

ITM rapport 84



Automatiska rökgasmätningar
Provningsjämförelse 2000

Bestämning av halter i referensgasblandningar

Gunnar Nyquist

Institutet för tillämpad miljöforskning

Institute of Applied Environmental Research

ITM rapport 84

Automatiska rökgasmätningar Provningsjämförelse 2000

Bestämning av halter i referensgasblandningar

Gunnar Nyquist

Förord

Luftlaboratoriet vid ITM (Institutet för Tillämpad Miljöforskning, Stockholms Universitet) har sedan 1993 (från 1994 för SWEDAC:s räkning) organiserat provningsjämförelse mellan luftlaboratorier som utför automatiska rökgasmätningar. I årets provningsjämförelse deltog 28 laboratorier (varav en filial). 18 av laboratorierna var ackrediterade för att utföra sådana kontrollmätningar som krävs enligt föreskrifterna om NO_x-avgifter och miljökontroll av NO_x och SO_x (SNFS 1996:9 respektive SNFS 1996:10). I årets provningsjämförelse deltog också ackrediterade laboratorier från Danmark (1 st) och Finland (4 st).

I rapporten redovisas vilka laboratorier som deltog, vilken mätutrustning som användes samt de resultat som erhöles.

Stockholm i oktober 2000.

Innehåll

	Sid.
1. Bakgrund	4
2. Förutsättningar	4
3. Deltagande laboratorier	5
4. Mätutrustningar	5
5. Utvärderingsmetodik	5
6. Resultat	9
7. Referenser	11
Bilaga 1: Förteckning över deltagande laboratorier	12
Bilaga 2: Instrumentering	15
Bilaga 3: Tabeller	17
Bilaga 4: Figurer	20

1. BAKGRUND

1991 trädde Naturvårdsverkets föreskrifter SNFS 1991:5 och 1991:4 (NO_x-avgifter; miljökontroll av NO_x och SO_x) i kraft och därmed infördes krav på obligatorisk årlig kontroll av alla berörda förbränningsanläggningars mätsystem av "sakkunnig och oberoende besiktningsman". I de efterföljande utgåvorna (senaste SNFS 1996:9 och SNFS 1996:10) har termen "sakkunnig och oberoende besiktningsman" bytts ut mot "ackrediterat laboratorium". Krav på ackreditering började gälla 1 januari 1993.

SWEDAC (Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll) ackrediterade de första luftlaboratorierna under hösten 1992. I dagsläget (oktober 2000) har 18 laboratorier ackrediterats för att utföra mätningar som fordrar ackreditering enligt Naturvårdsverkets föreskrifter SNFS 1996:9 och SNFS 1996:10.

I en ackreditering ingår att regelbundet delta i erforderliga provningsjämförelser. En första provningsjämförelse för luftlaboratorier genomfördes hösten 1992 - våren 1993 av Luftlaboratoriet, ITM, Stockholms universitet på uppdrag av Naturvårdsverket. Resultatet finns rapporterat i "ITM Rapport 12" (referens 1). Sedan våren 1994 har årliga provningsjämförelser genomförts på uppdrag av SWEDAC (se ITM Rapport 21, 37, 47, 62, 73 och 76; referens 2 - 7).

Den provningsjämförelse som presenteras i denna rapport genomfördes under april - juni 2000. Luftlaboratoriet (ITM, Stockholms universitet) skötte organisation och utvärdering på uppdrag av SWEDAC. Provningsjämförelsen riktades i första hand till ackrediterade luftlaboratorier, men också icke ackrediterade laboratorier var välkomna att delta. I årets provningsjämförelse deltog också ackrediterade laboratorier från Danmark och Finland.

2. FÖRUTSÄTTNINGAR

Två gastuber innehållande NO_x, SO₂, CO₂ och CO i något olika proportioner skickas runt till de deltagande laboratorierna. Halterna i provgasen motsvarade realistiska förhållanden i rökgaser. Varje laboratorium får ca en vecka på sig att analysera gasblandningarna och skicka tuberna vidare till nästa laboratorium. Idealet vore om *samtliga* laboratorier analyserade *samma* två gastuber, men det medför att provningsjämförelsen tar orimligt lång tid att genomföra.

Uppläggningsen var i stället följande: Från gasleverantören, AGA, beställdes två referensgasblandningar. Dessa tillverkades i form av två stora "moderflaskor". Efter det att

blandningarna stabiliserat sig delades varje gasblandning av leverantören upp på fem stycken gastuber, vilka alla skall innehålla samma koncentrationer. Vart och ett av de deltagande laboratorerna fick en uppsättning gastuber. På så sätt delade 5-6 laboratorier på varje gastubspär. Ett laboratorium fick i uppdrag att analysera samtliga gastuber före och efter provningsjämförelsen, detta för att få en indikation på om något hänt med gastuberna under försökets gång. Samtidigt var det också en kontroll av gasleverantören, dvs att alla paren provflaskor innehöll samma halter av provgaskomponenterna.

3. DELTAGANDE LABORATORIER

En förteckning över de deltagande laboratorerna finns i Bilaga 1. Totalt deltog 28 laboratorier.

4. MÄTUTRUSTNINGAR

De mätutrustningar som användes av de deltagande laboratorerna finns listade i Bilaga 2. I några fall har laboratorier uppgivit att de använt två instrument från olika tillverkare för en viss analys, och då har båda instrumenten tagits med i Bilaga 2.

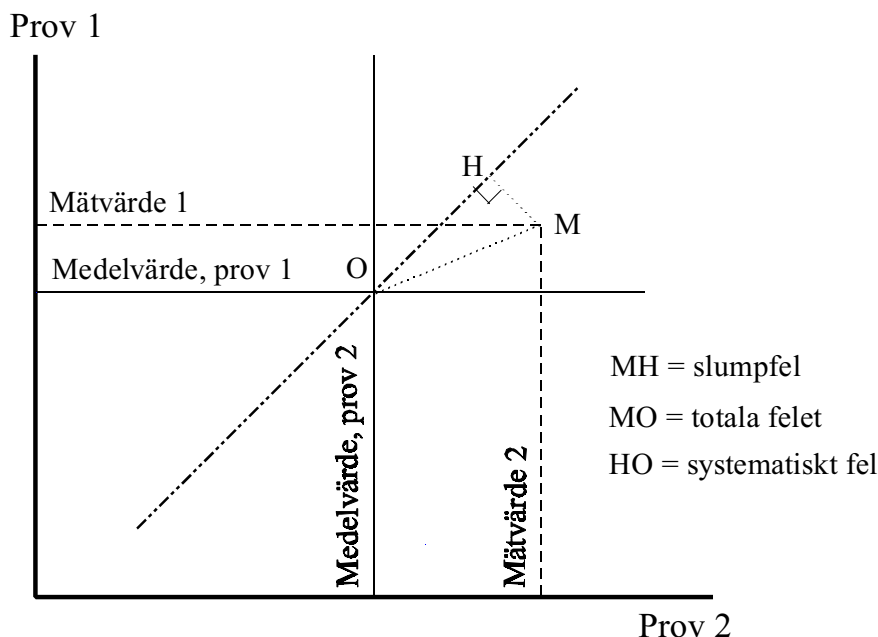
5. UTVÄRDERINGSMETODIK

För utvärderingen av mätdata har "Youden-diagram" använts. Principen för dessa diagram har utarbetats av W. J. Youden (se referens 8) för analys av resultaten från provningsjämförelser där flera olika laboratorier har mätt på samma prover.

Försöksuppläggningsen är följande: varje deltagande laboratorium bestämmer koncentrationen av ett visst ämne i två stycken prov som har ungefär samma halt och sammansättning. Ur det diagram som upprättas på basis av inkomna data kan mätfelens olika komponenter (slumpfel, systematiskt fel och totalfel) uppskattas utan att man behöver köra dubbelprover av varje delprov. Andra viktiga fördelar är att

- metoden möjliggör deltagande av ett stort antal laboratorier utan att själva utvärderingen kräver speciellt mycket mer arbete,
- önskat antal parametrar kan ingå i försöket,
- det är relativt lätt att jämföra och åskådliggöra resultaten,
- man slipper att använda komplicerade statistiska metoder.

I figuren nedan visas principen för utvärdering med "Youden-diagram".



Resultatet från varje parameter i prov 1 och 2 avsätts som en punkt i ett rätvinkligt koordinatsystem (M i figuren). Linjer för de "sanna" värdena ritas in. Skärningen mellan dessa linjer anger det "sanna" värdet, dvs där alla analysresultaten borde ligga. Det sanna värdet är i regel inte känt, men i en provningsjämförelse med referensgasblandningar är det lämpligt att använda medelvärdena som det "sanna" värdet. Då kan man lätt avgöra vilka laboratorier som har fått ett avvikande resultat från de övriga.

Om det inte vore någon spridning mellan mätresultaten skulle alla mätpunkter ligga samlade i en punkt (O i figuren). Om alla avvikelser i stället vore slumpfel (tillfälliga fel), skulle mätpunkterna fördelas jämt över diagrammet. Nu dominerar emellertid vanligtvis de systematiska felen. Dessa fel påverkar båda mätningarna lika mycket, med resultatet att mätpunkten (M i figuren) kommer att ligga antingen för högt eller för lågt. Mätpunkterna kommer att ligga runt en 45°-linje. Avståndet från mätpunkten till 45°-linjen (MH i figuren) är ett mått på slumpfelets storlek, avståndet till det "sanna" värdet (MO i figuren) är ett mått på det totala felets storlek. Avståndet HO i figuren är ett mått på det systematiska felets storlek.

Beräkningar:

Resultaten från en provningsjämförelse med två likartade prov, X och Y, kan sammanställas enligt

Laboratorium nr	1	2	3 ...	n	Totalt
Prov X	x_1	x_2	$x_3 \dots$	x_n	$\sum x_i$
Prov Y	y_1	y_2	$y_3 \dots$	y_n	$\sum y_i$
Skillnad ($x_i - y_i$)	D_1	D_2	$D_3 \dots$	D_n	$\sum D_i$
Summa ($x_i + y_i$)	T_1	T_2	$T_3 \dots$	T_n	$\sum T_i$

Varje x-värde innehåller ett systematiskt fel från respektive laboratorium. Detsamma gäller för y-värdena. För prover som innehåller samma komponenter med likartade koncentrationer antas det systematiska felet i x_1 vara detsamma som i y_1 . Skillnaden $x_i - y_i$, dvs D_i , för ett visst laboratorium, innehåller då inget bidrag från något systematiskt fel utan bara från de tillfälliga felen. Spridningen för de tillfälliga felen beräknas enligt

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{2(n-1)}}$$

där s_r är en uppskattning av det tillfälliga felet i mätningen (MH i figuren). Antalet frihetsgrader är $(n - 1)$. Faktorn 2 i nämnaren beror på att D_i är skillnaden mellan två mätvärden.

Standardavvikelsen för det totala felet, s_d , kan beräknas antingen från X-provserien eller Y-provserien, men allra bäst är att kombinera informationen från de två serierna genom att använda summan, dvs $\sum T_i$. Men summan innehåller det totala felet två gånger vilket innebär att man måste dividera med 2. Standardavvikelsen, s_d , (dvs den totala mätosäkerheten; representerad av MO i figuren) blir då

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{2(n-1)}}$$

Om inget systematiskt fel förelåg, eller om alla laboratorier hade **samma** systematiska fel, skulle s_d inte innehålla bidrag från något systematiskt fel. I så fall skulle det totala felet endast bero på oberoende tillfälliga fel. I detta fall skulle standardavvikelsen för summan av de två mätningarna, T , bli lika med standardavvikelsen för skillnaden mellan mätningarna, D . I frånvaro av ett systematiskt fel blir s_d^2 och s_r^2 båda skattningar av standardavvikelsen för det tillfälliga felet. Med ett statistiskt F-test kan man undersöka om det är en signifikant skillnad mellan varianser, dvs i detta fall om det totala felet är signifikant större än det tillfälliga felet genom att beräkna

$$F = s_d^2 / s_r^2$$

Antalet frihetsgrader är i detta fall $n - 2$. En signifikant skillnad föreligger om $F_{95\%}$ är $\geq 2,22$ (95 % konfidensintervall, antal frihetsgrader 26), alternativt $F_{99\%} \geq 2,87$.

Konfidensintervall för det tillfälliga felet, D1, och det systematiska felet, D2, beräknas enligt

$$D1 = t \cdot s_r$$

$$D2 = t \cdot \sqrt{s_d^2 - s_r^2}$$

Värdet på t (Student's t) är för 27 frihetsgrader och ett 95 % konfidensintervall 2,05. Konfidensintervallet för det tillfälliga felet utgörs av två räta linjer med lutningen 1 (45°) på avståndet $\pm D1$ ifrån det "sanna" värdet. Konfidensintervallet för det systematiska felet utgörs av två räta linjer med lutningen -1 (45°) på avståndet $\pm D2$ ifrån det "sanna" värdet. Resultatet av utvärderingen blir en rektangel med sidorna $2 \cdot D1$ respektive $2 \cdot D2$ inom vilken 95 % av alla mätvärden ligger (jfr Figur 1 - 6 i Bilaga 4). Det betyder att mätpunkter som hamnar utanför dessa linjer har för stora fel. Genom att se var i diagrammet mätpunkterna hamnar kan man avgöra om det är fråga om slumpmässiga eller systematiska fel.

Förkastning av mätvärden

Om orsaken till att ett mätvärde avviker mycket från övriga värden kan förklaras utifrån mättekniska skäl (fel på utrustning, defekt filter, felaktiga flöden m m) skall värdet förkastas. Om däremot avvikelserna **inte** kan förklaras av något synbart fel med utrustningen skall värdet tas med i den statistiska bearbetningen.

För att ett avvikande värde skall strykas på statistiska grunder måste höga krav ställas på det osannolika att värdet är riktigt, dvs att värdet med minst 99,5 % sannolikhet (ca 3 ggr standardavvikelsen) faller utanför ramen. Det finns också olika statistiska test (t ex Grubbs test) för att se om ett mätvärde kan betraktas som avvikande, men man skall komma ihåg att för ett måttligt antal mätvärden ($< 50 - 100$) kan under inga förhållanden mer än **ett** värde strykas på en **statistisk** osannolikhet. Om flera värden ligger långt från huvudparten av värdena, måste man fundera på om utrustningen verkligen är tillförlitlig eller om det kan finnas någon annan förklaring till avvikelserna.

Vid den statistiska utvärderingen av mätresultaten utesluts ett värde om det ligger mer än 3 standardavvikelse från medelvärdet eller om Grubbs test visar att värdet är "avvikande". Motivet till detta förfarande är att ett sådant värde avsevärt kan påverka medelvärdet och spridningen. Om mer än ett värde ligger "snett" får det bedömas från fall till fall vad som skall göras. Under alla förhållanden skall **samtliga** mätpunkter visas i diagrammen.

6. RESULTAT

Resultaten redovisas i bilagorna 3 och 4, dels i form av tabeller (Bilaga 3) och dels som figurer (Bilaga 4). Observera att laboratoriernas nummerordning är helt slumpmässig. Det står mycket tydligt i de internationella reglerna för provningsjämförelser mellan ackrediterade laboratorier (ref. 9) att **alla resultat skall behandlas strängt konfidentiellt**. Det viktiga vid denna typ av jämförelser är att få fram ett mått på spridningen mellan laboratorierna och inte att peka ut laboratorier som av olika skäl får avvikande resultat. För ackrediterade laboratorierna gäller att de är skyldiga att för den ackrediterande myndigheten redovisa resultatet av provningsjämförelsen och ange vilka eventuella korrigerande åtgärder som provningsjämförelsen föranledde.

Av de 28 deltagande laboratorierna använde 16 laboratorier AGA som leverantör av samtliga referensgaser, 8 laboratorier använde enbart Air Liquide som referensgasleverantör och 3 laboratorier Messner Griesheim. Ett laboratorium använde referensgaser från olika leverantörer, AGA + Air Liquide.

De inrapporterade mätvärdena (se Tabell 1- 4) har använts för att beräkna ett konfidensintervall (95 %) för koncentrationerna i testgastuberna enligt

$$\mu = \bar{x} \pm 2 s / \sqrt{n}$$

där μ = det "sanna" medelvärdet, \bar{x} = medelvärdet av mätvärdena, s = standardavvikelsen (spridningen) och n = antalet mätvärden. Resultaten av dessa beräkningar samt certifikatvärdena från Prov A och Prov B finns nedan.

Prov A

		<i>Provningsjämförelsen</i>	<i>AGA</i>
NO	(ppm):	97,1 ± 1,00	99,8 ± 2,00
NO ₂	(ppm):	0,86 ± 0,52	
NO _x	(ppm):	98,0 ± 0,77	100,0 ± 2,00
SO ₂	(ppm):	28,4 ± 1,01	29,9 ± 0,60
CO ₂	(vol-%):	14,07 ± 0,14	14,0 ± 0,28
CO	(ppm):	252,4 ± 2,99	251,0 ± 5,02

Prov B

	<i>Provningsjämförelsen</i>	<i>AGA</i>
NO (ppm):	68,6 ± 0,80	70,0 ± 1,40
NO ₂ (ppm):	0,65 ± 0,41	
NO _x (ppm):	69,4 ± 0,65	
SO ₂ (ppm):	57,3 ± 0,99	59,3 ± 1,19
CO ₂ (vol-%):	10,09 ± 0,12	10,0 ± 0,20
CO (ppm):	101,9 ± 1,86	99,6 ± 1,99

Obs! För att kontrollera effekten av en möjlig interfererande komponent i rökgasen innehöll båda proven också 20 ppm N₂O (dikväveoxid).

Konfidensintervallen för medelvärdena från provningsjämförelsen och gasleverantörens certifikatvärden överlappar i samtliga fall varandra. Någon systematisk skillnad föreligger alltså inte.

Några laboratorier uppgav att de använt två utrustningar för en viss analys och rapporterade båda mätresultaten. I alla fall låg mätresultaten inom felmarginalerna och då valdes slumpmässigt ett av mätvärdena som laboratoriets rapporterade resultat.

Innan den statistiska behandlingen av mätresultaten från provningsjämförelsen kontrollerades om något värde (i praktiken det högsta eller lägsta för varje komponent) låg mer än 3 standardavvikelse från medelvärdet eller om Grubbs test indikerar att värdet är "avvikande" eftersom ett sådant värde avsevärt kan påverka medelvärdet och spridningen. Båda värdena för CO-mätningen från laboratorium 11 uppfyllde dessa kriterierna och har därför inte medtagits vid beräkningarna.

F-test (jfr sid. 7 - 8) visade följande:

- NO: det totala felet signifikant (konfidensintervall 99 %) större än det tillfälliga felet.
- NO_x: det totala felet signifikant (konfidensintervall 99 %) större än det tillfälliga felet.
- SO₂: det totala felet är **inte** signifikant (konfidensintervall 90 %) större än det tillfälliga felet.
- CO₂: det totala felet signifikant (konfidensintervall 99 %) större än det tillfälliga felet.
- CO: det totala felet signifikant (konfidensintervall 99 %) större än det tillfälliga felet.

I Bilaga 4 är resultaten ritade i form av Youden-diagram för alla parametrar. Som de "sanna" värdena har medelvärdena från provningsjämförelsen använts. Konfidensintervall har beräknats enligt kapitel 5 och lagts in i figurerna.

Kontroll av gasflaskorna före och efter provningsjämförelsen: Ett laboratorium ombads att mäta koncentrationen av samtliga komponenter i alla gasflaskor före och efter provningsjämförelsen. På så sätt får man en indikation på att halterna inte har förändrats under försökets gång. Resultatet från kontrollen före och efter provningsjämförelsen gav inte någon påvisbar skillnad mellan delproven av de två flaskuppsättningarna. De uppmätta differenserna låg inom felmarginalen.

7. REFERENSER

1. *Nyquist, G., 1993.* Provningsjämförelse mellan mätlaboratorier som utför automatiska rökgasmätningar. - ITM rapport 12.
2. *Nyquist, G., 1994.* Automatiska rökgasmätningar. Provningsjämförelse 1994. Bestämning av halter i referensgasblandningar. - ITM rapport 21.
3. *Nyquist, G., 1995.* Automatiska rökgasmätningar. Provningsjämförelse 1995. Bestämning av halter i referensgasblandningar. - ITM rapport 37.
4. *Nyquist, G., 1996.* Automatiska rökgasmätningar. Provningsjämförelse 1996. Bestämning av halter i referensgasblandningar. - ITM rapport 47.
5. *Nyquist, G., 1997.* Automatiska rökgasmätningar. Provningsjämförelse 1997. Bestämning av halter i referensgasblandningar. - ITM rapport 62.
6. *Nyquist, G., 1998.* Automatiska rökgasmätningar. Provningsjämförelse 1998. Bestämning av halter i referensgasblandningar. - ITM rapport 73.
7. *Nyquist, G., 1999.* Automatiska rökgasmätningar. Provningsjämförelse 1998. Bestämning av halter i referensgasblandningar. - ITM rapport 76.
8. *Youden, W.J. and Steiner; E.H., 1975.* Statistical Manual of the Association of Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists, Washington.
9. *ELA-G6, 1993.* WELAC criteria for proficiency testing in accreditation. European Laboratory Accreditation Publication.

Bilaga 1**Deltagande laboratorier**

ABB Alstrom Power
Att. Anders Löfgren
RT, RTC
612 82 FINNSPÅNG

Tel. 0122 - 815 56
Fax. 0122 - 171 19

ENA Miljökonsult AB
Att. Erik Persson
Kvartsgatan 1 C
745 40 ENKÖPING

Tel. 0171 - 44 73 74
Fax. 0171 - 44 73 75

Kaukas Research Center
Att. Viljo Muurikainen
UPM-Kymmene
FIN - 53200 LAPPEENRANTA

Tel. +358 - 204 15 4599
Fax. +358 - 204 15 5198

IMKAB
Att. Jan-Erik Törnqvist
Ekebygatan 2
745 37 ENKÖPING

Tel. 0171 - 296 00
Fax. 0171 - 307 44

KMP AB
Att. Lars-Ove Gross
Andra Västralundsgatan 17
593 37 VÄSTERVIK

Tel. 0490 - 351 70
Fax. 0490 - 351 70

dk-TEKNIK
Att. Ole Tvede Larsen
Gladsaxe Møllevej 15
DK-2860 SØBORG

Tel. +45 - 39 555 831
Fax. +45 - 39 696 002

Energi Miljö Konsult AB (EMK)
Att. C-G Kronström
Skrittgatan 8 A
213 77 MALMÖ

Tel. 040 - 94 04 00
Fax. 040 - 21 50 60

ILEMA Miljöanalys AB
Att. Ulf Wiklund
Ekdala
585 96 LINKÖPING

Tel. 013 - 410 20
Fax. 013 - 410 65

IVL
Att. David Cooper
Box 47086
402 58 GÖTEBORG

Tel. 031 - 725 62 36
Fax. 031 - 725 62 90

Metlab Miljö AB
Att. Lars Månsson
Box 2
745 21 ENKÖPING

Tel. 0171 - 382 20
Fax. 0171 - 393 77

Metlab Miljö AB (filialkontor)
Att. Lennart Hällgren
Box 24
932 21 SKELLEFTEHAMN

Tel. 0910 - 73 90 25
Fax. 0910 - 73 90 26

Miljölaboratoriet i Trelleborg AB
Att. Mats Collin
Tullstorp Almslätt
231 98 KLAGSTORP

Tel. 0410 -36 61 54
Fax. 0410 -36 61 94

Norrbottnen Industriteknik AB
Att. Per Garmager
Datavägen 1, Aurum 21
977 75 LULEÅ

Tel. 070 - 210 60 66

Outokumpu Research OY
Att. Juha Parkkinen
P.O. Box 60
FIN-28101 PORI

Tel. +358 - 2 626 5058
Fax. +358 - 2 626 5310

Rautaruuki Steel, Lab. Services
Att. Harri Leppänen
P.O. Box 93
FIN - 92101 RAAHE

Tel. +358 - 8 849 2389
Fax. +358 - 8 849 3101

Miljöassistans i Perstorp AB
Att. Hans Sjölin
Box 120
282 22 TYRINGE

Tel. 0451 - 570 10
Fax. 0451 - 570 09

Miljömätarna i Linköping AB
Att. Bo Alexandersson
Björklundsgatan 7
584 22 LINKÖPING

Tel. 013 - 36 22 20
Fax. 013 - 36 22 29

Opsis AB
Att. Pehr-Christian Pehrson
Box 244
244 02 FURULUND

Tel. 046 - 72 25 00
Fax. 046 - 72 25 01

Petrokraft AB
Att. Börje Sjölander
Box 52090
400 25 GÖTEBORG

Tel. 031 - 83 06 80
Fax. 031 - 40 16 59

Scancem Research AB
Att. Matti Karlsson
Box 104
620 30 SLITE

Tel. 0498 - 28 11 00
Fax. 0498 - 28 13 91

SP, Energiteknik
Att. Henrik Persson
Box 857
501 15 BORÅS

Tel. 033 - 16 55 21
Fax. 033 - 13 19 79

SwedPower AB
Att. Hans Johansen
Box 1046
611 29 NYKÖPING

Tel. 0155 - 29 30 81
Fax. 0155 - 29 30 60

VBB VIAK AB
Att. Stig Andreasson
Box 2203
403 14 GÖTEBORG

Tel. 031 - 62 76 70
Fax. 031 - 62 77 22

ÅF Processdesign AB
Att. Patrik Tingström
Box 3124
350 43 Växjö

Tel. 0470 - 74 81 00
Fax. 0470 - 142 97

Stora Enso Environment
Environment Technology
Att. Ingvar Eriksson
791 80 FALUN

Tel. 023 - 78 80 39
Fax. 023 - 78 82 82

SYCON Energikonsult AB
Att. Håkan Henriksson
205 09 MALMÖ

Tel. 040 - 25 59 98
Fax. 040 - 30 21 94

VTT Chemical Technology
Att. Tuula Vahlman
P.O. Box 1403
FIN-02151 ESPOO

Tel. +358 - 9 456 6393
Fax. +358 - 9 456 7022

ÅF-IPK AB
Att. Christer Gustavsson
Box 1551
401 51 GÖTEBORG

Tel. 031 - 743 11 82
Fax. 031 - 743 11 91

Bilaga 2

Instrumentering

Ämne	Tillverkare	Typ	Mätprincip	Gasberedning	Antal
NO _x	Ecophysics/Tecan	CLD 700, 502	Kemilum.	Extr., kondensskyl.	14
	Hartman&Braun	Radas 1G	UV	Extr., kondensskyl.	1
	Maihak	Unor	IR	Extr., kondensskyl.	1
	Monitor Labs	Model 8840	Kemilum.	Extr., utspädning	1
	ThermoEnvironment	Model 42	Kemilum.	Extr., utspädning	1
NO	Leybold/Rosem.	NGA 2000	IR	Extr., kondensskyl.	1
	Maihak	Unor 610	IR	Extr., kondensskyl.	1
	Opsis	AR 600	UV	In situ	1
	PerkinElmer	Mekos 100 CD	IR	Extr., kondensskyl.	1
	rbr-Computertech.	Ecom JN + SG	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	4
	Temet instrument	Gasmet	FTIR	Varmextraktiv	2
	Testoterm	Testo 360	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	1
NO ₂	Leybold/Rosem.	NGA 2000	UV	Extr., kondensskyl.	1
	Opsis	AR 600	UV	In situ	1
	PerkinElmer	Mekos100 CD	IR	Extr., kondensskyl.	1
	rbr-Computertech.	Ecom JN + SG	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	4
	Testoterm	Testo 360	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	1
	Temet instrument	Gasmet	FTIR	Varmextraktiv	2
SO ₂	Bomem	MB 9100	FTIR	Extr., kondensskyl.	1
	Hartman&Braun	Uras 3G	IR	Extr., kondensskyl.	2
	Leybold/Rosem.	Binos	UV	Extr., kondensskyl.	3
		ETL 9100	UV	Extr., kondensskyl.	1
		NGA 2000	UV	Extr., kondensskyl.	1
	Maihak	Multor 610	IR	Extr., kondensskyl.	3
		Unor	IR	Extr., kondensskyl.	6
	Monitor Labs	Model 8850	Puls. UV-fluor.	Extr., utspädning	2
	Opsis	AR 600	UV	In situ	1
	PerkinElmer	Mekos 100 CD	IR	Extr., kondensskyl.	1
	rbr-Computertech.	Ecom JN + SG	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	3
	Temet instrument	Gasmet	FTIR	Varmextraktiv	2
	Testoterm	Testo 360	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	1
	ThermoEnvironment	Model 40, 43	Puls. UV-fluor.	Extr., utspädning	3

Ämne	Instrument	Typ	Mätprincip	Gasberedning	Antal	
CO ₂	ADC	PM2	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Hartman&Braun	Uras 10E	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Horiba	pir 2000	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Junkalor	Infralyt 1211	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Leybold/Rosem.	Binos	IR	Extr., kondensskyl.	5	
		NGA 2000	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Maihak	Finor	IR	Extr., kondensskyl.	2	
		Multor 610	IR	Extr., kondensskyl.	5	
		Unor	IR	Extr., kondensskyl.	4	
	Opsis	AR 650	IR	In situ	1	
	PerkinElmer	Mekos 100 CD	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	PPM	960 IRC	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Servomex	1410 B	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Siemens	Ultramat	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	Temet instrument	Gasmet	FTIR	Varmextraktiv	2	
	Testoterm	Testo 360	IR	Extr., kondensskyl.	1	
	CO	Hartman&Braun	Uras	IR	Extr., kondensskyl.	3
		Leybold/Rosem.	Binos	IR	Extr., kondensskyl.	4
NGA 2000			IR	Extr., kondensskyl.	1	
Maihak		Multor 610	IR	Extr., kondensskyl.	4	
		Unor	IR	Extr., kondensskyl.	7	
Monitor Labs		Model 9841 B	IR	Extr., utspädning	1	
Opsis		AR 650	IR	In situ	1	
PerkinElmer		Mekos 100 CD	IR	Extr., kondensskyl.	1	
rbr-Computertech.		Ecom JN + SG	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	2	
Siemens		Ultramat 22 D	IR	Extr., kondensskyl.	1	
Temet instrument		Gasmet	FTIR	Varmextraktiv	2	
Testoterm		Testo 360, 300	Elektrok. cell	Extr., kondensskyl.	2	
ThermoEnvironment		Model 48	IR.	Extr., utspädning	2	

Bilaga 3.

Tabell 1. Resultat från provningsjämförelsen 2000. Prov A.
CO-värdet inom parentes ej medtaget vid beräkningarna.

Prov A	NO ppm	NO ₂ ppm	NO _x ppm	SO ₂ ppm	CO ₂ %	CO ppm
AGA	99,8		100,0	29,9	14,00	251,0
1	102,0	0,0	102,0	27,2	14,20	253,0
2	97,2	0,2	97,4	32,0	14,60	248,0
3	97,4	0,0	97,4	29,9	14,00	252,0
4	93,0	4,0	97,0	29,0	14,20	247,0
5	100,0	0,0	100,0	33,0	14,10	252,0
6			96,0	23,0	14,13	260,0
7	95,0	2,5	97,5	30,2	14,03	252,8
8			100,0	28,0	14,30	254,0
9	97,0	0,0	97,0	29,0	14,05	252,0
10	96,0	0,0	96,0	25,0	14,30	257,0
11	96,7	0,0	96,7	33,9	13,90	(175,3)
12	96,0	0,0	96,0	24,0	14,10	270,0
13	99,0	0,7	99,7	29,0	14,10	257,0
14	97,9	1,9	99,8		13,97	242,0
15	98,0	0,0	98,0	26,0	14,10	248,0
16	101,0	0,0	101,0		14,05	257,0
17	96,8	1,7	98,5	26,7	14,08	254,0
18	102,0	0,0	102,0	28,2	12,70	239,0
19	97,0	0,5	97,5	29,0	13,40	250,0
20	97,5	2,1	99,6	27,5		263,0
21	98,0	0,0	98,0	26,3	14,15	250,4
22	93,4	1,9	95,3	28,9		238,0
23	94,0	0,0	94,0	29,0	14,20	248,0
24	99,0	0,5	99,5	28,0	14,50	249,0
25	96,0	1,0	97,0	31,0	14,10	252,0
26	98,0	0,0	98,0	28,0	13,90	247,0
27	94,8	0,3	95,1	30,4	14,15	249,9
28	92,0	5,0	97,0	26,0	14,40	272,0

Tabell 2. Resultat från provningsjämförelsen 2000. Prov B.
CO-värdet inom parentes ej medtaget vid beräkningarna.

Prov B	NO ppm	NO ₂ ppm	NO _x ppm	SO ₂ ppm	CO ₂ %	CO ppm
AGA	70,0		70,0	59,3	10,00	99,6
1	74,3	0,0	74,3	58,0	10,00	102,0
2	68,9	0,4	69,3	59,5	10,50	99,5
3	69,1	0,0	69,1	59,0	10,10	103,0
4	66,0	3,0	69,0	56,0	10,00	103,0
5	72,0	0,0	72,0	60,0	10,00	104,0
6			70,0	56,0	10,37	110,0
7	68,3	1,9	70,4	60,6	9,95	100,0
8			71,0	60,0	10,20	99,0
9	70,0	0,0	70,0	58,0	10,06	99,0
10	67,0	0,0	67,0	59,0	10,10	105,0
11	67,2	0,0	67,2	54,6	9,70	(65,2)
12	68,0	0,0	68,0	56,0	10,10	100,0
13	70,0	0,4	70,4	56,0	10,60	105,0
14	68,8	1,7	70,5		9,97	99,0
15	68,7	0,0	68,7	56,9	10,10	98,0
16	70,4	0,0	70,4		10,20	106,0
17	68,3	1,4	69,7	55,6	10,08	100,0
18	66,9	0,0	66,9	57,2	9,50	95,6
19	70,0	0,4	70,4	59,0	9,30	99,0
20	68,6	1,5	70,1	56,0		113,0
21	69,3	0,0	69,3	58,6	10,12	97,1
22	66,7	0,9	67,6	55,0		97,0
23	67,0	0,0	67,0	59,0	9,90	99,0
24	70,0	0,0	70,0	57,0	10,40	99,0
25	69,0	0,0	69,0	58,0	10,30	102,0
26	70,0	0,0	70,0	58,0	9,90	100,0
27	65,1	1,2	66,3	59,1	10,06	100,2
28	65,0	4,0	69,0	48,0	10,70	116,0

Tabell 3. Resultat från provningsjämförelsen 2000. Prov A.
Medelvärden, spridning, max- och minvärden, antal mätvärden.

Prov A	NO ppm	NO₂ ppm	NO_x ppm	SO₂ ppm	CO₂ %	CO ppm
Medelvärde	97,10	0,86	97,96	28,39	14,07	252,4
Spridning (s)	2,54	1,34	2,03	2,56	0,36	7,78
Spridning i % ¹⁾	1,05	0,54	0,81	1,02	1,80	0,78
Maxvärde	102,0	5,0	102,0	33,9	14,6	272,0
Minvärde	92,0	0,0	94,0	23,0	12,7	238,0
Antal mätvärden	26	26	28	26	26	27

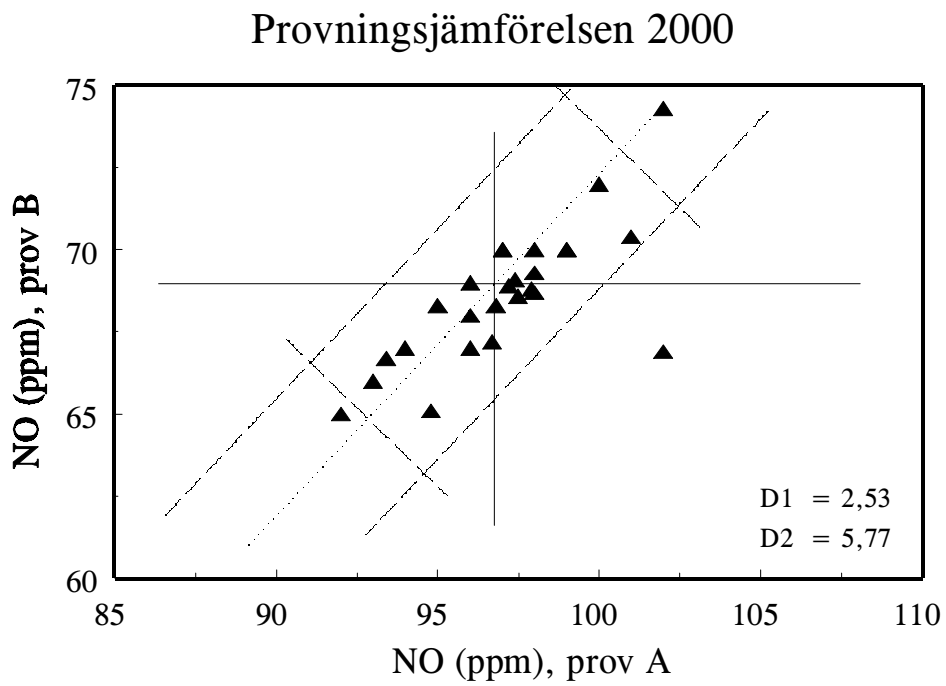
¹⁾ *Spridningen i % av fullt skalutslag. Valda mätområden:*
 NO, NO₂, NO_x = 0 - 250 ppm; SO₂ = 0 - 250 ppm; CO₂ = 0 - 20 %;
 CO = 0 - 1000 ppm.

Tabell 4. Resultat från provningsjämförelsen 2000. Prov B.
Medelvärden, spridning, max- och minvärden, antal mätvärden.

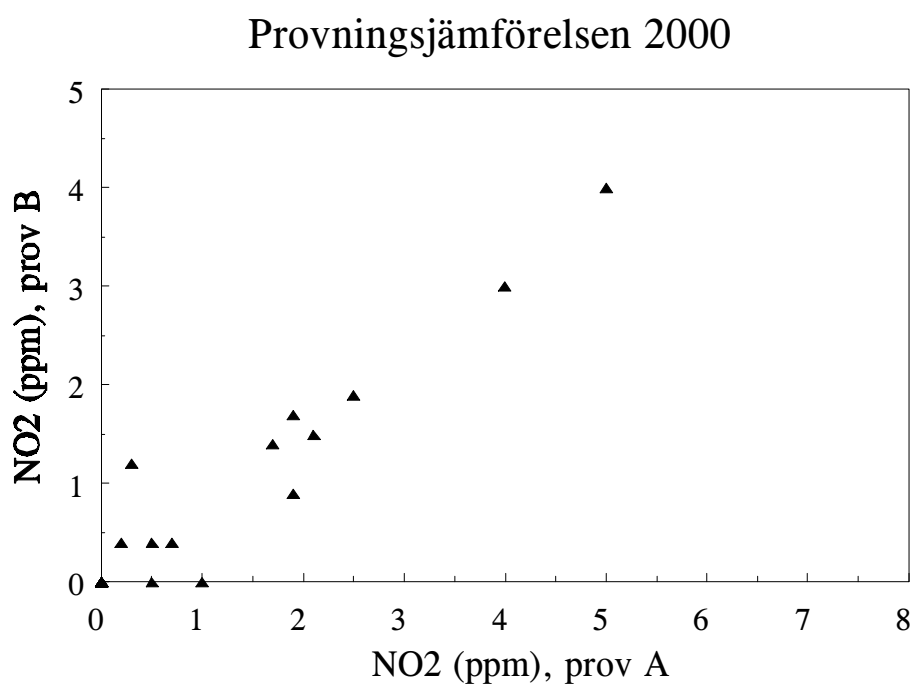
Prov A	NO ppm	NO₂ ppm	NO_x ppm	SO₂ ppm	CO₂ %	CO ppm
Medelvärde	68,64	0,65	69,38	57,31	10,09	101,9
Spridning (s)	2,04	1,05	1,71	2,53	0,30	4,83
Spridning i % ¹⁾	0,81	0,42	0,68	1,01	1,50	0,48
Maxvärde	74,3	4,0	74,3	60,6	10,7	116,0
Minvärde	65,0	0,0	66,3	48,0	9,3	95,6
Antal mätvärden	26	26	28	26	26	27

¹⁾ *Spridningen i % av fullt skalutslag. Valda mätområden:*
 NO, NO₂, NO_x = 0 - 250 ppm; SO₂ = 0 - 250 ppm; CO₂ = 0 - 20 %;
 CO = 0 - 1000 ppm.

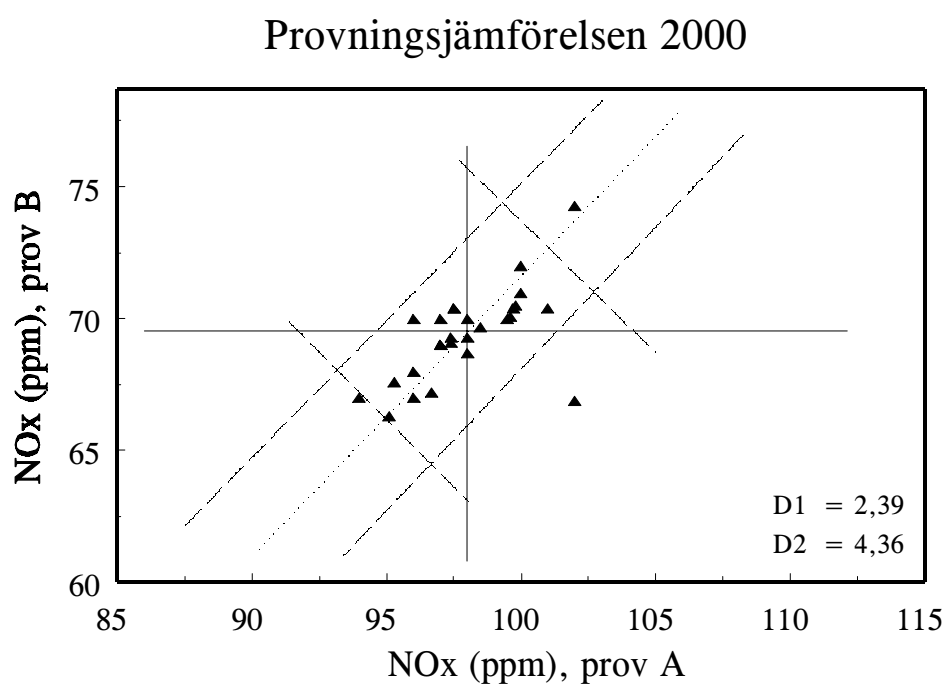
Bilaga 4



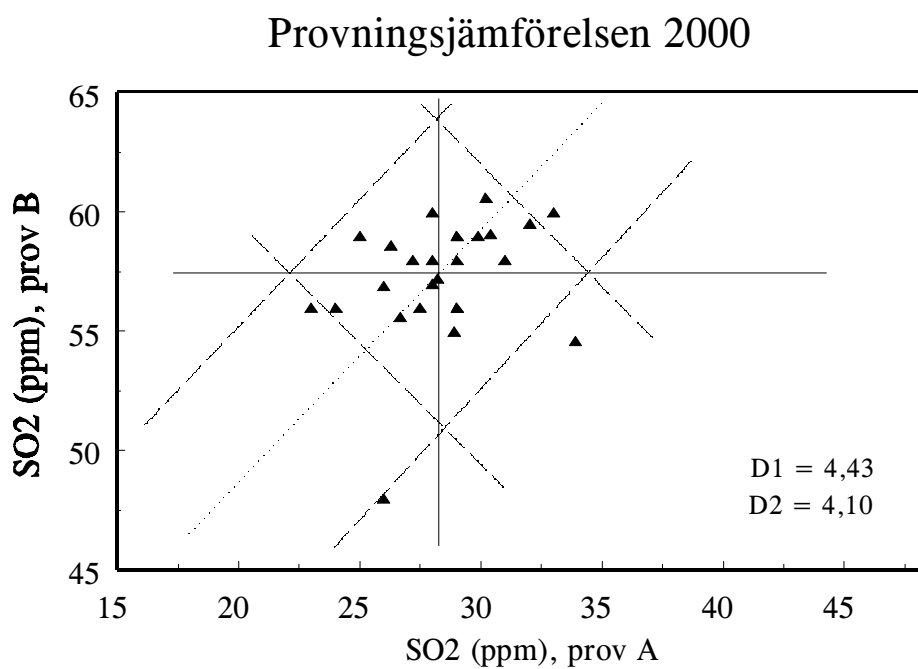
Figur 1. Resultat av provningsjämförelsen 2000 för kväveoxid (NO).
Youden-diagram enligt kapitel 5.



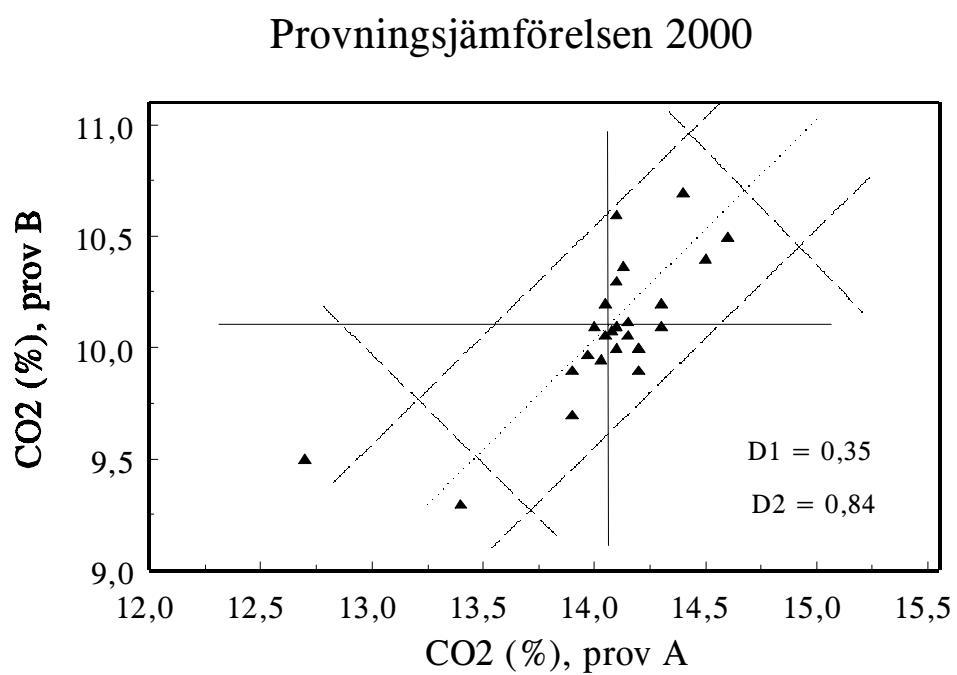
Figur 2. Resultat av provningsjämförelsen 2000 för kvävedioxid (NO_2).
Youden-diagram enligt kapitel 5.



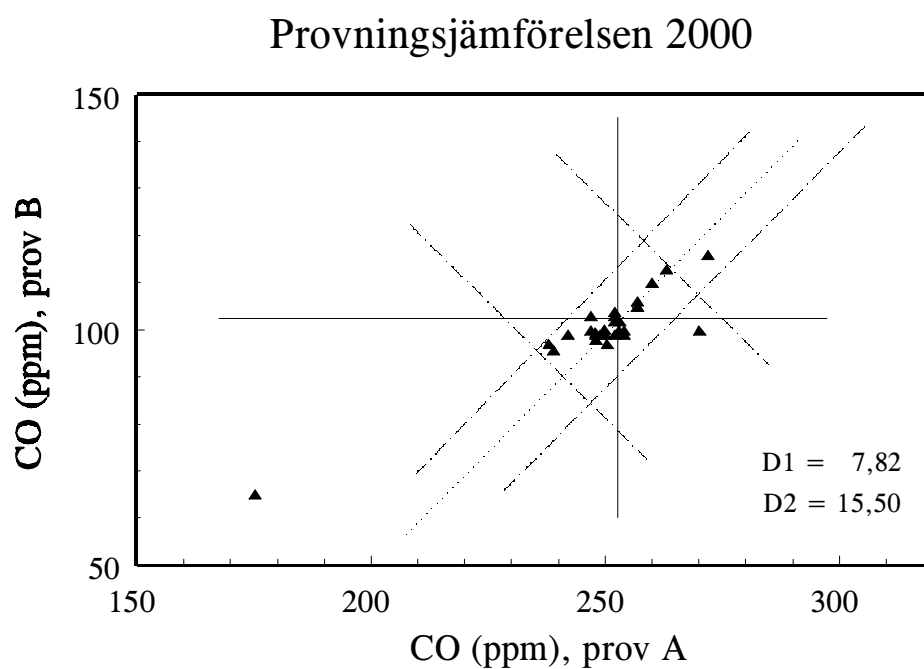
Figur 3. Resultat av provningsjämförelsen 2000 för kvävedioxid (NO_x).
Youden-diagram enligt kapitel 5.



Figur 4. Resultat av provningsjämförelsen 2000 för svaveldioxid (SO₂).
Youden-diagram enligt kapitel 5.



Figur 5. Resultat av provningsjämförelsen 2000 för koldioxid (CO₂).
Youden-diagram enligt kapitel 5.



Figur 6. Resultat av provningsjämförelsen 2000 för koloxid (CO).
Youden-diagram enligt kapitel 5.



INSTITUTET FÖR TILLÄMPAD MILJÖFORSKNING VID STOCKHOLMS UNIVERSITET

106 91 STOCKHOLM

Telefon 08 - 674 70 00 vx - Fax 08 - 674 76 36



LUFTLABORATORIET

LABORATORIET FÖR AKVATISK MILJÖKEMI

LABORATORIET FÖR ANALYTISK MILJÖKEMI

LABORATORIET FÖR AKVATISK EKOTOXIKOLOGI