995

YRITYS	OSALLISTUJA	Kokous 1.2.	Päiväll. 1.2.	Majoitus 31.1.-1.2.	Majoitus 1.2.-2.2.	Vauriokok 31.1
PUHEENJOHTAJA						
Veitsiluoto Oy, Kemi	Kari Kerttula	x	x			x
LUENNOITSIJAT						
Energia-Ekono Oy	Petri Nieminen	x	x	x	x	x
TKK, Espoo	Hannu Hänninen	x	x	x	x	
	Ari Kankkunen	x	x	x	x	
Veitsiluoto Oy, Kemi	Jukka Heiko	x	x			x
Åbo Akademi, Turku	Timo Uusikartano	x	x		x	
OSALLISTUJAT						
A.Ahlström Oy, Varkaus	Reijo Anttila	x	x	x	x	
	Aimo Hakkarainen	x	x	x	x	
	Lasse Koivisto	x		x		
	Timo Launo	x	x	x	x	
	Yrjö Olli	x	x	x	x	
	Jan Storbacka	x	x	x	x	
	Esa Vakkilainen	x	x		x	
Energia-Ekono Oy, Espoo	Mika Salo	x	x	x	x	x
Enocell Oy, Uimaharju	Ismo Orava	x	x	x	x	x
Enso-Gutzeit Oy, Heinola	Rainer Kokemäki	x	x	x	x	x
Enso-Gutzeit Oy, Imatra	Tapani Hämäläinen	x	x	x	x	
	Paavo Jaatinen	x	x	x	x	
Enso-Gutzeit Oy, Varkaus	Lassi Kankala	x	x	x	x	x
Kaukas Oy, Lappeenranta	Ari Seppänen	x	x	x	x	x
	Olli Virtanen	x	x	x	x	x

OSANOTTAJALUETTELO

SJO-18709V, Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1995



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

EVK/MPS

26.1.1995

2

YRITYS	OSALLISTUJA	Kokous 1.2.	Päiväll. 1.2.	Majoitus 31.1.-1.2.	Majoitus 1.2.-2.2.	Vauriokok 31.1
Keskeytysvakuutus- osakeyhtiö OTSO	Esa Ilves	x	x	x	x	x
	Esa Penttilä	x	x	x	x	
Kymin Paperiteollisuus Oy, Kuusankoski	Kari Kujala	x	x	x	x	x
	Raine Rantanen	x	x	x	x	x
	Ari Tynys	x	x	x	x	x
Laminating Papers Oy, Kotka	Matti Takala	x	x	x	x	x
Metsä-Botnia Oy, Kaskinen	Kari Auvinen	x	x	x	x	x
	Jorma Kenttälä	x	x	x	x	x
Metsä-Botnia Oy, Kemi	Tapio Huuska	x	x			x
	Pekka Kittilä	x	x			x
	Juhani Mäkelä	x	x			
Metsä-Sellu Oy, Äänekoski	Hanna Niemitalo	x	x	x	x	x
	Ari Leppänen	x	x	x	x	
	Jorma Lappalainen	x	x	x	x	
Steamservice Oy, Tampere	Veikko Lehtonen	x	x		x	
	Reijo Ojala	x	x	x	x	
	Jorma Ulvinen	x	x	x	x	
Sunila Oy, Sunila	Jouko Ahonen	x	x	x	x	x
	Pekka Manninen	x	x	x	x	x
Tampella Power Oy, Tampere	Marja Espo	x	x		x	
	Risto Huovinen	x	x		x	
	Ari Laakso	x	x		x	
	Keijo Salmenoja	x	x		x	
	Kalle Salmi	x	x		x	
Teollisuusvakuutus Oy, Helsinki	Asmo Rantanen	x	x	x	x	x
Veitsiluoto Oy, Kemi	Heikki Imponen	x	x			
	Tuomo Kujala	x	x			
	Esa Ruonala	x	x		x	
Veitsiluoto Oy,						

OSANOTTAJALUETTELO

SJO-18709V, Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestari päivä 1995



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

EVK/MPS

26.1.1995

3

YRITYS	OSALLISTUJA	Kokous 1.2.	Päiväll. 1.2.	Majoitus 31.1.-1.2.	Majoitus 1.2.-2.2.	Vauriokok 31.1
Kemijärvi	Juhani Korkeakangas	x	x	x	x	x
	Hannu Salminen	x	x	x	x	x
Veitsiluoto Oy, Oulu	Reijo Hukkanen	x	x			x
	Tenho Parttimaa	x	x	x	x	x
Wisaforest Oy, Pietarsaari	Kaj Nordbäck	x	x	x	x	x
	Teuvo Pietilä	x	x	x	x	x
	Martin Wikström	x	x	x	x	x
YPT Oy, Joutseno	Jorma Viinikainen	x	x	x	x	x
YPT Oy, Tervasaari	Ilari Ahonen	x	x	x	x	
	Erkki Pohja	x	x	x	x	x

SOODAKATTILAYHDISTYKSEN TOIMINTA JA VAURIOKATSAUS

Petri Nieminen, Energia-Ekono Oy

1. SOODAKATTILAYHDISTYKSEN TOIMINTA

SIHTEERISTÖ

Energia-Ekono Oy, Petri Nieminen, Mika Salo
Toiminnan ohjaus, tilinpito, tilastointi
Julkaisutoiminta
Kansainvälinen toiminta
Soodakattilatiedote

HALLITUS

Puheenjohtaja Vesa Mikkola, Veitsiluoto Oy, Oulun tehtaات
Toiminnan suuntaviivat
Projektien hyväksyminen työryhmien ehdotus mukaan
Arvonlisävero

Yhdistys perii jäsenmaksuistaan ja muista saatavistaan arvonlisäveron.

Hyväksi saaduista arvonlisäveroista voidaan vähentää laskuissa maksetut arvonlisäverot; tämä erotus tilitetään verotajalle.

Mikäli SKY ei kuulu arvonlisäveron piiriin, kohdistuu arvonlisävero yhdistykseen kuten yksityiseen ihmiseen.

toukukuu -94

pyydettiin Uudenmaan lääninverovirastolta ennakkotietoa yhdistyksen arvonlisäverokäytännöstä

kesäkuu -94

arvonlisäverolaki tulee voimaan

elokuu -94

ULV:n ennakkotieto on, ettei SKY kuulu ALV:n piiriin

syyskuu -94

SKY valittaa päätöksestä Uudenmaan lääninoikeudelle

tammikuu -95

ULO hylkää SKY:n valituksen

helmikuu -95

SKY valittaa päätöksestä korkeimpaan hallinto-oikeuteen ?

KESTOISUUSTYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Jukka Henriksson, Sunila Oy
Toimenkuva
Soodakattilan pohjavauriotutkimus
Vaurioraportointi
Terminen väsyminen

LIPEÄTYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Pauli Harila, Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin
tehtaat
Toimenkuva
Mustalipeän polttotekniset ominaisuudet
Mustalipeän pisaroituminen
Vesikierroltaan suljettu sellutehdas

YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Sauli Purho, Enocell Oy
Toimenkuva
Mustalipeän polton typpikemia
Lausuntopyynnöt päästöihin liittyen

OHJELMATYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Juha Kouki, Kymin Paperiteollisuus Oy
Toimenkuva
Konemestaripäivä 1995, Veitsiluoto Oy, Kemin tehtaat
Vuosikokous 1995, Enocell Oy
Soodakattilapäivä 1995

TYÖRYHMIEN TOIMENKUVAT

KESTOISUUSTYÖRYHMÄ

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

LIPEÄTYÖRYHMÄ

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

OHJELMATYÖRYHMÄ

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

YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄ

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

2. SOODAKATTILAVAURIOT 1994

Vaurioiden lukumäärä

Vaurioiden ilmeneminen

Lipeänpolton keskeytysaika

Tampellan ekonomaiseri- ja keittopintavauriot

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1994

VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ

TULIPESÄ	2 kpl
VERHO	
TULISTIN	9 kpl
KEITTOPINTA	4 kpl
LIERIÖ	
EKONOMAISERI	6 kpl
POHJA	3 kpl
MUU	2 kpl
YHTEENSÄ	26 kpl

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1994

VAURION SATTUESSA ILMENI

VESIVUOTO KATTILAAN	11 kpl
VESIVUOTO ULOS	2 kpl
HÖYRYVUOTO KATTILAAN	1 kpl
VUOTO TAI MUU ÄÄNI	3 kpl
SULAVUOTO	2 kpl
VETOHÄIRIÖ	1 kpl
HÖYRY/VESIVIRRRAN ERON KASVI	1 kpl
MUU	1 kpl

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1994

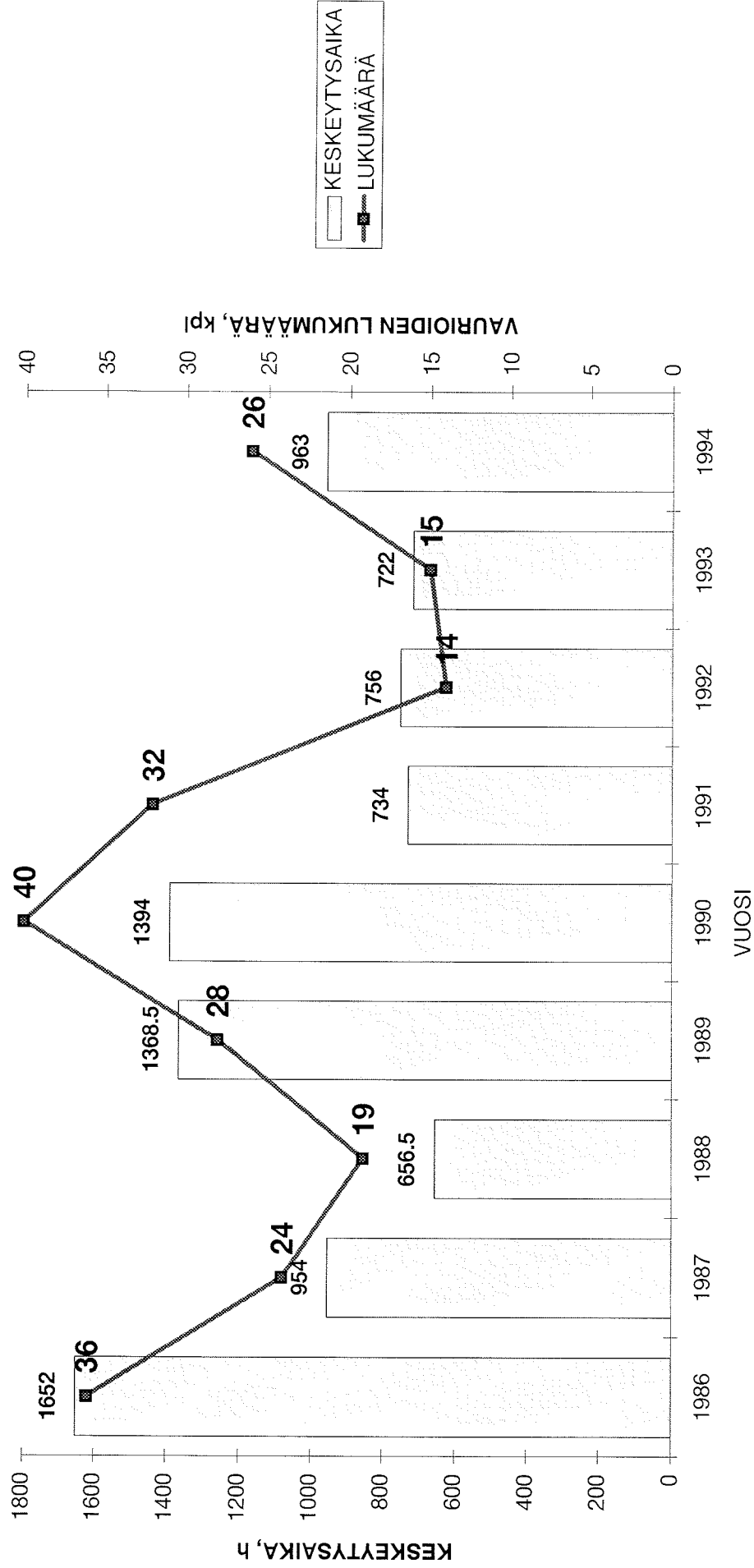
KESKEYTYSAIKA

TULIPESÄ	19 h
VERHO	
TULISTIN	219 h
KEITTOPINTA	161 h
LIERIÖ	
EKONOMAISERI	364 h
POHJA	
MUU	200 h
YHTEENSÄ	963 h

VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ VAURIOTYYPEITTÄIN



VAURIOIDEN KOKONAISLUKUMÄÄRÄ JA LIPEÄN POLTON KESKEYTYS TUNTEINA



MUSTALIPEÄN PISAROITUMINEN

Ari Kankkunen, Teknillinen korkeakoulu

Mustalipeän pisaroituminen

Ari Kankkunen

Tomi Helpiö

Teknillinen korkeakoulu

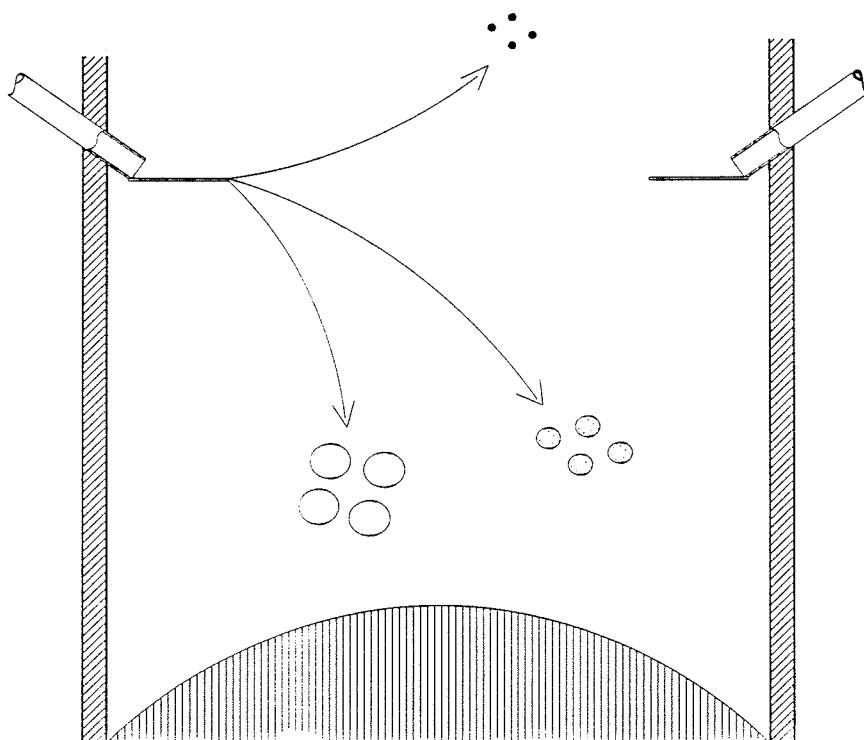
Energiatekniikan ja ympäristönsuojelun laboratorio

1. Johdanto

Mustalipeäruiskutuksen pisarakoko on tärkeä soodakattilan toimintaan vaikuttava suure. Liian pienet pisarat lentävät kaasuvirtausten mukana kattilan yläosiin ja likaavat lämmönsiirtopintoja. Liian suuret pisarat putoavat märkinä kekoon. Kuva 1 havainnollistaa tilannetta. Lipeäpisaran koko vaikuttaa myös pisaran kuivumisen ja palamisen nopeuteen.

Teknillisessä korkeakoulussa on tutkittu mustalipeän pisaroitumista vuodesta 1990 lähtien yhteistyössä Suomen Soodakattilayhdistyksen, Ahlström Machineryn ja Tampella Powerin kanssa yhteistyössä. Tutkimus kuuluu osana suomalaiseen LIEKKI palamistutkimusohjelmaan. Aluksi pisarakokoja tutkittiin pienoismalleilla. Tutkimuksen aikana on kehitetty menetelmä mustalipeäsuutinten pisarakoon mittaamiseen. Aiemmin Suomessa ei ole ollut käytettävissä mustalipeäpisaroiden koon mittaamiseen soveltuvaa menetelmää.

Tässä esitelmässä esitetään kuuman mustalipeäsuihkun pisarakoon mittaamiseen kehitetty laitteisto ja mitattuja pisarakokoja tehdasmittakaavan lusikkasuuttimille. Lisäksi esitetään mittaustuloksia pisaroiden lähtönopeudelle suuttimelta. Myös käytetyn lusikkasuuttimen paineen ja massavirran välinen yhteys eri lämpötiloissa esitetään.



Kuva 1. Pienten ja suurten pisaroiden lentoratoja soodakattilassa.

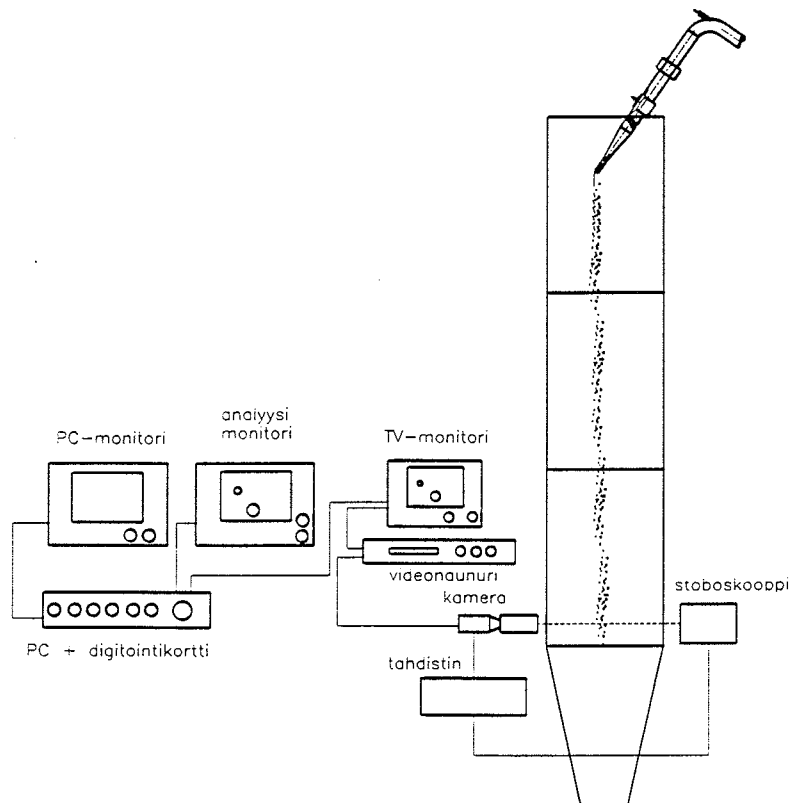
2. Laitteisto

Sunila Oy:n kattilahalliin rakennettiin keväällä 1994 sumutuskammio, jossa voitiin suorittaa mustalipeän pisaroitumistutkimusta tehdasmittakaavan suuttimilla. Sumutuskammion korkeus oli 6 m, leveys 3 m ja syvyys 1 m. Mustalipeän ruiskutus tapahtui kammion ylälaidan tasolta alaspäin ja pisarakoko mitattiin 4 m alempana olevista kuvausaukoista.

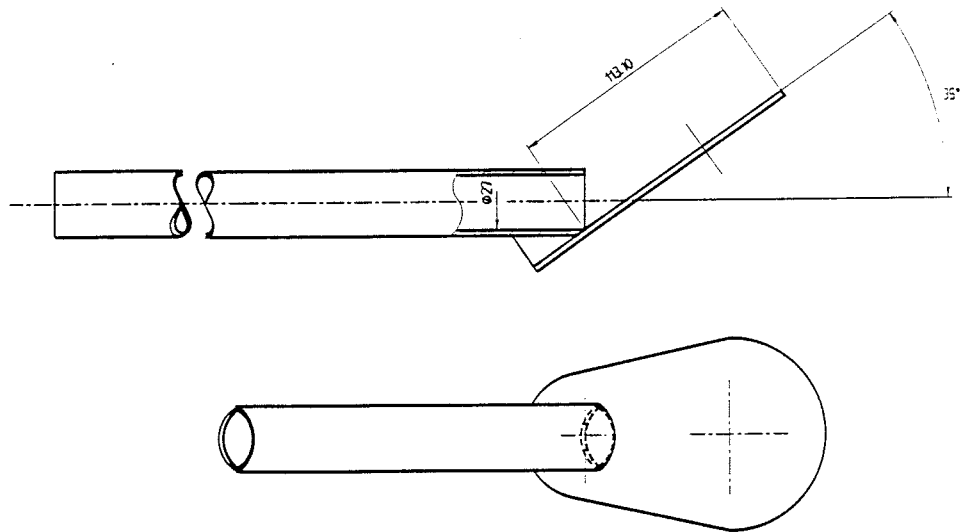
Pisaroiden koon mittaamiseksi taltioitiin videokameran avulla pisaroiden kokoja S-VHS videonauhalle. Kunkin kuvausjakson pituus oli 10 minuuttia. Pisaroiden liike pysäytettiin valaisemalla mittauskohdan taustalla olevaa diffusoripaperia stroboskoopilla. Koejärjestely on esitetty kuvassa 2. Pisarakoot analysoitiin myöhemmin käyttäen mikrotietokoneeseen asennettua kuva-analyysikorttia sekä pisarakoon mittaamiseen TKK:lla valmistettua C-kielistä tietokoneohjelmaa PISARA. Mikrotietokone ohjasi nauhuria, jolta pisarakokuvat luettiin tietokoneen käsiteltäväksi. Kukin mittapiste sisälsi 2000-3000 pisaraa, ja kunkin pisteen analysointiin kului noin 2 vuorokautta.

Mustalipeä otettiin tehtaan polttolipeälinjasta. Osa kokeista toteutettiin mustalipeän kiehumispisteen yläpuolisissa sumutuslämpötiloissa. Tällöin koelipeä lämmitettiin lisäämällä lipeän joukkoon höyryä tehtaan höyrylinjasta.

Koesuuttimina käytettiin kolmea tehdasmittakaavan lusikkasuutinta. Suuttimet, joiden suuaukon halkaisijat ovat 15 mm ja 27 mm, ovat geometrisesti samanlaisia. Kuvassa 3 on esitetty 27 mm:n suutin. Suutin, jonka suuaukon halkaisija on 23 mm, on lusikkakulmaltaan suurempi, mutta lusikkakooltaan pienempi verrattuna kahteen muuhun suuttimeen.



Kuva 2. Koejärjestely tehdasmittakaavan suutinten pisarakoon mittaamiseksi.

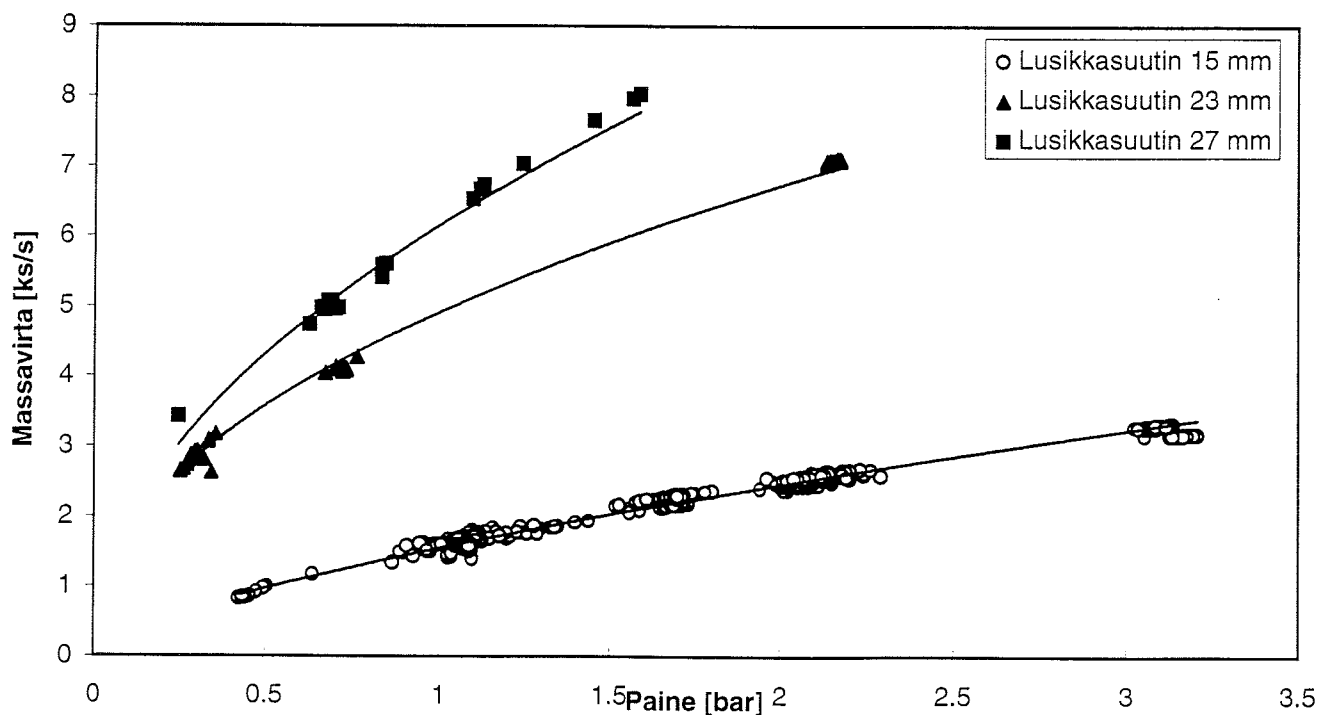


Kuva 3. Pisaroitumiskokeissa käytetty lusikkasuutin.

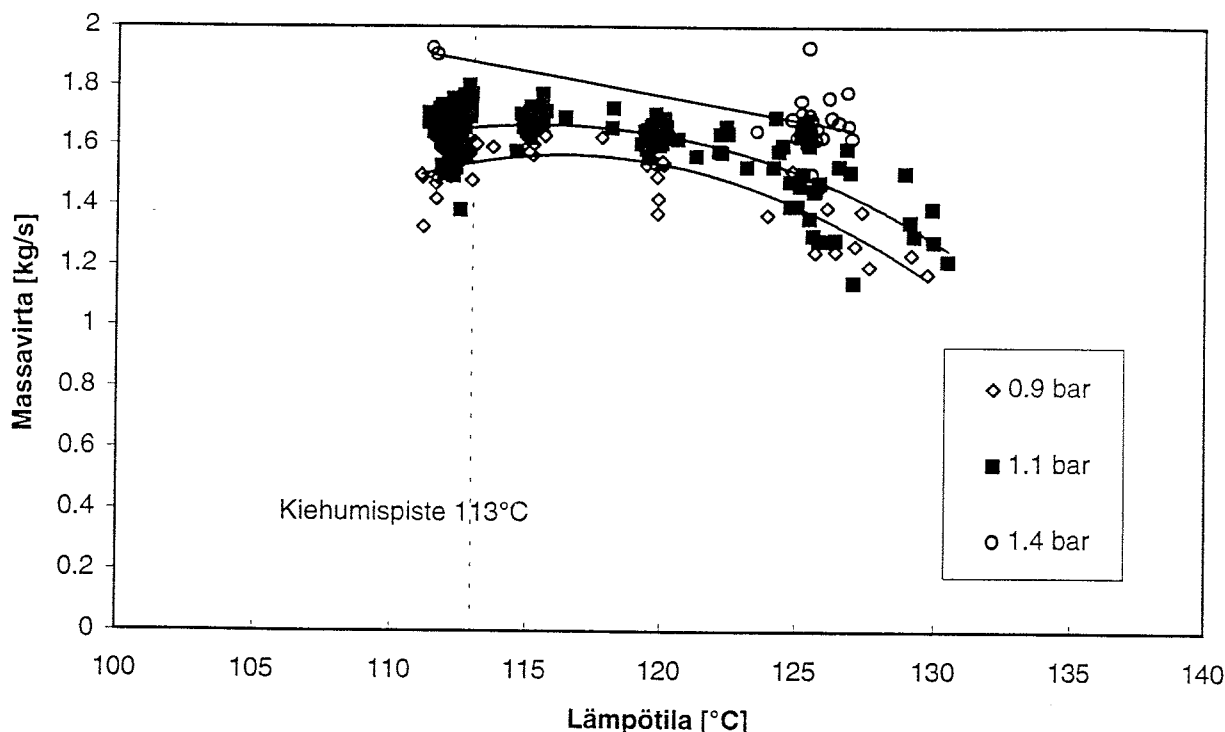
3 Mittaustulokset

Massavirta

Kuvista 4 ja 5 nähdään massavirran ja paineen välinen yhteys sumutuskokeissa käytetyille suuttimille. Kuten oletetaankin sumutuspaineen kohottaminen ja suutinkoon suurentaminen lisäävät massavirtaa. Lämpötilan kohottaminen sumutuspaineen ollessa vakio alentaa massavirtaa kiehumispisteen (113°) yläpuolella, kuten kuvasta 5 on nähtävissä. Käytetylle suutintyyppille kiehuminen näyttäisi vaikuttavan massavirtaan voimakkaasti vasta mustalipeän lämpötilan ollessa yli 10°C kiehumispisteen yläpuolella. Mustalipeän ominaisuudet on esitetty taulukossa 1.



Kuva 4. Massavirran riippuvuus sumutuspaineesta tehdasmittakaavan suuttimille lämpötilassa 113°C .



Kuva 5. Massavirran riippuvuus sumutuslämpötilasta 15 mm:n lusikkasuuttimelle sumutuspaineen ollessa 0,9 bar, 1,1 bar ja 1,4 bar.

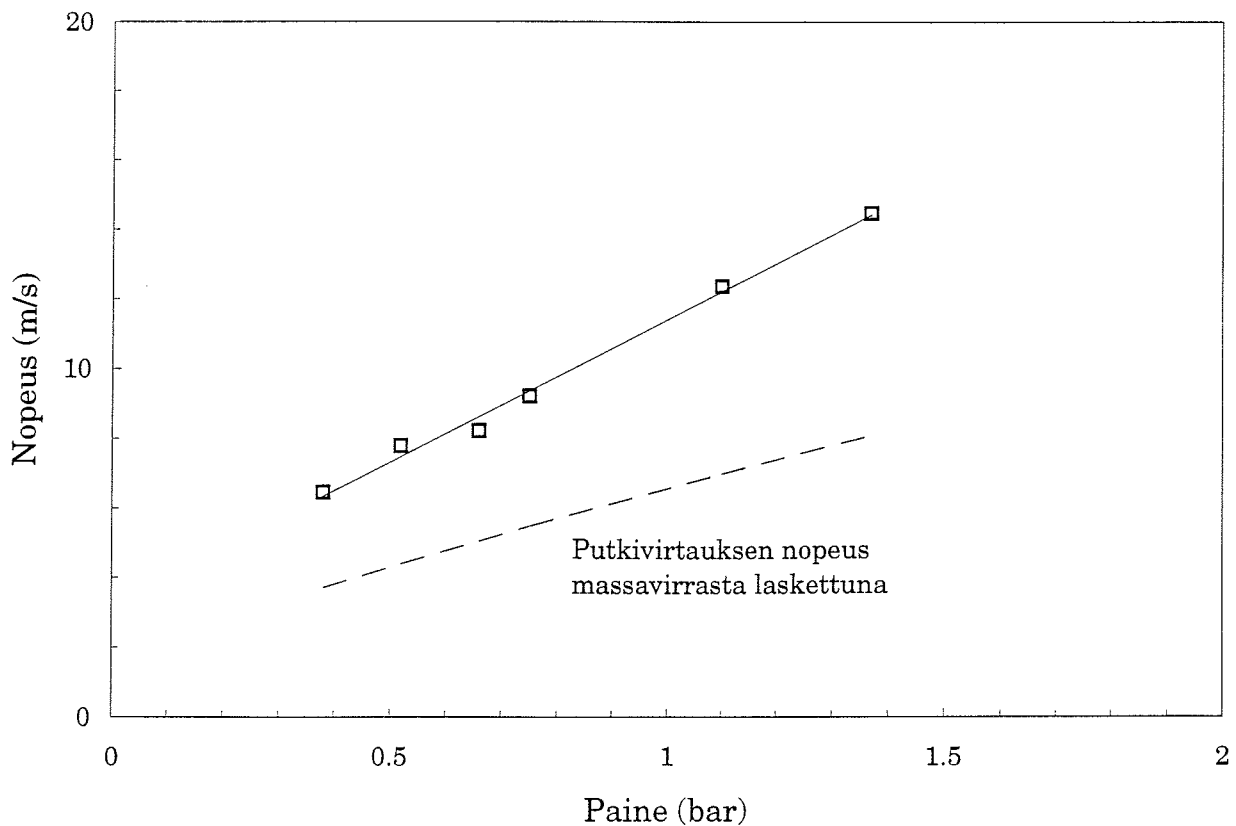
Taulukko 1. Sumutuskokeissa käytetyn mustalipeän ominaisuudet.

Kuiva-aine [%]	Viskositeetti [mPa·s] (113°C)	Kiehumapisteen nousu [°C]	Tiheys [kg/m ³]
69,8	65	128	1400

Mitatut paineen ja massavirran väliset yhteydet eivät ole yleispäteviä. Kullekin suutintyypille massavirran ja paineen välinen riippuvuus on määritettävä erikseen. Massavirran ja paineen välisen suhteen määrittämisessä on huolellisesti määriteltävä mitä tarkoitetaan sumutuspaineella ja missä suuttimen katsotaan alkavan. Painemittarin ja suuttimen välinen korkeusero sekä painemittarin ja suuttimen väliset painehäviöt on huomioitava. Putken kaventuma ennen suutinta alentaa staattista painetta virtauksen kiihtyessä putken kaventumassa. Tässä esityksessä paine on esitetty liikkumattoman virtauksen staattisena paineena ennen suutinta.

Nestekalvon nopeus

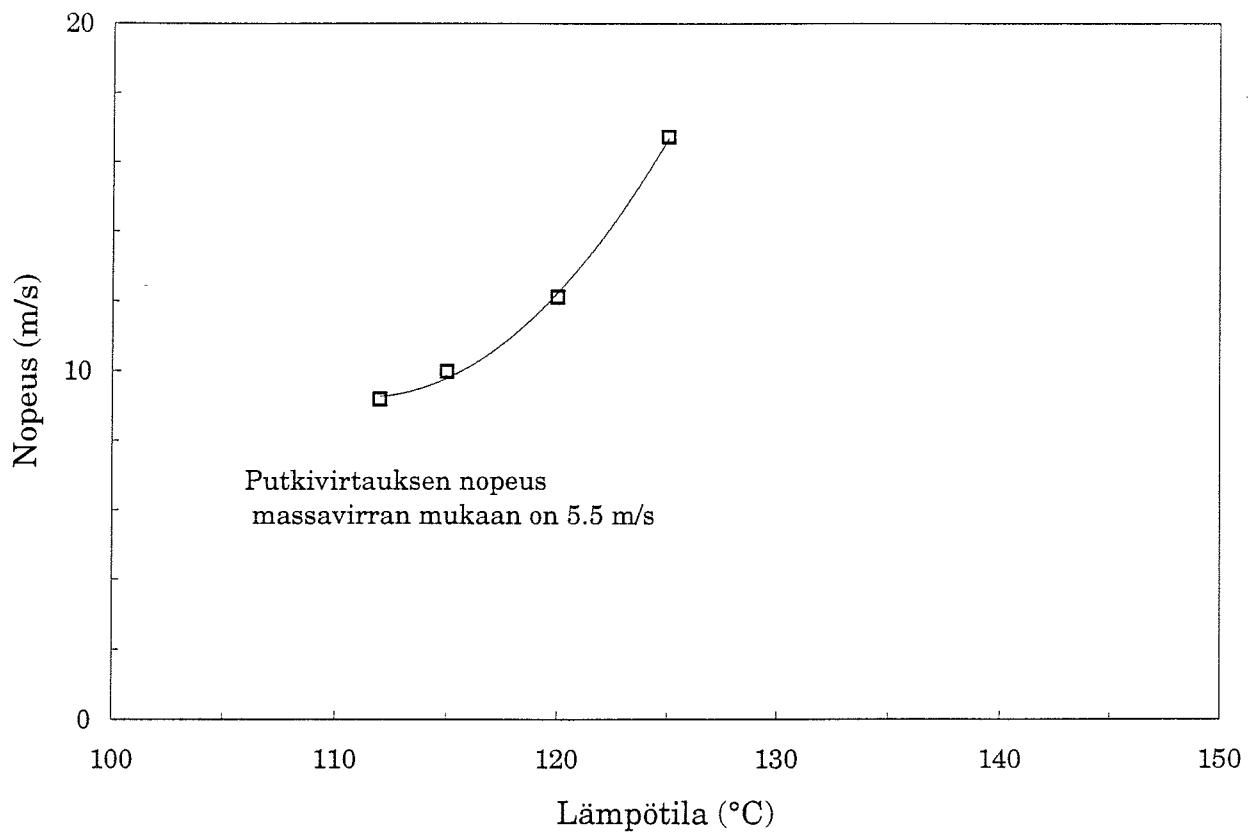
Nestekalvon nopeus 75 cm etäisyydeltä lusikasta mitattiin ccd-kameran kaksoisvalotuksen avulla suihkun keskilinjasta. Suihkun nopeus kiihtyy, kun mustalipeän painetta kohotetaan. Tämä nähdään kuvasta 6. Suihkun nopeus kiihtyy myös, kun mustalipeän lämpötilaa kohotetaan. Tämä aiheutuu veden kiehumisesta suuttimen ja suutintukin sisällä. Samalla suihku jäähtyy. Kuvassa 7 on esitetty kalvon nopeus eri lämpötiloissa 15 mm:n lusikkasuuttimelle. Kuvissa on esitetty myös virtauksen nopeus suuttimen suuaukossa, kun nesteen tiheytenä pidetään massavirtamittarissa mitattua tiheyttä. Mustalipeäkalvon nopeus on kaikissa tapauksissa suurempi kuin putkivirtauksen, koska lusikka kuristaa ja siten kiihdyttää virtausta.



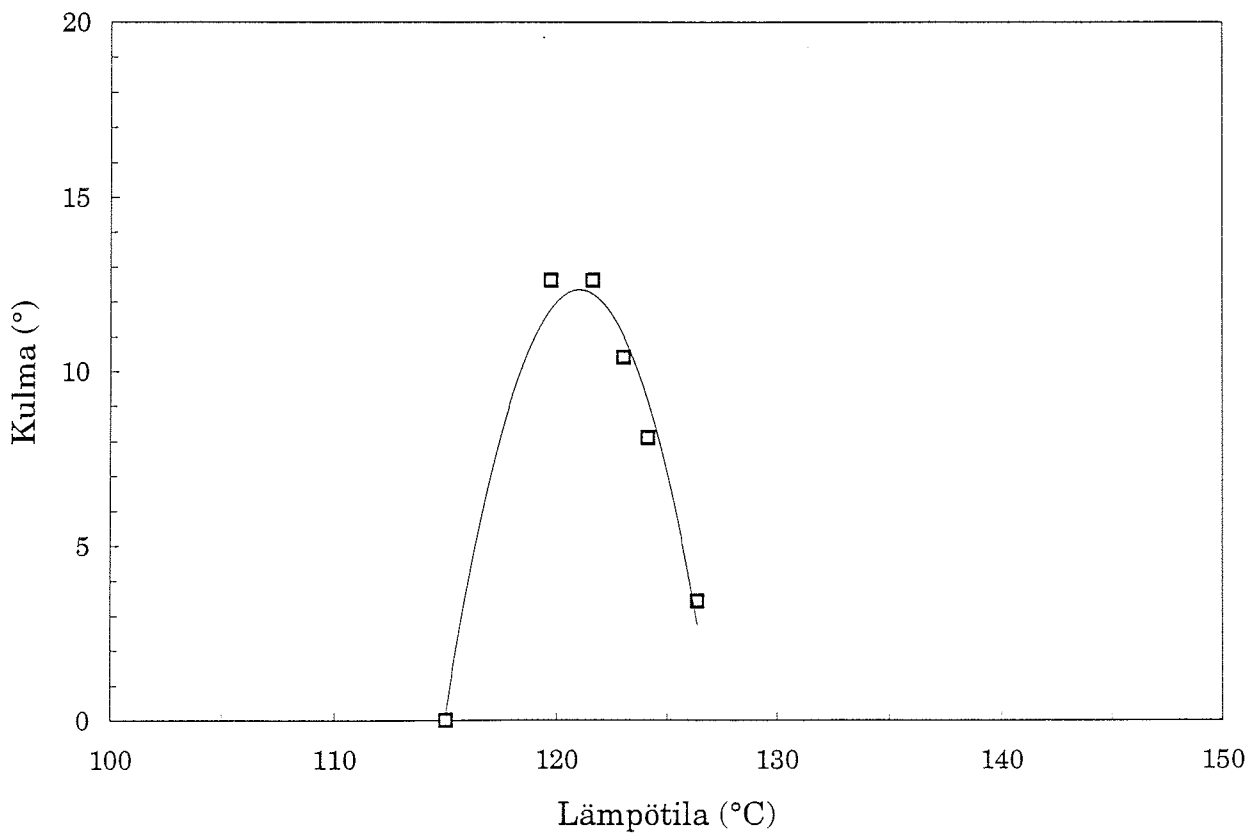
Kuva 6. Nestekalvon nopeus sumutuspaineen funktiona 15 mm:n lusikkasuuttimella. Mustalipeän lämpötila on 112 °C.

Mustalipeän kiehuminen

Nykyisten soodakattiloiden mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on yleensä niin korkea, että polttolipeä joudutaan lämmittämään kiehumispisteensä yläpuolelle ennen sumuttamista. Suoritetun koesarjan pohjalta voidaan arvioida, että mustalipeän kiehuminen vaikuttaa voimakkaasti pisaroitumiseen vasta kun ollaan noin 8 °C kiehumispisteeseen yläpuolella. Kiehumispisteen nousu on 70 % kuiva-aineiselle mustalipeälle noin 13°C, joten kiehumisen vaikutus tulee merkittävästi esiin kokeissa käytetylle lipeälle vasta lämpötilassa 121°C. Kiehuminen vaikuttaa sumutuksessa tarvittavaan paineeseen ja vastaavaan massavirtaan. Kiehuminen vaikuttaa myös syntyvään pisarakokoon ja pisaroiden lähtönopeuteen ja suuntaan. Kuvassa 8 on esitetty suihkun keskilinjän suunta eri sumutuslämpötiloissa. Kulma 0° tarkoittaa, että suihku on lusikan suuntainen. Suihku kohoaa siis mitatussa tapauksessa lusikan pinnasta enimmillään 13 ° kulmassa, kun mustalipeän lämpötila on 6-9 °C kiehumispisteeseen yläpuolella.



Kuva 7. Nestekalvon nopeus lämpötilan funktiona 15 mm:n lusikkasuuttimella. Sumutuspaine on vakio.

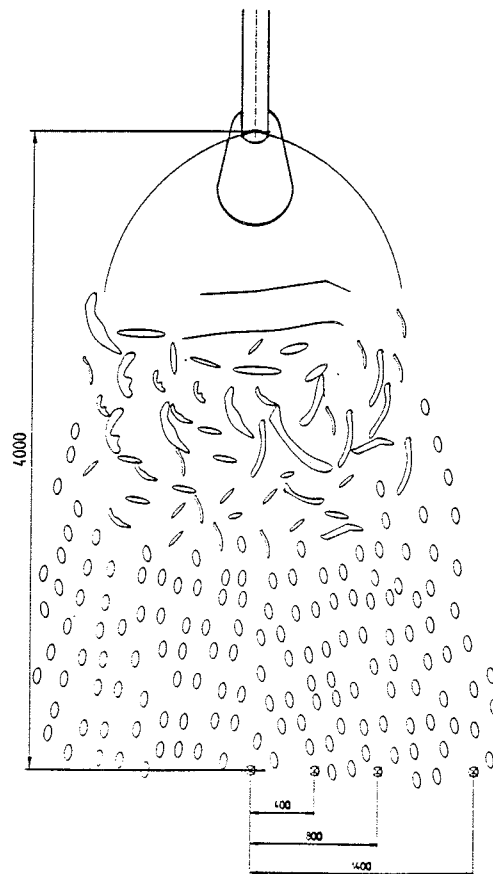


Kuva 8. Mustalipeäsuihkun suunta lusikkatasoon nähden eri sumutuslämpötiloissa.

Pisarakoko

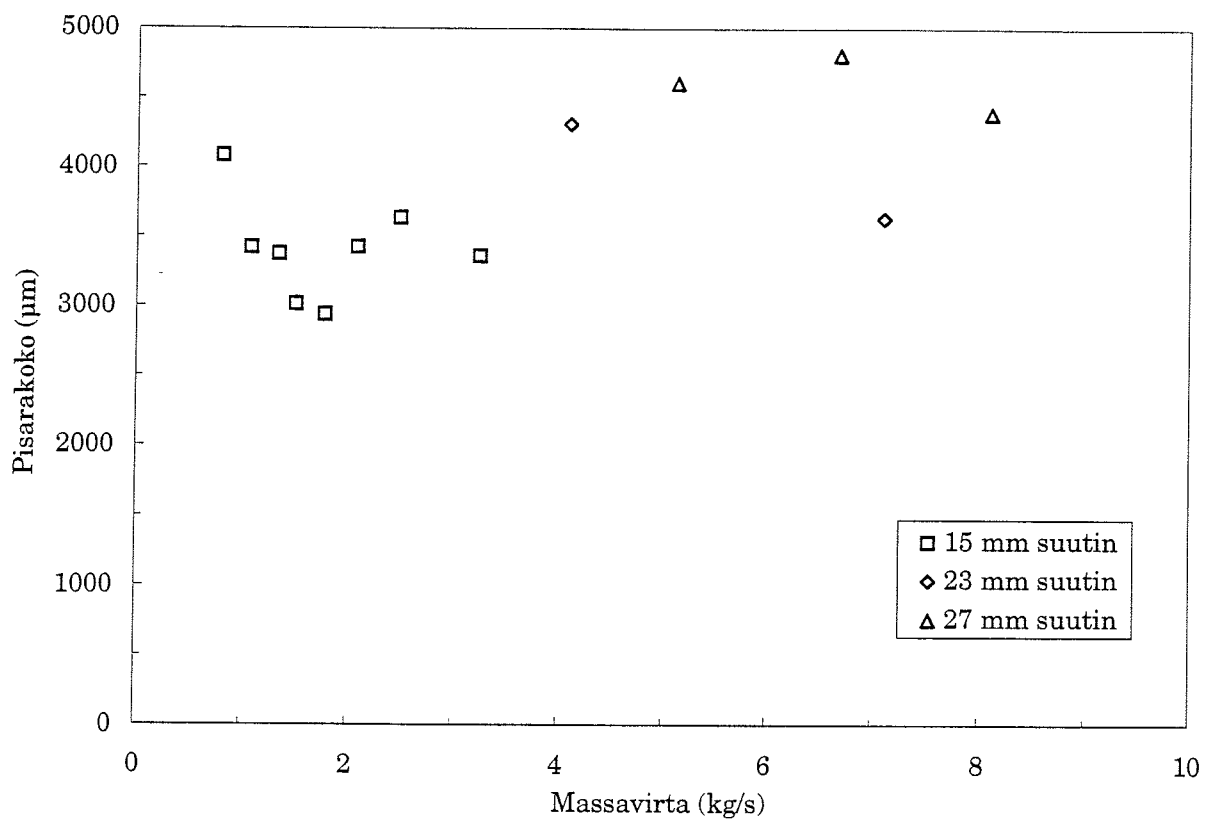
Lusikkasuuttimella pisaroituminen tapahtuu yleensä siten, että putkesta tuleva nestevirtaus muutetaan lusikalla ohueksi nestekalvoksi. Etääntyessään lusikalta kalvo ohenee. Samalla kalvo reikiintyy tai muodostaa aaltoja, joiden kohdalta kalvo sitten rikkoutuu. Rikkoutuneet kalvon palaset pintajännitys vetää rihmoiksi. Edelleen pintajännitys ja rihman värähtely särkevät rihmat pisaroiksi. Kalvon paksuudella ja aallonpituudella oletetaan olevan yhteys rihmojen paksuuteen, jonka taas oletetaan määräävän sumutuksessa syntyvän pisarakoon. Pisarakoko ei koskaan ole tasainen, vaan kaikkein pienimpien ja kaikkein suurimpien pisaroiden kokojen suhde on noin 1/20.

Kuvassa 9 on esitetty kalvon hajoaminen lusikkasuuttimella. Lisäksi kuvassa on nähtävissä mittauspisteiden sijainnit suuttimeen nähden. Kuva ei ole piirretty oikeaan mittakaavaan.

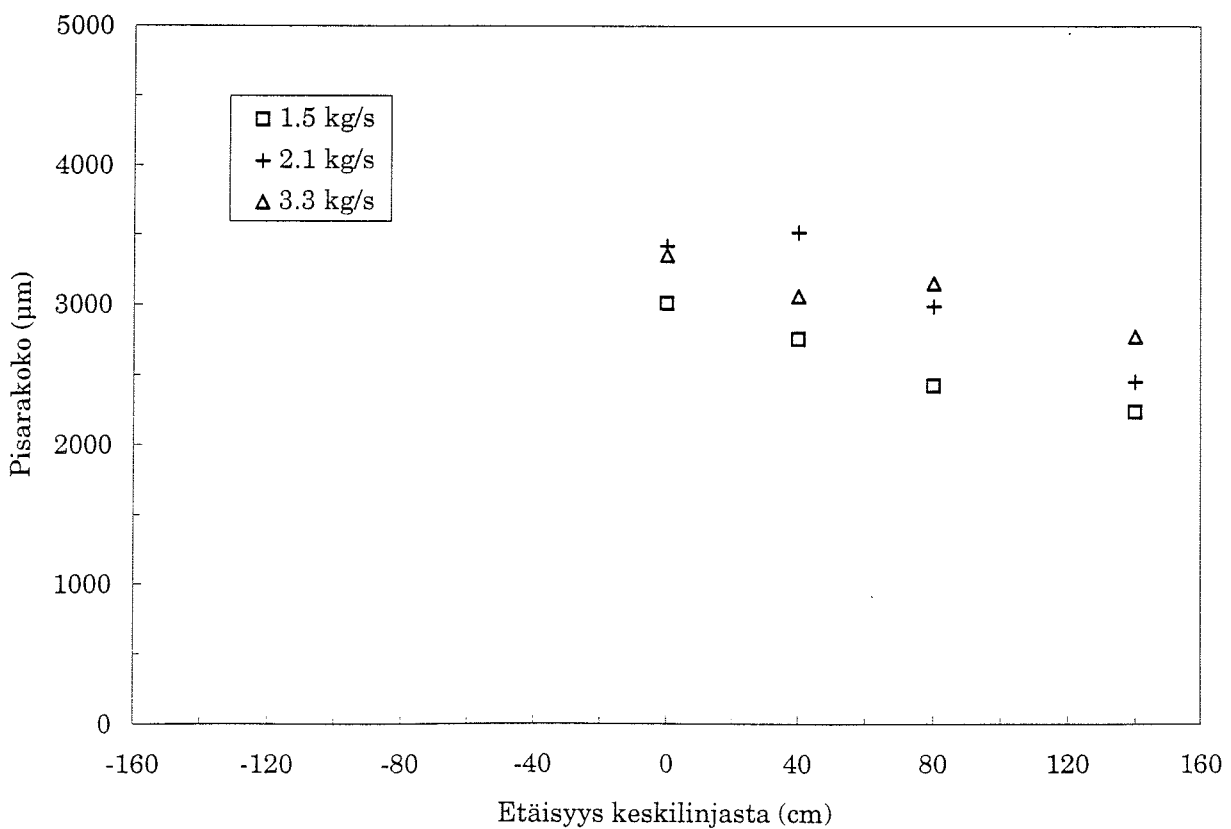


Kuva 9. Pisaroiden syntyminen ruiskutettaessa mustalipeää lusikkasuuttimella. Pisarakoon mittauskohdat on esitetty.

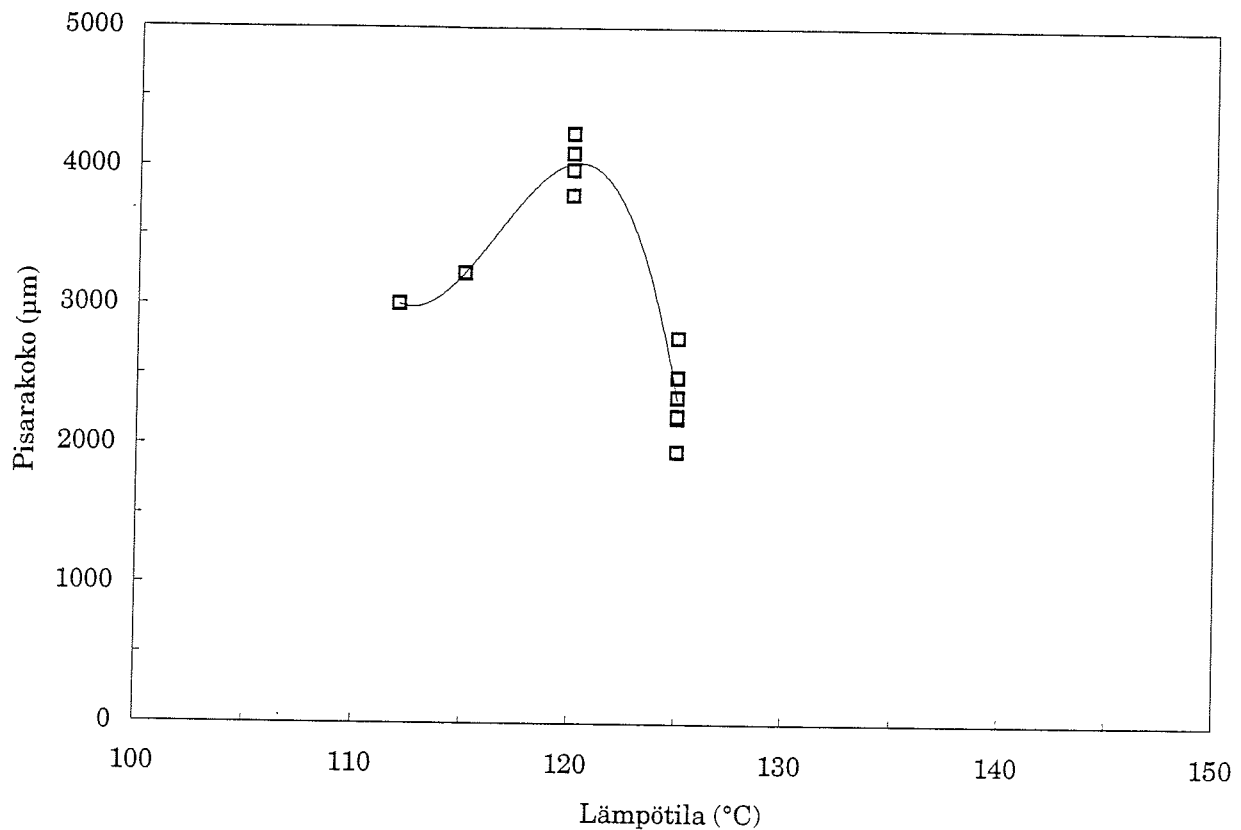
Kuvassa 10 on esitetty pisarakoko massavirran funktiona eri suuttimille. Pisaroiden keskihalkaisijat käytetyllä suutintyyppillä ja mustalipeällä ovat noin 4 millimetriä. Massavirran kasvaessa pisarakoko pienenee. Kuvassa 11 on esitetty pisarakoko muutamilla etäisyyksillä suihkun keskilinjasta. Pisarakoko pienenee hitaasti, kun mittauspistettä siirretään pois päin suihkun keskilinjalta.



Kuva 10. Pisarakoko massavirran funktiona eri suuttimille. Mustalipeän lämpötila on 112°C .



Kuva 11. Pisarakoko eri etäisyyksillä suihkun keskilinjasta 15 mm:n suuttimelle. Mustalipeän lämpötila on 112°C



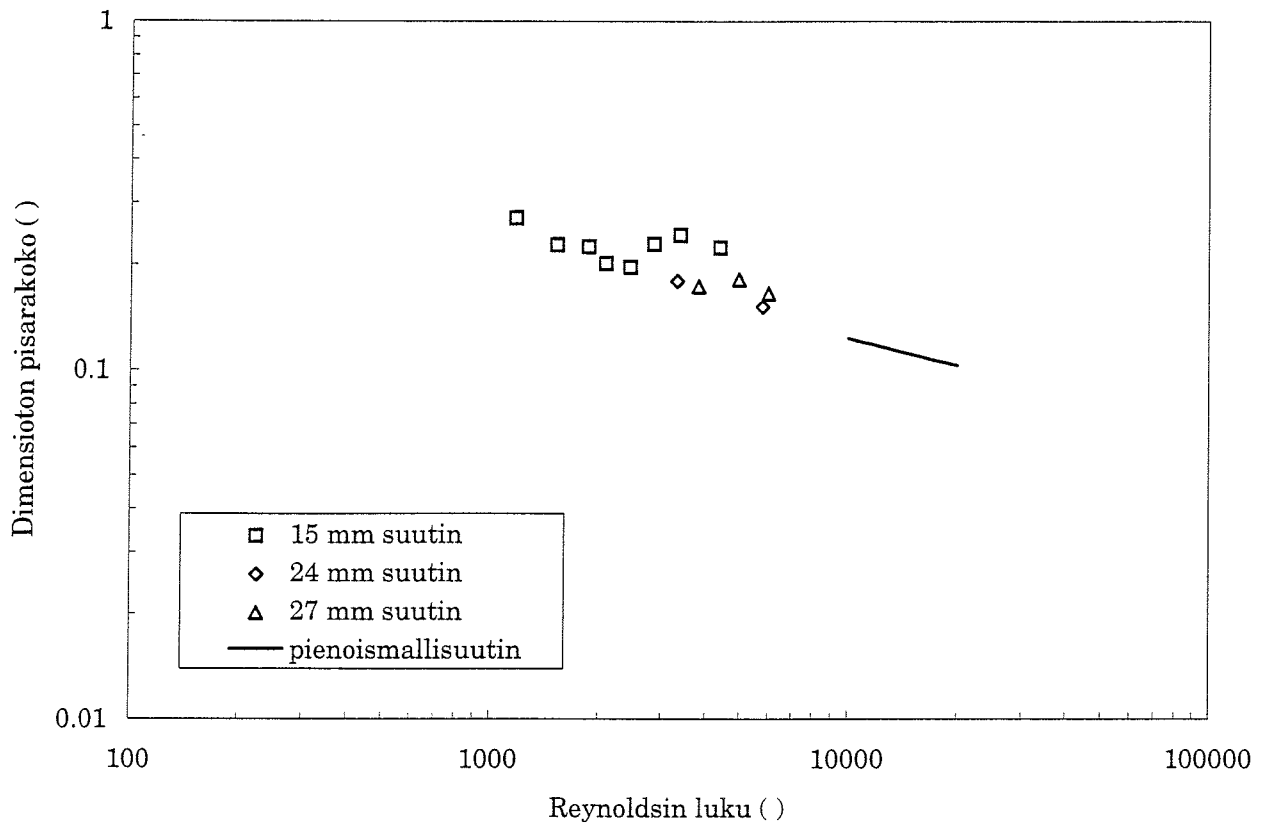
Kuva 12. Pisarakoko eri sumutuslämpötiloissa. Sumutuspaine on vakio.

Kuvassa 13 on esitetty dimensioton pisarakoko Reynoldsin luvun funktiona. Samassa kuvassa oleva yhtenäinen viiva osoittaa aiemmissa pienoismallikokeissa mitatut dimensiottomat pisarakoot. Vaikuttaa siltä, että käytetylle tehdasmittakaavan lusikkasuutinmallille laskettu korrelaatioyhtälö

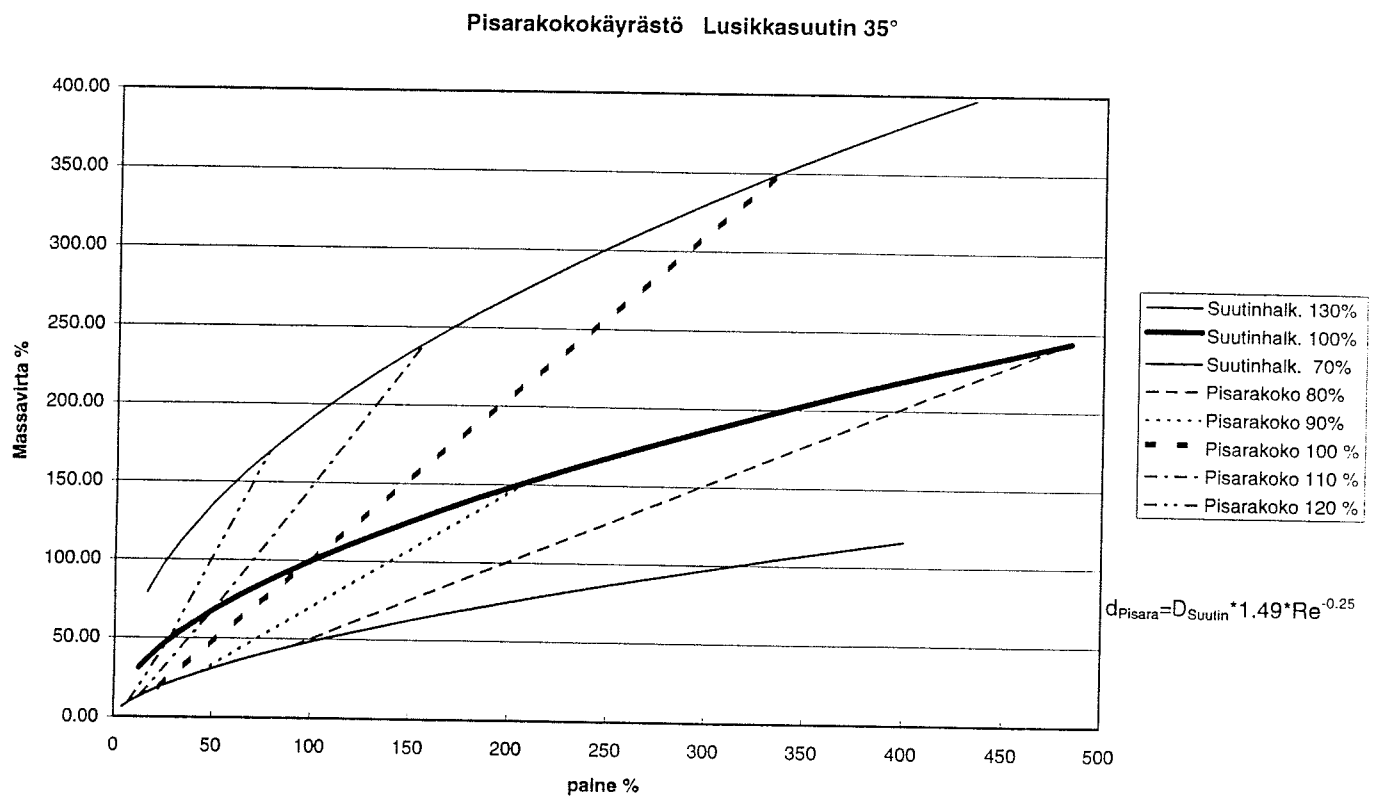
$$D \sim 1.49 \cdot Re^{-0.25} \quad (1)$$

pätee myös käytetyille pienoismallisuuttimille. Tätä pisarakokokaavaa hyödynnettäessä on kuitenkin muistettava, että dimensiottoman Ohnesorgen luvun tulee olla noin 0.05-0.1 ja viskositeetin noin 60 mPa·s tehdasmittakaavan suuttimille. Korrelaatioyhtälöä muodostettaessa on käytetty vain kahta eri tehdasmittakaavan suutinkokoa, ei eri viskositeetteja. Aiemmin suoritetuissa pienoismallikokeissa viskositeetti ja massavirta oli skaalattu vastaamaan jokseenkin nyt suoritettuja tehdasmittakaavan kokeita. Lisäksi soodakattilaan tapahtuvassa mustalipeän ruiskuttamisessa pisarakoko saattaa muodostua jonkin verran erilaiseksi kuin näissä 20°C:een ilmaan suoritetuissa pisarakokomittauksissa.

Kuvassa 14 on esitetty kaavan (1) mukaan lasketut pisarakoot ja vastaava massavirta ja paine kolmelle suutinkoolle. Esimerkiksi suutinkoon suurentaminen 30 %:lla suurentaa pisarakokoa noin 15 %, jos ruiskutuspainetta ei muuteta. Toisialta ruiskutuspaine joudutaan korottamaan kaksinkertaiseksi, jos halutaan pienentää pisarakokoa 10 % muuttamatta suutinkokoa.



Kuva 13. Dimensionioton pisarakoko Reynoldsin luvun funktiona.



14. Massavirran, paineen ja pisarakoon välinen yhteys.

4. Jatkotutkimus

Vuonna 1995 tehtävässä tutkimuksessa painotetaan pisarakoon vaikutusten liittäminen todellisen soodakattilan toimintaan. Koekattilana käytetään Kaukas Oy:n kattilaa Lappeenrannassa. Koesuuttimet ovat Kaukaan käyttämää lusikkasuutin mallia ja TKK:n aiemmissa kokeissaan käyttämää lusikkasuutinmallia. Suuttimien ominaisuudet määritetään Sunilan koesumutuskammiossa. Pyritään löytämään sumutustavan ja tähän liittyvän pisarakoon vaikutus soodakattilan päästöihin, likaantumiseen ja reduktioon.

Käytetyt merkinnät

Symboli	Määritelmä		Yksikkö
d_{Pisara} =	tilavuuskeskihalkaisija		[mm]
D_{Suutin} =	suuttimen suuaukon sisähalkaisija		[mm]
v =	nopeus suutinputkessa		[m/s]
ρ =	tiheys		[kg/m ³]
η =	viskositeetti		[Pa·s]
σ =	pintajännitys		[N/m]
D^* =	$d_{\text{Pisara}}/D_{\text{Suutin}}$	Dimensioton pisarakoko	[]
Re =	$\rho v D_{\text{Suutin}}/\eta$	Reynoldsin luku	[]
Oh =	$\eta/\sqrt{\sigma \rho D_{\text{Suutin}}}$	Ohnesorgen luku	[]

Mustalipeäruiskutuksen pisarakokoon vaikuttavia tekijöitä

Ari Kankkunen
Teknillinen Korkeakoulu
Energiatekniikan ja ympäristönsuojelun laboratorio
Sähkämiehentie 4
02150 Espoo

p. 90-4513627
fax. 90-4513418

Soodakattilassa poltetaan sellutehtaan jätelipeä, jonka määrän ja laadun määrää prosessi. Lipeiden välillä voi olla suuriakin eroavuuksia. Seuraavassa oletetaan, ettei soodakattilaan ruiskutettavan mustalipeän määrään tai laatuun voida vaikuttaa. Tässä esityksessä esitetyt pisarakoon riippuvuudet eri tekijöistä ovat suuntaa-antavia nyrkkisääntöjä.

Pisarakoon vaikutus

Lipeäsuuttimilla aikaansaatu pisaroituminen vaikuttaa soodakattilan toimintaan monilla tavoin:

Vähän pieniä pisaroita

- normaali tilanne
 - pienimmät pisarat tempautuvat kaasuvirran mukana ja likaavat kattilan lämmönsiirtopintoja
 - keko on suunnilleen halutun kokoinen
 - kattilan alaosa on kuuma
- > haluttaisiin kaventaa pisarakokojakauman leveyttä

Paljon pieniä pisaroita

- epänormaali tilanne
 - kattilan lämmönsiirtopinnat likaantuvat, polttoaineesta talteen saatavan energian ja kemikaalien määrät saattavat alentua
 - palaminen siirtyy kattilassa ylöspäin
 - pienet pisarat palavat nopeasti -> lämpötila suutintason yläpuolella on korkea
 - keko pienenee -> pölyn määrä kasvaa
 - reduktio laskee kun lipeää ei saada kekoon
- > halutaan kasvattaa keskipisarakokoa

Vähän suuria pisaroita

- normaali tilanne
 - lähes kaikki pisarat kuivuvat ennen putoamistaan kekoon
 - keko on suunnilleen halutun suuruinen
- > haluttaisiin kaventaa pisarakokojakauman leveyttä

Paljon suuria pisaroita

- epänormaali tilanne
 - paljon kosteita pisaroita putoaa kekoon
 - keko jäähtyy -> rikkiemissio kasvaa
 - keko kasvaa
 - palaminen siirtyy alemmaksi tulipesässä
 - reduktio pienenee
- > halutaan pienentää keskipisarakokoa

Pisarakoon muuttaminen

Kun lipeän massavirta ja laatu on määrätty soodakattilan ulkopuolisen prosessin osalta lukkoon, voidaan pisarakokoon vaikuttaa seuraavilla menetelmillä

Suuttimen valinta

Suuttimen koko vaikuttaa pisarakokoon. Kun suutinhalkaisijaa pienennetään 10% alenee massavirta 20% ja pisarakoko 5% ellei sumutuspainetta muuteta. Joudutaan kuitenkin kohottamaan sumutuspainetta tai lisäämään suuttimien lukumäärää, koska halutaan pitää massavirta ennallaan.

Tietyn suutin koon tuottamaa pisarakokoa voidaan pienentää myös lisäämällä kuristusta suuttimen suuaukossa (pienennetään lusikkakulmaa) tai kaventamalla rakosuuttimen suuaukkoa. Tällöinkin joudutaan kohottamaan sumutuspainetta tai lisäämään suuttimien lukumäärää, koska halutaan pitää massavirta ennallaan.

Pisarakokoa voidaan vastaavasti suurentaa valitsemalla suurempi suutin tai suutin, joka kuristaa lipeävirtaa vähemmän.

Suuttimien lukumäärä

Jos vähennetään suuttimien lukumäärää, joudutaan painetta kohottamaan, jotta massavirta pysyisi ennallaan. Tällöin pisarakoko pienenee.

Jos lisätään suuttimien lukumäärää, joudutaan painetta alentamaan, jotta massavirta pysyisi ennallaan. Tällöin pisarakoko suurenee.

Sumutuspaineen muuttaminen

Kohottamalla sumutuspainetta voidaan pisarakokoa pienentää. Kun sumutuspaine kohoaa, ruiskutettavan mustalipeän massavirta kasvaa. Joudutaan muuttamaan suutintyyppiä tai vähentämään suutinten lukumäärää massavirran säilyttämiseksi ennallaan. Tietylle suutingeometrialle ja koolle pisarakoko pienenee karkeasti 1 %, kun sumutuspainetta nostetaan 10 %. Sumutuspaineen nostaminen lisää pisaroiden nopeutta ja voi vaikuttaa kattilan virtaus- ja palamisolosuhteisiin tai keon kokoon.

Pisarakokoa voidaan suurentaa alentamalla sumutuspainetta.

Sumutuslämpötilan muuttaminen

Sumutuslämpötilan kohottaminen pienentää mustalipeän viskositeettia ja siten pisarakokoa. Flashingpisteen alapuolella pisarakoko pienenee 10 %, kun mustalipeän lämpötilaa kohotetaan 10 °C. Flashingpisteen kohdalla pisarakoon muutos on nopea ja pisarakoko voi pienentyä 30 %, kun lämpötilaa kohotetaan 10 °C. Samalla pisaroiden lähtönopeus kasvaa kiehumisen seurauksena ja pisaroiden lentoradat saattavat suuntautua uudella tavalla verrattuna aiempaa lämpötilaan flashingpisteen alapuolella.

Kriittisessä lämpötilassa pienikin muutos lämpötilassa saattaa vaikuttaa pisaroitumiseen merkittävästi. Flashinglämpötila on ilmeisesti 5-10°C kiehumispisteen yläpuolella eli noin 115-120°C.

Pisarakokoa voidaan suurentaa alentamalla mustalipeän lämpötilaa.

Pisarakokoon vaikuttavia prosessista riippuvia tekijöitä

Kuiva-aine

Kuiva-aineen kohoaminen 1% kohottaa viskositeettia 30 % ja pisarakokoa 3 % ellei sumutuslämpötilaa tai painetta koroteta. Pisarakoon pitämiseksi vakiona on sumutuslämpötilaa nostettava tai painetta korotettava.

Alkalipitoisuus

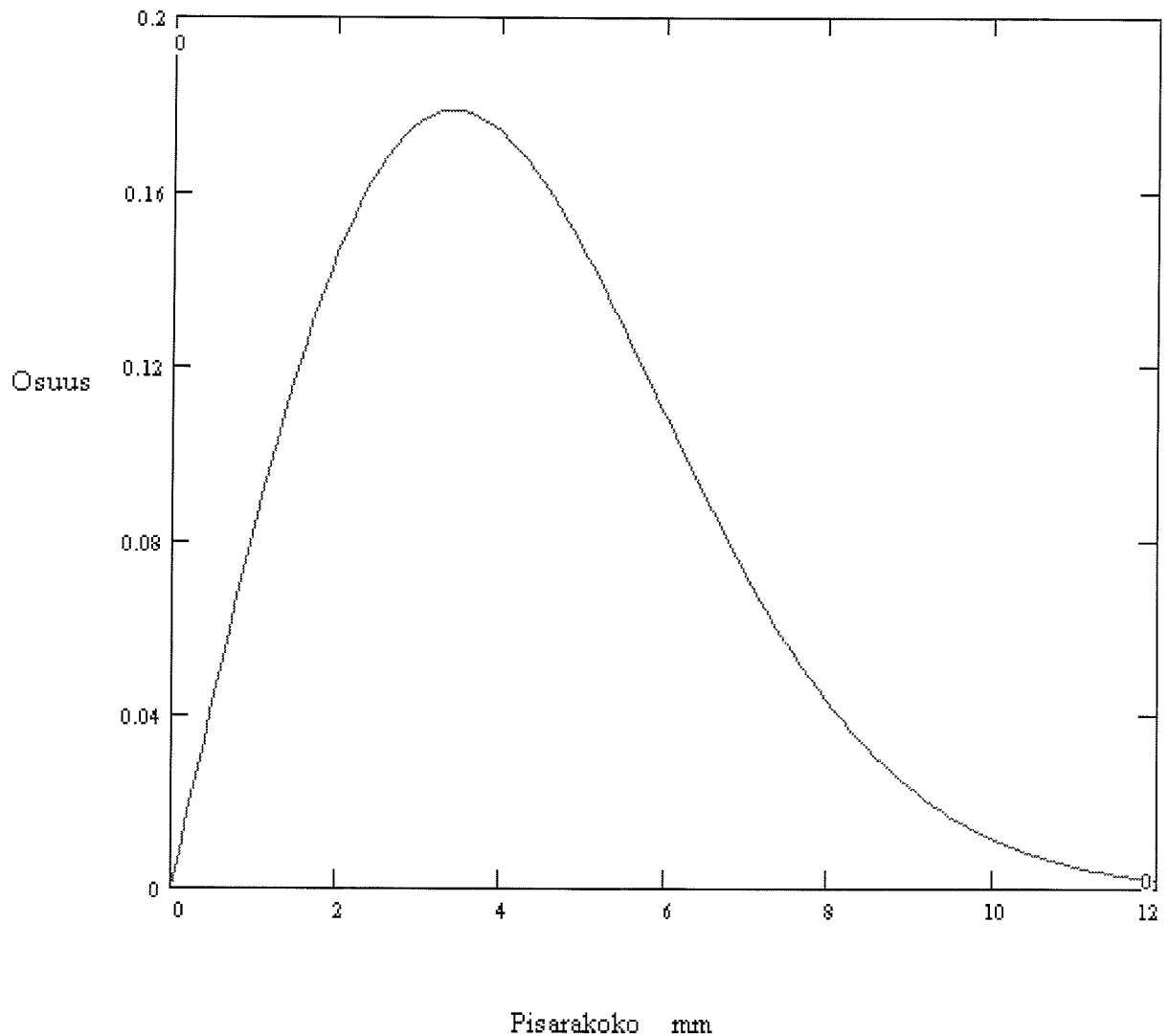
Alkalipitoisuus on yksi tyypillisistä keiton määraamistä suureista. Alkalipitoisuuden kohoaminen alentaa viskositeettia ja siten pienentää hiukan pisarakokoa.

Lämpökäsittely

Lipeän lämpökäsittelyllä voidaan mustalipeän viskositeettia alentaa huomattavasti. Alentuneen viskositeetin seurauksena pisarakoko pienenee. Varsinkin koivulipeällä joudutaan sumuttamaa alhaisella lämpötilalla, jotta pisarakoko säilyisi riittävän suurena.

Pisarakokojakauma

Suuttimella syntyvät pisarat eivät ole koskaan tasakokoisia vaan osa pisaroista on pienempiä ja osa pisaroista on suurempia kuin keskimääräinen pisarakoko. Suuremmalla suuttimella ja pienemmällä paineella tuotetut pisarat ovat hiukan tasakokoisempia kuin pienellä suuttimella ja suurella paineella tuotetut. Vaikka keskipisarakokoa voidaan muuttaa niin käytännön kannalta pisarakokojakaumat ovat yhtä leveitä nykyisille mustalipeän sumutukseen käytetyille suutintyypeille.



Tyypillinen pisarakokojakauma

Eräs tapa etsiä parasta sumutustapaa

1) Kirjataan ylös mahdolliset saatavissa olevat parannukset. Kannattaako edes yrittää parantaa kemikaalien talteenottoa tai vähentää kattilan likaantumista? Mitä olisi parhaimmillaan saatavissa? Luultavasti seuraavien kokeiden aikana kattila ainakin väliaikaisesti likaantuu normaalia enemmän.

Äkkinäiset muutokset kattilan ajotavoissa vaativat tarkkaa harkintaa etukäteen! Muutokset kattilan toiminnassa tapahtuvat hitaasti, joten huolellinen etukäteisuunnittelu työvuorojen vaihdokset huomioiden on välttämätöntä.

2) Määritetään indikaattorit joilla todennetaan kattilan toiminnan laatu. Näitä voivat olla esimerkiksi:
keon koko
tulipesän lämpötila ja lämpötilajakauma
nuohoustarve ja osittain palamattomat partikkelit tulipesän yläosassa
tuhkan määrä ja pH savukaasun puhdistimella ja muualla
päästöt

3) Valitaan paras (=käytetyin?) tunnettu perustilanne, jossa mustalipeävirta, sumutuspaine sekä suuttimien koko ja lukumäärä on tiedossa. Jos seuraavien kokeiluiden aikana syntyy ongelmia, voidaan yrittää saavuttaa tämä perusajotilanne uudelleen palauttamalla perustilanteessa ollut suutinten lukumäärä, koko, sumutuspaine ja lämpötila.

4) Vähennetään yksi suutin ja lisätään vastaavasti muiden jäljelle jäävien suutinten sumutuspainetta, niin että lipeän massavirta pysyy vakiona. Ei säädetä ilmaa, vaan annetaan kattilan asettua stabiiliksi ja arvioidaan käytettävissä olevien indikaattorien avulla kattilan toiminnan laatu verrattuna alkuperäiseen.

5) Optimoidaan ilma kohdalle 4, annetaan tilanteen stabiloitua ja arvioidaan kattilan toiminnan laatu. Pisarakoon tiedetään pienentyneen käyrästä paineen ja virtauksen avulla havaittavan määrän verran. Tämän seurauksena palaminen on siirtynyt hiukan ylemmäksi ja kattilan likaantuminen ehkä lisääntynyt.

6) Alennetaan sumutuslämpötilaa tarkoituksena saavuttaa sama pisarakoko kuin kohdassa 3. Käytetään apuna käyrästä ja oletetaan pisarakoon kasvavan $1\% / 1^{\circ}\text{C}$. Jos virtaus pienenee, joudutaan kohottamaan sumutuspainetta ja samalla on syytä alentaa sumutuslämpötilaa hiukan lisää. Nyt ollaan pisarakoon suhteen saavutettu alkuperäinen sumutustilanne. Kohdasta 3 tilanne eroaa siten, pisaroiden lähtönopeus suuttimelta on hiukan suurempi ja sumun peitto puuttuvan suuttimen osalta hiukan pienempi. Suuntaamalla suuttimia hiukan lisää alaspäin voidaan keon kooksi luultavasti saada sama kuin kohdassa 3. Mahdollisesti lipeän lämpötilassa ohitettiin flashingipiste, jolloin kattilan käyttäytyminen saattoi muuttua oleellisesti verrattuna kohtiin 3 tai 5. Paraniko kattilan toiminta kohdan 2 kriteerien mukaan?

7) Toteutetaan kohtia 4 ja 5 vastaavat toimenpiteet lisäämällä suuttimien lukumäärää yhdellä ja alentamalla sumutuspainetta. Voidaan tarvittaessa kohottaa sumutuslämpötilaa tai muuttaa suuttimien kallistuskulmaa. Paraniko kattilan toiminta kohdan 2 kriteerien mukaan?

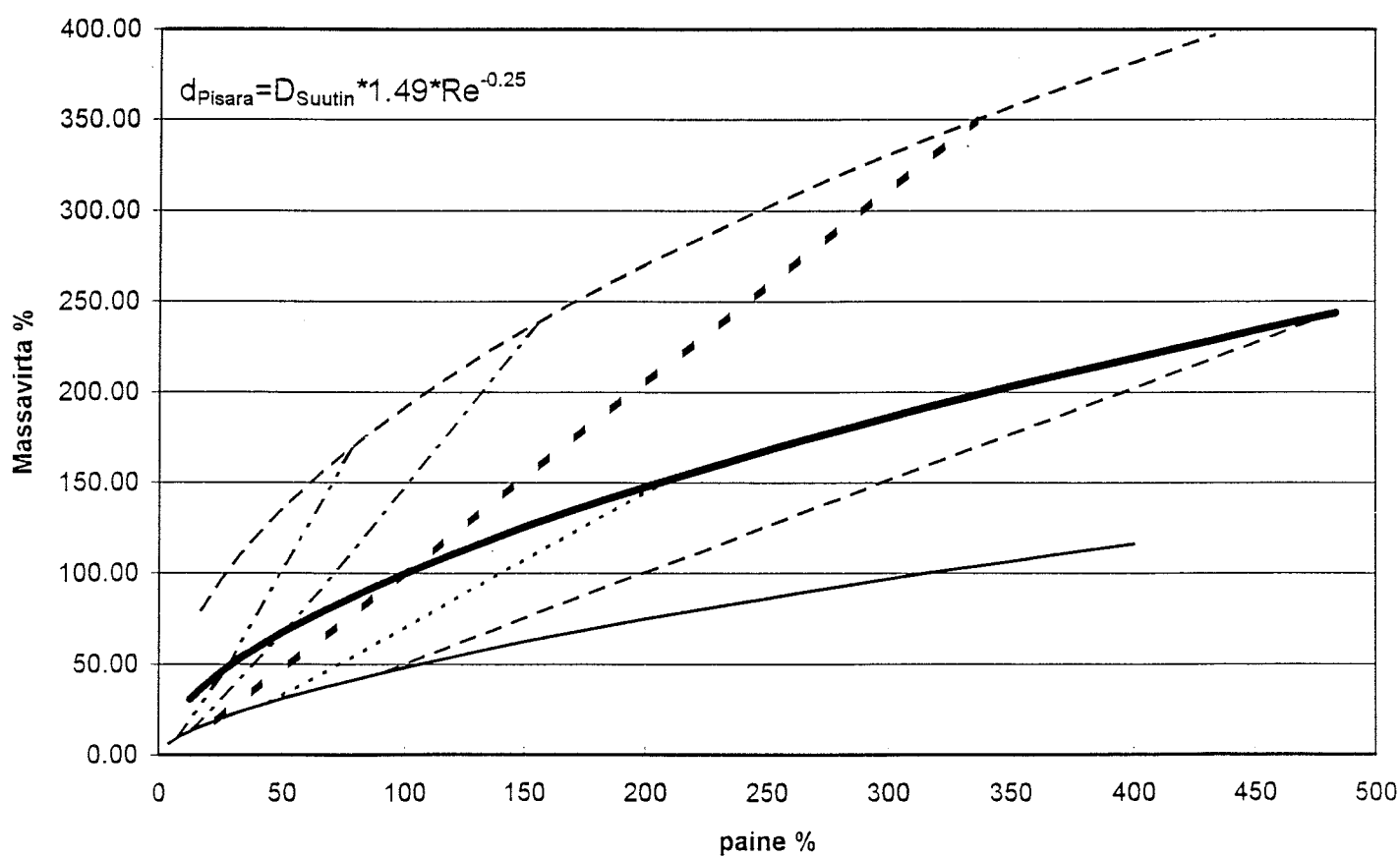
8) Tutkitaan suutinkoon vaikutusta. Vähennetään suuttimien lukumäärää yhdellä ja vaihdetaan muiden suutinten tilalle suuaukon halkaisijaltaan suuremmat suuttimet. Riippuen alkuperäisestä suutinten lukumäärästä ja uudesta suutinkoosta lisätään tai alennetaan sumutuspainetta niin että saavutetaan haluttu massavirta. Voidaan käyttää apuna käyrästä. Pisarakoko voi olla suurempi tai pienempi kuin kohdassa 3 riippuen valitusta suutinkoosta ja paineesta. Uusi pisarakoko voidaan lukea käyrästä.

9) Annetaan kattilan toiminnan stabiloitua. Paraniko kattilan toiminta kohdan 2 kriteerien mukaan?

10) Pyritään samaan pisarakokoon kuin kohdassa 3 muuttamalla lipeän lämpötilaa. Paraniko kattilan toiminta kohdan 2 kriteerien mukaan?

11) Valitaan toiminnaltaan edellisistä paras sumutustapa tai jatketaan etsintää uusilla suutinmäärillä tai tyypeillä.

Pisarakokokäyrästä Lusikkasuutin 35°



--- Suutinhalk. 130%	— Suutinhalk. 100%	— Suutinhalk. 70%	--- Pisarakoko 80%
..... Pisarakoko 90%	- - - Pisarakoko 100 %	- . - . Pisarakoko 110 %	- . . - Pisarakoko 120 %

TERMISTEN RUISKUPINNOITTEIDEN KORROOSION KESTÄVYYS

Hannu Hänninen, Teknillinen korkeakoulu

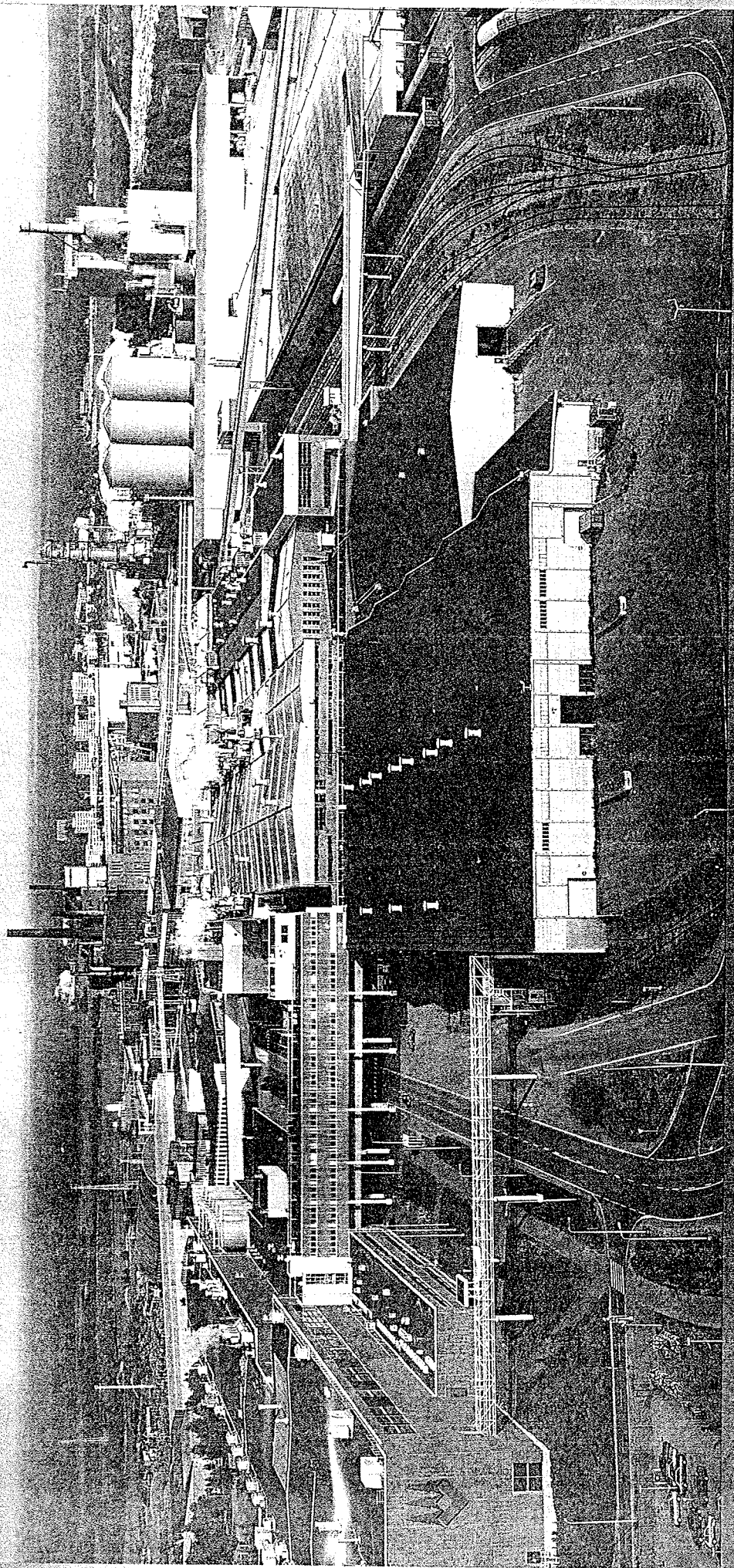
MUSTALIPEÄN POLTTOTEKNISET OMINAISUUDET

Timo Uusikartano, Åbo Akademi

VEITSILUOTO Oy, KEMIN SELLUTEHTAAN ESITTELY

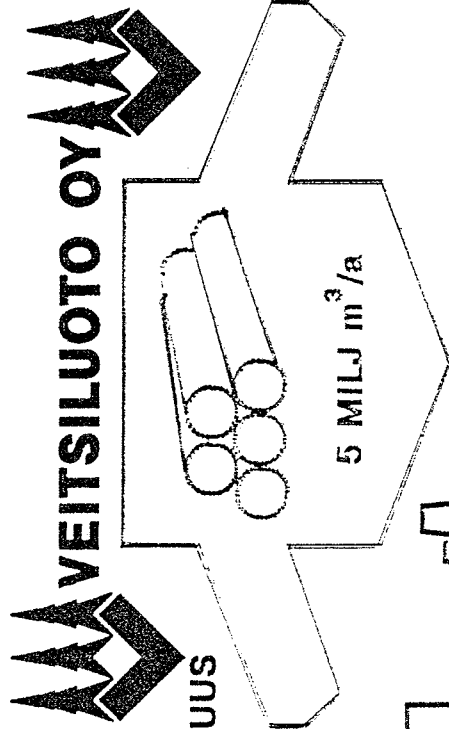
Jukka Heiko, Veitsiluoto Oy

VEITSILUOTO OY
KEMI MILLS



B4 25.3.1993

VOI OJUTUSIEN



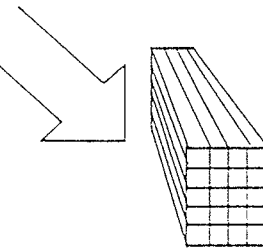
MEK. METSÄTEOLLISUUS

PAPERITEOLLISUUS

140 000 m³/a

5 MILJ m³/a

SELLUTEOLLISUUS

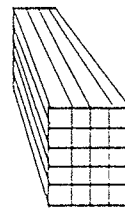


SAHATAVARA

OULU
SYKSY -91

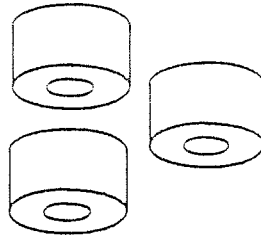
900 000 t/a

630 000 -
900 000 t/a



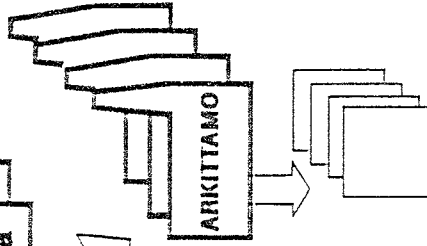
METSÄKEMIAN
TEOLLISUUS

350 000 t/a



RULLAT

ARKIT



MARKKINA-
SELLU



HENKILÖSTÖ ~~4~~000

KEMIN TEHTAAT
**Vuotuinen
kapasiteetti**
SAHA
SAHATAVARA
180 000 m³
PAKKAUSLAVAT
200 000 kpl
SELLUTEHDAS
VALKAISTU MÄNTY- JA KOIVUSELLU
350 000 t
PAPERITEHDAS
KAKSOISPÄÄLLYSTETTY PAPERI
150 000 t
PÄÄLLYSTETTY PAPERI
205 000 "
HIENOPAPERI
350 000 "
705 000 t
ARKIT
165 000 "
KEMIJÄRVEN TEHDAS
VALKAISTU MÄNTY- JA KOIVUSELLU
210 000 t
OULUN TEHTAAT
SELLUTEHDAS
VALKAISTU MÄNTY- JA KOIVUSELLU
370 000 t
PAPERITEHDAS
KAKSOISPÄÄLLYSTETTY HIENOPAPERI
300 000 t
ARKIT
135 000 "
METSÄKEMIAN TEHTAAT
KLOORI- JA KLORAATTITUOTTEET
255 000 t
ORGAANISEN KEMIAN TUOTTEET
145 000 "
LATEKSIT
30 000 "

Selluteollisuus

K Kerttula

18.01.1995

VEITSILUOTO OY KEMIN SELLUTEHDAS

SOODAKATTILA

VALMISTAJA TAMPELLA
KÄYTTÖÖN OTTOAIKA 1977

TEKNISIÄ ARVOJA

KATTILA SUUNNITELTU 1250 TKA/D KUIVA-AINEEN POLTTOON

POLTTOLIPEÄN KUIVA-AINE 60 %

SUURINSALLITTU KÄYTTÖPAINE 103 BAR

TULISTETUNHÖYRYN PAINE 84 BAR

TULISTETUN HÖYRYNLÄMPÖTILA 480 C^o

TULIPESÄN MITTOJA

-LEVEYS	9,98 M
-SYVYYS	9,98 M ²
-PINTA-ALA	99,6 M ²

LÄMPÖPINTOJEN MITTOJA

-VERHO- JA KATTILAPUTKISTO	5600 M ²
-TULISTIMET 3 KPL	3480 M ²
-EKOT 3 KPL	19100 M ²

LIPEÄRUISKUJA 8 KPL JOKA SEINÄLLÄ 2 KPL

KATTILAN POHJA COMPOUNDIA JA SIVUSEINÄT ULOTTUU
TERTIÄÄRITASOLLE ELI POHJASTA 10,5 M

NYKYISET AJOARVOT

TÄLLÄ HETKELLÄ POLTETAAN KUIVA-AINETTA 1800 TKA/D

POLTTOLIPEÄN KUIVA-AINE 68 %

TULISTETUN HÖYRYNPAINEN 82 BAR JA LÄMPÖTILA 480 C^o

KAPASITEETIN NOSTAMISEN EDELLYTTÄMIÄ MUUTOKSIA TEHTY:

NOSTETTU KUIVA-AINETTA 62 -> 68 %

AVARRETTU SAVUSOLIA

- KATTILAPUTKISTON JA EKO 3 YLÄOSASTA
- AVARRETTU KATTILAPUTKISTOIN TUHKASUPPILOA ALALIERIÖN TAKAA
- POISTETTU KATTILAPUTKISTOSTA YKSI PUTKIRIVI JA ASENNETTU YKSI NUOHON PARI KO ALUEELLE
- UUSITTU EKO 1 JA SAMALLA KASVATETTU EKO 1:N LÄMPÖPINTA-ALAA NOSTAMALLA EKON PITUUTTA 6 M
- SUURENNETTU SAVUKAASUPUHALTIMIEN MOOTTOREITA

Selluteollisuus

K Kerttula

18.01.1995

HÖYRYNJAKELU

TURPIINI : AEG - KANIS
GENERAATTORI : RADE KONZAR
MALLIA G 50 VALMISTUS VUOSI 1977

HÖYRYN ARVOT

-LÄMPÖTILA 480 C^o
-PAINE 88 BAR

TEHO 26,9 MW

VÄLIOTTOHÖYRYÄ VALMISTETAAN 14 KG/S MAX.

KORKEAPAINEHÖYRYPUTKI PÄÄVOIMALAITOKSELLE

PUTKEN PITUUS ON 600 M

PUTKESTA AJETAAN VOIMALAITOKSEN TURPIINEILLE SOODAKATTILAN
YLIJÄÄMÄHÖYRY, JOKA EI MAHDU SELLUN TURPIINIIN.

VOIMALAITOS

HÖYRYKATTILAT

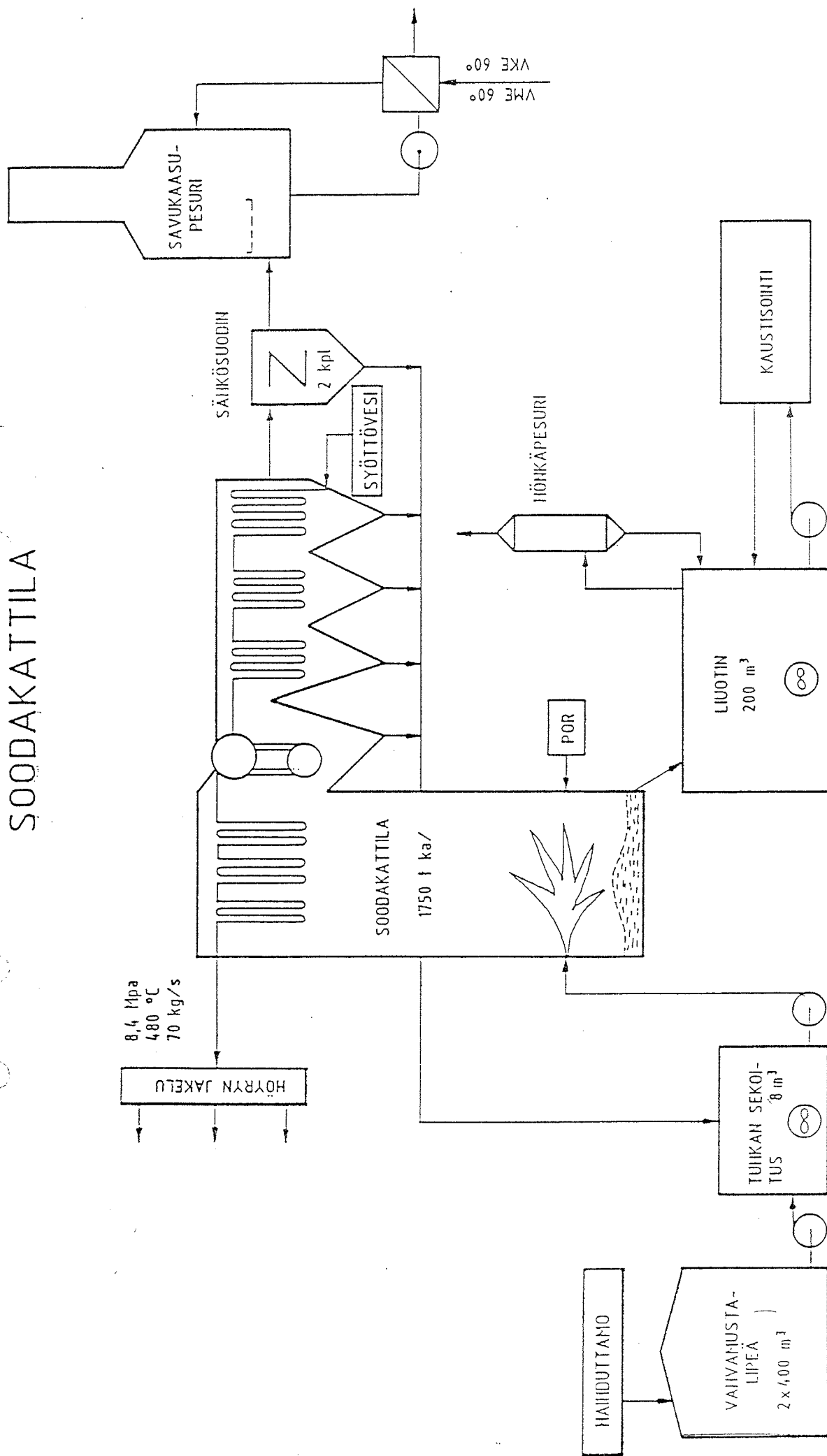
KAKSI KIINTEÄN POLTTOAINEEN KATTILAA JA ÖLJYKATTILA,
YHTEENSÄ 383 MW

TURPIINIT

YHDISTETTY VÄLIOTTOVASTAPAIN- JA LAUHDETURPIINI JA 2
VÄLIOTTOVASTAPAINETURPIINI, YHTEENSÄ 88 MW

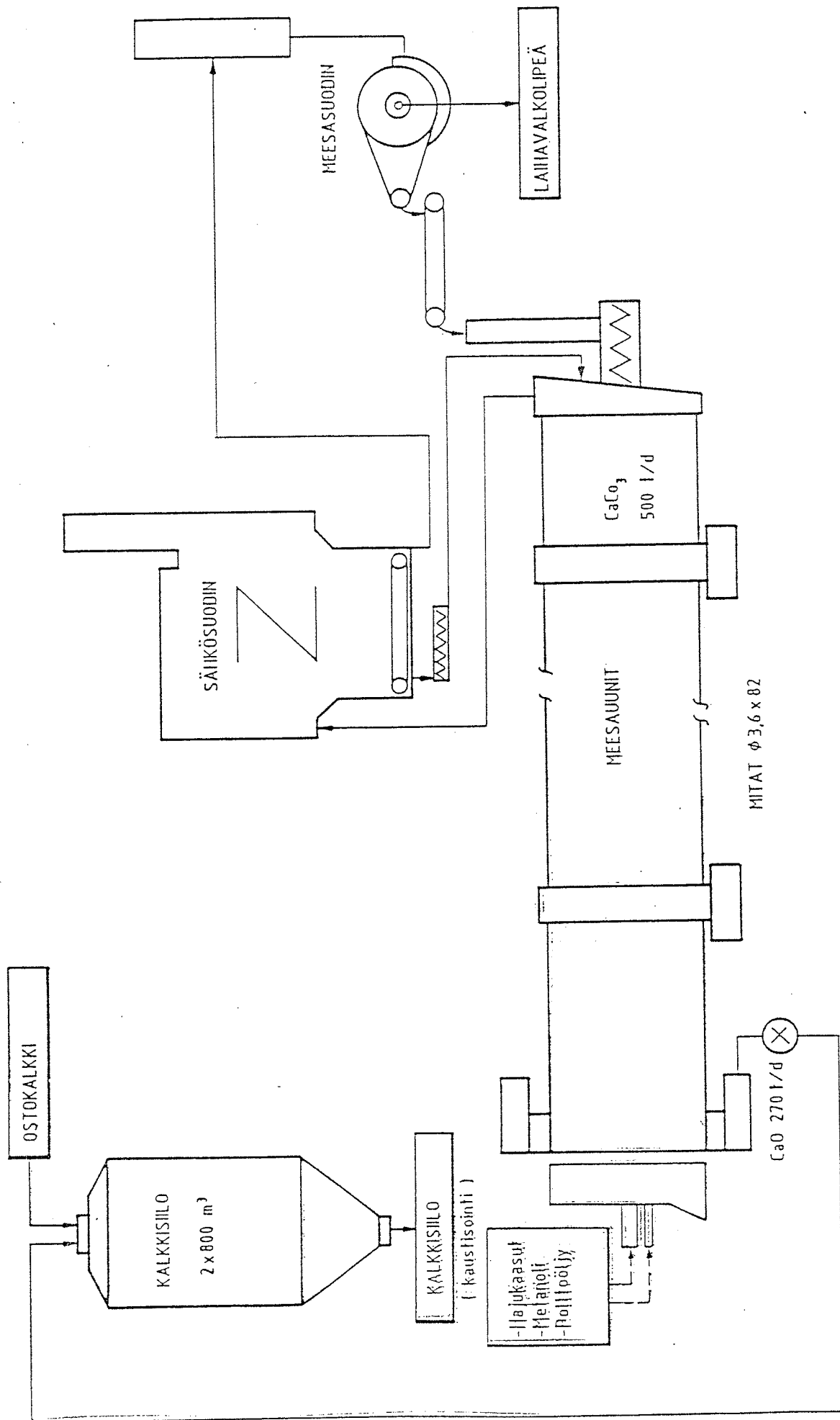


SOODAKATTILA



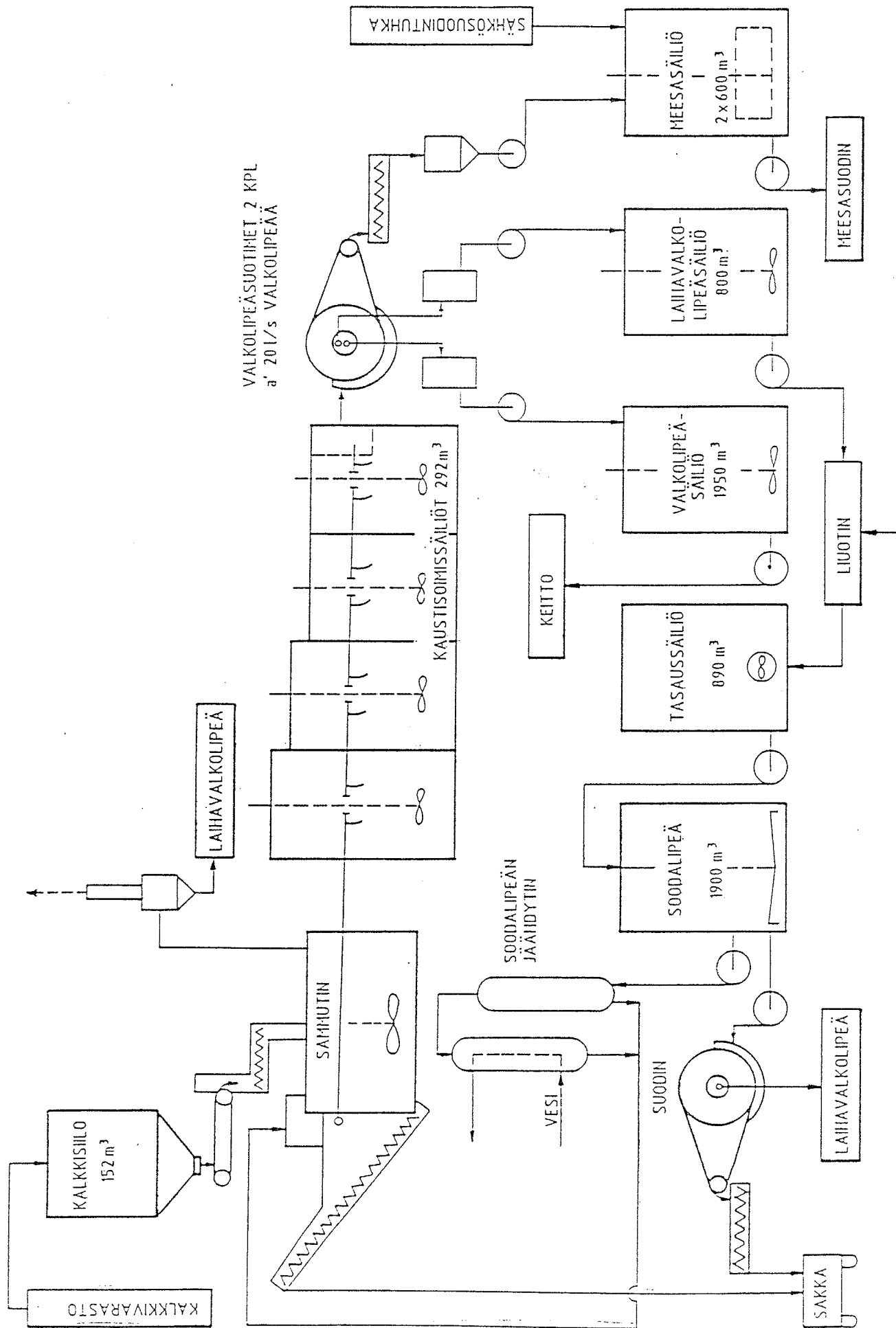
1.6.1990

MEESAUNI



1.6.1990

VALKOLIPEAN VALMISTUS (KAUSTISOINTI)



1.6.1990

Mustalipeän Polttotekniset Ominaisuudet

Åbo Akademi

Mikko Hupa

Rainer Backman

Timo Uusikartano

Oy Keskuslaboratorio -Centrallaboratorium Ab

Liva Söderhjelm

Kuva 1

Muistiinpanoja:

Projektin rahoittajat:

- Soodakattilayhdistys ry
- A. Ahlström Osakeyhtiö
- Tampella Power Oy
- KTM (Liekki2)

Kuva 2

Muistiinpanoja:

Projektin taustaa

Konventionaaliset mustalipeän ominaisuudet:

- Lämpöarvo
- kuiva-ainepitoisuus
- alkuainekoostumus
- ”tuhkapitoisuus”

EIVÄT riitä selittämään lipeiden polttoteknisiä
EROJA

Kuva 3

Muistiinpanoja:

Projektin taustaa

Polttolipeän ominaisuudet vaikuttavat seuraaviin tekijöihin:

- palamisnopeus (tulipesän kapasiteetti)
- savukaasujen rikkidioksidi- ja typpioksidipitoisuudet
- pölyn koostumus ja käyttäytyminen

Kuva 4

Muistiinpanoja:

Suomalaiset

- 1 sa-tehdas (mänty / eräkeitto)
- 2 sa-tehdas (mänty + koivu / erä + vuokeitto)
- 4 sa-tehdas (mänty / korkea saanto)
- 5 sa-tehdas (havupuu)
- 6 ---"--- / - ---"--- (+ lämpökäsittely)
- 7 sa-tehdas / (havulipeä)
- 8 ---"--- / ---"--- (+ bioliete)
- 9 sa-tehdas (mänty / jatkettu keitto)
- 10 sa-tehdas (koivu / jatkuva keitto)
- 23 NSSC-tehdas (koivu)

Keinotekoiset polttolipeät

- 17 nro 10 (+ 5% lentotuhkaa)
- 18 nro 10 (+ 10% lentotuhkaa)

USA:laiset

- 12 sa-tehdas (etelän mänty)
- 13 sa-tehdas (soft-hardwood / korkea saanto)
- 19 sa-tehdas (mixed hardwood / jatk. eräkeitto)
- 20 sa-tehdas (mänty / eräkeitto)

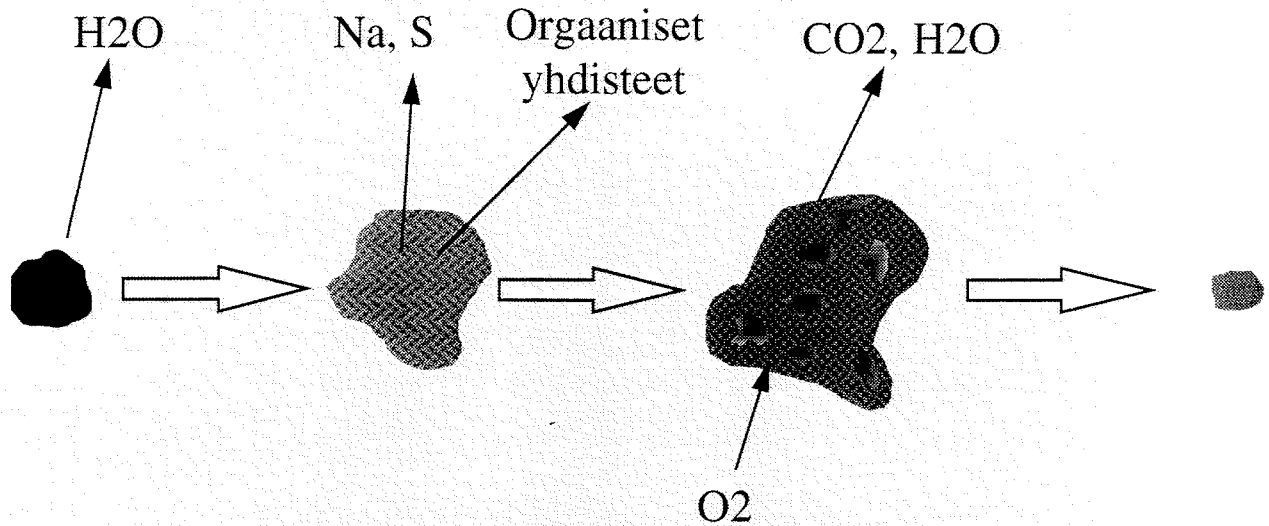
Muut ulkomaiset

- 11 sa-tehdas (eukalyptys)
- 14 sooda-tehdas (bagassi)
- 15 sooda-tehdas (olki)

Kuva 5

Muistiinpanoja:

Mustalipeäpisanan palamisvaiheet



Kokonaispalamisaika		
Kuivuminen -kuiva-ainepit. kasvaa	Pyrolyysi -paisuminen -Na, S vapautuminen -kaasupalaminen	Koksinpalaminen -pintapalaminen -kutistuminen

Kuva 6

Muistiinpanoja:

Laboratoriotestit ja määritykset

Testi 1 Pisaran yksittäispoltto

P = 1 bar

1. Pyrolyysiaika
2. Koksenpalamis-aika
3. Pyrolyysipaisuminen

Testi 2 Pisaran pyrolyysi

P = 1 bar

4. Pyrolyysisaanto
- 4.a Pyrolyysihili
5. Pyrolyysirikki
6. Pyrolyysinatrium
- 6.a Pyrolyysikalium

Testi 3 Paineistettu kaasutus

P = 20 bar

8. Pyrolyysisaanto
paineessa
9. Koksen kaasutus-
reaktiivisuus

Testi 4 Pölyn likaantumis- taipumus

Teoreettinen

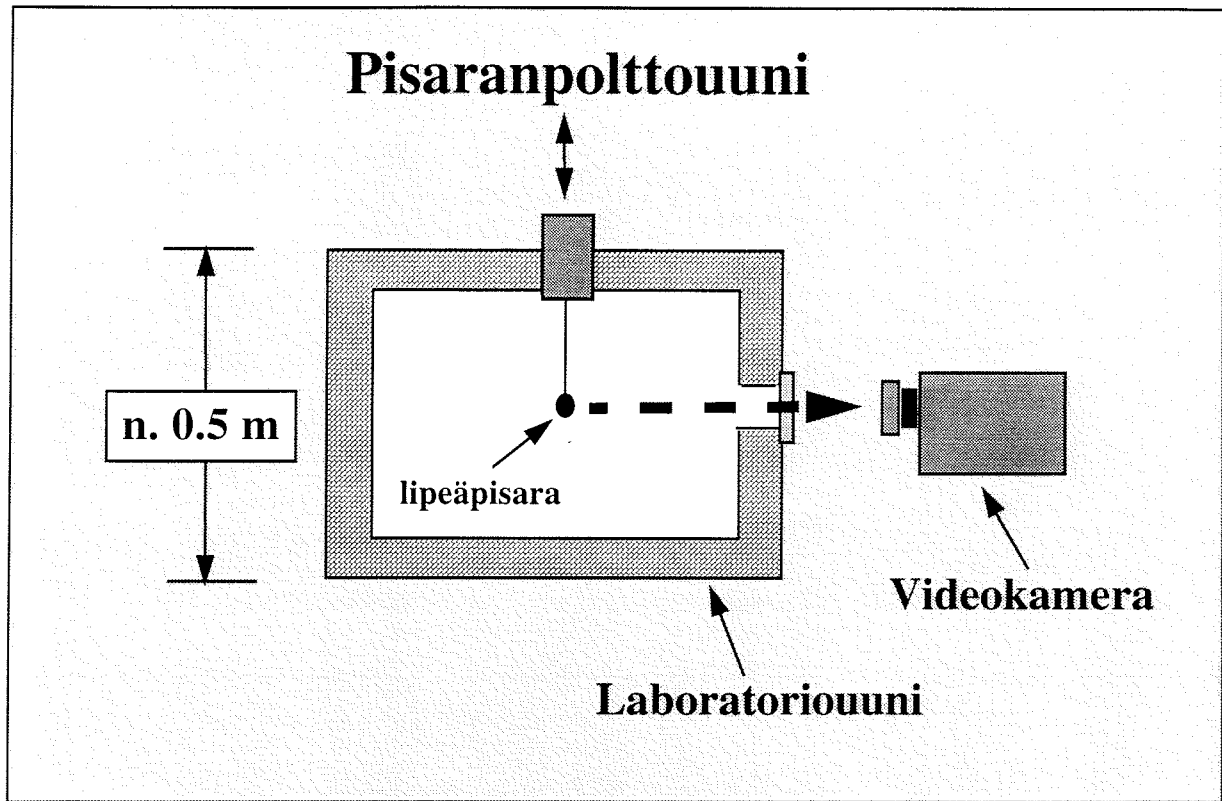
10. Valumislämpötila
11. Tarttumislämpötila

Lipeäpankki

1. Lipeänäytteiden säilytys
2. taustatiedot prosesseista
3. Tulosten raportointi
ja lipeäanalyysit

Kuva 7

Muistiinpanoja:

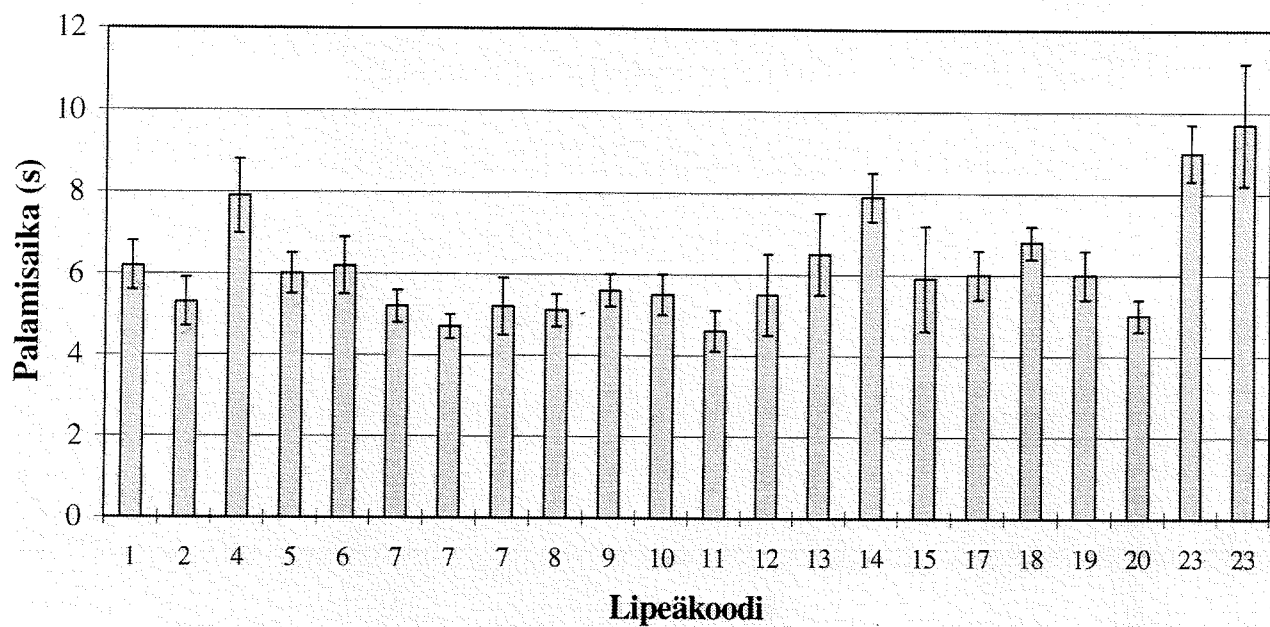


Kuva 8

Muistiinpanoja:

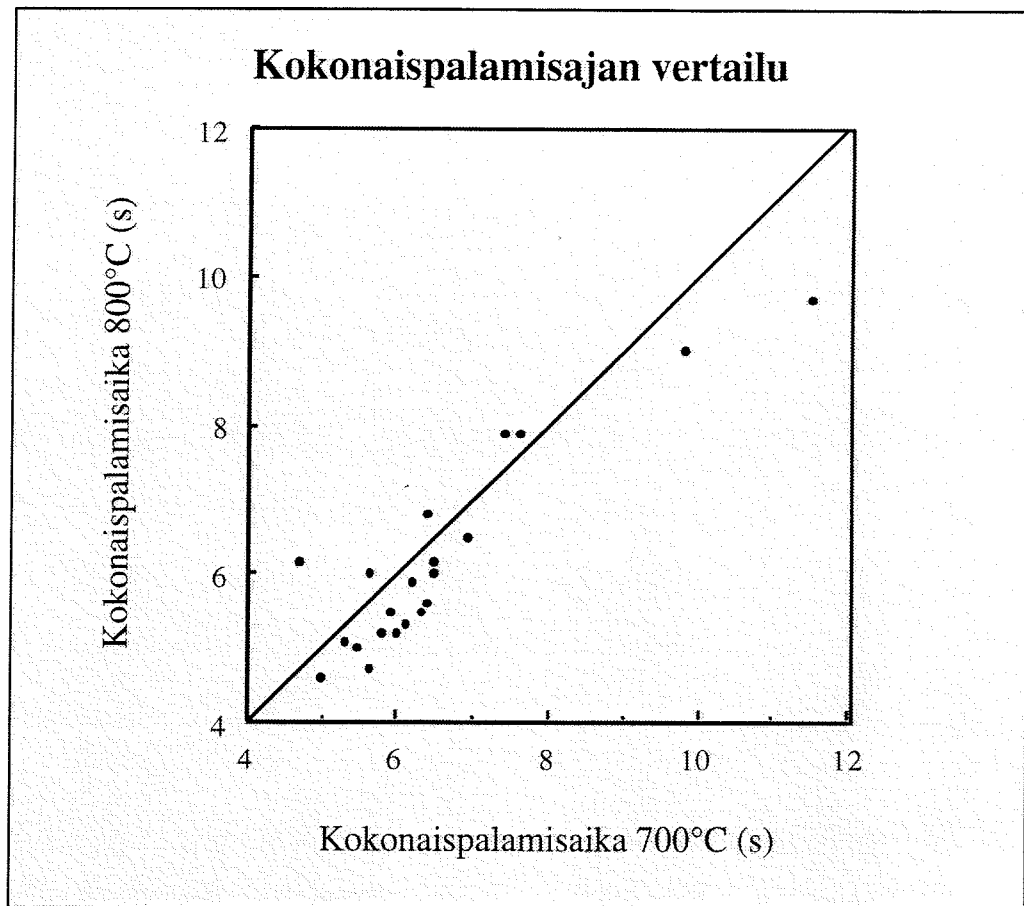
Testi 1.

Pisaran yksittäispoltto: Kokonaispalamisajat, 800°C



Kuva 9

Muistiinpanoja:

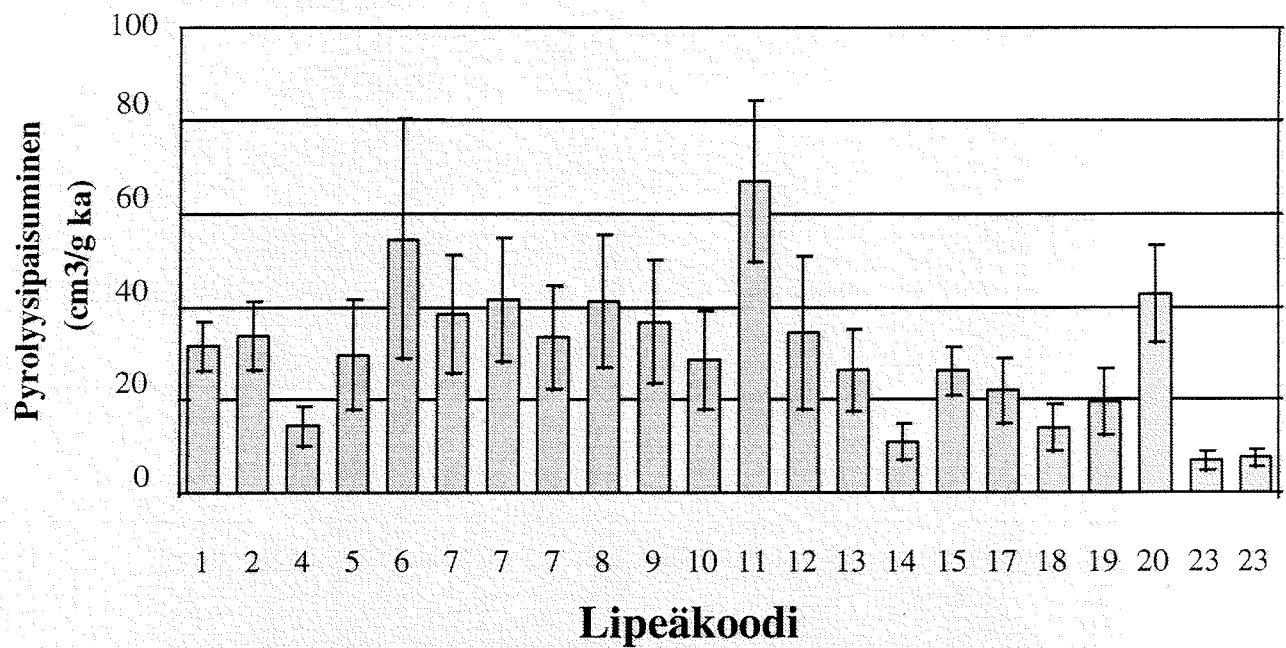


Kuva 10

Muistiinpanoja:

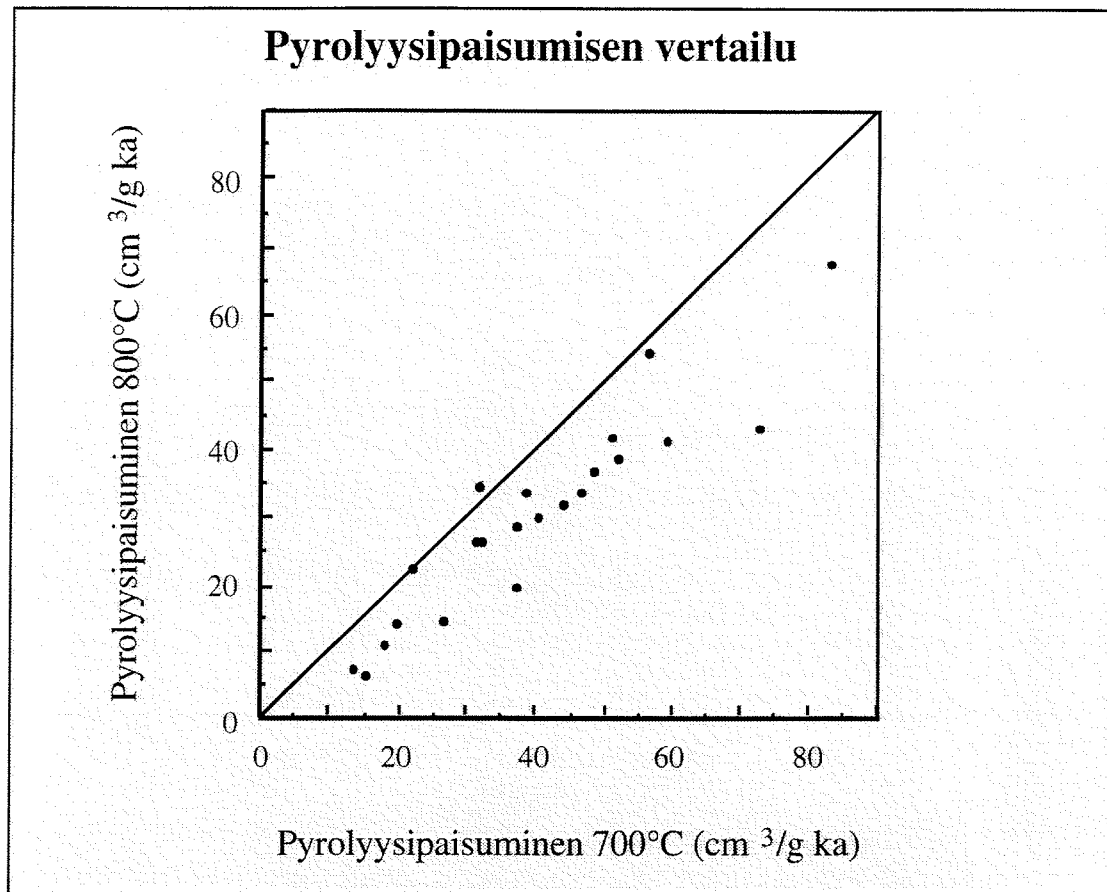
Testi 1.

Pisaran yksittäispoltto: Pyrolyysipaisuminen, 800 °C



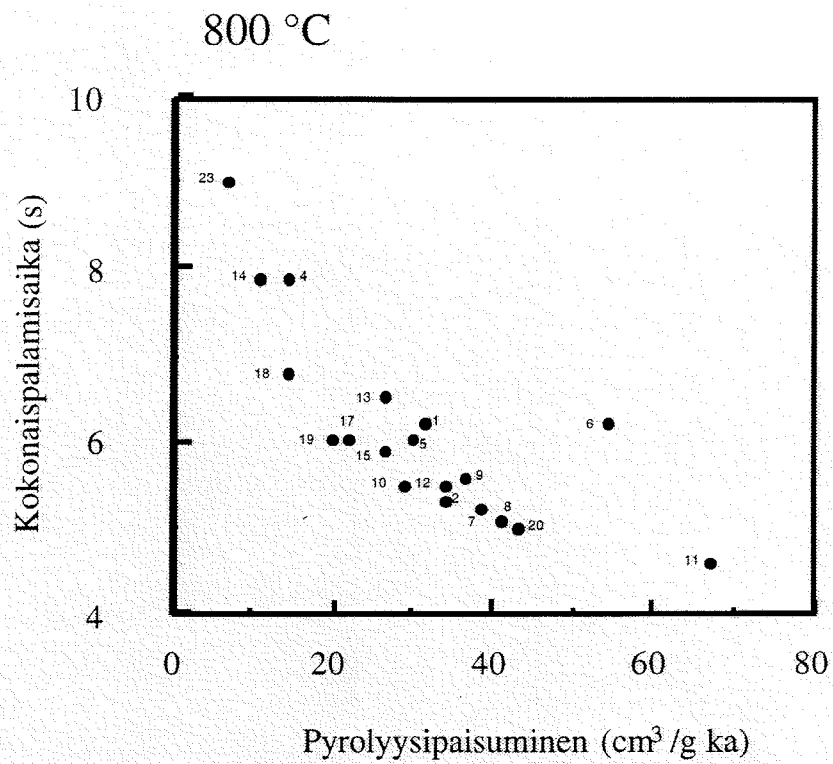
Kuva 11

Muistiinpanoja:



Kuva 12

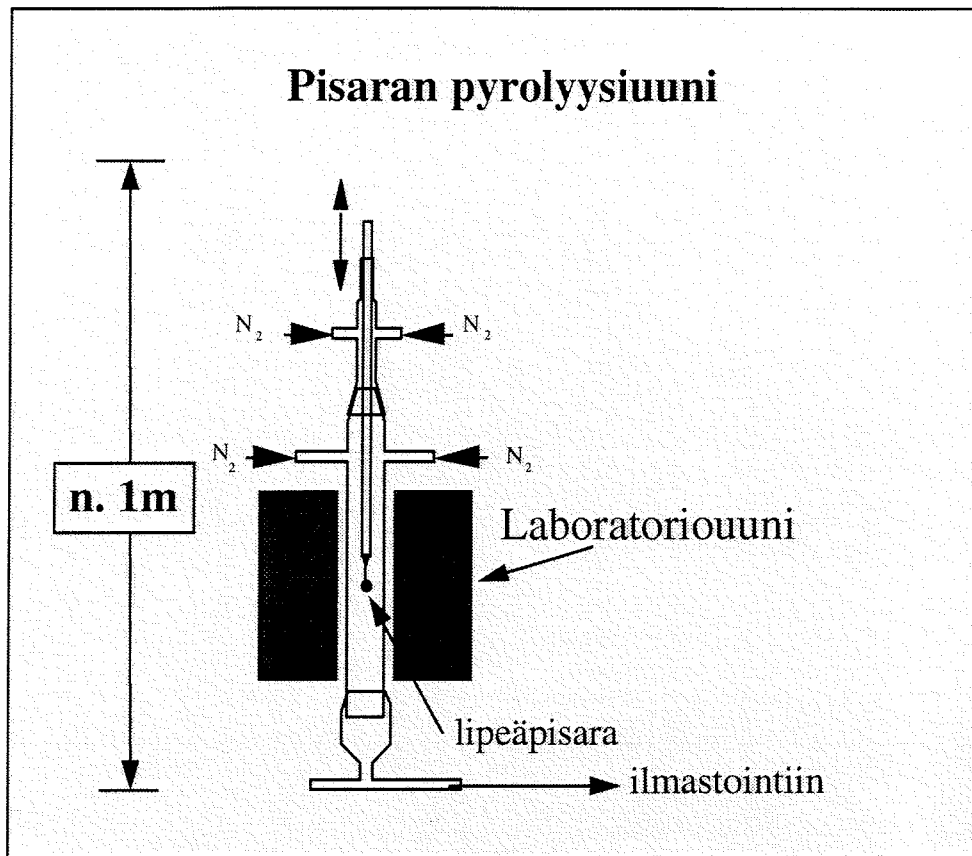
Muistiinpanoja:



Kokonaispalamisaika paisumisen funktiona.

Kuva 13

Muistiinpanoja:

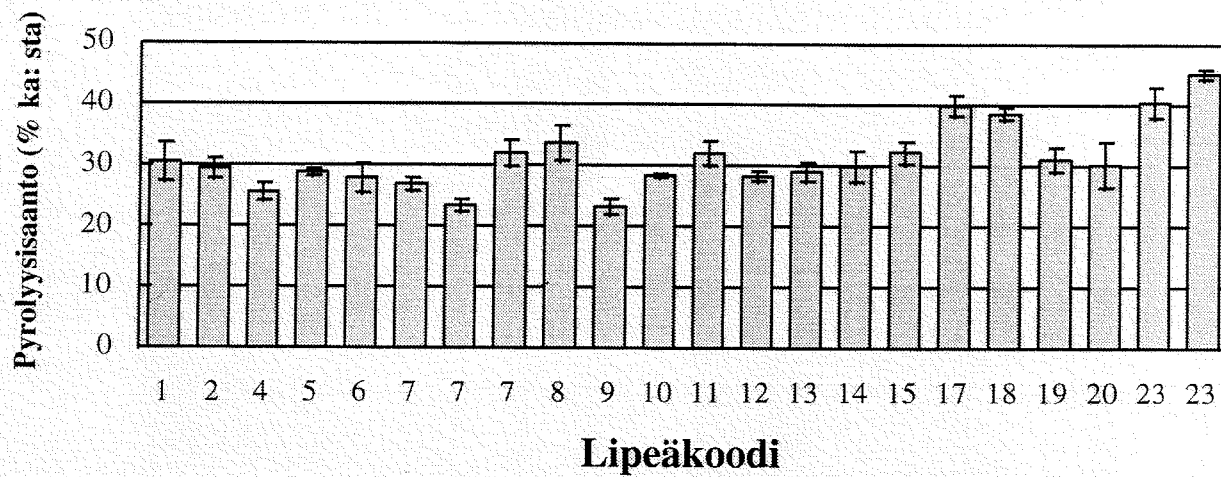


Kuva 14

Muistiinpanoja:

Testi 2.

Pisaran pyrolyysitesti: Pyrolyysisaanto, 900 °C

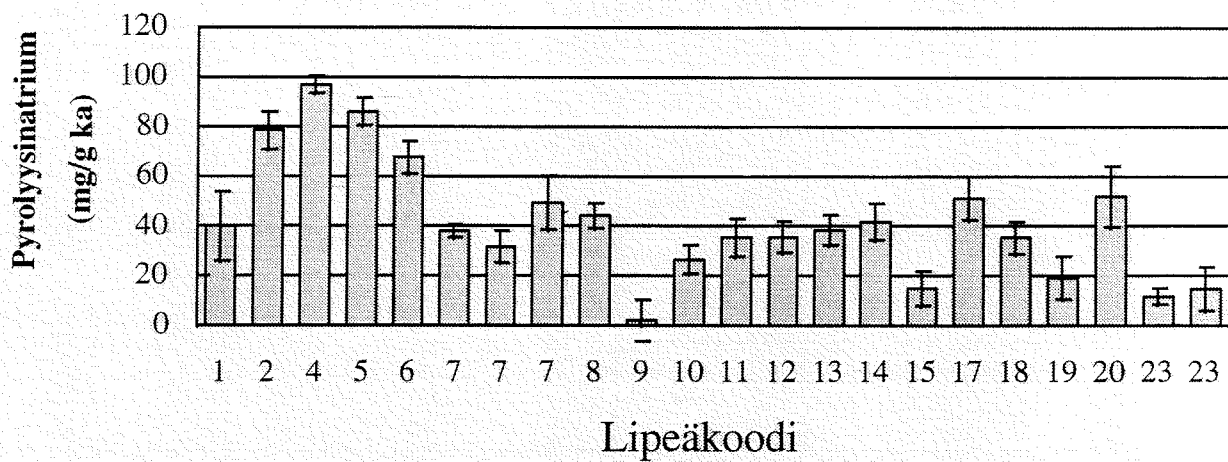


Kuva 15

Muistiinpanoja:

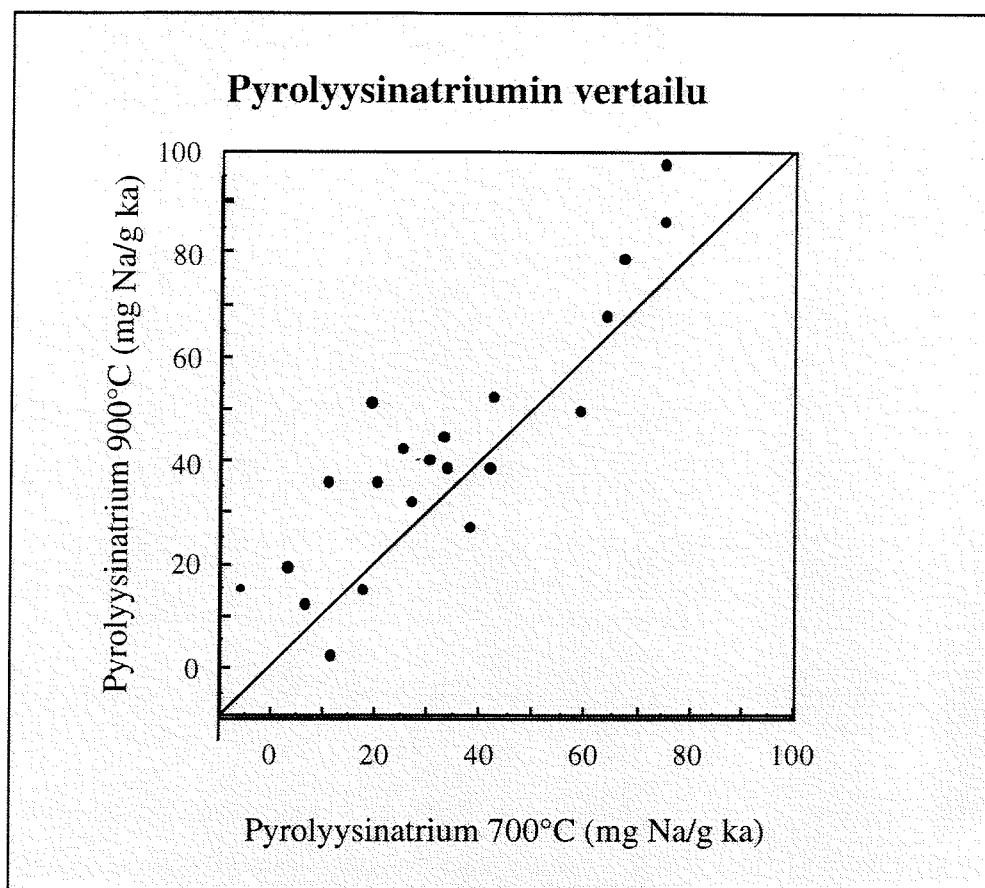
Testi 2.

Pisaran pyrolyysitesti: Pyrolyysinatrium, 900 °C



Kuva 16

Muistiinpanoja:



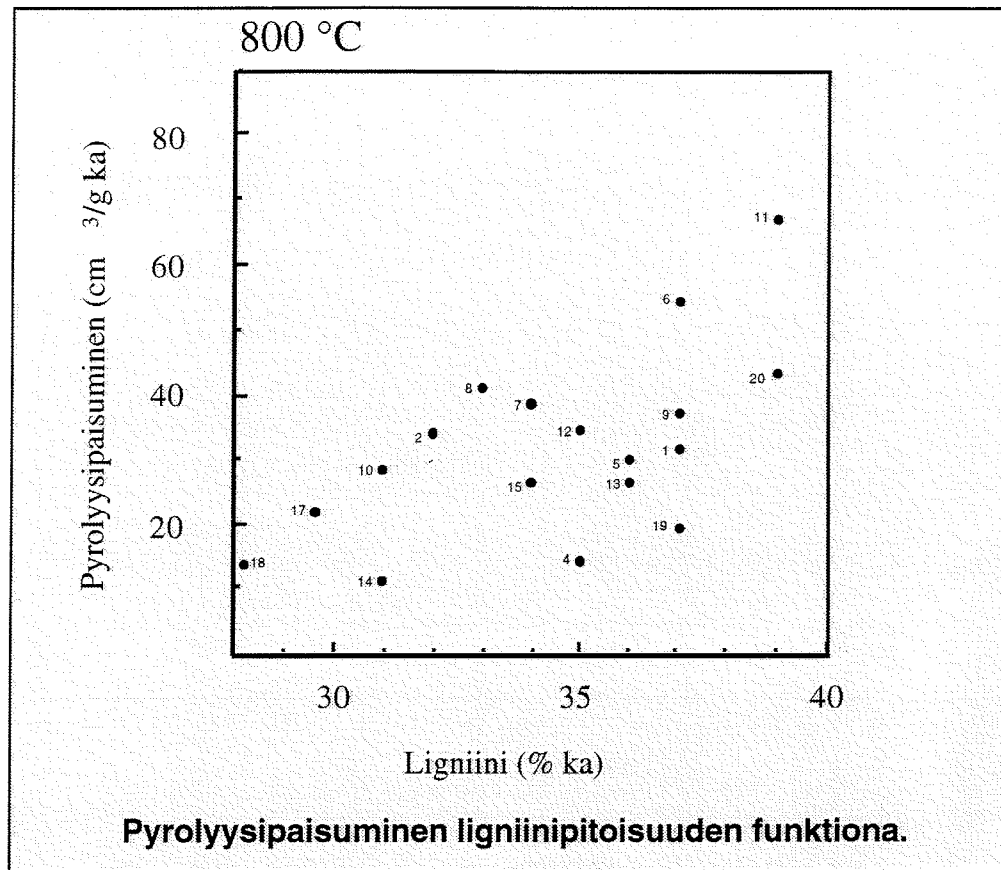
Kuva 17

Muistiinpanoja:

lipeän KOOSTUMUKSEN
ja
pisaran PALAMISEN
välillä havaittuja yhteyksiä

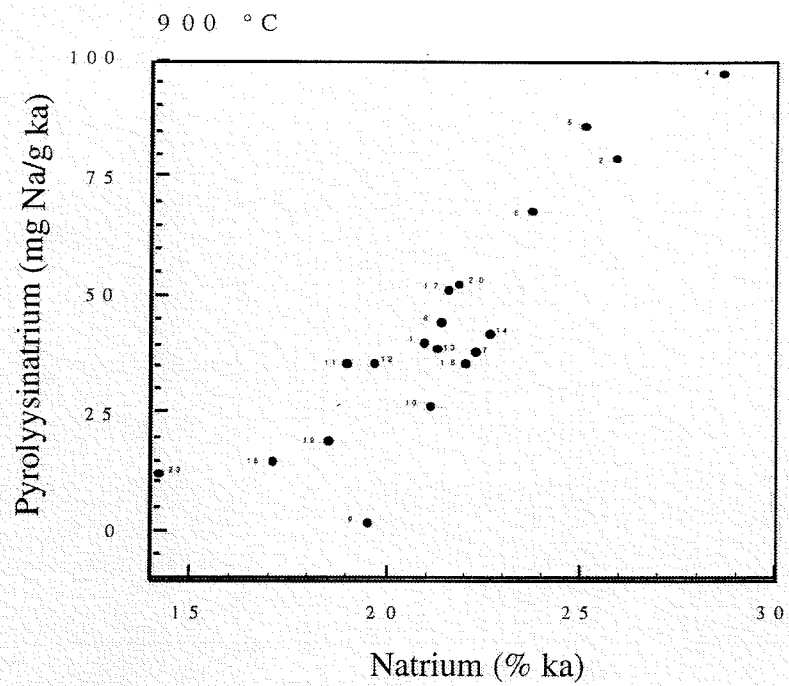
Kuva 18

Muistiinpanoja:



Kuva 19

Muistiinpanoja:



Pyrolysinatrium kuiva-aineen natrium-osuuden funktiona

Kuva 20

Muistiinpanoja:

Johtopäätökset

1. YKSITTÄISPISAROIHIN perustuvat mustalipeän polttotekniset ominaisuudet onnistuttiin mittaamaan toistuvasti ja hyvällä tarkkuudella
2. Eniten PAISUVAT lipeät palavat myös NOPEIMMIN
3. Eri lipeät VAPAUTTAVAT suuresti VAIHTELEVIA määriä NATRIUMIA pyrolyysin yhteydessä
4. Pyrolyysissa vapautuvan natriumin tutkimusta on syytä jatkaa

Kuva 21

Muistiinpanoja: