



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Utvärdering av mätresultat och uppföljning av NO_x-, N₂O- och SO₂ emissioner under längre tidsperioder vid en industriell CFB

Lars Wrangesten



Utvärdering av mätresultat och uppföljning av NO_x-, N₂O- och SO₂-emissioner under längre tidsperioder vid en industriell CFB

Lars Wrangensten, ÅF-Energikonsult

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 • 113 82 STOCKHOLM • TEL. 08/34 09 80

Augusti 1990

ISSN 0282-3772



Distribution

Datum / Date

Utgåva / Issue

Order nr - Reg nr / Order No - Reg No

1990-02-15

2

774586.04

Kontakta / Prepared by

Telefonnr / Telephone No

L Wrangensten

08-57 13 72

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
KOPPARFORS AB

Inledning · Sammanfattning · Innehåll/Introduction · Summary · Contents

B7-913 Utvärdering av mätresultat och uppföljning av NO_x-,
N₂O-, och SO₂-emissioner under längre tidsperioder vid en
industriell CFB

INNEHÅLL

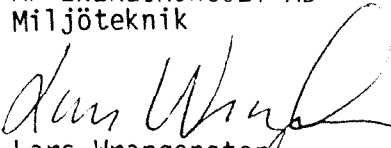
- 1 SAMMANFATTNING/SUMMARY
- 2 INLEDNING
- 3 SLUTSATSER OCH SYNPKUNKTER FRÅN ETAPP 1
- 4 MÄTNINGAR OCH ANALYSER
 - 4.1 Anläggningsbeskrivning och mätpunktsplacering
 - 4.2 Mätutrustning
 - 4.3 Omfattning och mätprogram
 - 4.4 Resultatsammanfattning och analysresultat
 - 4.4.1 Allmänt
 - 4.4.2 Resultat - medelvärden
 - 4.4.3 NO₂-andelen av totala NO_x-halten
 - 4.4.4 N₂O-halter
 - 4.4.5 Bränsle- och askanalyser
 - 4.4.6 Lufttemperaturer efter luftförvärmare
- 5 PARAMETERSTUDIER
 - 5.1 NO_x-mätning
 - 5.1.1 Inverkan av bränslets kvävehalt
 - 5.1.2 Inverkan av eldstadstemperaturen
 - 5.1.3 Inverkan av luftfördelningen
 - 5.1.4 Inverkan av lasten

- 5.2 SO₂-mätning
- 5.2.1 Inverkan barkflöden och bränsletypen
- 6 SVAVELBALANS

BILAGOR

- Bilaga 1 - Diagrambilaga för parameterstudier.
- Bilaga 2 - Analysresultat (SLL och AGA).
- Bilaga 3 - Mätprogram med kanalförteckning och skiss över instrumentuppställningen.
- Bilaga 4 - Processflödesschema panna 4 - Kopparfors AB.
- Bilaga 5 - Mätpunktsplacering.

ÅF-ENERGIKONSULT AB
Miljöteknik



Lars Wrangsten

1 SAMMANFATTNING

Som en fortsättning till projektet B7-826 har denna mätetapp utförts vid Kopparfors AB panna 4. Pannan är en CFB (cirkulerande fluidiserad bädd) med ångkapaciteten 20 kg ånga/s.

Mätningarna har utförts under ett fyra veckors mätprogram med följande bränsletyper:

- Kol + bark (bark med fukthalter mellan 47,3-51,9 %)
- Kol + flis
- Enbart bark
- Enbart flis
- Enbart kol

Som medelvärde under provdagarna har NO_x -emissionerna legat mellan 80-140 mg/MJ samt SO_2 -emissionerna mellan 3-210 mg/MJ. Högst NO_x - och SO_2 -värden vid ren koleldning. N_2O - (lustgas)-halterna har mätts genom periodvisa påsprov och har legat mellan 8-34 ppm (vid 6 % O_2).

En viss korrelation mellan minskade NO_x -emissioner och ökade N_2O -halter kan urskiljas.

NO_2 -andelen av totala NO_x -halten har varierat mellan 3-14 % relativt oberoende av bränsletypen. Någon direkt påverkan av kvävehalten på NO_x -bildningen kan ej särskiljas.

Följande huvudparametrar har använts för att söka utröna eventuella korrelationer och samband med NO_x -emissionen:

- O_2 -halten
- Bottenbäddstemperaturen
- Luftfördelningen primär/sekundärluft
- Pannlasten

Genomgående visar parameterstudierna att O_2 -halten har den största påverkan på NO_x -bildningen.

Ändringar i O_2 -halten återspeglar sig direkt i NO_x -halten relativt oberoende av övriga parametrar.

Bottenbäddstemperaturens variation har vid exempelvis eldning med kol och bark visat på en ökning av NO_x -emissionerna med ca 20 mg/MJ vid en temperaturhöjning på ca 70 °C. Cyklontemperaturerna har då legat på nära nog exakt samma nivå som bäddtemperaturen, dvs från 850 till 920 °C.

Vid ren koleldning kan man ej utläsa någon tendens vid ändring av bäddtemperaturen på grund av att studerat temperaturintervall blir litet, då den kylande sekundärluftens inverkan på O_2 -halten eliminerats.

Låg primärluftandel, ca 40 %, tenderar till att vara gynnsammast vid mixeldning, trots att höga cyklonutloppstemperaturer kan ge en viss utjämnningseffekt.

För högt sekundärluftflöde på den höga nivån (mer än 5-6 nm^3/s) synes vara ogynnsamt ur NO_x -synpunkt.

Vid koleldning är det svårt att erhålla något variationsområde på luftfördelningskvoten, då sekundärluften som används för kylning redan ger höga O_2 -halter.

Lasten ger en markant inverkan på utgående NO_x -halt, troligen beroende på sambandet förhöjd last och högre cyklontemperaturer. En höjning från ca 60 mg/MJ till 100 mg/MJ kan urskiljas vid en ändring av lasten från 50 till 75 % vid ren koleldning. CO-halten blir dock något förhöjd, till ca 125 ppm, vid del-laster.

En svavelbalans och uppmätta SO_2 -halter tyder på hög svavelabsorption i flygaskan vid eldning av kol och bark, under stabil drift mellan ca 45-70 % svavelabsorption vid fullast.

Vid ren koleldning fås mycket liten andel svavel i askan.

Sammanfattningsvis ges följande rangordnande driftstekniska åtgärder för att minska NO_x -emissionerna på årsmedelsvärdesbasis.

- 1) Bättre O_2 -reglering, O_2 -halten optimeras med hänsyn tagen till CO-halterna.
- 2) Rökgasrecirkulation anpassas så att bottenbäddstemperaturen hålls jämn och låg (max 850 °C) vid skiftande bränslekvaliteter och koleldning.
- 3) Ca 40 % primärluftandel vid mixeldning och ren trädbränsleldning (ungefär enligt nuvarande körningsfilosofi) med iakttagande av flödet för sekundärluftens höga nivå. Cyklonutloppstemperaturerna får ej tillåtas bli för höga.

SUMMARY

This is the continue and second stage of the project B7-826, meaning emission tests and measurements of boiler No. 4 at Kopparfors AB. The boiler is a circulating fluidized bed (CFB) with a steam production capacity of 20 kg/s.

The test program has been performed during a four weeks period with the following different types of fuel:

- Coal + bark (bark moisture content between 47.3-51.9 %)
- Coal + chips
- 100 % bark
- 100 % chips
- 100 % coal.

A NO_x -emission mean value between 80-140 mg/MJ and a corresponding SO_2 -emission value of 3-210 mg/MJ have been measured. The maximum values for coal firing. The N_2O -content in flue gases was measured to between 8-34 ppm (6 % O_2) by intermittent bag sampling.

The NO_2 -share of the total NO_x -content has varied between 3-14 % relatively independent of fuel type.

Some correlation between decreasing NO_x -emissions and increasing N_2O -content can be seen.

The following main parameters has been studied to find correlations affecting NO_x -emissions:

- O_2 -content
- Bottom bed temperature
- Air distribution, primary/secondary air
- Boiler load.

The O_2 -content shows the strongest influence of the NO_x -formation.

A bed temperature variation of 70 °C, when firing a mix of bark and coal, gives 20 mg/MJ increasing NO_x -emissions. The cyclon outlet temperatures are then at the same level as the bed temperature, i.e from 850 to 920 °C.

When firing coal only there is no relationship between bed temperature and NO_x -emission found.

Approx. 40 % primary air and 60 % secondary air seems appropriate when firing fuel mixes, despite of the high outlet cyclon temperatures influence.

Too much high level secondary air (more than 5-6 m^3/s) gives a negative influence of the NO_x -emission.

Cooling secondary air when firing coal gives high amount of O_2 and problems to evaluate the air distribution influence.

A load increase from 50 to 75 % gives corresponding NO_x increasing values from 60 to 100 mg/MJ. The CO-content will however increase to about 125 ppm at part load.

Sulphur balances and measured SO_2 -values do confirm high sulphur absorption, as an example between 45 to 70 % when firing coal and bark at 100 % stable load.

At 100 % coal firing a very small share of the total amount of sulphur is found in the ash.

As a summary some measures to minimize the NO_x -emissions on year basis are given in priority order:

- 1) Improved O_2 -control taking CO-emissions into consideration.
- 2) Increased flue gas recirculation to obtain a uniform low bed temperature (max. 850 °C) when operating with different fuel qualities.
- 3) 40 % primary air when firing fuel mixes and pure wood fuel and observation of high level secondary air influence of cyclon outlet temperatures and NO_x -emissions.

2 INLEDNING

I detta projekt - etapp I (B7-826) - gjordes en utvärdering av NO- och SO₂-mätningar utförda hösten 1988 vid Kopparfors AB.

Mätningarna hade utförts på Kopparfors panna 4, en CFB-panna med en maximal ångproduktion av 20 kg ånga/s eller 56 MW avgiven effekt. Bränslet är vid normal drift en mix av kol och trädbränsle.

För att verifiera och kontrollera resultat och slutsatser från etapp I fick ÅF-Energikonsult AB i uppdrag av Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning att utföra denna fortsatt mätetapp - etapp II.

Projektet har även delfinansierats av Kopparfors AB och AB Ångpanneföreningen. Målsättningen med projektet har varit att försöka minimera NO_x- och SO₂-utsläpp under kommersiell drift genom påverkan av olika driftsparametrar såsom luftflöden, luftfördelning, last och förbränningstemperatur. N₂O-analyser skulle även utföras med påsprov. Projektet har även samordnats med projektet, B7-911 - Mät- och analysverktyg för minimering av NO_x, SO₂ och CO med hjälp av processidentifiering, där Studsvik AB deltagit under veckan med köleledning och inkopplat sin utvärderingsdator till ÅF:s kontrollinstrument samt till vissa av driftssignalerna (enligt Bilaga 3).

3 SLUTSATSER OCH SYNPUNKTER FRÅN ETAPP 1

Utvärderingen i etapp I resulterade i att följande punkter skulle beaktas i den fortsatt mätetappen:

- 1) På grund av ojämn bränsleinmatning under mätningarna 1988 blev spridningen stor i NO-emissionerna med höga och ojämna CO-halter. CO-halten skulle därför särskilt kontrolleras med kontinuerlig skrivare i etapp II för att verifiera att gjord ombyggnad av bränsleinmatningsspjället för trädbränsle resulterat i en jämnare trädbränsleinmatning.
- 2) Drift med lägre eldstadstemperaturer, om möjligt mellan 820-850°C genom rökgasrecirkulation (max 6-7 nm³/s) och/eller ändrad kolandel.
- 3) Sekundärluftflödet inställs på mellan 9-11 nm³/s vid fullast och högnivåflödet bör ej överstiga 3-5 nm³/s. Drift med enbart rökgasrecirkulation på den låga sekundärluftnivån skall göras.
- 4) Analyser med avseende på fukthalt och elementaranalys utföres för olika typer av trädbränsle minst följande typer; fuktig bark, torr bark, mix bark/flis och mix snickeriavfall/spån. Samma koltyp skall eldas för att eliminera kolets inverkan på emissionerna.
- 5) Olika mängder trädbränsle med konstant kolflöde köres under mätetappen vid fullast och dellast för att i första hand undersöka inverkan på SO₂-absorptionen.
- 6) NO₂ mätes för att verifiera andelen av NO_x med i etapp I antagna 4 %.
- 7) Mätning av N₂O genom periodvisa påsprov.
- 8) Cyklontemperaturerna och reaktortemperaturen studeras i relation till CO-, O₂- och NO_x-halt.

4 MÄTNINGAR OCH ANALYSER

4.1 Anläggningsbeskrivning och mätpunktsplacering

Mätningarna har utförts på Panna 4 hos Kopparfors AB i Fors. Pannan är en ångpanna av typen cirkulerande fluidiserad bädd med följande huvuddata:

- Bränslen: Trädbränsle bestående av bark, flis och snickeriavfall samt rå/klyvspån (tidvis) mixas med kol.
- Ångproduktion: 20 kg/s (72 ton/h)
- Ångdata: 60 bar, 475 °C
- Fabrikat: Ahlströms Pyroflow
- Rökgasrening: Elfilter

Kol inmatas till eldstadens front i två parallella linjer via slussmatare och störtrör.

Trädbränsle tillförs också i två parallella linjer men på pannans motsatta sida i de båda cyklonbenen före sandlåsen.

Förbränningsluften till pannan tillförs dels som primärluft i reaktorns botten och dels som sekundärluft på två olika nivåer. Primärluftflödet styrs av en kvot i förhållande till bränsleflödet samt av differenstrycket över bädden.

Sekundärluftfläkten styrs så att ett konstant lufttryck upprätthålls efter fläkten.

Sekundärluftspjällen för hög respektive låg nivå styrs av var sin kvot i förhållande till bränsleflödet. Luftspjället till den höga sekundärluftnivån påverkas dessutom av O₂-halten i bakre draget. Vid 100 % koldrift styrs sekundärlufttillförseln, delvis manuellt för att hålla nere eldstadstemperaturen, främst med hjälp av det övre sekundärluftspjället.

De heta rökgaserna från eldstaden passerar två parallella cykloner, som mynnar i ett bakre drag med överhettare, konvektionsytor, ekonomiser och luftförvärmare.

Eldstaden eller reaktorn är cirka 20 m hög och uppehållstiden för rökgaserna cirka 4-5 s, vilket ger en medelhastighet på mellan 4-5 m/s. Bottenaskan matas i dag ut i 10-20 min intervall med en mängd av cirka 3-3,5 ton/dygn, varav cirka 2,5-3 ton är sand. Någon kalkdoseringsutrustning finns ej i anläggningen.

Under bilaga 5 finns en skiss, där olika mätpunkter för provperioden redovisas.

4.2 Mätutrustning

Under mätningarna användes dels ÅF-Energikonsults kontrollinstrument och dels befintliga driftinstrument. Kontrollinstrumenten placerades i fläktrummet med gasutsugningspunkt omedelbart före rökgasfläkten. Instrumenttyper och testgas-kvaliteter enligt tabell 4.2 nedan användes.

<u>Instrument</u>	<u>Fabrikat</u>	<u>Typ</u>	<u>Kalibreringsgas</u>
NO _x	Tecan	Chemiluminiscens	254 ± 5 ppm
NO	"	"	201 ± 4 ppm
NO ₂	"	"	53 ± 1 ppm
SO ₂	Siemens	IR	85 ± 2 ppm
CO/CO ₂	Leybold	IR CO 285 ± 14 ppm, CO ₂ 12,27 ± 0,24 %	
O ₂	Thermox	Zirkoniumoxidcell	2,54 ± 0,05 %

Tabell 4.2 Instrumentsammanställning.

Table 4.2 Summary of instrument equipment.

I genomsnitt kalibrerades instrumenten två gånger dagligen och vid driftstörningar oftare.

N₂O-proven är uttagna intermittent enligt provprogram i luft- och ljustäta påsar. Gasen har svavelrenats med kalciumklorid och torkats med difosforpentoxid. Alla påsar har analyserats inom 24 timmar räknat från provtagningstillfället.

4.3 Omfattning och mätprogram

Målsättning och tänkt omfattning av mätningarna framgår av upprättat program i bilaga 3 nedan. Här finns även en kanalförteckning över de driftssignaler som lagrats med datalogger på PC samt en skiss över instrumentuppställningen. Anslutningspunkter för Studsviks mätutrustning inom projektet B7-911; Mät- och analysverktyg för minimering av NO_x , SO_2 , och CO med hjälp av processidentifiering framgår också.

Orderläget på kartong gjorde att Kopparfors AB tvingades göra inskränkningar av driften tidvis under mätperioden. Inskränkningarna bestod i huvudsak av att en pappersmaskin fick ställas av några dagar (89-10-12--89-10-16). Detta minskade ånglasten från normalt 20 kg/s ned till ca 7-10 kg/s för panna 4 på vilken mätningarna utfördes. En liknande produktionsminskning hade dessutom fått göras innan provperioden W39 vilket även påverkade bränsleplaneringen.

För att ta hänsyn till dessa faktorer ändrades mätprogrammet och utfördes enligt nedan:

Datum/prov	Bränsle	Prov	Anm
W40			
89-10-02	Kol+bark	Uppmontering	
89-10-03	"-	"	
89-10-04	"-	Kalibrering, tester Bränsleplanering	
89-10-05 Prov 1	Kol+bark	Inställning drift- fall	N ₂ O-prov kl 11.30
	Analys av kol & bark		N ₂ O-prov kl 13.50
	Fukthalt 51,3 % för bark	Ändring luftflöden kl 15.40-19.20	Ojämn trädbränsle- kvalitet

Datum/prov	Bränsle	Prov	Anm
89-10-06 Prov 2	Kol+bark	Variation luft- flöden kl 09.50- 14.30	11.00-12.15 ojämn bränslekvalitet.
	Analys av kol & bark		Inget N ₂ O-prov denna dag
	Fukthalt 48,3% för bark		
W41			
89-10-09 Prov 3	Bark	Dellastprov kl 14.00-17.30	Inget N ₂ O-prov Dellast: ångflöde ca 8 kg/s
	Analys av bark	Variation av bottenbädds- temperaturen	
	Fukthalt 47,3 % för bark		
89-10-10 Prov 4	Kol+flis	Variation flis- flöde kl 09.15- 10.30	Dellast: ångflöde ca 10 kg/s
	Analys av kol & flis		N ₂ O-prov kl 10.15
		Variation av botten- bäddstemperaturen	N ₂ O-prov kl 12.45
	Fukthalt 47,3 % för flis	kl 10.30.13-25 Variation luftflöden kl 13.55-16.50	
89-10-11 Prov 5	Kol+bark	Variation av botten- bäddstemperaturen	Dellast: ångflöde 7-11 kg/s
	Analys av kol & bark	kl 09.00-16.40	N ₂ O-prov kl 10.35
	Fukthalt 51,9 % i bark	Variation luft- flöden kl 16.40- 17.30	N ₂ O-prov kl 16.10
89-10-12--16-		-	Inget prov, PM3 avstängd

Datum/prov	Bränsle	Prov	Anm
W42			
89-10-17 Prov 6	Kol+flis	Variation av botten- bäddstemperaturen	Fullast: ångflöde ca 20 kg/s
	Analys av kol+flis	kl 13.00-17.17	N ₂ O-prov kl 13.50
	Fukthalt flis 39,8% (Fel i analys?)	Variation luftflöden kl 17.56-21.08	N ₂ O-prov kl 17.05
89-10-18 Prov 7	Kol+bark	Variation av botten- bäddstemperaturen kl 10.00-15.15	Fullast: ångflöde 20 kg/s N ₂ O-prov kl 13.15
	Analys av kol & bark	Variation av luftflöden kl 15.20-18.50	N ₂ O-prov kl 13.15
	Fukthalt för bark 48,8 %		
89-10-19 Prov 8	Flis	Variation av botten- bäddstemperaturen kl 09.10-14.10	Fullast: ångflöde 15-17 kg/s
	Analys av flis		N ₂ -prov kl 10.15
	Fukthalt 48 %	Variation av luftflöden kl 14.35-17.25	
89-10-20	-	-	Inget prov
W43			
89-10-23 Inget prov	Kol	Test med stegsvar etc för Studsviks utrustning	Strömavbrott kl 18.30-23.00

Datum/prov	Bränsle	Prov	Anm
89-10-24 Prov 9	Ko1	Variation av botten- bäddstemperaturen kl 09.00-08.45 (89-10-25)	Fullast: ångflöde 20 kg/s
	Analys av ko1		N ₂ O-prov kl 11.15 (Studsvik mätning under natten)
89-10-25 Prov 10	Ko1	Variation av luftflöden kl 10.18-15.33	08.55-09.15 ström- avbrott Fullast: ångflöde 20 kg/s
	Analys av ko1	Normal drift (Studsvik) kl 16.00-08.05 (89-10-26)	
89-10-26 Prov 11	Ko1	Dellast 75 % kl 09.05-14.00	
	Analys av ko1	Dellast 50 % kl 14.00-18.40 (variation av botten- bäddstemperaturen)	N ₂ O-prov kl 17.15
		Prov enl Studs- viks önskemål under natten från kl 18.40.	kl 00.50 Gasprov- kylare omkullstött och luftinläckage
89-10-27	Ko1	Test med stegsvar (Studsvik)	
Inget prov			Nedmontering

4.4 Resultatsammanfattning och analysresultat

4.4.1 Allmänt

Mätvärdena har registrerats kontinuerligt på PC med datalogger och omräknats till 10-minutersmedelvärden som använts vid utvärderingen enligt samma princip som för etapp I.

NO_x-värden och SO₂-värden har omräknats från ppm till mg/MJ enligt samma omräkningsformel som i etapp I:

$$\text{NO}_x \text{ mg/MJ} = \frac{m_{\text{träd}} \cdot C_{\text{träd}} \cdot T_{\text{träd}} + m_{\text{kol}} \cdot C_{\text{kol}} \cdot T_{\text{kol}}}{12}$$

$$= \frac{22,4}{\text{CO}_2} \cdot \frac{\text{NO}_x \text{ ppm} \cdot 46}{22,4} \cdot \frac{1}{\text{VV}_{\text{träd}} \cdot m_{\text{träd}} + \text{VV}_{\text{kol}} \cdot m_{\text{kol}}}$$

där $m_{\text{träd}}$ = andel trädbränsle, kg/s

m_{kol} = andel kol, kg/s

$C_{\text{träd}}$ = kolhalt trädbränsle i %

C_{kol} = kolhalt stenkol i %

$T_{\text{träd}}$ = torrhalt trädbränsle

T_{kol} = torrhalt kol

CO_2 = uppmätt CO₂-halt i % vol

22,4 = molvolym

12 = molvikt kol

46 = molvikt NO₂

$\text{VV}_{\text{träd}}$ = värmevärde trädbränsle

VV_{kol} = värmevärde kol

(Vid beräkning av mg S/MJ används molvikten 32 i stället för 46 enligt ovan.)

4.4.2 Resultat - medelvärden

NO_x- och SO₂-emissionerna har sammanfattningsvis varit enligt följande under de olika provdagarna.

Prov nr	Datum	Bränsle	NO _x (mg/MJ) (medelvärde)	SO ₂ (mg/MJ) (medelvärde)
1	89-10-05	Kol+Bark	84	59
2	89-10-06	Kol+Bark	95	47
3 (Dellast)	89-10-09	Bark	128	3
4 (Dellast)	89-10-10	Kol+Flis	112	27
5 (Dellast)	89-10-11	Kol+Bark	93	15
6	89-10-17	Kol+Flis	98	33
7	89-10-18	Kol+Bark	97	44
8	89-10-19	Flis	95	5
9	89-10-24	Kol	143	212
10	89-10-25	Kol	94	212
11 (Dellast)	89-10-26	Kol	104	202

Tabell 4.4.2 Medelvärde NO_x och SO₂.

Tabell 4.4.2 Mean values NO_x and SO₂.

Som framgår av tabell 4.4.2 ovan har NO_x-emissionerna legat mellan 84-143 mg/MJ samt SO₂-emissionerna mellan 3-212 mg/MJ under hela provperioden.

Värdet vid ren koleldning (89-10-24) ligger över emissionerna vid övriga prov, för 89-10-25 och -26 dock i nivå med NO_x-emissionerna under övriga provdagar.

NO_x-emissionerna vid ren trädbränsleeldning (prov 3; bark och prov 8; flis) är nära nog lika eller högre än värdena vid övriga prov med kol-mixer. Dellastproven 3 och 4 ger högst NO_x-medelvärden efter den rena koleldningen 89-10-24.

Se vidare avsnitt 5 nedan beträffande parameterstudier.

4.4.3 NO₂-andelen av totala NO_x-halten

Kvävedioxidnivån har utgjort mellan 3,1-13,8 % av den totala NO_x-halten under provperioden.

Under ren koleldning och mixeldning fås de lägsta värdena på ca 3 % men också de högsta på över 13 %. Något entydigt mönster kan inte utläsas, varför schablon ej kan användas, utan både NO och NO₂ måste mätas.

Tabell 4.4.3 nedan visar en sammanfattning av NO₂-andelen under de olika provdagarna

Prov nr	Bränsle	Andel NO ₂ % av NO _x
1	Kol+Bark	3,1
2	Kol+Bark	3,3
3	Bark	8,2
4	Kol+Flis	11,1
5	Kol+Bark	13,0
6	Kol+Flis	11,9
7	Kol+Bark	11,9
8	Flis	9,6
9	Kol	3,4
10	Kol	11,6
11	Kol	13,8

Tabell 4.4.3 NO₂-andel av total NO_x.

Tabell 4.4.3 NO₂-part of total NO_x.

4.4.4 N₂O-halter

N₂O, dikväveoxid eller lustgas, har uttagits som periodvisa påsprov och analysresultat enligt diagram 4.4.4 nedan har erhållits. (Analysresultaten finns under Bilaga 2.)

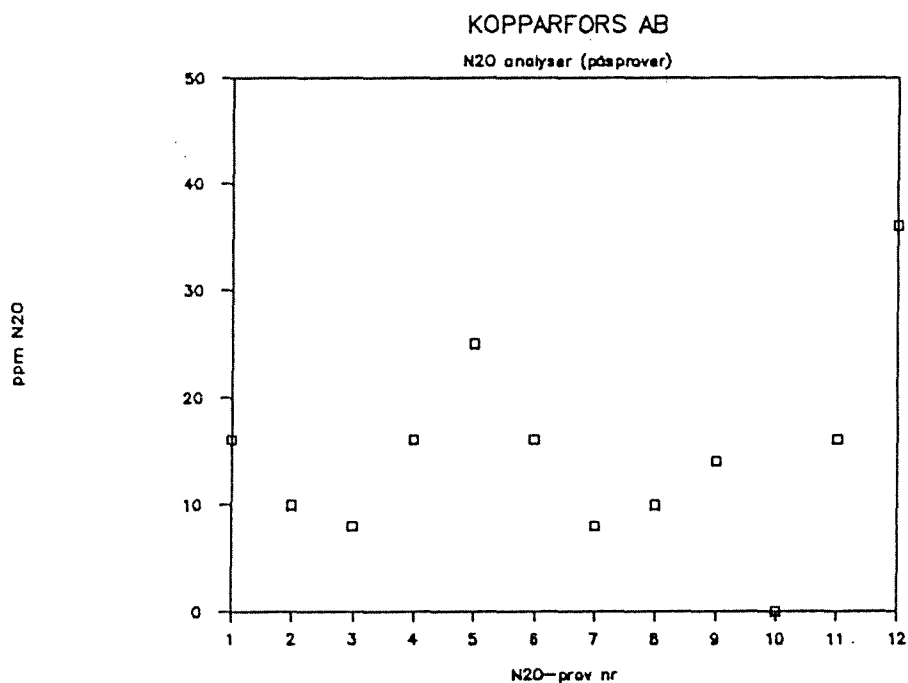


Diagram 4.4.4 N₂O-halter under provperioden

Diagram 4.4.4 N₂O-content for the test period.

Som framgår har N₂O-halterna generellt varit låga mellan 8-36 ppm (vid aktuell O₂-halt).

Prov nr 10 gav endast spår av N₂O.

I tabellen 4.4.4 nedan redovisas bottenbäddstemperaturen, O₂-halten samt NO_x-halten som 10-minutersmedelvärden vid tidpunkterna för provpåsuttagen.

N₂O-halten har även omräknats till 6 % O₂.

N ₂ O-prov	Datum	Kl	Bränsle	Last	N ₂ O (ppm, analys)	*)NO _x (mg/MJ)	*)Bädd-temp (°C)	*)O ₂ (%)	N ₂ O (ppm, 6% O ₂)
1	89-10-05	11.30	Kol+bark	100%	16	97	887	5,2	15
2	89-10-05	13.50	"-	"-	10	60	889	5,3	9
3	89-10-10	10.15	Kol+flis	Dellast	8	122	892	8,4	9
4	89-10-10	12.45	"-	"-	16	99	813	7,7	18
5	89-10-11	10.35	Kol+bark	Dellast	25	123	865	7,5	28
6	89-10-11	16.10	"-	"	16	73	828	5,5	15
7	89-10-17	13.50	Kol+flis	100%	8	99	885	5,5	8
8	89-10-17	17.05	"-	"	10	94	898	7,0	11
9	89-10-18	13.15	Kol+bark	100%	14	107	884	5,7	14
10	89-10-19	10.15	Flis	75-85% (spår)		93	858	5,5	-
11	89-10-24	11.15	Kol	100%	16	128	983	5,0	15
12	89-10-26	17.15	"	Dellast	36	64	960	5,3	34

Tabell 4.4.4 Sammanställning N₂O-prov.

*) 10-min medel vid provuttaget.

Tabell 4.4.4 Summary N₂O-tests.

*) 10 min mean value at time for sampling.

Olika studier har gjorts för att urskilja eventuella korrelationer mellan N₂O-bildningen och andra parametrar. N₂O-halten har dels plottats som funktion av andelen sekundärluft tillsatt

på den höga och låga nivån ($\frac{\text{hög} + \text{låg sekundärluft}}{\text{total luft}}$) och dels

som funktion av bottenbäddstemperaturen. Se sid 17 i bilaga 1 nedan. Vissa tendenser till ökande NO_x-halt vid sjunkande N₂O-halt och omvänt kan utläsas speciellt som funktion av bäddtemperaturen när O₂-halten utsorterats (5,0-5,5 % O₂). Vid ren koleldning (N₂O-prov 11 och 12) ger dellastkörningen lägre NO_x men högre N₂O. Andelen sekundärluft tillsatt på hög och låg nivå är också högre vid dellastprovet (cirka 28 % jämfört med 9 % vid fullast). Kanske bildas mer N₂O vid en något syrefattigare miljö i pannans nedre del.

4.4.5 Bränsle- och askanalyser

Bränsleanalyser och flygaskanalyser har gjorts på samlingsprov, cirka 25 l provpåsar. Varje samlingsprov består av cirka 12 st delprover uttagna under respektive provdag. Analyserna har utförts av SLL (Statens Lantbrukskemiska Laboratorium) och resultatrapport finns under bilaga 2 nedan. Några av analysresultaten har sammanfattats i tabellerna 4.4.5.1 och 4.4.5.2 nedan.

Provdag (datum)	Bränsle (typ)	TS-halt (%)	Kvävehalt (% av TS)	Värmevärde, eff (MJ/kg)
891005	kol	93,9	1,7	26,5
891006	kol	94,0	1,7	26,9
891010	kol	94,4	1,8	27,4
891011	kol	94,8	1,8	26,6
891017	kol	94,8	2,0	26,1
891018	kol	95,6	1,8	27,0
891024	kol	93,1	1,8	25,9
891025	kol	93,0	1,7	25,7
891026	kol	93,2	1,8	25,8
891005	bark	48,7	0,4	7,5
891006	bark	51,7	0,33	8,2
891009	bark	52,7	0,31	8,6
891011	bark	48,1	0,34	7,6
891018	bark	51,2	0,33	7,9
891010	flis	52,7	0,21	8,7
891017	flis	60,2	0,26	7,8
891019	flis	52,0	0,32	8,5

Tabell 4.4.5.1 Sammanställning bränsleanalyser.

Table 4.4.5.1 Summary fuel analysis.

Provdag (datum)	Bränsle (typ)	S-halt (% av TS)	Oförbränthalt (% av TS, 750°C)
891005	kol + bark	1,4	11,3
891006	kol + bark	1,2	16,7
891009	bark	1,9	8,3
891010	flis + kol	2,0	11,5
891011	bark + kol	2,2	7,8
891017	kol + flis	0,46	12,2
891018	kol + bark	1,2	14,9
891019	flis	1,0	5,6
891024	kol	0,3	21,2
891025	kol	0,36	24,3
891026	kol	0,43	29,0

Tabell 4.4.5.2 Sammanställning flygaskanalyser.

Table 4.4.5.2 Summary fly ash analysis.

Samtliga flygaskanalyser visade på en TS-halt av 100 %.

4.4.6 Lufttemperaturer efter luftförvärmare

Som framgår av flödesschemat under bilaga 4 finns rökgasvärmda luftförvärmare för primär- respektive sekundärluft.

Nedan ges en sammanställning över hur lufttemperaturerna legat under de olika provdagarna. (Värdena baserar sig på timmedelvärden uttagna med driftinstrument.)

Bränsle	Datum	Lufttemp före lufö (TI 701, °C)	Primärluft efter lufö (TI 702, °C)	Sekundärluft efter lufö (TI 703, °C)
Kol + bark	891005	44	136	126
Kol + bark	891006	39	136	123
Bark	891009	39	132	128
Kol + flis	891010	36	136	129
Kol + bark	891011	35	134	130
Kol + flis	891017	39	111	141
Kol + bark	891018	38	107	145
Flis	891019	41	110	143
Kol	891023	42	126	130
Kol	891024	40	121	132
Kol	891025	40	127	123
Kol	891026	43	136	143

Tabell 4.4.6 Förbränningsluftstemperaturer.

Table 4.4.6 Combustion air temperatures.

5 PARAMETERSTUDIER

För att utröna om inställningar och driftsätt av CFB-pannan kan minimera NO_x -emissionerna har nedanstående parameterstudier gjorts.

Primärt har följande faktorerers inverkan studerats:

- Eldstads- eller bottenbäddstemperaturen.
- Luftfördelningen, såsom andelen primärluft.
- Lasten på pannan som kg ånga/s.

Sekundära faktorer som studerats är cyklonutloppstemperaturerna, sekundärluftflödet på höga nivå samt relationen till CO-halten vid de olika driftsfallen.

En kontroll av skillnaderna i kvävehalt för de olika bränsletyperna har gjorts med hjälp av analysresultaten i Bilaga 2.

5.1 NO_x-mätning

5.1.1 Inverkan av bränslets kvävehalt

Enligt analysresultatet i Bilaga 2 nedan fås följande kvävehalter för de olika bränsletyperna använda under provperioderna:

- Kol mellan 1,7-2,0 % N av TS.
- Bark mellan 0,3-0,4 % N av TS.
- Flis mellan 0,2-0,3 % N av TS.

Med uppgivna torrhalter för bränslena fås följande ungefärliga halter kväve på fuktigt bränsle:

- Kol 1,6-1,9 % N (ca 1,75 % medel).
- Bark 0,15-0,2 % N (ca 0,175 %).
- Flis 0,1-0,15 % N (ca 0,125 %).

Användes 0,8 kg/s som ungefärligt kolflöde vid fullast och motsvarande ~~trädbränsleflöde~~ 3,6 kg/s fås följande mängder tillfört kväve i kg/s:

- Bark+kol: 0,020 kg/s
- Flis+kol: 0,018 kg/s

För ren barkeldning och fliseldning fås med trädbränsleflödet ca 6 kg/s:

- Bark: 0,010 kg/s
- Flis: 0,007 kg/s

För ren koleldning fås med kolflödet 2,6 kg/s:

- Kol: 0,045 kg/s

Sammanfattningsvis tillföres således drygt dubbelt så mycket kväve till eldstaden vid koleldning som vid mix eldning. Som framgått av sammanfattningen ovan och enligt parametersstudierna nedan ger andra parametrar betydligt större inverkan på utgående NO_x-halt och skillnaderna i bränslekväve får anses ha en underordnad betydelse.

5.1.2 Inverkan av eldstadstemperaturen

Eldstadstemperaturen eller bottenbäddstemperaturen har uppmätts som medelvärde av fem stycken givare (TICA 716) utplacerade runt eldstadens omkrets ca 0,5 m ovanför dess botten. Dessutom har utgående rökgastemperatur från cyklonerna (TIRA 721 och 722) studerats för att kartlägga eventuella "förskjutningar" i förbränningen från eldstaden eller reaktorn och upp mot cyklonerna.

Eldning med kol+bark

* Prov 5 89-10-11:

Studier av diagram med övriga parametrar plottade som funktion av bottenbäddstemperaturen (se bilaga 1 nedan) ger ingen entydig trend för NO_x -emissionen sedan inverkan av O_2 -halt och luftfördelningen eliminerats. Cyklonutloppstemperaturerna ligger spridda inom ett temperaturområde mellan ca 650-750°C

* Prov 7 89-10-18:

Ångflödet, dvs lasten har under detta prov legat mycket jämnt vid fullast 20 kg ånga/s.

Likaså har luftfördelningen legat omkring 40-42 % primärluft, vilket ger sekundärluftflöden på mellan 12-13 nm^3/s .

Rökgasrecirkulationen ligger maximalt på mellan 5-6 nm^3/s över hela temperaturområdet (840-920°C). O_2 -halten ligger mellan 5-6 % (räknat på torr gas). Kolflödet har varit inställt på börvärdet 0,8 kg/s och trädbränsleflödet tillåtit variera för att hålla lasten. Variationerna i bäddtemperatur har således erhållit genom skiftande trädbränslekvalité. CO-halten har varit låg (= 50 ppm).

Enligt fig 5.1.1 nedan kan man här avläsa en trend på ökande NO_x -emission vid ökande bottenbäddstemperatur.

Observera också relationen till cyklonutloppstemperaturerna vilka stiger från ca 840°C till upp emot 920°C i studerat område.

NO_x -halten varierar från ca 80 mg/MJ vid 850°C bottenbäddstemperatur och till ca 100 mg/MJ vid 920°C bäddtemperatur.

I bilaga 1 sid 10 har O_2 -haltens inverkan detaljstuderats. Som framgår har O_2 -halten varit något lägre vid höga bäddtemperaturer och torde således motverka ovan nämnda trend något.

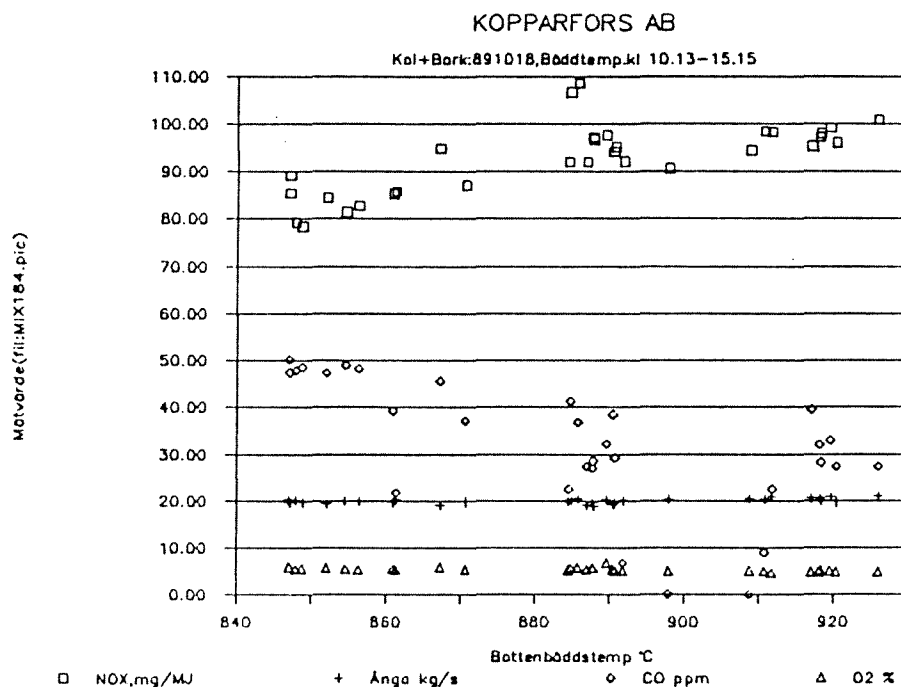


Diagram 5.1.1 NO_x som funktion av bäddtemperatur (89-10-18).

Diagram 5.1.1 NO_x as a function of bed temperature.
(89-10-18).

Eldning med bark:

* Prov 3 89-10-09:

Lasten under dellastprovet har legat kring 8 kg ånga/s.

Rökgasrecirkulationen har varit låg 1-2 nm³/s för att kunna erhalla önskat temperaturintervall. Luftfördelningen har legat kring 45-50 % primärluft. Då O₂-halterna varierat (se bilaga 1) och dessutom är höga har en utsortering gjorts där O₂-halter inom intervallet 7.7-8,3 % valts. Som diagram 5.1.2 nedan visar är det här svårt att utläsa bottenbäddstemperaturens inverkan.

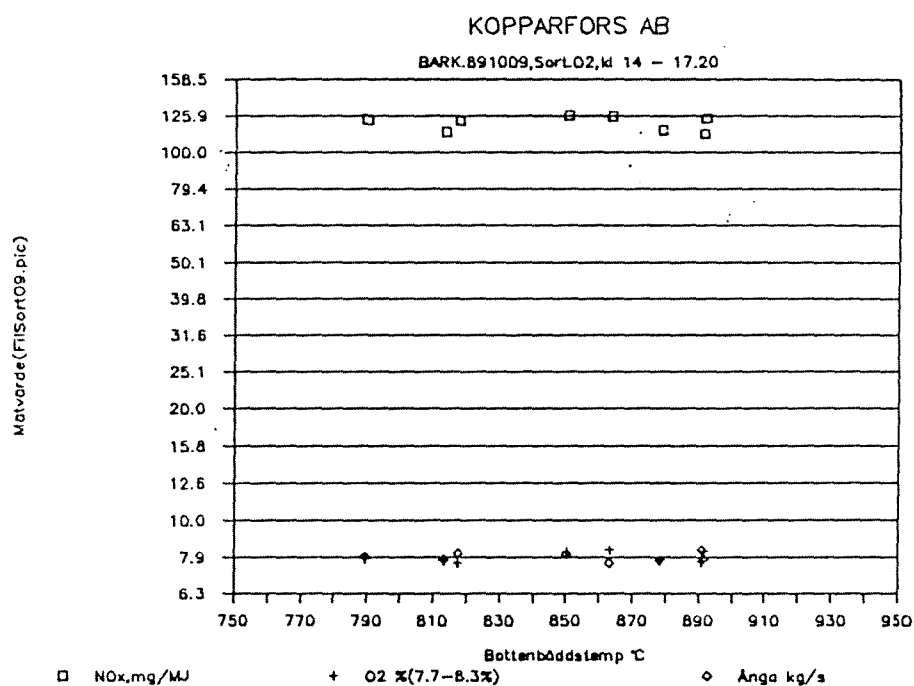


Diagram 5.1.2 NO_x som funktion av bäddtemperatur (89-10-09).

Diagram 5.1.2 NO_x as a function of bed temperature (89-10-09).

En teori kan vara att vid dellast är syretillgången så hög att NO_x bildas ungefär lika lätt inom hela temperaturintervallet för bäddtemperaturen.

Eldning med kol+flis:

* Prov 4 89-10-10:

Diagram 5.1.3 nedan talar ytterligare för detta då man här kan se "mönstret" i O₂-haltens variation i NO_x-kurvan.

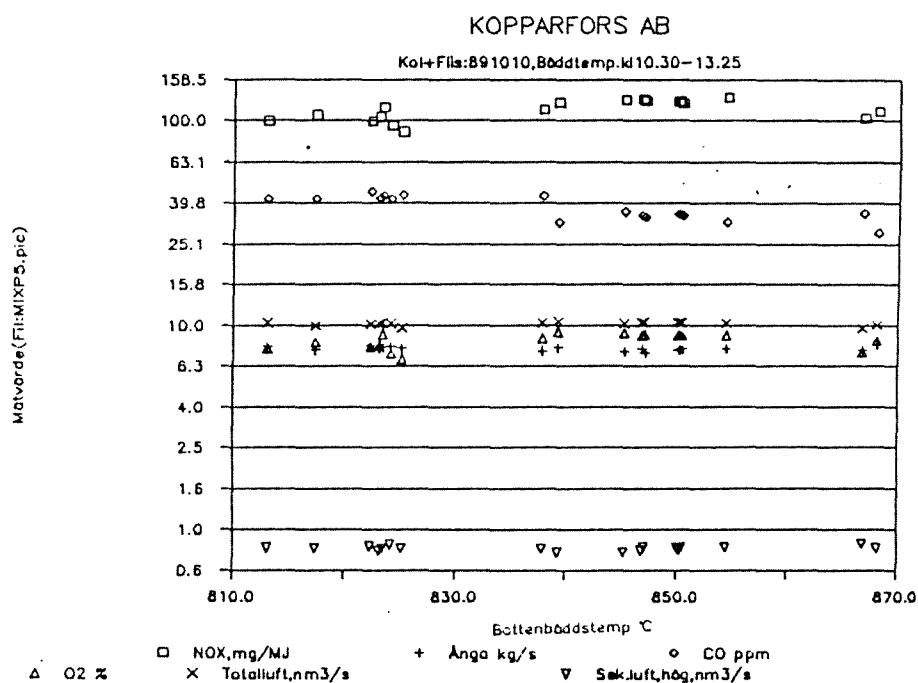


Diagram 5.1.3 NO_x som funktion av bäddtemperatur (89-10-10).

Diagram 5.1.3 NO_x as a function of bed temperature (89-10-10).

* Prov 6 89-10-17:

Av diagrambilaga 1 framgår att NO_xhalterna legat mellan 80 till 100 mg/MJ inom bäddtemperaturintervallet 884-898°C.

Det är här svårt att se någon trend för NO_x-emissionen trots att övriga parametrar legat relativt konstanta.

Jämförs med figur 5.1.1, ser vi dock att detta temperaturområde endast är ett litet intervall och att det i figur 5.1.1 förekommer variationer inom området 880-900 °C.

Observera att här finns några höga temperaturer efter cyklon 1 (910-930°C) som ej återspeglar sig i utgående NO_x-halt.

Koleldning

* Prov 9 89-10-24:

Provet har bedrivits med maximal rökgasrecirkulation genom hela bäddtemperaturområdet (950-990 C). Denna temperatur är högre än för övriga prov och också högre än "normala" bäddtemperaturen för CFB och kol. Kylningen erhålls genom ökad sekundärluftmängd vilket avspeglar sig i höjd O_2 -halt vid lägre bäddtemperatur.

Som framgår av bilaga 1 finns det ingen korrelation mellan bäddtemperatur och NO_x -emissionen förmodligen p g a höjda O_2 -halter. Totalt sett ligger dock NO_x -halterna högt (120-130 mg/MJ), vilket mycket väl kan bero på den höga temperaturen.

För att eliminera O_2 -haltens inverkan har en utsortering enligt diagram 5.1.4 gjorts.

O_2 -intervallet 4,9-5,2 % har valts och temperaturområdet blir snävt, 982-990 C. Man kan ej utläsa någon trend för NO_x -halten inom detta temperaturområde.

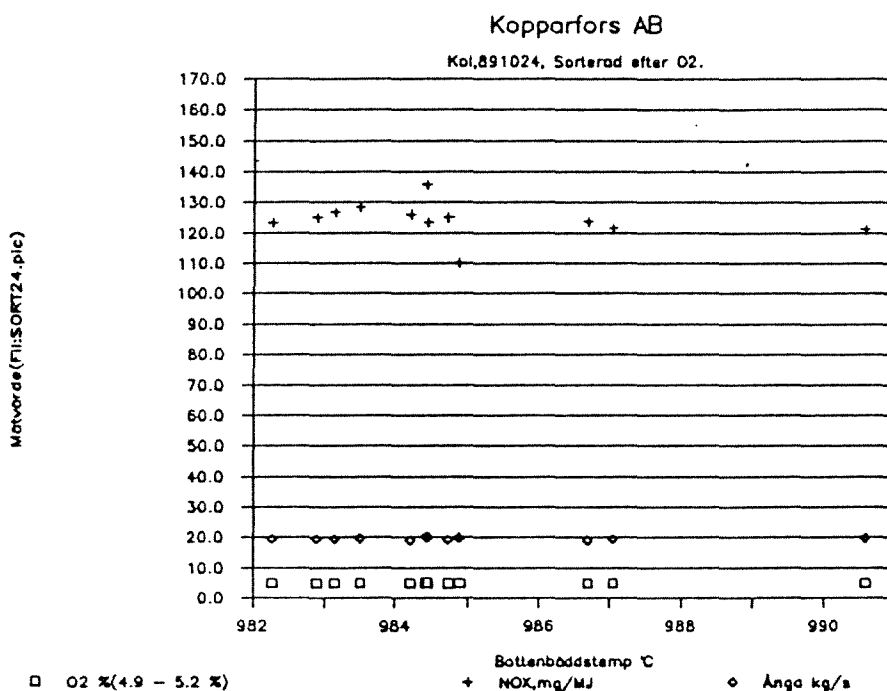


Diagram 5.1.4 NO_x som funktion av bäddtemperatur (89-10-24)

Diagram 5.1.4 NO_x as a function of bed temperature (89-10-24).

5.1.3 Inverkan av luftfördelningen

Ett antal diagram har plottats där de olika parametrarna åskådliggjorts som funktion av andelen primärluft i % ($\frac{\text{primärluftflöde}}{\text{totalluftflöde}}$).

Andelen primärluft har försökts varieras mellan ca 30-40 % och upp till ca 60 % där så har varit möjligt.

Nedan kommenteras de prov där någon trend för NO_x -halten kan urskiljas som funktion av luftfördelningen (se bilaga 1).

Prov 6, 89-10-17, kol+flis:

För detta prov som sker vid fullast, ångflödet konstant kring 20 kg/s, fås omfördelningen mellan primär- och sekundärluft genom att sekundärluftflödet på den höga nivån ökas med ca 4 nm^3/s vid låg primärluftandel ca 38 % (se bilaga 1). Bottenbäddstemperaturen ligger mellan 880-890°C medan däremot cyklontemperaturerna är mycket höga vid låga primärluftandelar (920-960°C). Trots detta tenderar låg primärluftandel (36-40%) att ge lägre NO_x -halt än uppemot 60 % primärluft. Spridningen i NO_x -halt vid de låga primärluftandelarna (mellan ca 80-120 mg/MJ) känns igen i spridningen i cyklontemperaturen. Se diagram 5.1.5 nedan.

NO_x -halten har därför även plottats mot O_2 -halten (sid 8, bilaga 1) för intervallet 36-40 % primärluftandel. Som framgår ger spridningen i O_2 -halt ingen direkt synbar tendens på NO_x -emissionen. De höga NO_x -halterna för vissa punkter beror troligen på högt sekundärluftflöde på den höga nivån (mer än 5-6 nm^3/s) och därmed höga cyklontemperaturer enligt ovan.

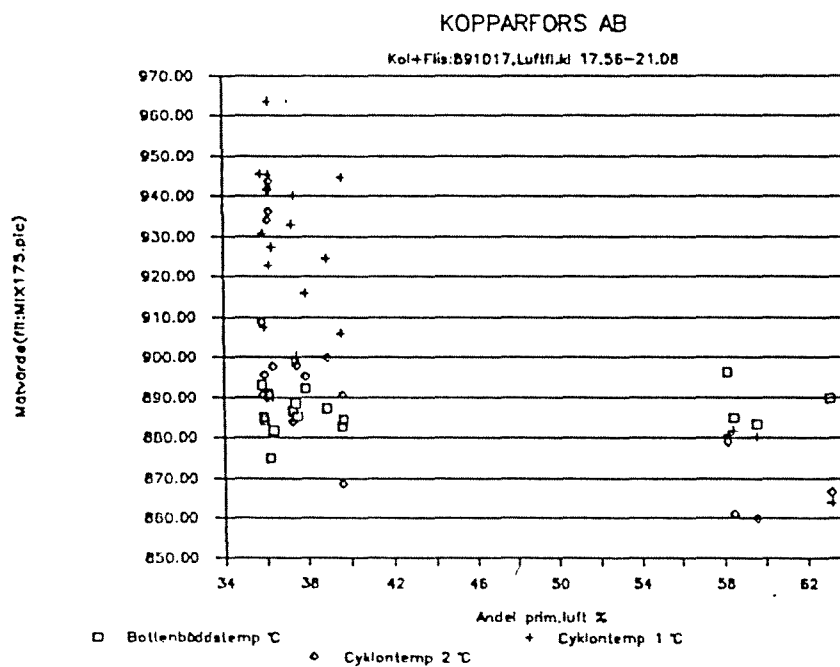
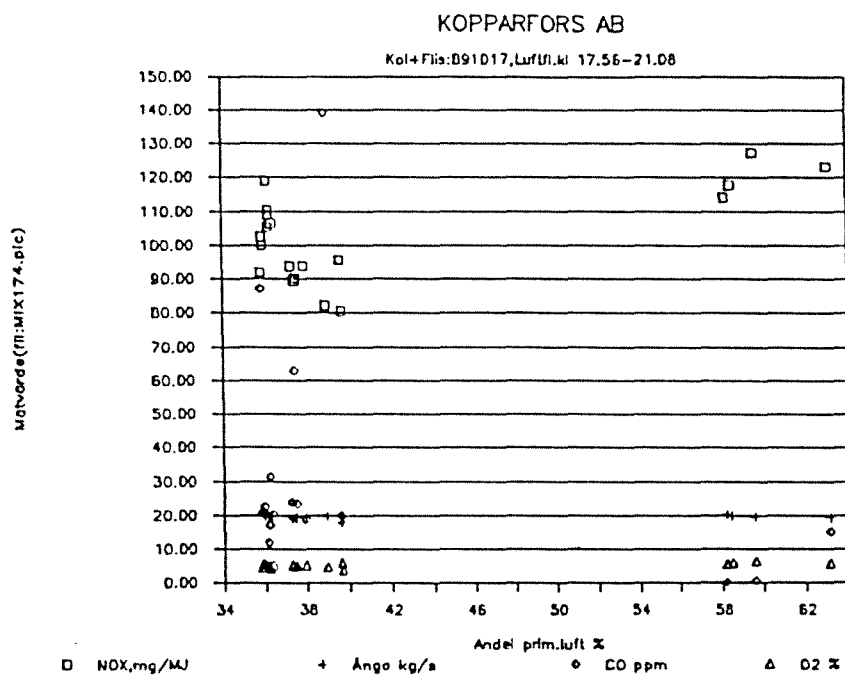


Diagram 5.1.5 NO_x som funktion av luftfördelningen.

Diagram 5.1.5 NO_x as a function of air distribution.

* Prov 7 89-10-18, kol+bark:

Samma tendenser gäller som för prov 6 ovan. Fördelarna med stegförbränningen vid låga primärluftandelarna motverkas troligen genom höga cyklontemperaturer.

En "försiktig" trend till högre NO_x -halter vid ca 60 % primärluft kan dock urskiljas.

* Prov 8, 89-10-19, flis:

Provet med ren fliseldning påvisar en trend till ökad NO_x -halt med ökad primärluftandel. Ökningen är från ca 90 mg/MJ vid ca 40 % primärluft och till ca 108 mg/MJ vid 58 % primärluft. O_2 -halten är då oförändrad på ca 6,3 % och cyklontemperaturerna ligger här betydligt lägre mellan 825-870°C.

Bottenbäddstemperaturen ligger vid 850-860°C.

* Prov 10, 89-10-25, kol:

Bottenbäddstemperaturen ligger högt vid detta prov, mellan 990-1000°C. Cyklontemperaturerna ligger lägre, mellan 910-940°C.

Trots den höga bäddtemperaturen fås relativt låga NO_x -emissioner vid provet beroende på tämligen låg O_2 -halt (omkring 5,5 %).

Någon trend som beror på luftfördelningen kan ej urskiljas, då ändringen i det höga sekundärluftflödet ger förhöjda O_2 -halter. Variationsområdet blir mycket litet för primärluftandelen (ca 2 %).

Däremot omfördelas primärluft till sekundärluftinsläppet vid bränsleinmatningen vilket troligen ligger för nära pannans botten för att någon stegförbränningseffekt skall fas.

Detsamma gäller vid omfördelning under dellast då ju O_2 -halten är så hög att höga sekundärluftspjället redan är stängt eller nära nog stängt.

En automatisk reglering av sekundärluften till bränsleinmatningarna så att O_2 -halten kan hållas låg eller lägre torde kunna minimera NO_x -emissionerna.

5.1.4 Inverkan av lasten

För att få en uppfattning om lastens inverkan på NO_x -emissionen har dellastproven jämförts med fullastproven. Jämföres exempelvis dellastprovet prov 5 (89-10-11 med kol + bark) med fullastprovet prov 7 (89-10-18 med kol + bark), kan följande driftspunkter utsorteras:

Bäddtemperatur °C	O_2 -halt %	NO_x mg/MJ
50 % last: ca 868	4,5	43
100 % last: ca 870	5	87

Cyklontemperaturerna har vid motsvarande provpunkter varit mellan 670-710 °C vid dellast och vid fullast mellan 862-872 °C, dvs omkring 160-200 °C högre vid fullastprovet.

Luftfördelningen har vid båda proven varit drygt 40 % primär-luft.

Troligen hinner bränslet förbrännas längre ned i eldstaden vid dellast, vilket ger låga cyklonutloppstemperaturer och låga NO_x -emissioner.

På samma sätt fås en korrelation mellan last och NO_x -halt vid ren koleldning under prov 11, 89-10-26. Diagram 5.1.6 och 5.1.7 nedan åskådliggör detta.

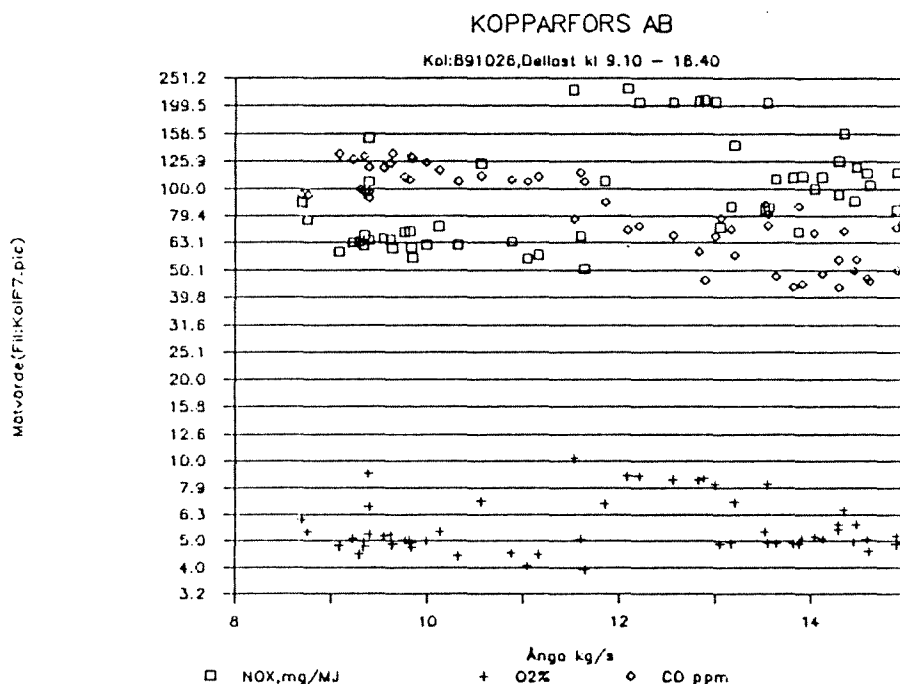


Diagram 5.1.6 NO_x som funktion av last (89-10-26).

Diagram 5.1.6 NO_x as a function of steam load (89-10-26).

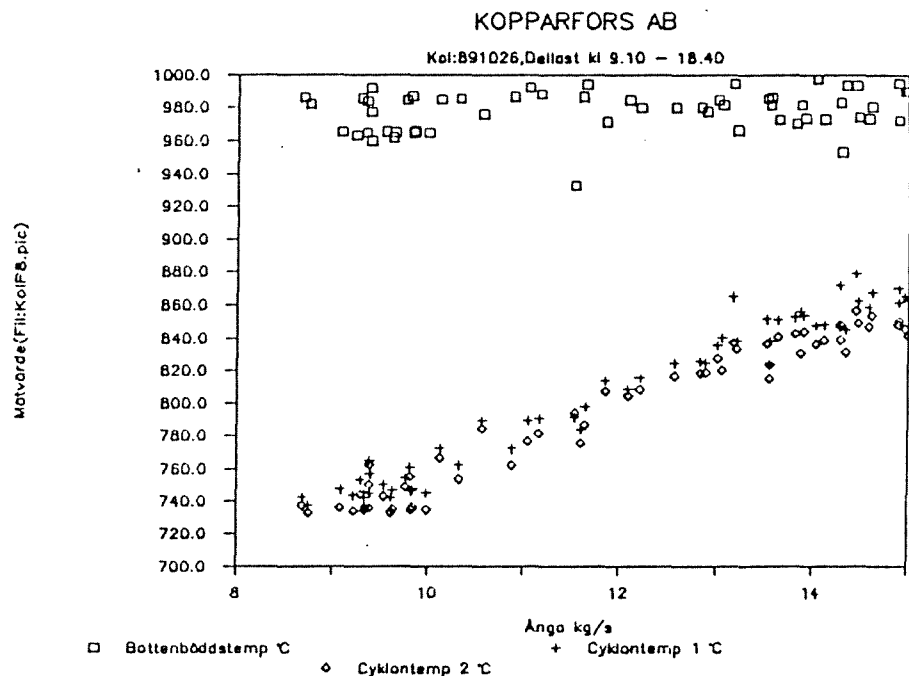


Diagram 5.1.7 Temperaturer som funktion av last (89-10-26).

Diagram 5.1.7 Temperatures as a function of steam load (89-10-26).

Elimineras O_2 -haltens inverkan genom utsortering fås diagram 5.1.8.

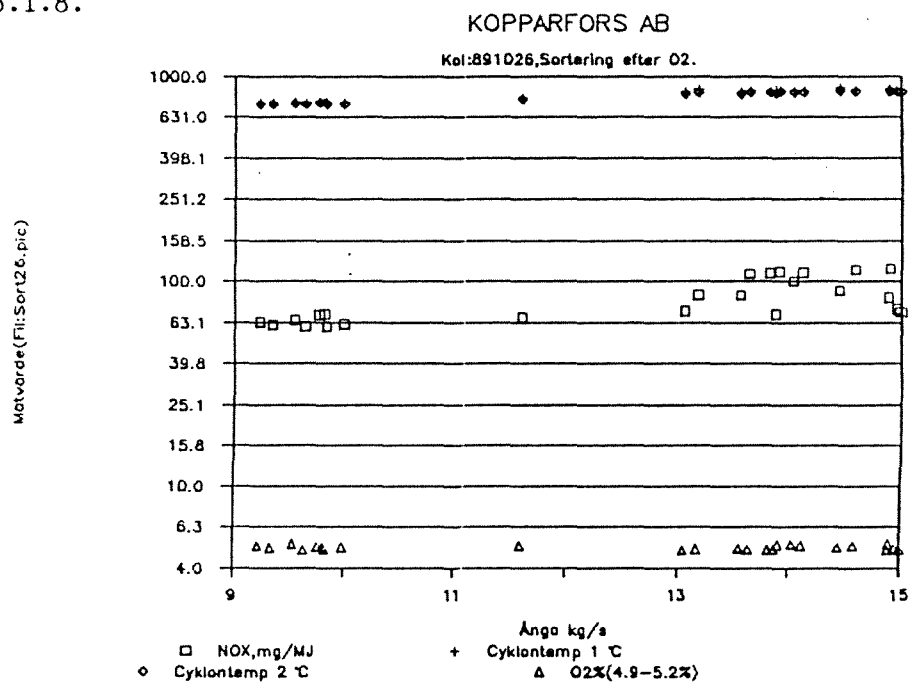


Diagram 5.1.8 NO_x som funktion av last vid sorterad O_2 (89-10-26).

Diagram 5.1.8 NO_x as a function of steam load for a selected O_2 intervall (89-10-26).

Som framgår fås en tendens till omkring 60 mg NO₂/MJ vid ca 50 % last och mot närmare 100 mg/MJ vid 75 % last. CO-halten är dock något förhöjd till ca 125 ppm vid den låga lasten, vilket således tyder på en något för låg O₂-halt.

5.2 SO₂-mätning

5.2.1 Inverkan av barkflöden och bränsletyper

Enligt etapp I skulle svavelabsorptionen undersökas vid eldning med mix av bark och kol. Speciellt skulle barkflödets storlek i förhållande till kolflödet samt barkens fukthalt beaktas. Som tidigare nämnts, försvårades bränsleplaneringen på grund av produktionsstörningar. Detta i kombination med torr väderlek gjorde att det ej gick att få fram bark med så hög fukthalt som var önskvärt.

Tillförd svavelmängd till pannan har uppmätts med hjälp av bränsleanalyser samt uppmätta bränsleflöden.

Diagram 5.2.1-5.2.6 redovisar tillförd svavelmängd samt i rökgasen uppmätt SO₂-halt som mg S/MJ som funktion av trädbränsleflödet. Prov med fliseldning har även medtagits. Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

Prov nr	Datum	Bränsle	Fukthalt bark/flis	Svavel- absorption % min - max
1	89-10-05	Kol + bark	51,3	9-51
2	89-10-06	Kol + bark	48,3	28-43
4 (dellast)	89-10-10	Kol + flis	47,3	20-81
5 (dellast)	89-10-11	Kol + bark	51,9	58-90
6	89-10-17	Kol + flis	*39,8	45-76
7	89-10-18	Kol + bark	48,8	44-68

* osäkert analysvärde

Tabell 5.2.1 Sammanställning SO₂-absorption.

Table 5.2.1 Summary SO₂-absorbation.

För prov 1 och 2 varierar SO₂-absorptionen mycket beroende på varierande O₂-halt, se figur 5.2.1 och 5.2.2 nedan.

Likaså för prov 4 och 5 fås variationer i uppmätt SO₂ och O₂-halten. (Extremt låga SO₂-värden förekommer men har ej beaktats vid framräkning av minimi- och maximivärden enligt tabell 5.2.1.) Värden med mycket hög svavelabsorption i flygaskan och bottenaskan fås vid dessa prov.

Fullastproven 6 och 7 ger en stabil och hög SO₂-absorption över hela området. Man kan ej utläsa några större skillnader om flis eller bark används.

Sammanfattningsvis fås en hög svavelabsorption vid eldning av mix kol och trädbränsle.

Några tendenser beroende på fukthalten i bränslet kan ej utläsas på grund av litet variationsområde i bränsleanalyserna. Likaså framgår ej några klara tendenser till högre svavelabsorption med ökande trädbränsleflöde.

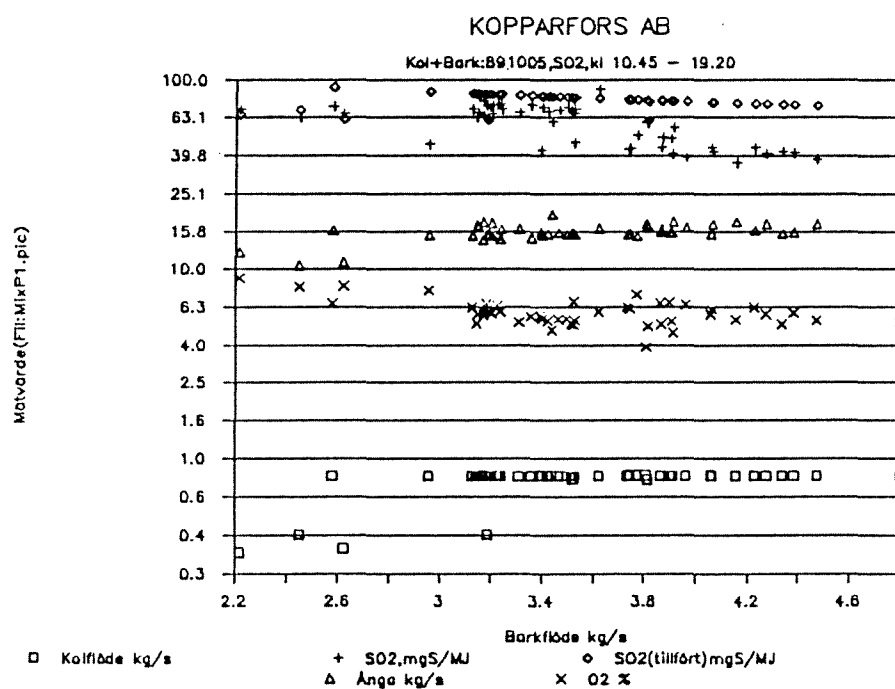
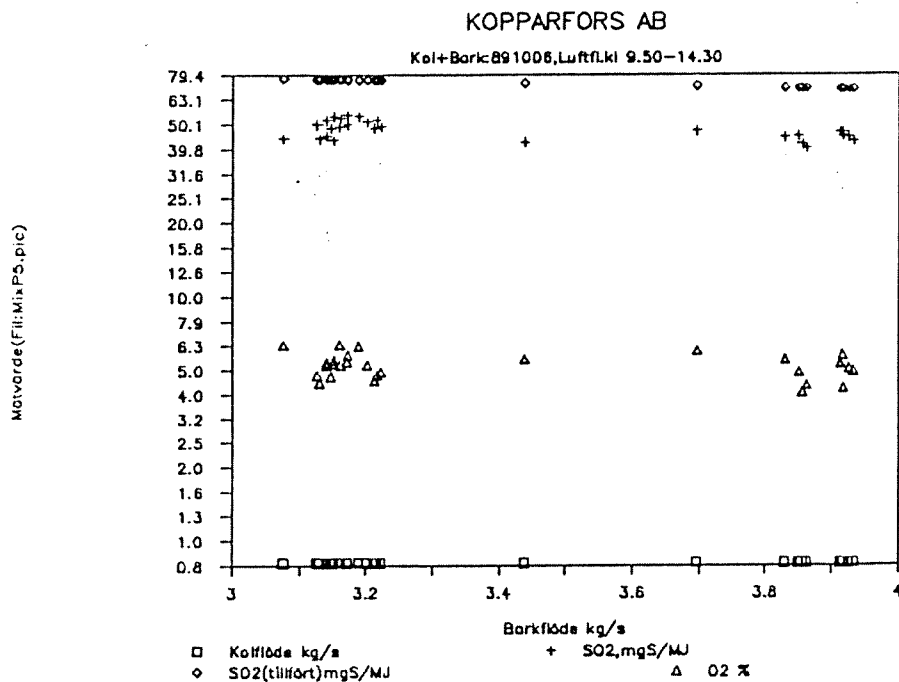
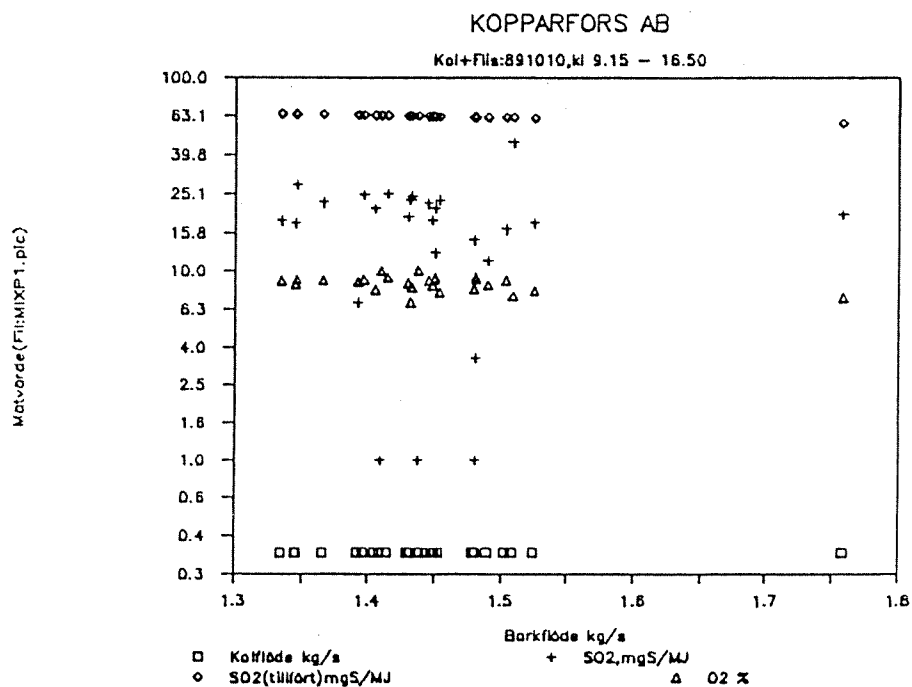
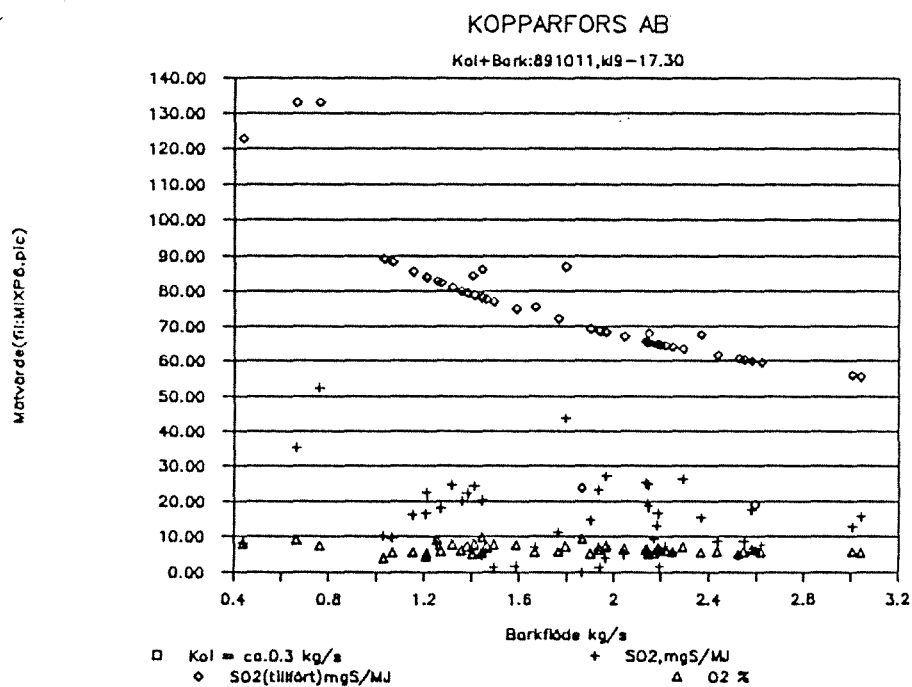
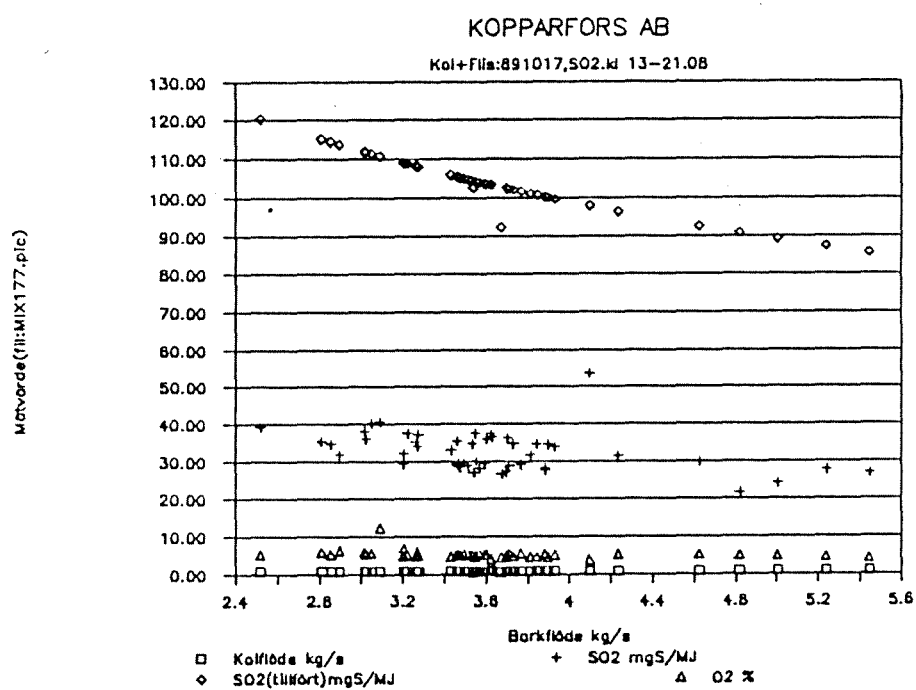


Diagram 5.2.1 SO₂-absorption 89-10-05.

Diagram 5.2.1 SO₂-absorption 89-10-05.

Diagram 5.2.2 SO₂-absorption 89-10-06.Diagram 5.2.2 SO₂-absorption 89-10-06.Diagram 5.2.3 SO₂-absorption 89-10-10.Diagram 5.2.3 SO₂-absorption 89-10-10.

Diagram 5.2.4 SO₂-absorption 89-10-11.Diagram 5.2.4 SO₂-absorption 89-10-11.Diagram 5.2.5 SO₂-absorption 89-10-17.Diagram 5.2.5 SO₂-absorption 89-10-17.

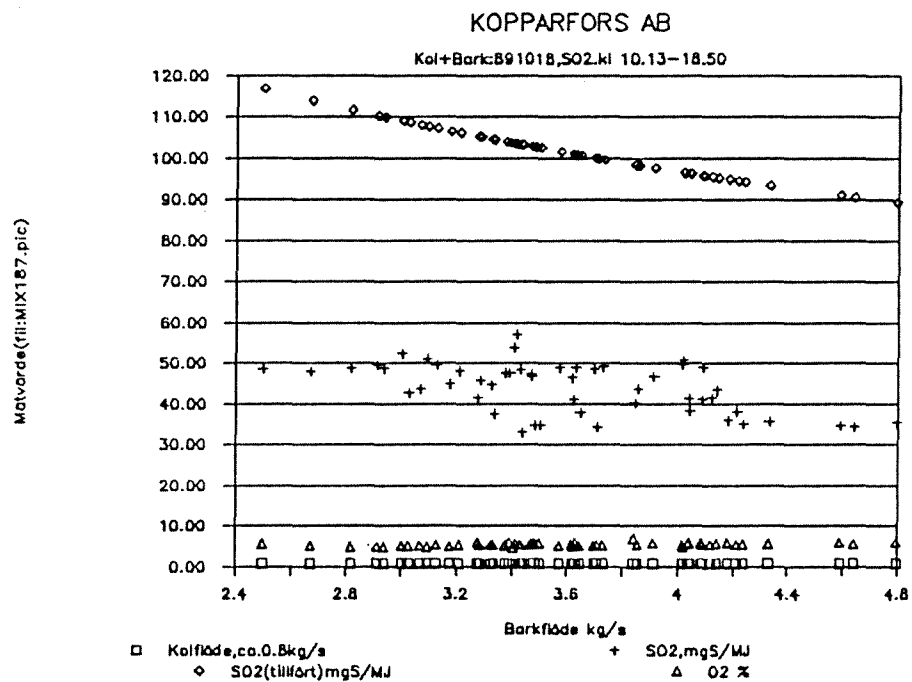


Diagram 5.2.6 SO₂-absorption 89-10-18.

Diagram 5.2.6 SO₂-absorbation 89-10-18.

6 SVAVELBALANS

En svavelbalansberäkning har utförts för prov nr 1 och 7, vid eldning med mix av kol och bark vid 100 % last, samt för ren koleldning, prov nr 9. För beräkningen har i rökgaserna uppmätta värden för SO_2 , CO_2 och O_2 utnyttjats. Registrerade värden för kolflöde, barkflöde, ångflöde och rökgasrecirkulationsflöde har dessutom använts.

Svavel i flygaskan har analyserats. (Det har antagits, att även bottenaskan har samma svavelmängd som flygaskan. Bottenaskflödet är bara mellan 3-4 % av totala askflödet.)

Prov nr	1	7	9
Provdatum	89-10-05	89-10-18	89-10-24
Kolflöde, kg/s	0,81	0,82	2,53
Barkflöde, kg/s	3,89	3,61	0
S i flygaska, % av TS	1,4	1,2	0,30
Beräknad rökgasmängd, Nm^3/s (torra)	19,2	18,79	24,9
SO_2 , ppm	100,1	82,7	387,9
Svavel ut i rökgas, g S/s	2.826	2.283	13.915
Svavel ut i flygaska, g S/s	3.644	3.288	0.821
Totalt svavel ut, g S/s	6.470	5.571	14.736
Svavel in med bränslen, g S/s	3.931	5.119	12.507
$\frac{S_{\text{ut}}}{S_{\text{in}}}$, %	164	109	118

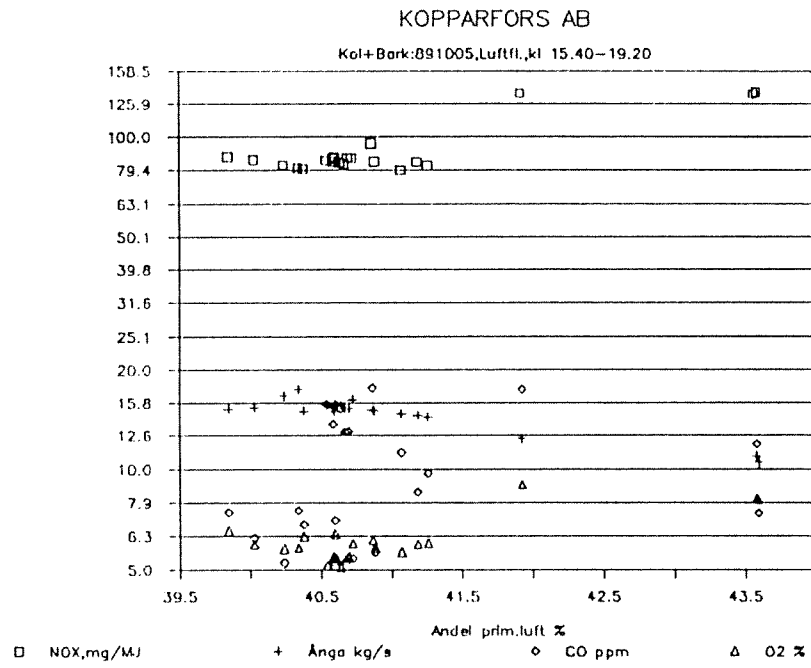
Som framgår återfinns 64 % respektive 9 % mer svavel i beräkningen än vad som tillförs. För första provet kan förklaringen vara att driften varit orolig på grund av varierande bränslekvaliteter så att uttaget flygaskprov ej blivit representativt.

För prov 7 fås svavelabsorptionen i flygaskan till ca 64 %.

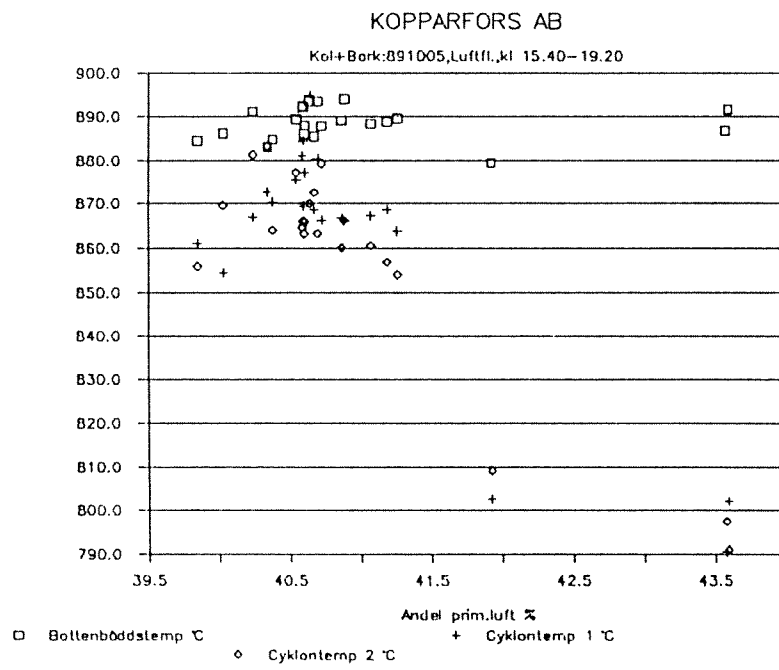
För prov 9, ren koleldning, hittas bara ca 5 % av totalt utgående svavel i askan. För en likadan svavelbalans 89-10-25 återfinns 150 % av ingående svavelmängd med andelen 92 % i utgående rökgas (av totalt återfunnet svavel).

Diagrambilaga (17 sidor) för parameterstudier enligt
avsnitt 5 samt N₂O-diagram till avsnitt 4.4.1.

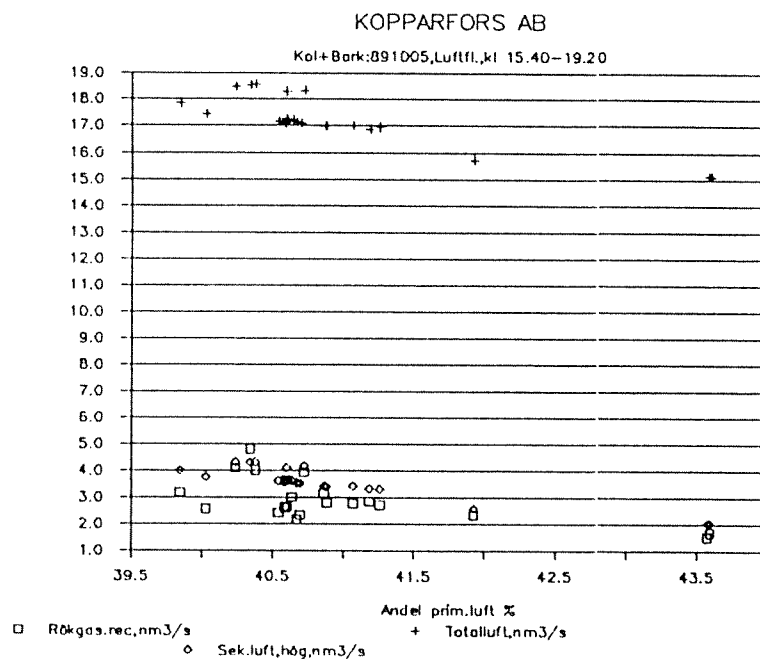
Matvärde(Fil:MixP2.pic)

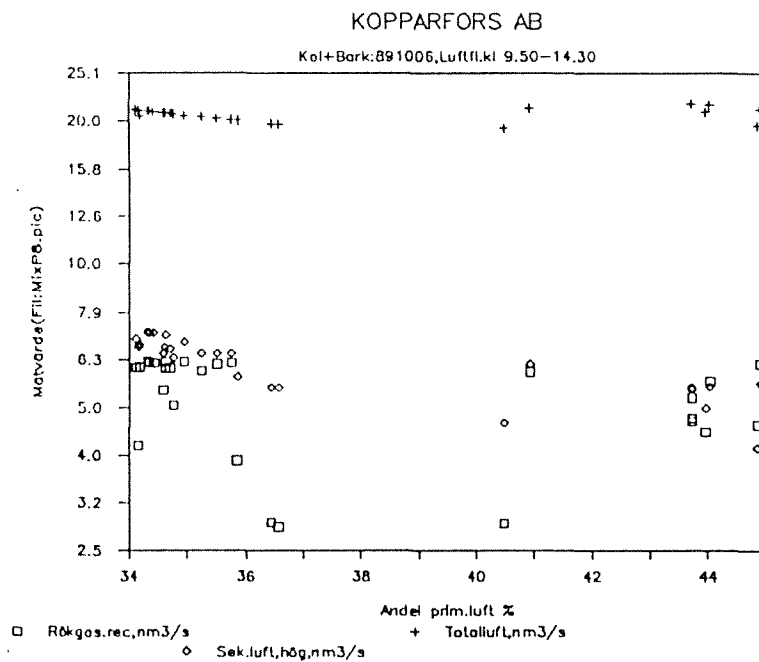
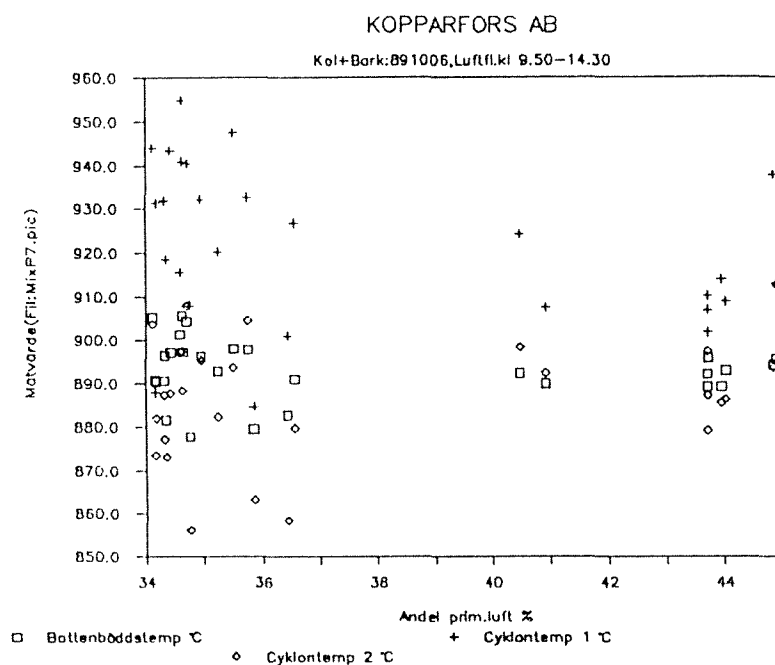
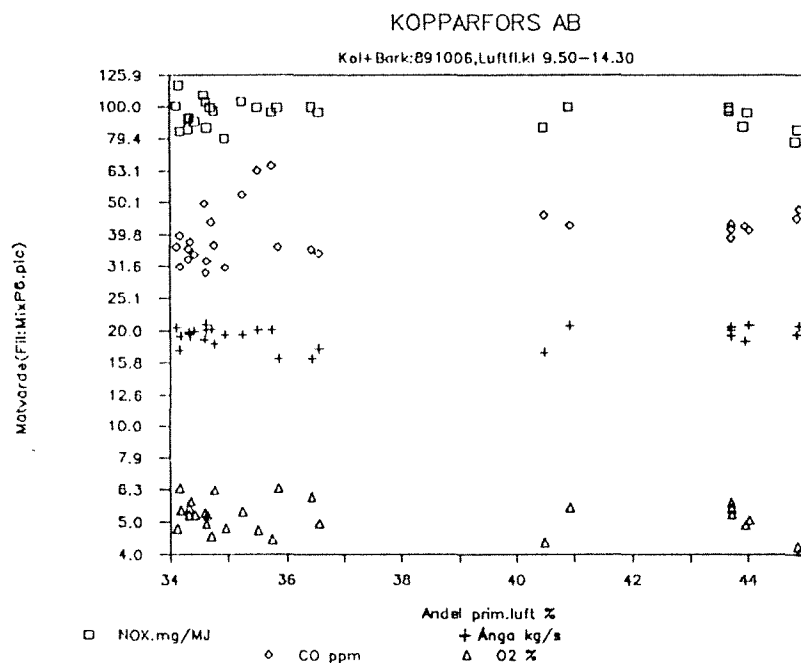


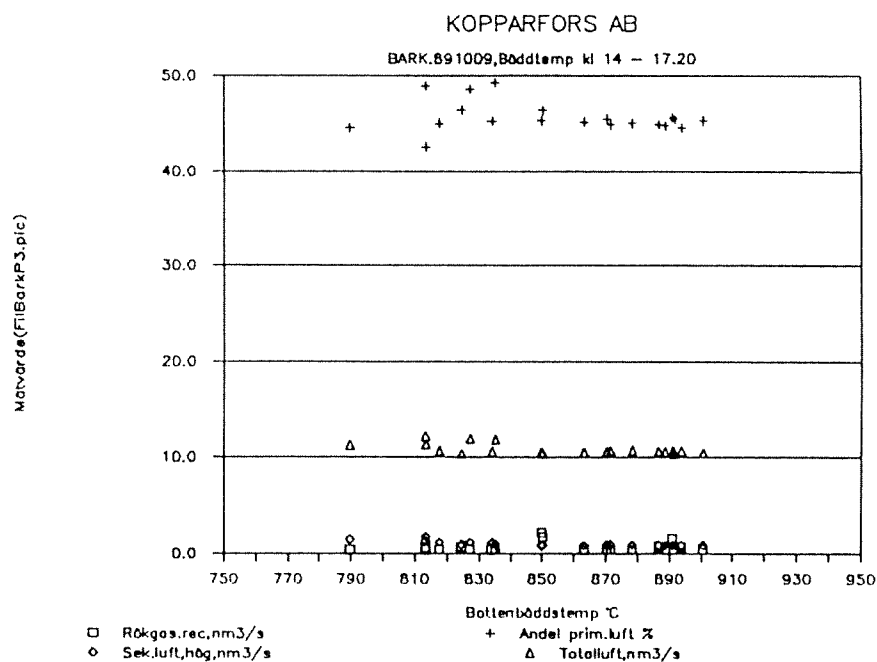
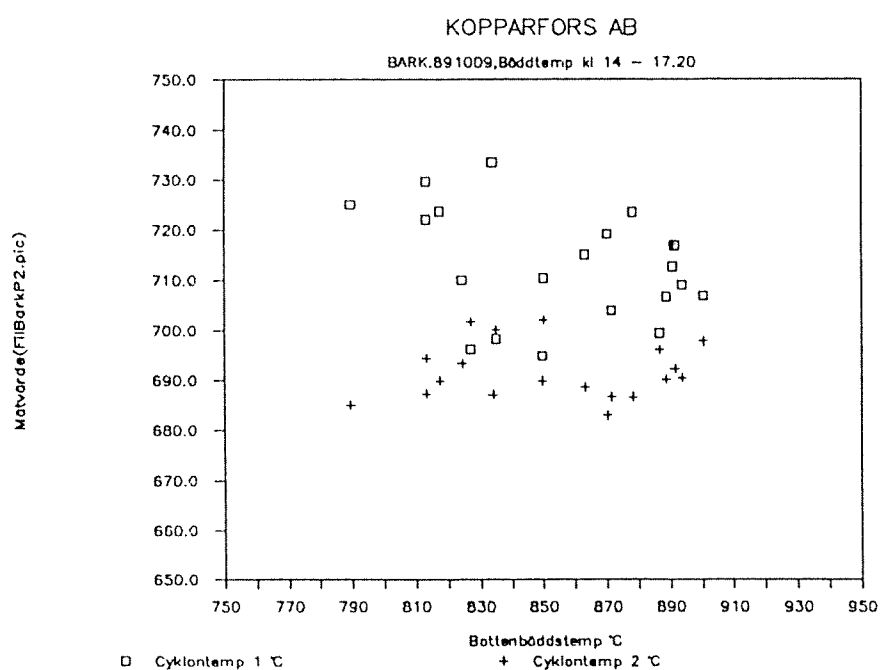
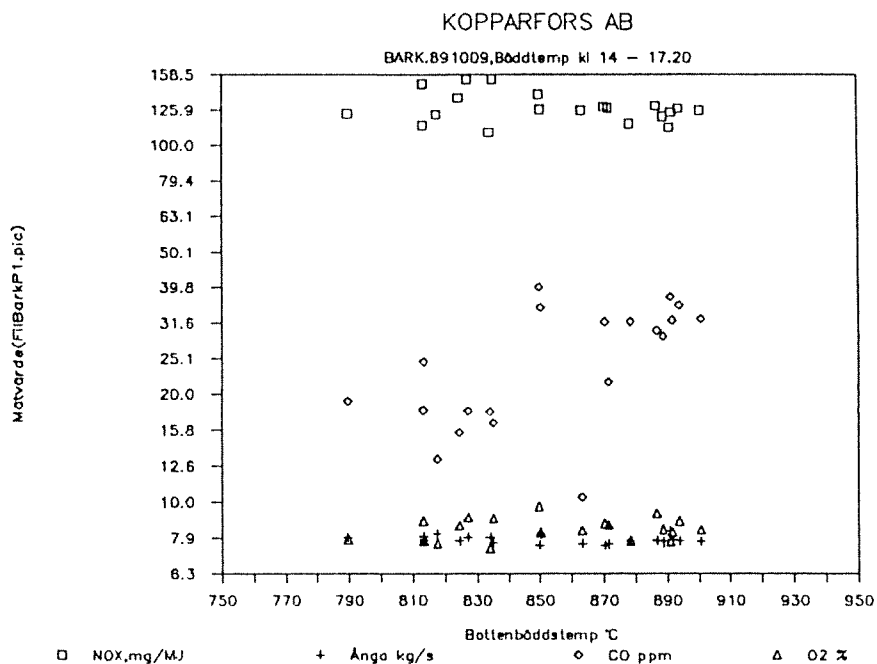
Matvärde(Fil:MixP3.pic)



Matvärde(Fil:MixP4.pic)



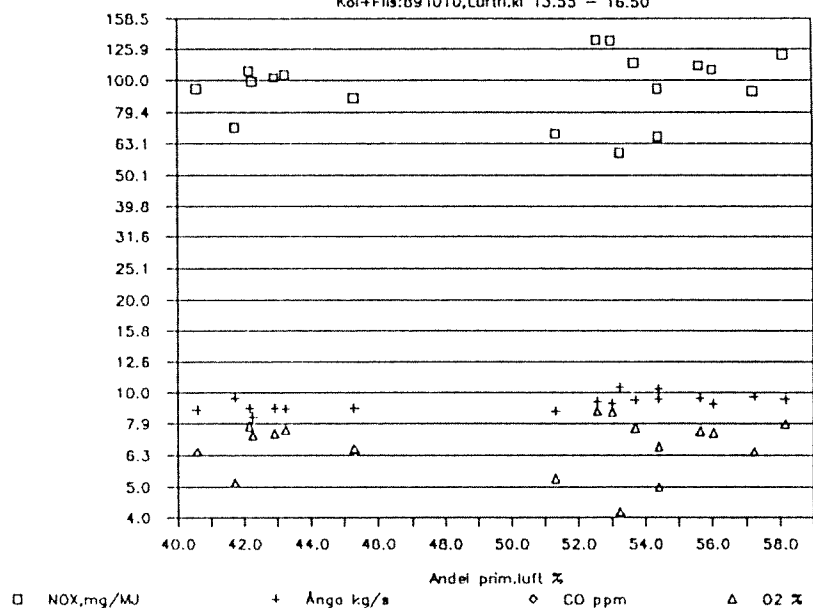




KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91010,Luftfl.kl 13.55 - 16.50

Matvärde(Fil:MIXP2.pic)

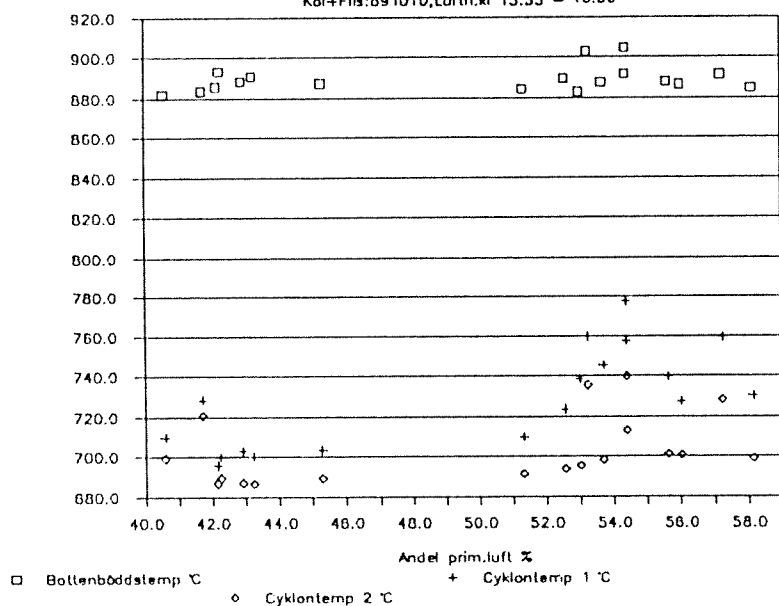


1/1

KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91010,Luftfl.kl 13.55 - 16.50

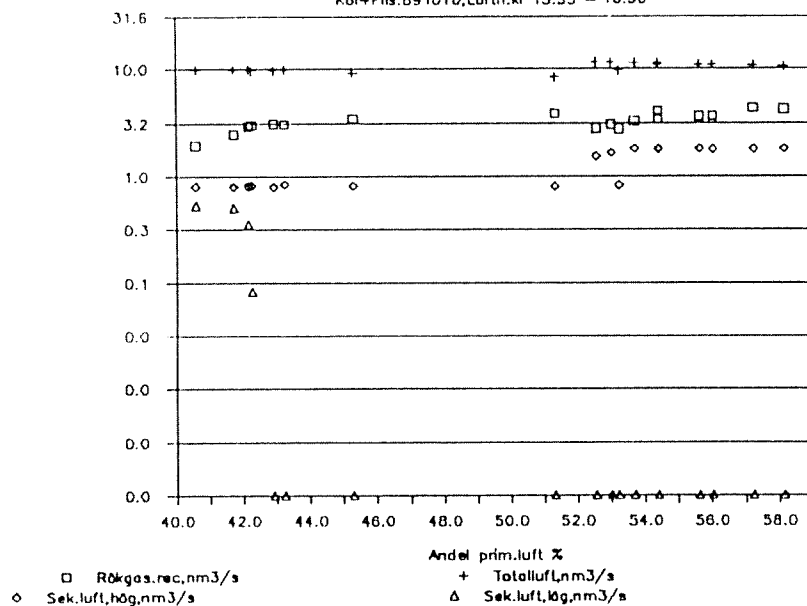
Matvärde(Fil:MIXP3.pic)

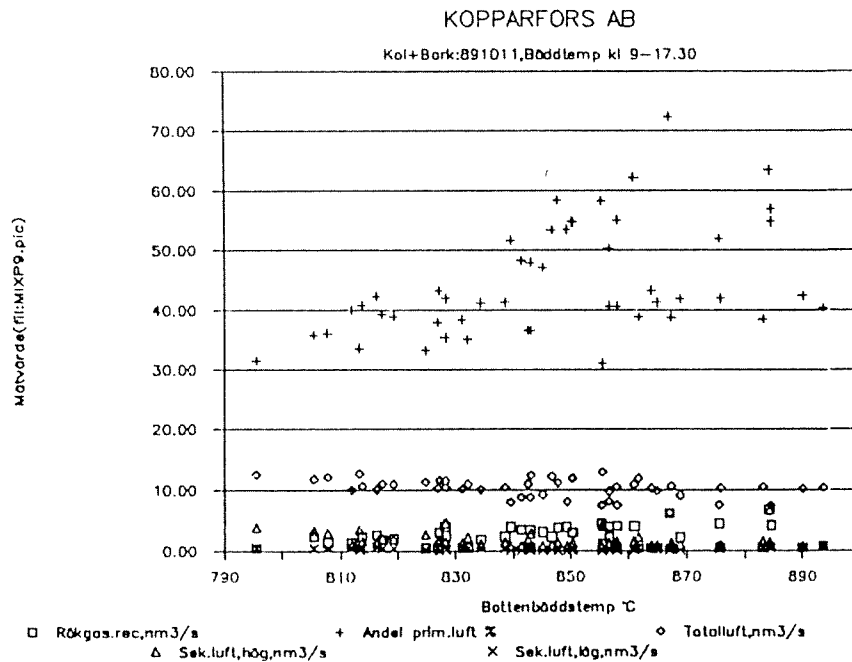
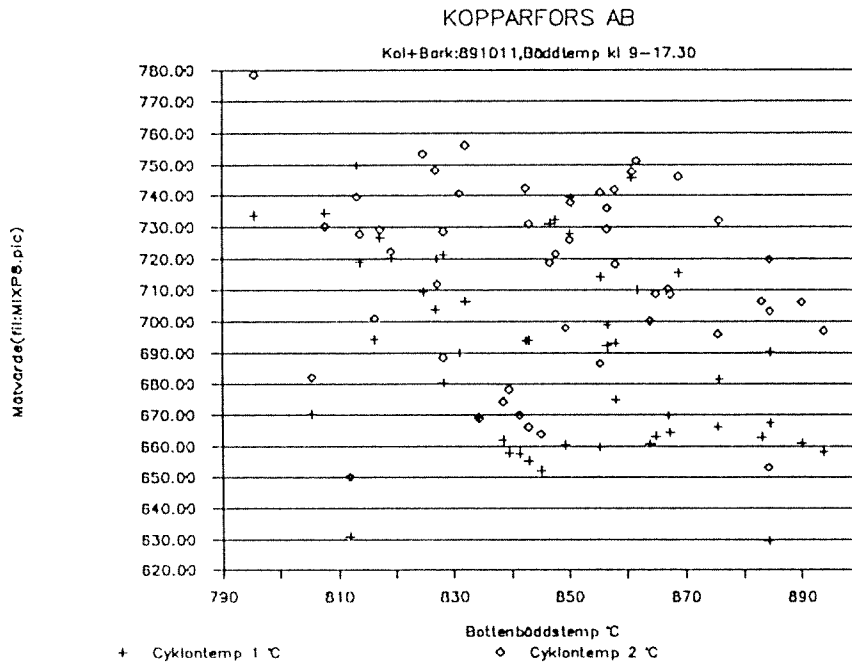
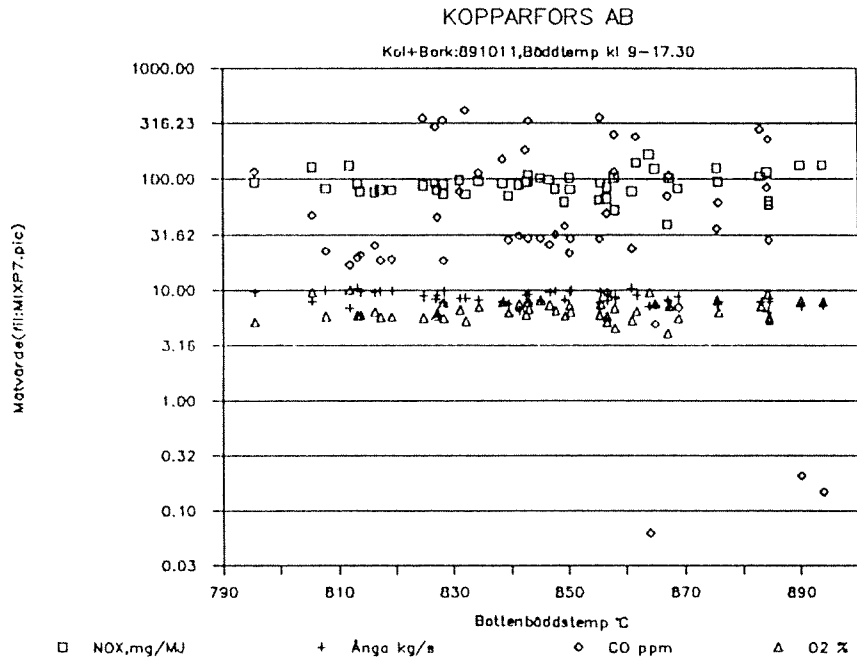


KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91010,Luftfl.kl 13.55 - 16.50

Matvärde(Fil:MIXP4.pic)

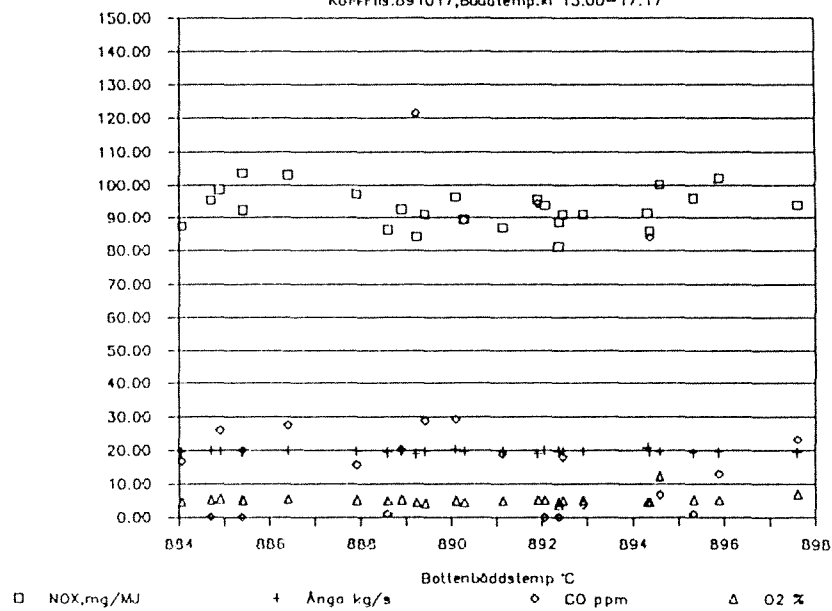




KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91017,Böddtemp.kl 13.00-17.17

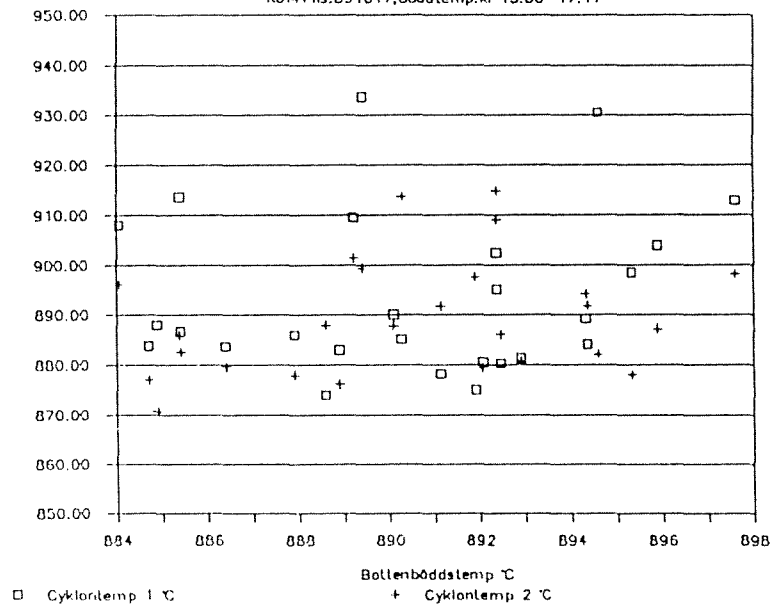
Matvärde(fil:MIX171.pic)



KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91017,Böddtemp.kl 13.00-17.17

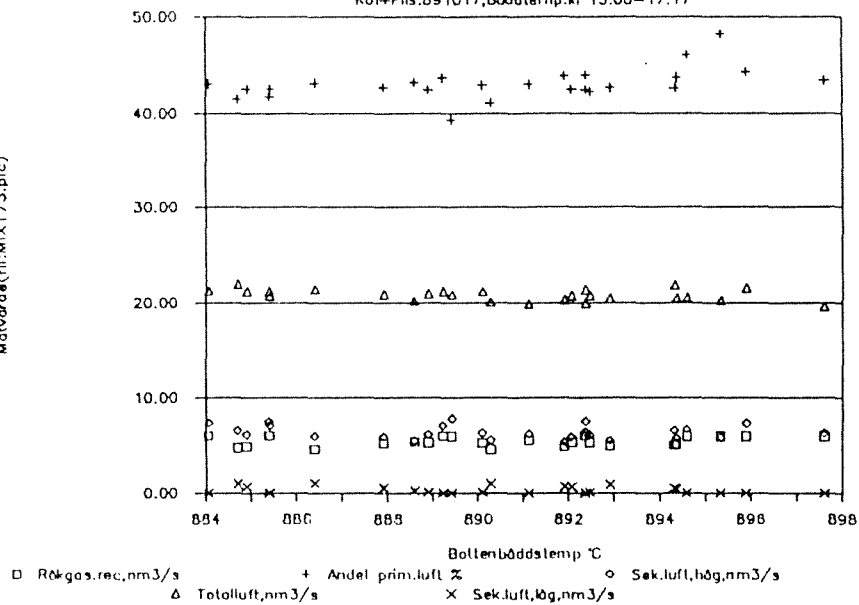
Matvärde(fil:MIX172.pic)



KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91017,Böddtemp.kl 13.00-17.17

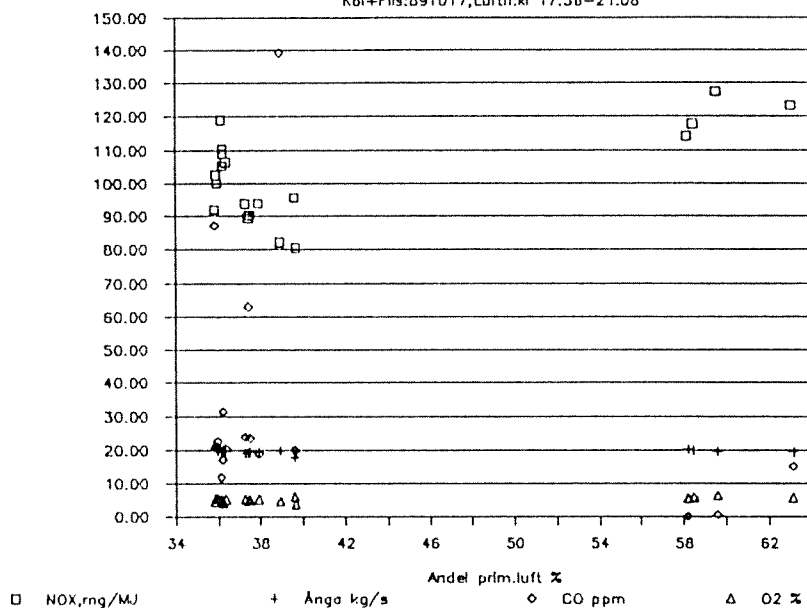
Matvärde(fil:MIX173.pic)



KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91017,Luftfl.kl 17.56-21.08

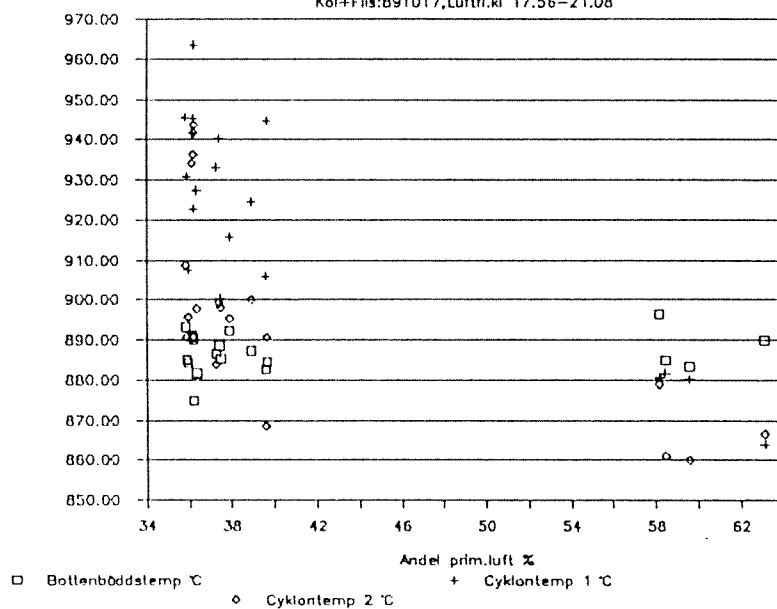
Matvärde(fil:MIX174.pic)



KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91017,Luftfl.kl 17.56-21.08

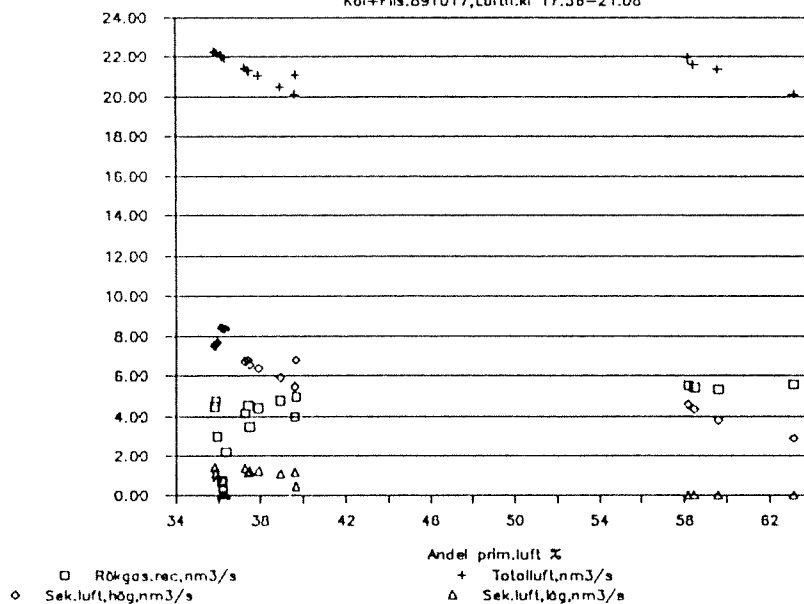
Matvärde(fil:MIX175.pic)



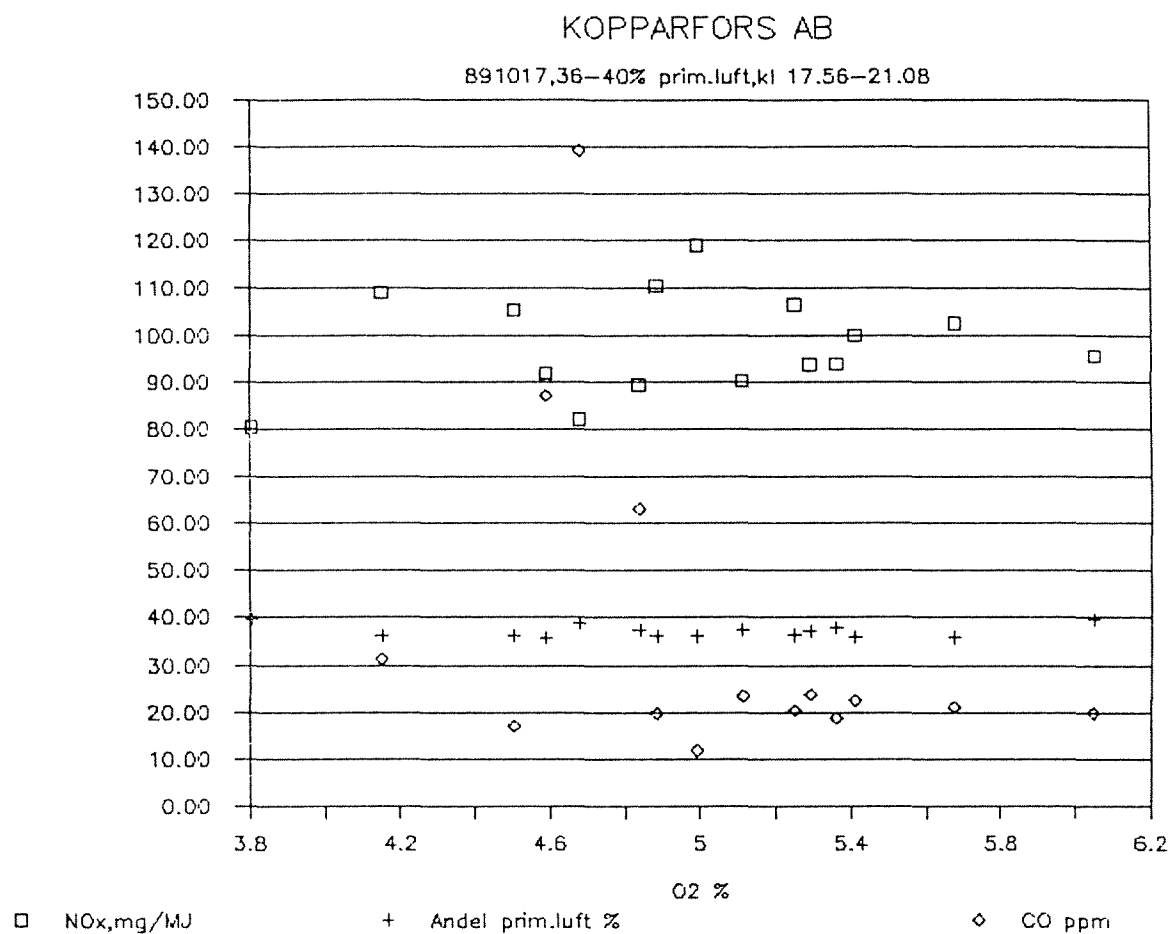
KOPPARFORS AB

Kol+Flis:B91017,Luftfl.kl 17.56-21.08

Matvärde(fil:MIX176.pic)

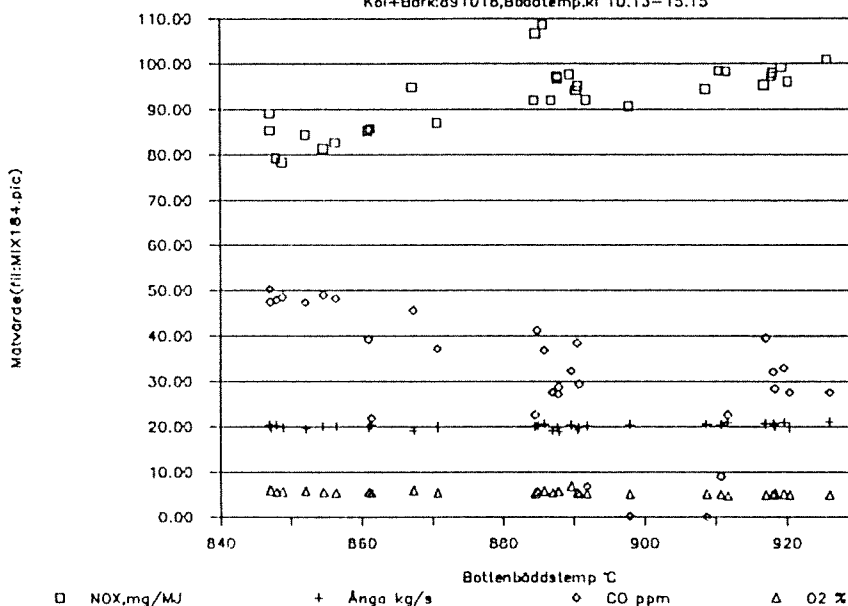


Matvärde(fil:02171.pic)



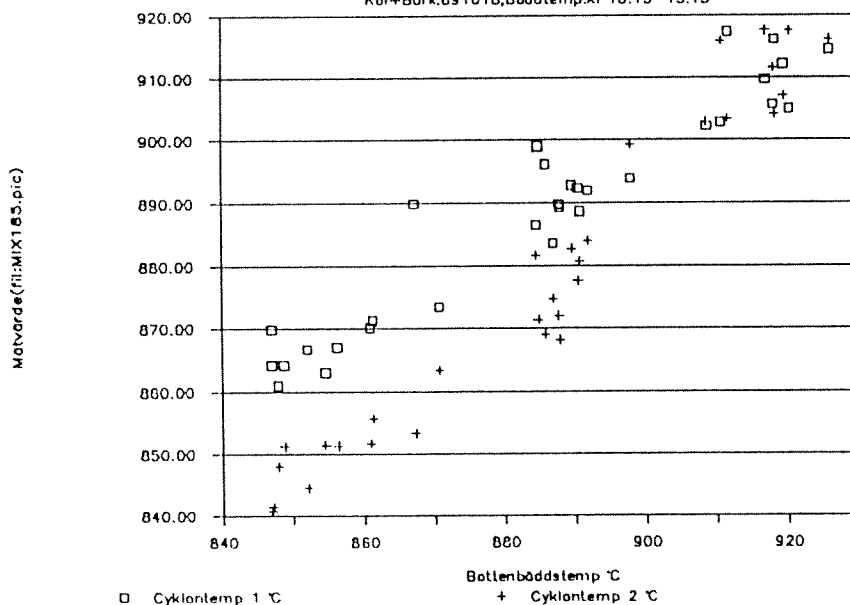
KOPPARFORS AB

Kol+Bark:891018,Böddtemp.kl 10.13-15.15



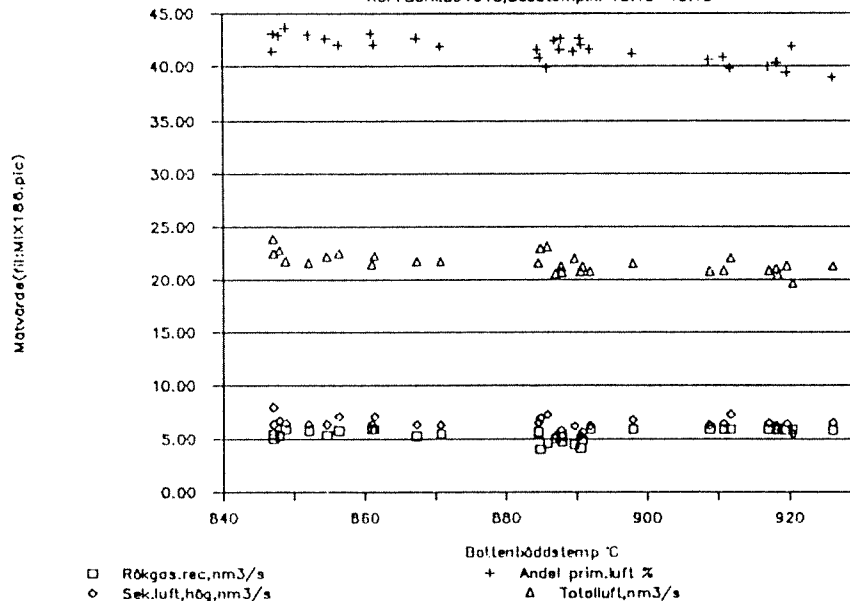
KOPPARFORS AB

Kol+Bark:891018,Böddtemp.kl 10.13-15.15

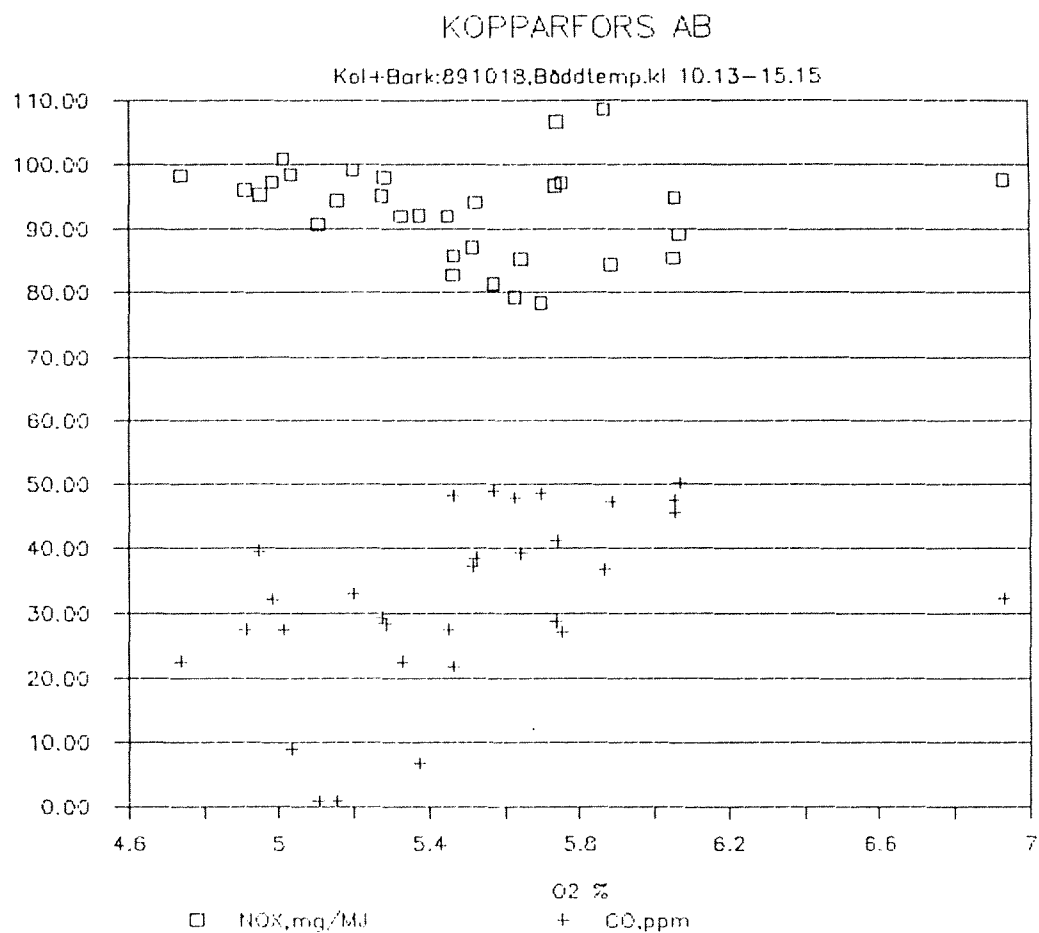


KOPPARFORS AB

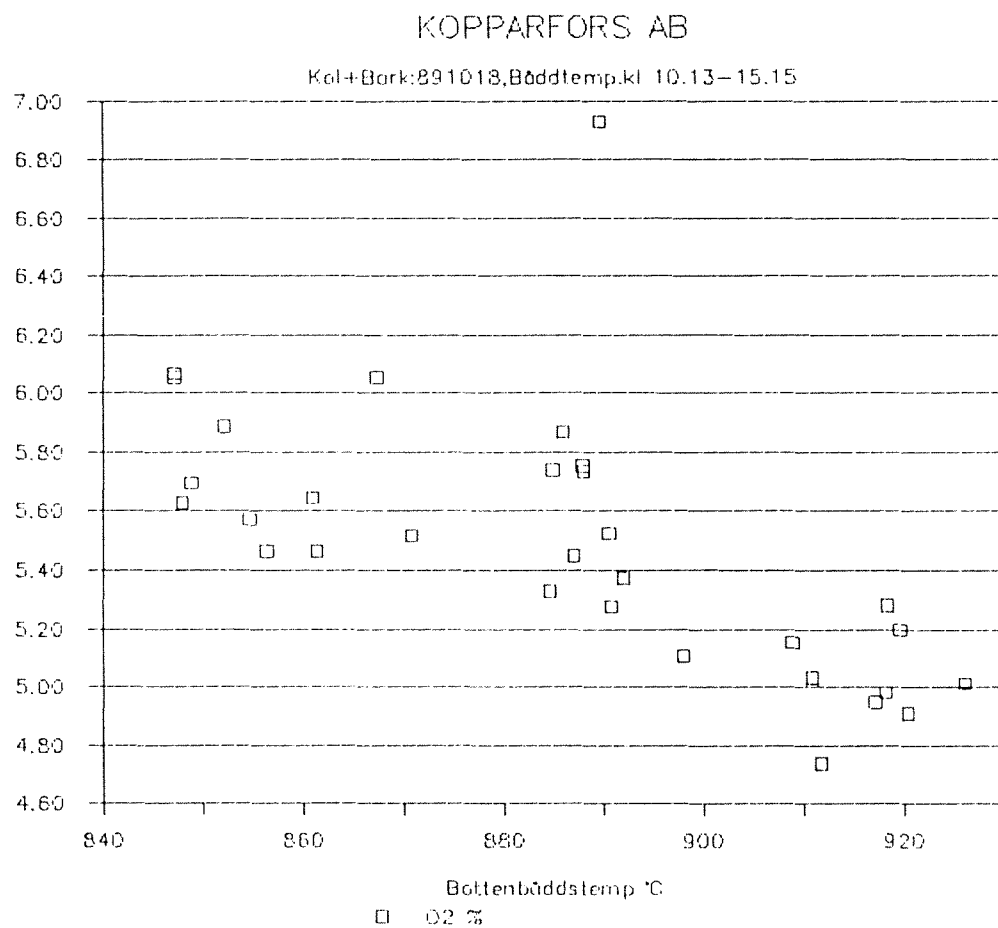
Kol+Bark:891018,Böddtemp.kl 10.13-15.15



Matvärde(fil:02182.pic)



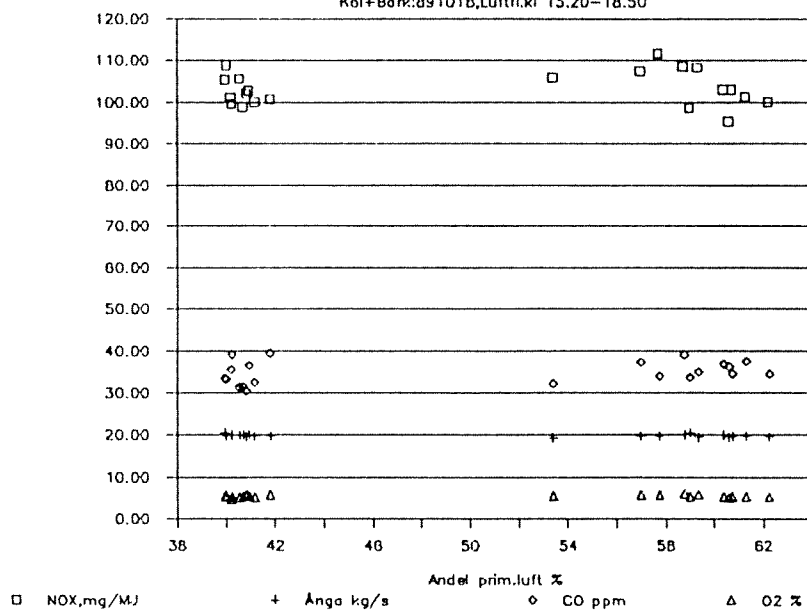
Matvärde(fil:02181.pic)



KOPPARFORS AB

Kol+Bark:891018,Luftfl.kl 15.20-18.50

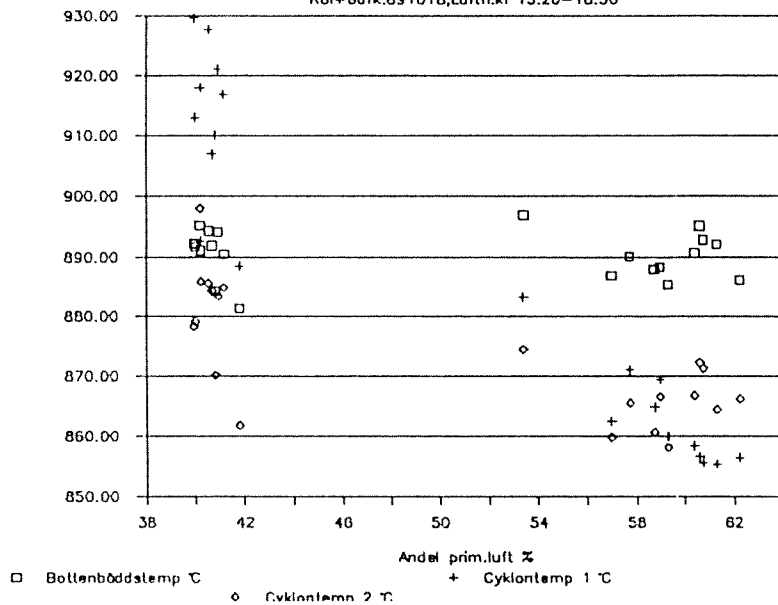
Matvärde(fil:MIX181.pic)



KOPPARFORS AB

Kol+Bark:891018,Luftfl.kl 15.20-18.50

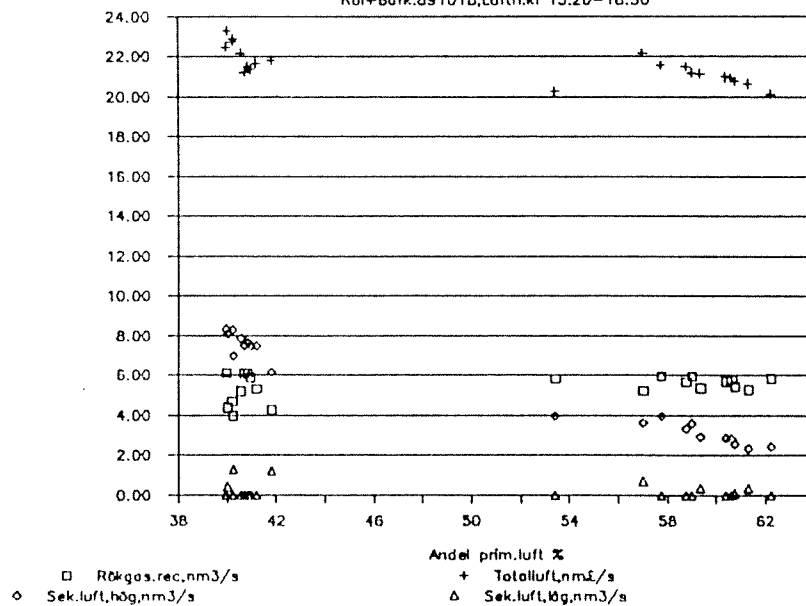
Matvärde(fil:MIX182.pic)



KOPPARFORS AB

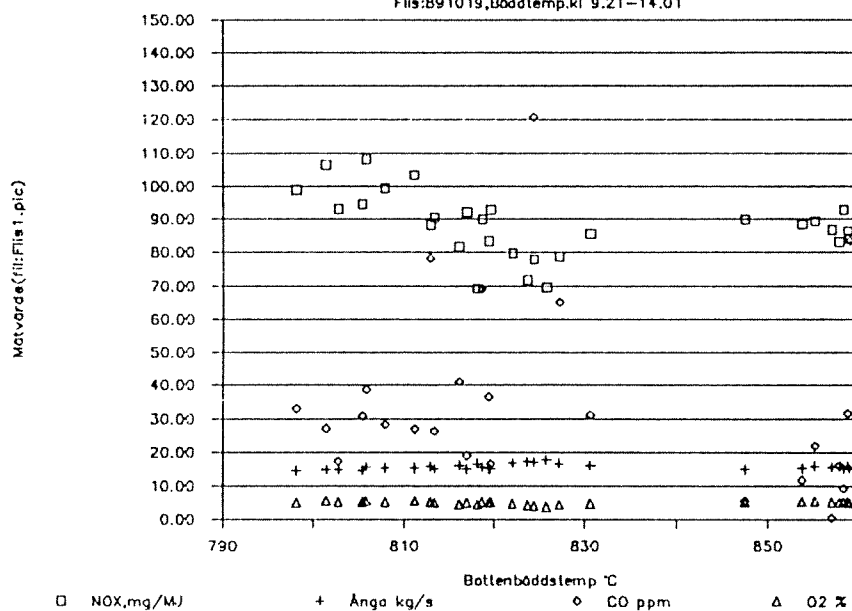
Kol+Bark:891018,Luftfl.kl 15.20-18.50

Matvärde(fil:MIX183.pic)



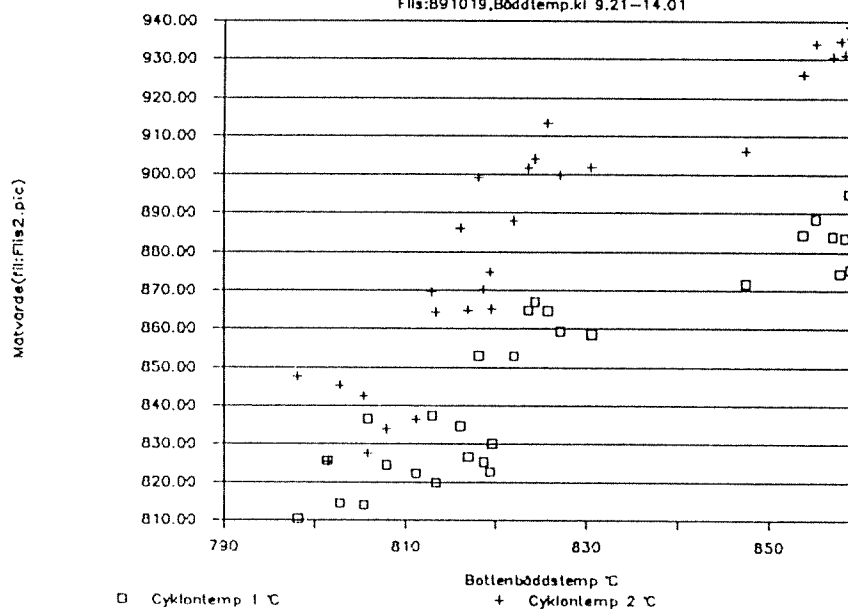
KOPPARFORS AB

Fils:B91019,Böddtemp.kl 9.21-14.01



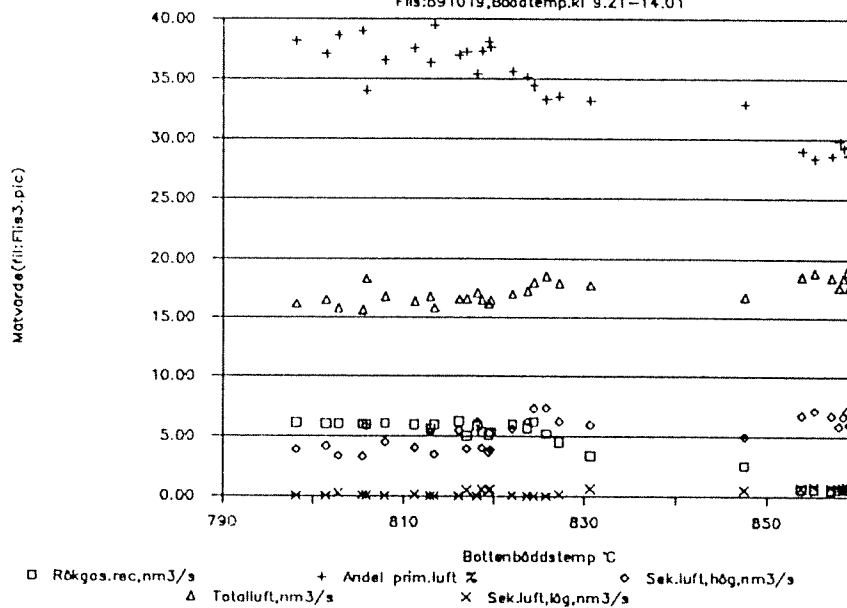
KOPPARFORS AB

Fils:B91019,Böddtemp.kl 9.21-14.01



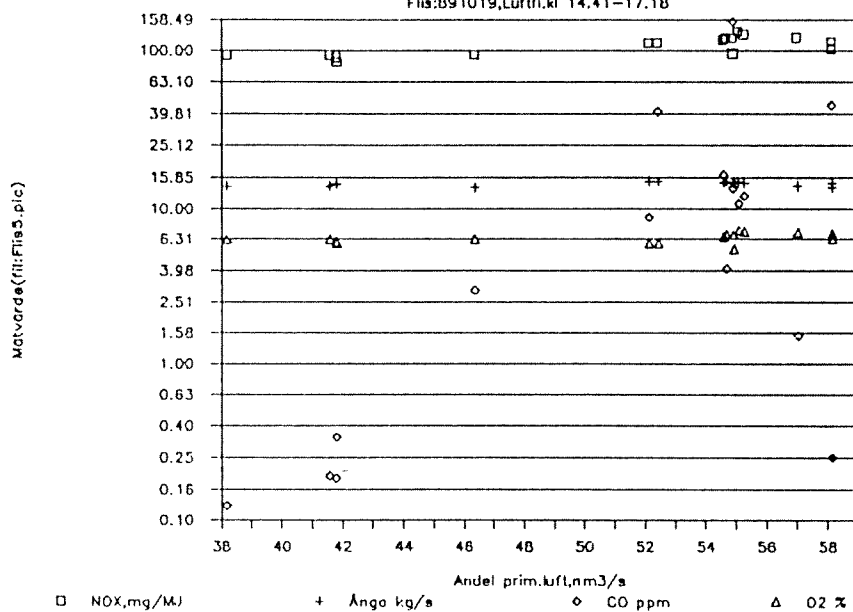
KOPPARFORS AB

Fils:B91019,Böddtemp.kl 9.21-14.01



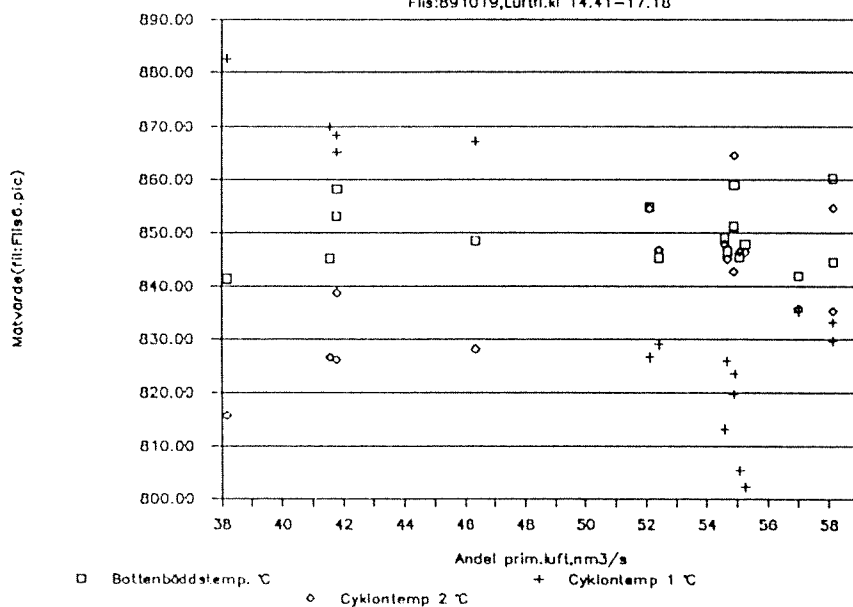
KOPPARFORS AB

Flis:B91019,Luftfl.kl 14.41-17.18



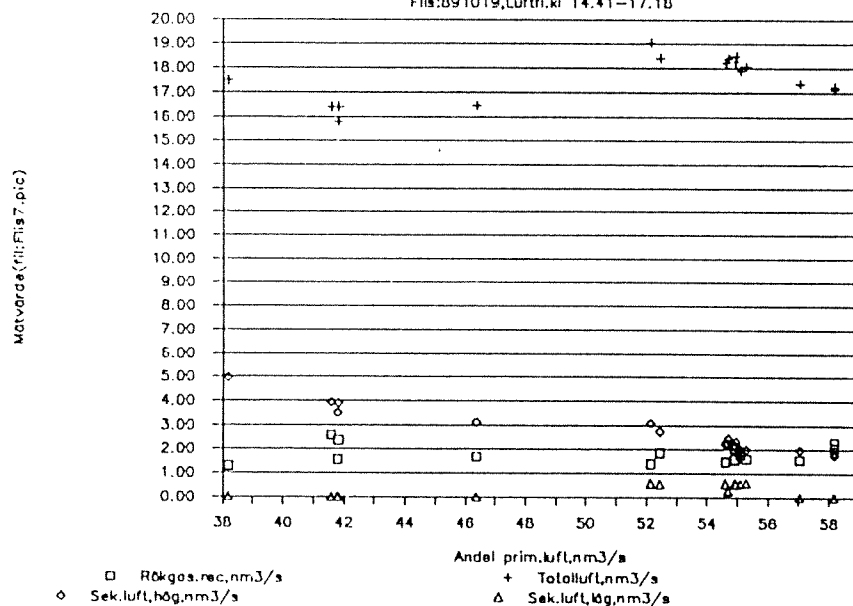
KOPPARFORS AB

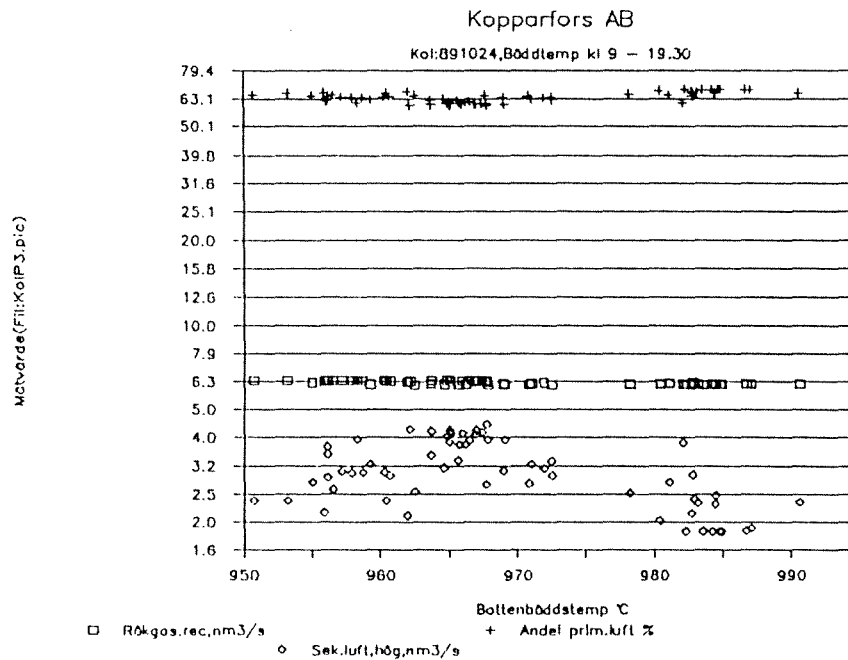
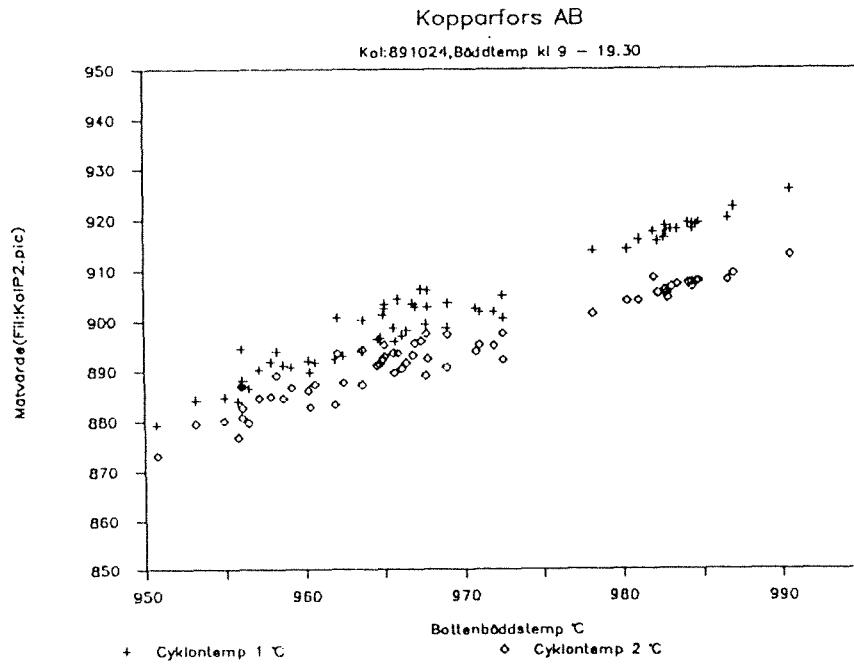
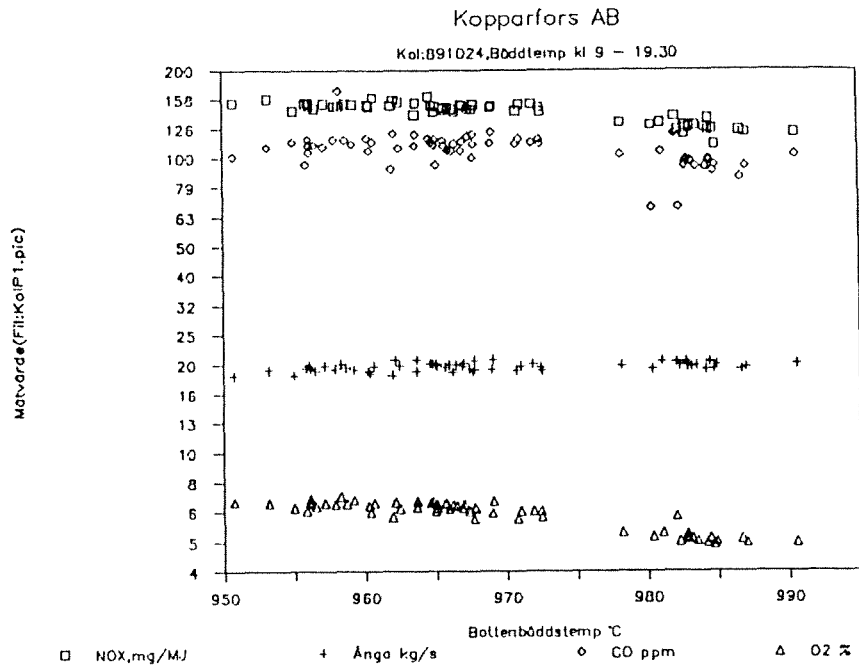
Flis:B91019,Luftfl.kl 14.41-17.18



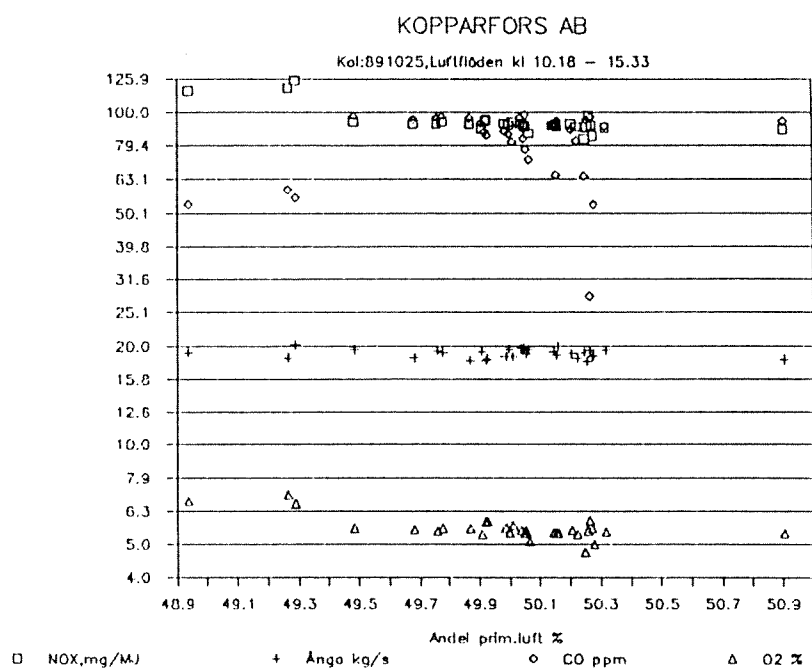
KOPPARFORS AB

Flis:B91019,Luftfl.kl 14.41-17.18

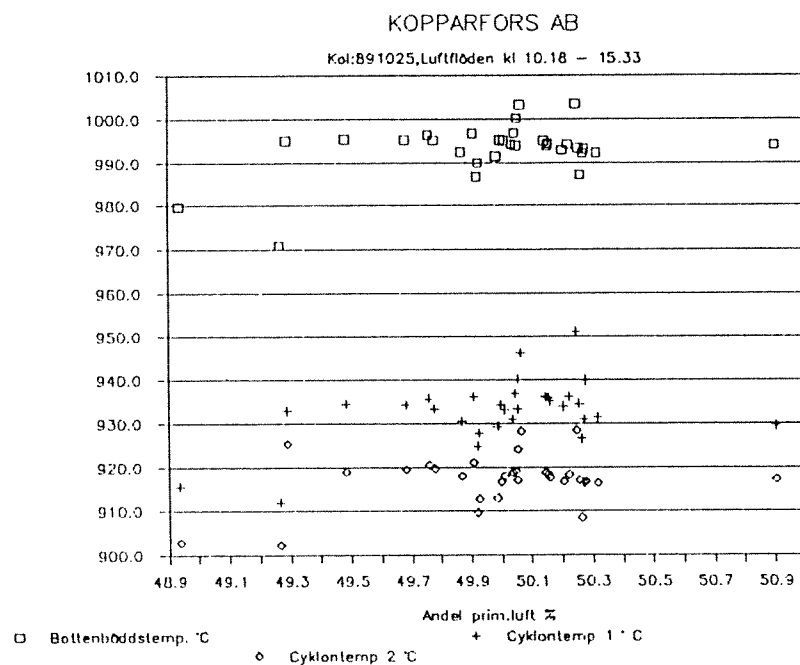




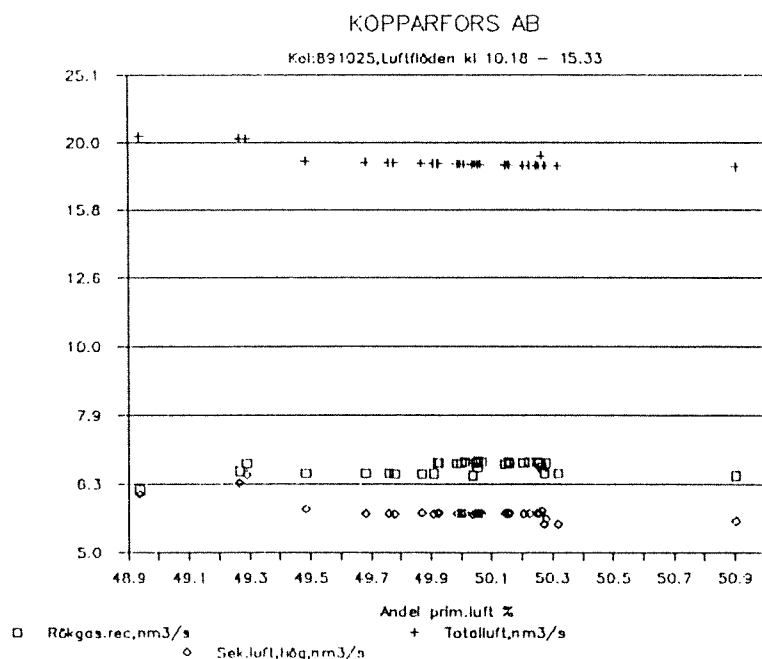
Matvärde(Fil:KolP4.pic)



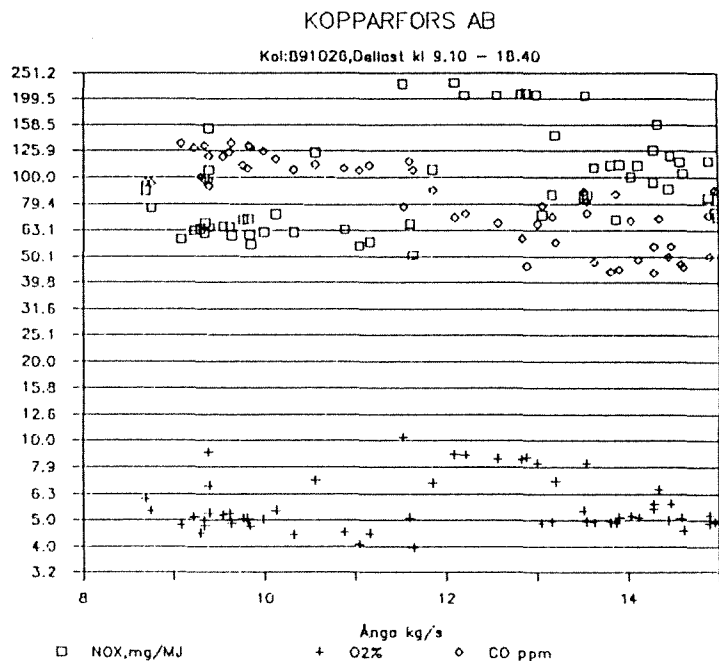
Matvärde(Fil:KolP5.pic)



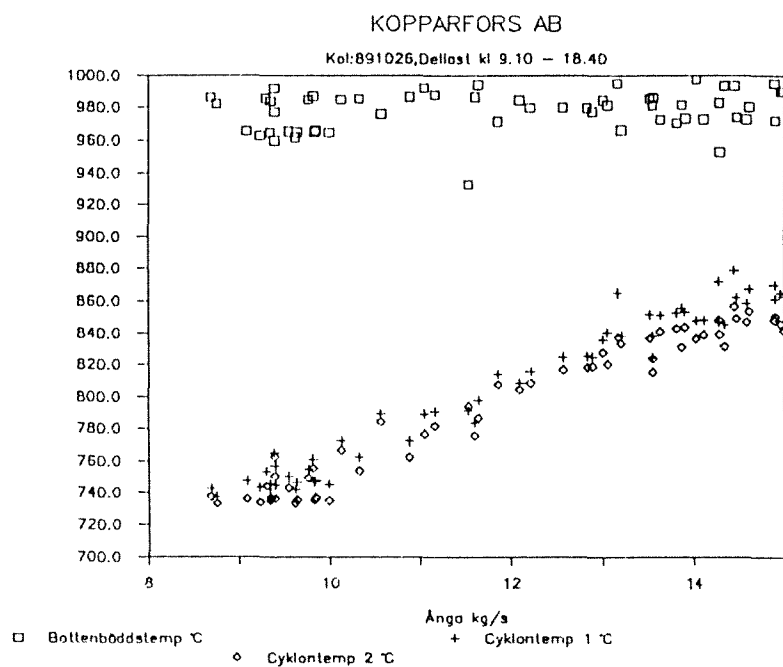
Matvärde(Fil:KolP6.pic)



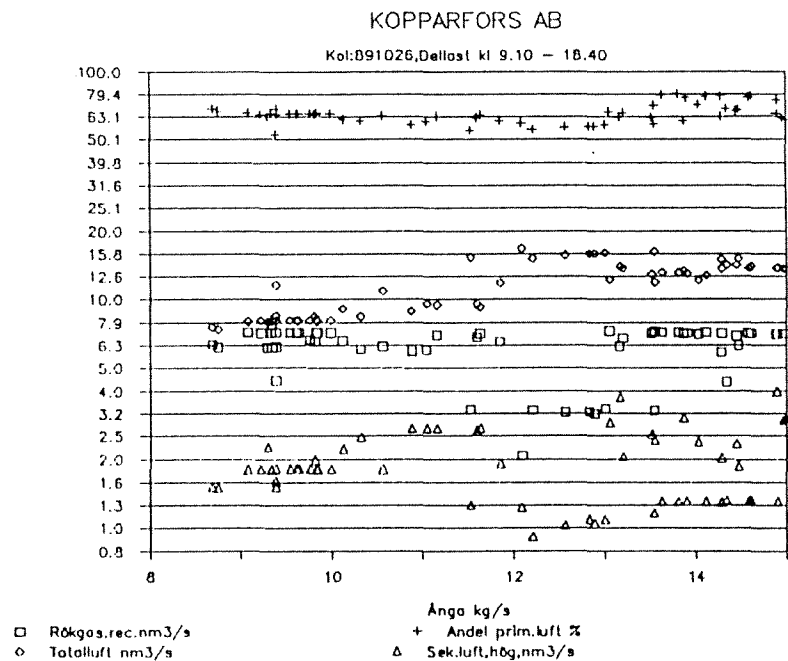
Mätvärde(Fil:KoiP7.pic)



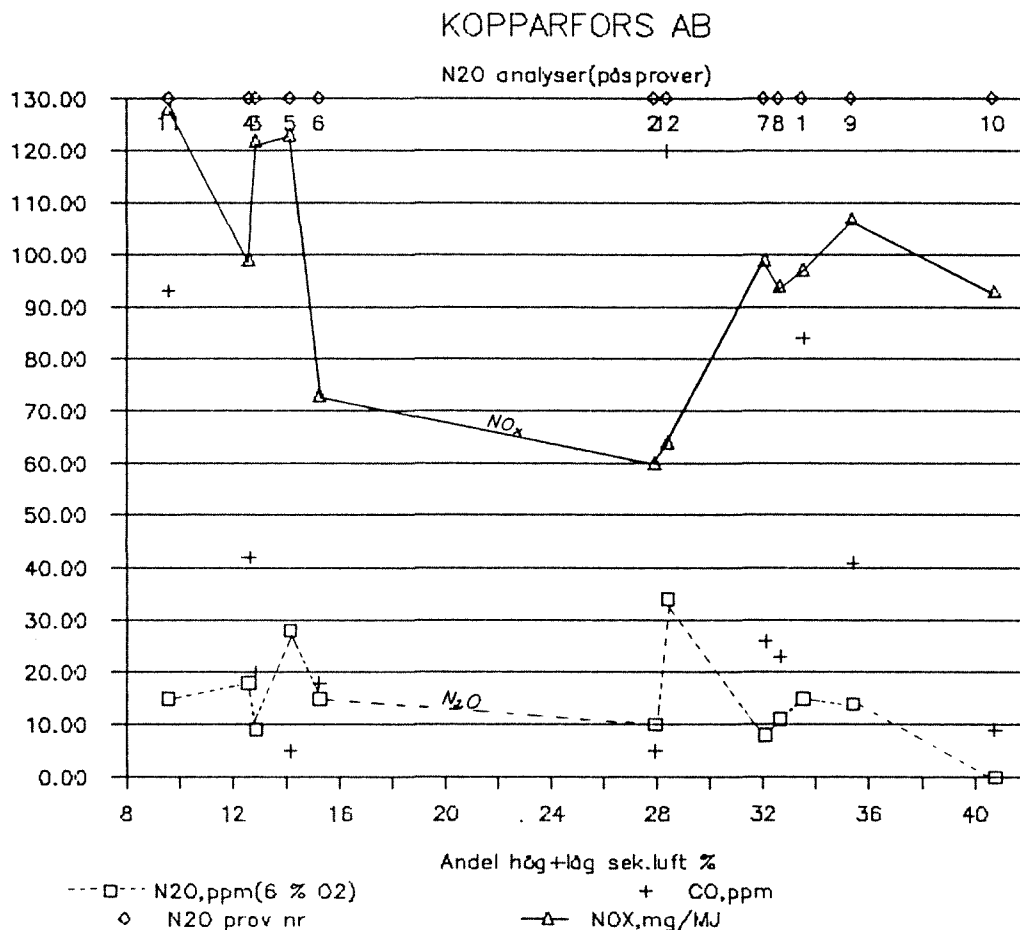
Mätvärde(Fil:KoiP8.pic)



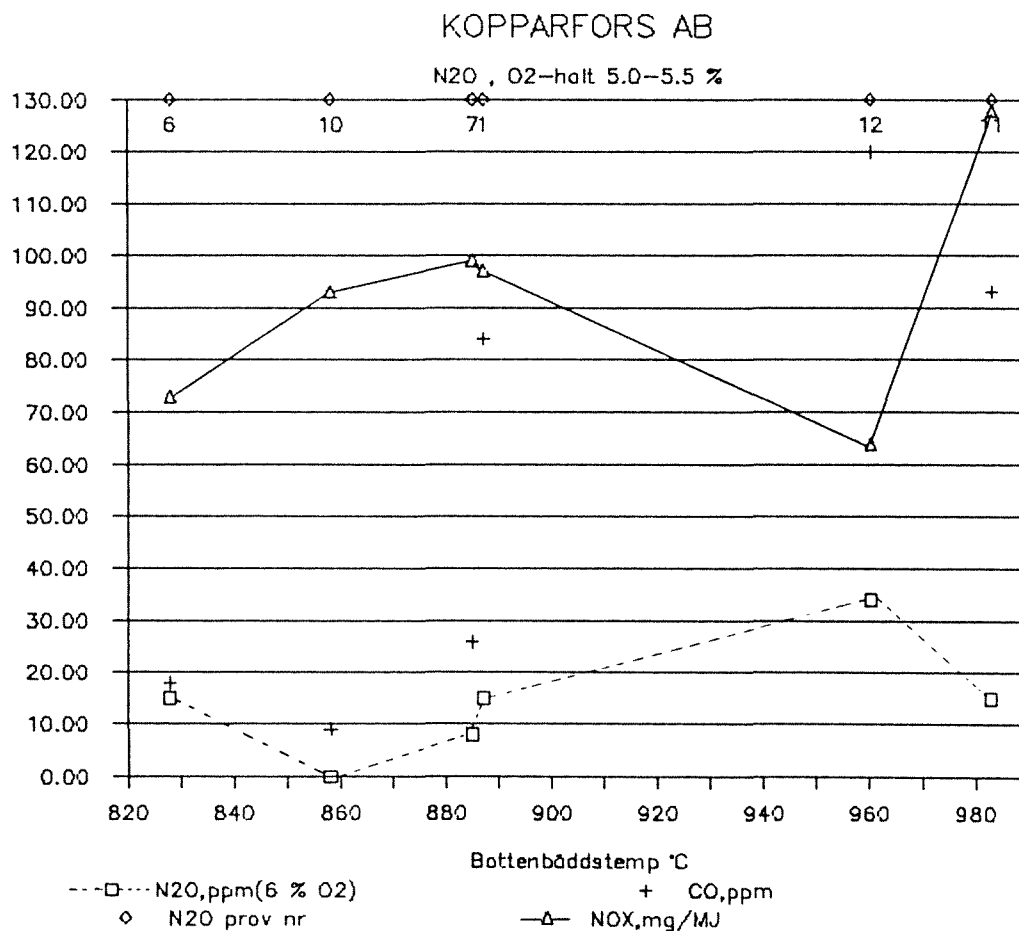
Mätvärde(Fil:KoiP9.pic)



Matvärde(Fil:N201.pic)



Matvärde(Fil:N202.pic)



Analysresultat bränsle, flygaska och N₂O (7 sidor).

Statens Lantbrukskemiska Laboratorium

AF-ENERGIKONSULT
Box 8133

104 20 STOCKHOLM

UNDERSÖKNING AV KOL/BARK/FLIS/ASKA

Prov inkom till lab: 891009/891011/891012/891020/891023/891030

A N A L Y S	P R O V 1)	M Ä R K T 2)	3)	4)
Torrhalt..... % av prov	93.9	94.0	48.7	51.7
Askhalt 815 gr C.. % av Ts	11.0	10.0	2	2
Kol.....C % av Ts	71.0	71.4	50.6	52.5
Väte.....H % av Ts	4.6	4.7	5.4	5.5
Kväve.....N % av Ts	1.7	1.7	0.40	0.33
Syre.....O % av Ts	11.4	11.8	34.3	32.7
Svavel.....S % av Ts	0.44	0.41	0.03	0.03
Värmevärde kal... MJ/kg Ts	29.34	29.76	19.16	19.24
Värmevärde eff... MJ/kg Ts	28.37	28.77	18.01	18.08
Värmevärde..... MJ/kg prov	26.49	26.90	7.51	8.17
Askhalt 550 gr C.. % av Ts			9.3	9.0

- 1) KOPPARFORS 5/10 KOLPROV 1 E 483
 2) KOPPARFORS 6/10 KOLPROV 2 E 484
 3) KOPPARFORS BARKPROV 1 E 485 5/10
 4) KOPPARFORS BARKPROV 2 E 486 6/10

A N A L Y S	P R O V 1)	M Ä R K T 2)	3)	4)
Torrhalt..... % av prov	52.7	52.7	94.4	48.1
Askhalt 550 gr C.. % av Ts	3.0	6.3	1	6.5
Kol.....C % av Ts	53.9	53.2	73.6	52.2
Väte.....H % av Ts	6.0	5.7	4.7	5.6
Kväve.....N % av Ts	0.21	0.31	1.8	0.34
Syre.....O % av Ts	39.9	34.6	9.7	35.3
Svavel.....S % av Ts	0.03	0.02	0.36	0.03
Värmevärde kal... MJ/kg Ts	19.94	19.70	30.20	19.62
Värmevärde eff... MJ/kg Ts	18.67	18.50	29.21	18.45
Värmevärde..... MJ/kg prov	8.68	8.59	27.44	7.61
Askhalt 815 gr C.. % av Ts			9.9	

- 1) KOPPAREFORS FLISPROV 1 E 513 18/10
 2) KOPPAREFORS BARKPROV 3 E 514 9/10
 3) KOPPAREFORS KOLPROV 3 E 515 10/10
 4) 891011 BARK-KOL E 520

Statens Lantbrukskemiska Laboratorium

ÄF-ENERGIKONSULT
Box 8133

104 20 STOCKHOLM

UNDERSÖKNING AV KOL/BARK/FLIS/ASKA

Prov inkom till lab: 891009/891011/891012/891020/891023/891030

A N A L Y S	P R O V	M Ä R K T		
	1)	2)	3)	4)
Torrhalt..... % av prov	94.8			
Värmevärde kal... MJ/kg Ts	29.22			
Värmevärde eff... MJ/kg Ts	28.21			
Värmevärde..... MJ/kg prov	26.62			
Kol.....C % av Ts	72.7			
Väte.....H % av Ts	4.8			
Kväve.....N % av Ts	1.8			
Syre.....O % av Ts	10.8			
Svavel.....S % av Ts	0.43	1.9	2.0	2.2
Askhalt ~~750~~ ⁸¹⁵ gr C.. % av Ts	9.5			
Oförbränt 550 gr C % av Ts		0.8	10.1	2.7
Oförbränt 750 gr C % av Ts		8.3	11.5	7.8

- 1) 891011 ~~BARK~~+KOL E 521 RENT KOL!
2) 9/10 BARK PROV 3 E 522
3) 10/10 FLIS+KOL PROV 4 E 523
4) 11/10 BARK+KOL E 524

Statens Lantbrukskemiska Laboratorium

ÄF-ENERGIKONSULT
Box 8133

104 20 STOCKHOLM

UNDERSÖKNING AV KOL/BARK/FLIS/ASKA

Prov inkom till lab: 891009/891011/891012/891020/891023/891030

A N A L Y S	P R O V	M Ä R K T		
	1)	2)	3)	4)
Torrhalt..... % av prov	52.0		60.2	51.2
Askhalt 550 gr C.. % av Ts	5.3		23.7	10.6
Värmevärde kal... MJ/kg Ts	20.06		15.56	18.86
Värmevärde eff... MJ/kg Ts	18.85		14.63	17.76
Värmevärde..... MJ/kg prov	8.52		7.84	7.90
Väte.....H % av Ts	5.7		4.4	5.2
Kol.....C % av Ts	53.7		43.2	51.5
Kväve.....N % av Ts	0.32		0.26	0.33
Svavel.....S % av Ts	0.04	1.0	0.03	0.04
Syre.....O % av Ts	35.0		28.4	32.3
Oförbränt 550 gr C % av Ts		< 0.1		
Oförbränt 750 gr C % av Ts		5.6	*) dubbelanalys	

1) FLISPROV 891019 E 581

2) 891019 FLISFLYGASKA E 582

3) 891017 ~~FLIS~~ +FLIS E 600

4) 891018 ~~FLIS~~ +FUKTBARK E 601

enl. SLL

Statens Lantbrukskemiska Laboratorium

ÅF-ENERGIKONSULT
Box 8133

104 20 STOCKHOLM

UNDERSÖKNING AV KOL/BARK/FLIS/ASKA

Prov inkom till lab: 891009/891011/891012/891020/891023/891030

A N A L Y S	P R O V 1)	M Ä R K T 2)	3)	4)
Torrhalt..... % av prov	94.8	95.6		
Askhalt 750 gr C.. % av Ts	10.6	10.0		
Kol.....C % av Ts	71.8	70.6		
Väte.....H % av Ts	4.7	4.7		
Kväve.....N % av Ts	2.0	1.8		
Syre.....O % av Ts	10.3	12.3		
Svavel.....S % av Ts	0.58	0.56	1.2	0.46
Värmevärde kal... MJ/kg Ts	28.72	29.34		
Värmevärde eff... MJ/kg Ts	27.73	28.23		
Värmevärde..... MJ/kg prov	26.15	27.84		
Oförbränt 550 gr C % av Ts		26.99	12.0	10.3
Oförbränt 750 gr C % av Ts			14.9	12.2

1) 891017 KOL+FLIS E 602

2) 891018 KOL+FUKTBARK E 603

3) 891018 KOL+FUKTBARK FLYGASKA E 604

4) 891017 FLYGASKA KOL+FLIS E 605

Statens Lantbrukskemiska Laboratorium

ÅF-ENERGIKONSULT

Box 8133

104 20 STOCKHOLM

UNDERSÖKNING AV KOL/BARK/FLIS/ASKA

Prov inkom till lab: 891009/891011/891012/891020/891023/891030

A N A L Y S	P R O V 1)	M Ä R K T 2)	3)	4)
Torrhalt..... % av prov	93.1	93.0	93.2	
Askhalt 750 gr C.. % av Ts	11.6	14.1	11.5	
Kol.....C % av Ts	70.0	67.9	70.8	
Väte.....H % av Ts	4.7	4.6	4.7	
Kväve.....N % av Ts	1.8	1.7	1.8	
Syre.....O % av Ts	11.4	11.3	10.6	
Svavel.....S % av Ts	0.53	0.43	0.53	0.30
Värmevärde kal... MJ/kg Ts	28.96	28.84	28.84	
Värmevärde eff... MJ/kg Ts	27.97	27.88	27.84	
Värmevärde..... MJ/kg prov	25.88	25.75	25.76	
Oförbränt 550 gr C % av Ts				20.2
Oförbränt 750 gr C % av Ts				21.2

1) 891024 100% KOL E 642

2) 891025 100% KOL E 644

3) 891026 KOLPROV E 646

4) 891024 FLYGASKA E 643

A N A L Y S	P R O V 1)	M Ä R K T 2)
Oförbränt 550 gr C % av Ts	22.5	26.3
Oförbränt 750 gr C % av Ts	24.3	29.0
Svavel.....S % av Ts	0.36	0.43

1) 891025 FLYGASKA E 645

2) 891026 FLYGASKA E 647

UMEÅ 891110

STATENS LANTBRUKSKEMISKA LAB, SLL



T. Sandström

Statens Lantbrukskemiska Laboratorium

ÅF-ENERGIKONSULT
Box 8133

104 20 STOCKHOLM

UNDERSÖKNING AV ASKA

Prov inkom till lab: 891012

A N A L Y S	P R O V	M Ä R K T
	1)	2)

Oförbränt 550 gr C % av Ts	9.8	15.7
Oförbränt 750 gr C % av Ts	11.3	16.7
Svavel..... % av Ts	1.4	1.2

1) Flygaska prov 1 5/10 M 216

2) Flygaska prov 2 6/10 M 217

UMEÅ 891110
STATENS LANTBRUKSKEMISKA LAB, SLL

Tommas Sandström

T.Sandström

AGA**AGA SpecialGas**

891107

N2O-Prover
ÅF-Energikonsult.

Prov nr	Halt (ppm) N2O			
1	16	891005	kl 11.30	
2	10	891005	kl 13.50	
3	8	891010	kl 10.15	Dellast kol+flis 890° C
4	16	891010	kl 12.45	Dellast kol+flis 820° C
5	25	891011	kl 10.35	
6	16	891011	kl 16.10	
7	8	891017	kl 13.50	Kol+flis, 100% last 890° C
8	10	891017	kl 17.05	Kol+ flis
9	14	¹⁸ 891018	kl xx	Fuktig bark+kol, 100% last, 890° C
10	endast spår	891019	kl xx	100 % Flis
11	16	891024	kl 11.15	100 % Kol
12	36	891026	kl 17.15	<i>anmäla</i> (AGA hade glömt denna prov 891116 på telefon/dw) 100% Kol 50% last.

AGA SpecialGas
S-181 81 LIDINGÖ, Sweden
Agavägen
Tel 08 - 731 10 00
Telefax 08 - 767 97 18
Telex 19354HUVUDKONTOR:
AGA Gas AB
172 82 SUNDBYBERG
Rissneleden 14
Tel 08 - 757 95 00
Telefax 08 - 28 23 15
Telex 17000REGIONKONTOR:
Box 706
851 21 SUNDSVALL
Kolvägen 14
Tel 060 - 15 07 30
Telefax 060 - 12 73 54
Telex 12870Box 75
172 22 SUNDBYBERG
Fransörsvägen 25
Tel 08 - 757 96 50
Telefax 08 - 28 46 05
Telex 12870Box 8883
402 72 GÖTEBORG
Polstjärnegatan 12
Tel 031 - 22 22 00
Telefax 031 - 22 41 52
Telex 22528Box 845
201 80 MALMÖ
Sandsjövägen 1
Tel 040 - 93 42 10
Telefax 040 - 93 39 18
Telex 22528

MÄTNINGAR
KOPPARFORS AB
Värmeforsk projekt B7-913

INNEHÅLL

MÄTPROGRAM

Kanalförteckning, Bilaga 1

Skiss instrumentuppställning

VÄRMFORSK: B7-913:Mätningar vid Kopparfors AB - Etapp 2. Sid 1

MÄTPROGRAM Utg. 2 L.Wrangensten 4660 890823

DATUM	PROV	KOMMENTARER
v. 940		
891002	Uppmontering	
891003	Uppmontering	
	Kalibrering	AF:s kontrollinstrument
	STOFTMÄTNING(em./kväll)	(luftflödesmätare och övriga
	(periodisk kontroll)	driftinstr. kontrollerade i
		augusti).

PROV 1	KOL + FUKTIG BARK(F=60-70%)	
891004	1.Inställn. driftfall	1st bränsleanalys, askanalys
*/	2.Variation bränsleflöde	(saml.prov) och N20-prov.
891005	3.Variation eldstadstemp	1st bränsleanalys, askanalys
	med rec.rökgasflödet.	(saml.prov) och N20-prov.
	4.Variation luftflöden	Svavelbalans göres.
891006	Omställning till kol+	
	torr bark	
891007	-	LÖRDAG
891008	-	SÖNDAG

PROV 2	KOL + TORR BARK(F=ca.53%)	
v. 941		
891009	1.Inställn. driftfall	1st bränsleanalys, askanalys
	2.Variation bränsleflöde	(saml.prov) och N20-prov.
891010	3.Variation eldstadstemp	1st bränsleanalys, askanalys
	med rec.rökgasflödet	(saml.prov) och N20-prov.
	4.Variation luftflöden	
891011	Omställning till kol+	
	flis	

PROV 3	KOL + FLIS(F=45-50%)	
891012	1.Inställn. av driftfall	1st bränsleanalys, askanalys
	2.Variation bränsleflöde	(saml.prov) och N20-prov.
891013	3.Variation eldstadstemp	1st bränsleanalys, askanalys
	med rec.rökgasflödet.	(saml.prov) och N20-prov.
	4.Variation luftflöden	
891014	-	LÖRDAG
891015	-	SÖNDAG

Anm. */ Se separat beskrivning sid 3 betr. parameter-variationer.

DATUM	PROV	KOMMENTARER
v. 942		
891016	Omställning till flis	Studsvik kommer (prel v942). Test med stegsvar.
PROV 4	FLIS (F=45-50%)	
891017	1. Inställn. driftfall	1st bränsleanalys, askanalys
	2. Lastvariation	(saml. prov) och N20-prov.
891018	3. Variation eldstadstemp	1st bränsleanalys, askanalys
	med rec. rökgasflödet.	(saml. prov) och N20-prov.
	4. Variation luftflöden.	
891019	Omställning till kol	
PROV 5	KOL	
891020	Omställning till kol	
891021	-	LÖRDAG
891022	-	SÖNDAG
v. 943		<i>Skytester</i>
891023	1. Inställn. driftfall	STUDSVIK MÄTER DENNA VECKA!
891024	2. Lastvariation	1st bränsleanalys, askanalys
891025	3. Variation eldstadstemp	(saml. prov) och N20-prov
	med rec. rökgasflödet.	-:- -:-
891026	4. Variation luftflöden	1st bränsleanalys, askanalys
891027	Nedmontering	(saml. prov), och N20-prov

BESKRIVNING PARAMETERVARIATIONER

1. Inställning av driftfall:

Normal drift vid fullast ställs in för respektive bränsletyp med följande ungefärliga driftdata:

	Mix:	100% Kol:	100% Trädbränsle:
Ångflöde, kg/s	20	19.4	15.4
O ₂ (våt), %	3.8	3.5	4.9
Eldstadstemp°C	890	985	816
Kolflöde, kg/s	0.8	2.5	0
Barkflöde, kg/s	3.1	0	3.8
Rökgasrec. nm ³ /s	3.6	6.3	0.5
Prim. luft, nm ³ /s	7.0(40%)	12.0(67%)	5.0(42%)
Sek. luft, nm ³ /s	10.5(60%)	6.0(33%)	7.0(58%)
-:- hög, nm ³ /s	4.0	4.2	1.2
-:- låg, nm ³ /s	1.0	0.9	0.6

2. Variation bränsleflöde och last:

Vid prov 1,2,3 göres följande inställningar:

Drifttid: (h, ca)	Kolflöde: (kg/s)	Trädbränsleflöde: (kg/s)
1	0.8	2.8
1	0.8	3.4
1	0.8	4.0
0.5 (dellast)	0.3	1.1
0.5 -:-	0.3	1.3
0.5 -:-	0.3	1.5

Vid prov 4 och 5 varieras lasten preliminärt enligt följande om möjligt med tanke på driften:

75% last - drifttid ca. 2h

50% last - drifttid ca. 2h

Lasten varieras genom att bränsle/luft minskas och i övrigt normal drift.

3. Variation eldstadstemperaturen:

Vid prov 1-5 göres följande inställningar genom variation av rökgasrecirkulationsflödet (i möjligaste mån).

Drifttid: (h, ca)	Temperatur: (TICA 716)	Mix	Kol	Trädb.
8		890	980	850
8		850	900	820
8		820	850	

För vissa av proven kan kortare drifttider komma i fråga beroende på vad som är praktiskt möjligt.

4. Variation luftflöden:

D.tid:	Mix, luftflöden:				Kol, luftflöden:				Trädb, luftflöden:			
(h, ca)	Prim	Sek. (nm3/s)	(hög låg)		Prim	Sek. (nm3/s)	(hög låg)		Prim	Sek. (nm3/s)	(hög låg)	
*/	nm3/s	tot	hög	låg	nm3/s	tot	hög	låg	nm3/s	tot	hög	låg
1	7.0	10.5	3.0	0	12.0	6.0	3.0	0	5.0	7.0	1.0	0
1	7.0	10.5	3.0	1.0	12.0	6.0	3.0	1.0	5.0	7.0	1.0	0.3
1	7.0	10.5	5.0	0	12.0	6.0	5.0	0	5.0	7.0	1.8	0
1	10.5	7.0	4.0	1.0	7.2	10.8	4.0	1.0	7.2	4.8	1.2	0.6
1	8.7	8.7	4.0	1.0	9.0	9.0	4.0	1.0	6.0	6.0	1.2	0.6

anm: */ per bränsletyp.

BESKRIVNING BRÄNSLEPROVTAGNING, ASKANALYSER OCH N2O-PROV.

Bränsleprov:

Ett samlingsprov (ca. 25 l provpåse) per provdag uttas.

Ett samlingsprov består av 12 st delprov.

Ett delprov uttas varannan timme.

Samplingsproven analyseras (SLL) med avseende på
fukthalt, elementarsammansättning och värmevärde.

Provschema:	Kol		Trädbränsle	
	Saml. prov	Delprov	Saml. prov	Delprov
891004	1	12	1	12
891005	1	12	1	12
891009	1	12	1	12
891010	1	12	1	12
891012	1	12	1	12
891013	1	12	1	12
891017	-	-	1	12
891018	-	-	1	12
891024	1	12	-	-
891025	1	12	-	-
891026	1	12	-	-
=====				
Summa saml. prov	9		8	

Analyser flygaska och N2O-prov:

Flygaska analyseras med avseende på svavel och oförbränthalt. Askproven uttas som 2 liters prov när driften är lugn och stabil.

N2O-prov uttas på samma sätt med provpåsar av speciell typ.

Provschema:	Askprov(2 l saml.prov)	N2O-prov
891004	1	1
891005	1	1
891009	1	1
891010	1	1
891012	1	1
891013	1	1
891017	1	1
891018	1	1
891024	1	1
891025	1	1
=====		
Summa	10st	10st



Uppdragsgivare / Client

VÄRMEFORSK/KOPPARFORS AB

Datum / Date

1989-10-10

Utgåva / Issue

2

Order - alt regnr Order No Reg No

777738 LWN/sap

Anläggning / Plant

KOPPARFORS P4

Sektion / Dept

4660

Handläggare / Prepared by

Wrangensten

Telefonnr / Telephone No

08-57 13 72

Ärende / Subject

SIGNALFÖRTECKNING FÖR MÄTNINGAR 1989-10-02 -- 1989-10-27.

Netpac nr	Kanal nr	S- 1) kanal	Krets-beteckning	Benämning	Mätområde	Utsignal instrument
1	1	1	ÅF	NO _x	0-500 ppm	0-10V
1	2	2	ÅF	NO	"	0-10V
1	3	3	ÅF	NO ₂	"	0-10V
1	4	4	ÅF	SO ₂	0-500 ppm	0-1 V
1	5	5	ÅF	CO	0-1000 ppm	0-200 mV
1	6		ÅF	CO ₂	0-20%	0-200 mV
1	7	6	ÅF	O ₂	0-25%	40-200 mV
2	1	7	FFICSA 751	Primärluftflöde	0-20 nm ³ /s	4-20 mA/ 40-200 mV
2	2	8	FRS 752	Sek tot flöde	0-20 nm ³ /s	"-
2	3		FFIC 754	Sek luft hög	0-10 nm ³ /s	"-
2	4		FFIC 753	Sek luft låg	0-3 nm ³ /s	"-
2	5	9	TICA 716	Eldstadstemp (medel)	50-1200 °C	"-
2	6	10	TIR 718	Eldstadstemp (hög)	50-1200 °C	"-
2	7	11	FFIC 757	Rökgasrec flöde	0-8 nm ³ /s	"-
2	8	12	FFIC 852	Kolflöde	0-3 kg/s	"-
2	9		FFIC 851	Trädbbr flöde	0-12 kg/s	"-
2	10	13	FIRCQ 652	Ångflöde	0-25 kg/s	"-
2	11		TIR 726	Rökgastramp efter eco	0-300 °C	"-
2	12		TI 601	Mavatemper före eco	0-300 °C	"-



Uppdragsgivare / Client

VÄRMEFORSK/KOPPARFORS AB

Datum / Date

1989-10-10

Utgåva / Issue

2

Order - an regnr. Order No. Reg No

777738 LWN/sap

Anläggning / Plant

KOPPARFORS P4

Sektion / Dept

4660

Handläggare / Prepared by

L Wrangsten

Telefonnr / Telephone No

08-57 13 72

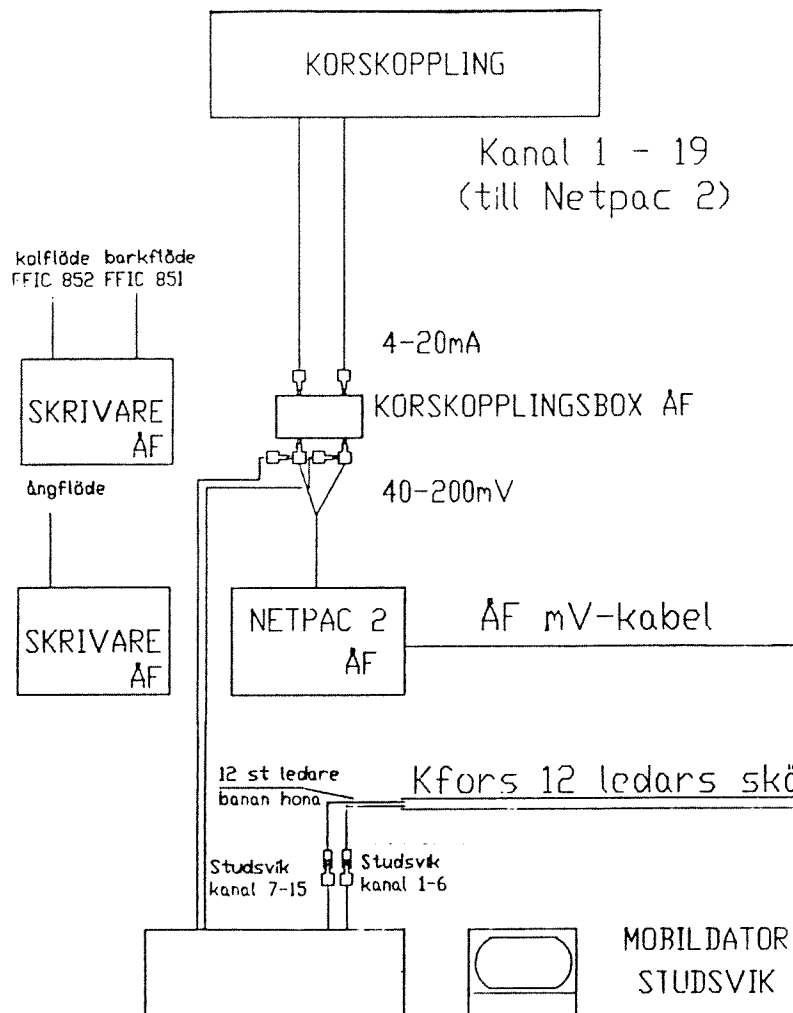
Ärende / Subject

SIGNALFÖRTECKNING FÖR MÄTNINGAR 1989-10-02 -- 1989-10-27.

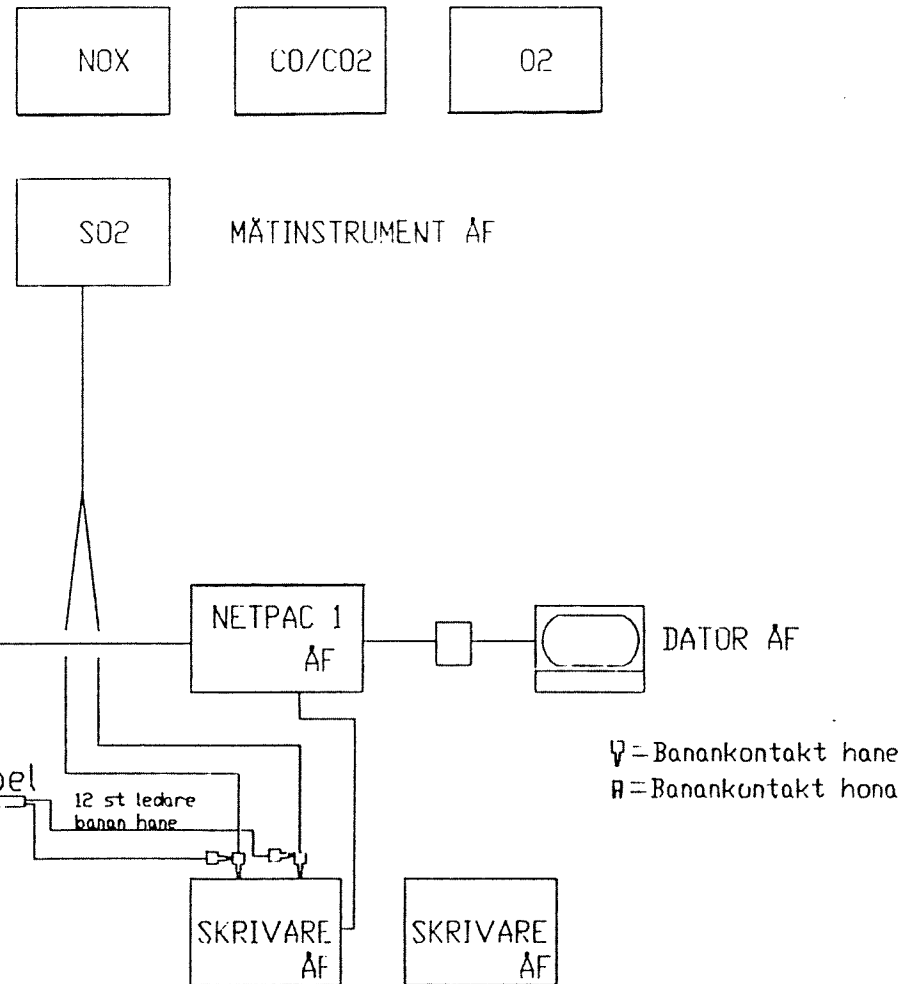
Netpac nr	Kanal nr	S- kanal	Krets- beteckning	Benämning	Mätområde	Utsignal instrument
2	13		TIRSA 719	Utg elstads- temp 1	50-1200°C	4-20 mA/ 40-200 mV
2	14		TIRSA 720	Utg eldstads- temp 2	50-1200°C	-"
2	15		TIRA 721	Utg cyklon- temp 1	50-1200°C	-"
2	16		TIRA 722	Utg cyklon- temp	50-1200°C	-"
2	17	14	PISA 731	Tryck botten eldstad	0-200mbar	-"
2	18	15	PIC 740	Tryck topp eldstad	-6-4mbar	-"
2	19		AICR 771	O ₂ -halt	0-10%	-"

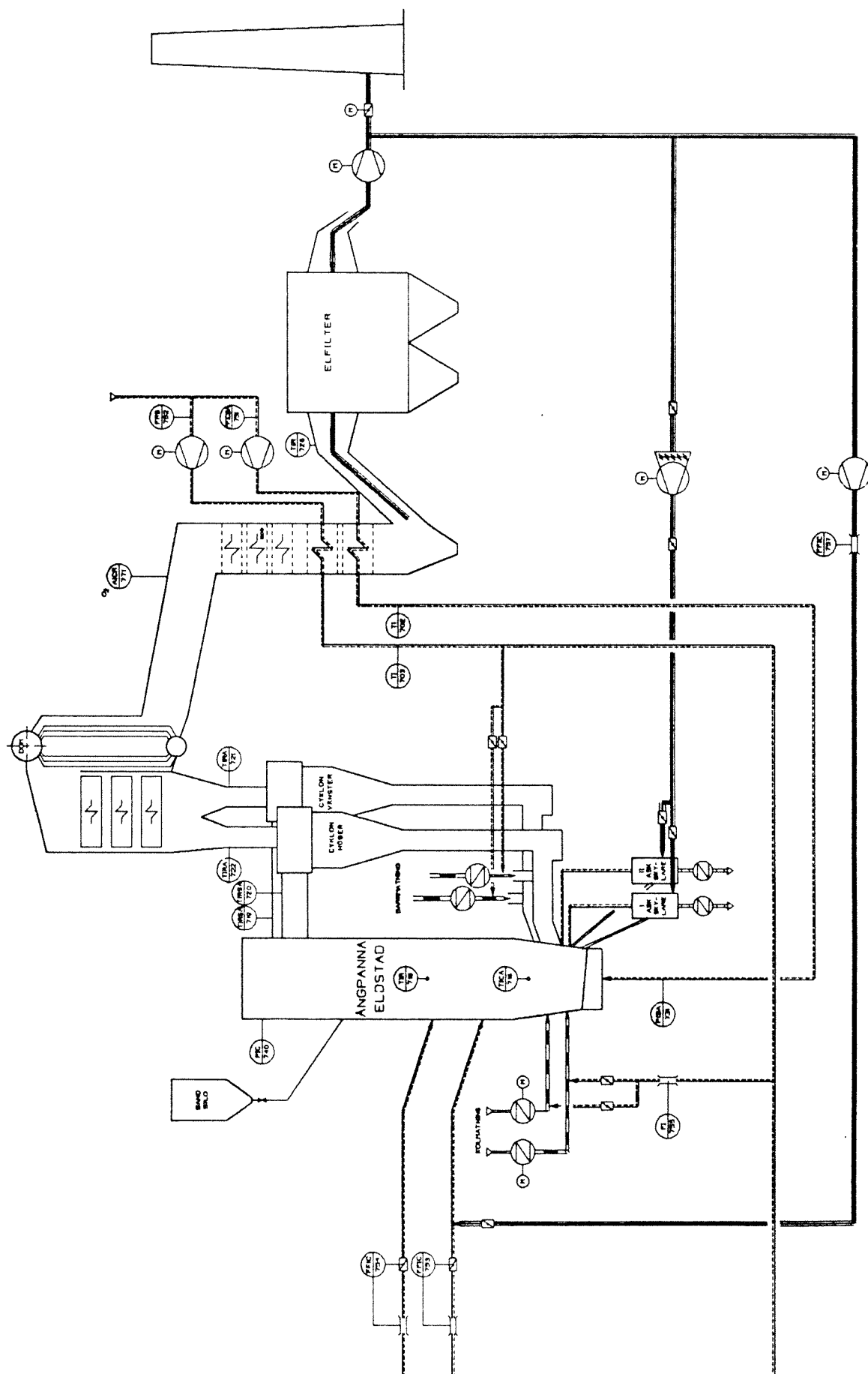
Anm 1) S-kanal = signal som skall anslutas till Studsviks mobildator.

STÄLLVERKET



FLÄKTRUMMET



[illegible]

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse, VAST
- Statens Vattenfallsverk
- Studsvik Energiteknik AB
- Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen/Ångpanneföreningen
- Svenska Gasföreningen
- Svenska Värmeverksföreningen
- Tillverkande Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR), Statens Energiverk och Styrelsen för Teknisk Utveckling.