

ITM rapport 12



Automatiska rökgasmätningar
Provningsjämförelse 1992

Bestämning av halter i referensgasblandningar

Gunnar Nyquist

Institutet för tillämpad miljöforskning

Institute of Applied Environmental Research

ITM rapport 12

Provningsjämförelse mellan mätlaboratorier som utför automatiska rökgasmätningar

Bestämning av halter i referensgasblandningar

Gunnar Nyquist

Förord

Luftlaboratoriet vid ITM (Institutet för Tillämpad Miljöforskning, Stockholms Universitet) har för Naturvårdsverkets räkning organiserat en provningsjämförelse mellan 17 luftlaboratorier som utför sådana årliga kontrollmätningar som krävs enligt föreskrifterna om NO_x-avgifter och miljökontroll av NO_x, SO_x (SNFS 1992:5 och SNFS 1992:6).

I rapporten redovisas uppläggningsen av projektet, de resultat som erhöles samt några slutsatser som kan dras för det fortsatta arbetet med att kvalitetssäkra mätresultaten från föreskrivna kontrollmätningar.

Studsvik i augusti 1993.

Innehåll

	Sid.
1. Bakgrund	1
2. Förutsättningar	2
3. Deltagande laboratorier	2
4. Mätutrustningar	2
5. Resultat	3
6. Felkällor	6
7. Diskussion och slutsatser	7
Bilaga 1: Deltagande laboratorier	9
Bilaga 2: Instrumentering	11
Bilaga 3: Tabeller	13
Bilaga 4: Figurer	17

1. Bakgrund

Den 1/1 1992 trädde naturvårdsverkets föreskrifter SNFS 1991:5 och 1991:6 (NO_x-avgifter; miljökontroll NO_x och SO_x) i kraft och därmed krav på obligatorisk årlig kontroll av alla berörda anläggningars mätsystem av "sakkunnig och oberoende besiktningsman". I de senaste utgåvorna (SNFS 1992:5 och SNFS 1992:6) har termen "sakkunnig och oberoende besiktningsman" bytts ut mot "ackrediterat laboratorium". Krav på ackreditering började gälla 1 januari 1993.

SWEDAC ackrediterade de första luftlaboratorierna under hösten 1992. I dagsläget (augusti 1993) har tio laboratorier hunnit bli bedömda.

I en ackreditering ingår att regelbundet delta i erforderliga provningsjämförelser. Redan innan det var klart att ackreditering skulle komma att krävas för de obligatoriska årliga kontrollmätningarna hade det framförts önskemål till Naturvårdsverket från flera anläggningsansvariga att Naturvårdsverket skulle genomföra provningsjämförelser. Luftlaboratoriet vid ITM (Institutet för Tillämpad Miljöforskning, Stockholms universitet), tidigare vid Naturvårdsverket, fick i uppdrag att ordna en provningsjämförelse. Då det bedömdes som orealistiskt att samla alla mätlaboratorier samtidigt runt en skorsten, valdes som en början att se hur stor spridningen blev om alla laboratorierna fick mäta på samma referensgasblandningar.

Då försöket startade var inget laboratorium ackrediterat, men under tiden som försöket har pågått har flera laboratorier blivit klara med sin ackreditering.

2. Förutsättningar

Två gastuber innehållande NO, NO₂, SO₂, CO₂ och CO i olika proportioner skickades runt till de laboratorier som hade anmält sitt intresse att vara med. Totalt kom 17 laboratorier att medverka. Halterna i provgasen motsvarar relativt rena rökgaser (NO_x ≤ schablonvärdet 0,25 g/MJ). Varje laboratorium fick en vecka på sig att analysera gasblandningarna och att skicka tuberna vidare till nästa laboratorium. Inte helt oväntat blev tidsschemat mer utdraget än planerat, men förseningarna var måttliga. Med så många deltagare och denna uppläggnings blir med nödvändighet en sådan här provningsjämförelse utdragen i tiden.

Efter att ha analyserat gastuberna skickade de deltagande laboratorierna resultaten till Luftlaboratoriet, ITM.

3. Deltagande laboratorier

En förteckning över de deltagande laboratorierna finns i bilaga 1. Totalt deltog 17 laboratorier.

4. Mätutrustningar

De mätutrustningar som användes av de deltagande laboratorierna finns listade i bilaga 2. I vissa fall har instrument från samma tillverkare men med olika modellbeteckningar slagits samman.

5. 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 viktiga vid denna undersökning var att få fram ett mått på spridningen mellan laboratorerna och inte att peka ut laboratorier som av olika skäl fick avvikande resultat.

De erhållna resultaten diskuterades på en workshop den 12/5 1993 med deltagare från Naturvårdsverket, AGA och de laboratorier som hade möjlighet att komma. I tabell 1 och 2 finns alla inrapporterade mätvärden, samt de värden som anges på AGA:s analyscertifikat. AGA:s värden har emellertid inte använts vid de statistiska beräkningarna utan är med bara som jämförelse. Vid tillverkningen av referensgasblandningar vägs alla komponenter in, och därefter kontrolleras koncentrationerna genom direkta analyser med två olika metoder. För NO_x-analyserna används instrument som mäter enligt två olika principer, nämligen Ecophysics (kemiluminescens) och Binos (UV för NO₂ och IR för NO). Som referens används NIST-gaser (NIST = National Institute of Standards and Technology, USA; onoggrannhet på gaserna ± 0,5 %). I de fall konverter för omvandling av NO₂ → NO används är det viktigt att testa konvertereffektiviteten regelbundet på att t ex SO₂ och CO kan förgifta katalysatorn i konvertern. AGA utför denna test minst en gång per månad, men för mätkonsulter kan intervallen vara både längre eller kortare beroende på omständigheterna.

AGA anger referensgaskoncentrationerna i mol-ppm och inte i vol-ppm. Detta har betydelse i de fall då referensgasen inte är en "ideal" gas, dvs molvolymen avviker från 22,4 nm³/kmol. Av de mätta gaserna är det främst SO₂ som inte är en ideal gas (21,8 nm³/kmol i stället för 22,4). I AGA:s analyscertifikat stod endast angivet ppm,

men de resultat som laboratorierna rapporterat är korrekta om de använda referensgaserna också var i mol-ppm. Om däremot de använda referensgaserna var i vol-ppm blir de uppmätta värdena ca 2,5 % för låga. Vid omräkning till mg/nm³ är det nödvändigt att veta om referensgasen är i mol-ppm eller vol-ppm eftersom olika omräkningsfaktorer måste användas (2,94 resp 2,86).

I tabell 1 och 2 har förutom medelvärden också spridningen (standardavvikelsen) för de uppmätta gaskoncentrationerna i de två referensgasblandningarna beräknats. Förutom den absoluta spridningen (i ppm) har som jämförelse den relativa spridningen (i % av ett realistiskt mätområde) angetts. Hållbarheten för referensgasblandningarna garanterades i 9 månader. Någon systematisk förändring av halterna under försökets gång kunde inte observeras. Det laboratorium som mätte först fick också göra en extra mätning allra sist. Skillnaden mellan mätresultaten låg inom felmarginalerna för fullt skalutslag (2 %; jfr tabell 8). Största skillnaden uppmättes helt naturligt för NO₂ och CO eftersom dessa ämnens koncentrationer var lägst i förhållande till mätområdet (störst relativt fel). Det var meningen att även AGA skulle kontrollera koncentrationerna då alla laboratorier hade mätt färdigt, men tyvärr försvann gastuberna någonstans i AGA:s flaskhantering och kunde inte återfinnas.

För att inte enstaka extremvärden skall få alltför stort genomslag på den totala bilden, har i tabell 3 och 4 den statistiska bearbetningen skett efter det att ett klart avvikande mätvärde har uteslutits.

Vid bestämningen av NO_x- och SO₂-halterna har ca hälften av laboratorierna använt samma typ av mätinstrument (Ecophysics resp Maihak). I tabell 5 - 7 har medelvärden och spridning beräknats separat för mätningarna med dessa instrument. Avvikelsen från den totala populationen (se tabell 1 och 2) är emellertid ringa.

Mätvärdena från provningsjämförelsen användes för att beräkna ett konfidensintervall (95 %) för referensgaskoncentrationerna enligt

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

där μ = det "sanna" medelvärdet, \bar{x} = medelvärdet av mätvärdena, s = standardavvikelsen och n = antalet mätvärden. Resultaten av dessa beräkningar samt motsvarande värden från AGA:s certifikat finns nedan.

Referensgastub 1

	<i>Provningsjämförelsen</i>	<i>AGA</i>
NO (ppm):	284,6 ± 3,2	291 ± 6
NO ₂ (ppm):	5,0 ± 1,6	1 ± 1
NO _x (ppm):	292,8 ± 3,3	292 ± 6
SO ₂ (ppm):	91,6 ± 1,9	87 ± 2
CO ₂ (vol-%):	15,13 ± 0,09	15,23 ± 0,31
CO (ppm):	43,5 ± 4,7	34,6 ± 0,7

Referensgastub 2

	<i>Provningsjämförelsen</i>	<i>AGA</i>
NO (ppm):	87,0 ± 2,0	87,6 ± 1,8
NO ₂ (ppm):	3,0 ± 1,8	4,2 ± 1,0
NO _x (ppm):	89,6 ± 1,1	91,8 ± 1,8
SO ₂ (ppm):	41,0 ± 1,8	42 ± 2
CO ₂ (vol-%):	10,02 ± 0,24	10,08 ± 0,20
CO (ppm):	101,9 ± 4,2	96,0 ± 1,9

De beräknade medelvärdena från provningsjämförelsen ligger i de flesta fall inom det koncentrationsintervall som AGA garanterar. Det är egentligen bara CO i referensgastub 1 som avviker något.

6. Felkällor

Mätfelen brukar indelas i

- systematiska fel, dvs fel som är lika stora vid varje mätning,
- tillfälliga fel, dvs felet varierar slumpmässigt både uppåt och nedåt,
- grova fel, dvs rena misstag vid mätningen.

I den genomförda provningsjämförelsen kan alla dessa typer av fel medverkat till att skillnader i gaskoncentrationerna har uppmätts. Viktiga systematiska fel är t ex skillnader i referensgaskoncentrationen samt olinjäritet i instrumenten.

Det tillfälliga felet kan bero på en rad oavhängiga småfel, t ex små avläsningsfel, att instrumenten inte är stabila (drifter) eller på interferenser från andra ämnen. Exempel på interferenser:

- a) Vid användandet av kemiluminescensinstrument för NO-mätningar är det viktigt att ta hänsyn till quenchingeffekten från CO₂, annars blir mätresultaten för låga. Hur kraftiga dessa störningar blir beror på halten och på instrumenttyp. I vissa fall måste därför en korrektion göras innan ett riktigt mätvärde erhålls. Inverkan av CO₂ på mätresultatet från ett visst instrument kan bara bestämmas om referensgasen innehåller både NO och CO₂. En jämförelse med mätsignalen för NO i kvävgas (och utan CO₂) ger ett mått på quenchingeffekten.
- b) Vid mätning med IR-instrument kan interferenser förekomma främst från vattenånga, vilket resulterar i ett för högt mätutslag.
- c) Vid mätning med UV-instrument kan SO₂, NO₂ och aromatiska föreningar interferera, vilket resulterar i ett för högt mätutslag.

7. Diskussion och slutsatser

Vissa av de analyserade gaserna låg i nedre delen av instrumentens mätområde. Detta gäller framför allt NO₂, men även CO och i viss mån SO₂ i referensgastub 1. Det stora problemet är NO₂ eftersom det i föreskrifterna sägs att det räcker att mäta NO och sedan göra ett schablonpåslag för NO₂ om NO₂-halten är $\leq 5\%$ av totala NO_x-halten. I referensgastub 2 uppmätte flera laboratorier NO₂-halter som låg över eller mycket nära 5 %. I dessa fall är det NO_x-mätningar som enligt föreskrifterna skall utföras.

För kväveoxidbestämningar kan följande alternativ användas:

- a) Endast den totala NO_x-halten bestäms. I så fall slipper man alla diskussioner om fördelningen mellan NO och NO₂.
- b) NO_x och NO mäts, NO₂ är skillnaden mellan dessa mätvärden. Är mätvärdena för NO_x och NO stora och nästan lika, är det svårt att bestämma ett korrekt värde för NO₂. Vid provningsjämförelsen visade det sig att den totala NO_x-halten inte avvek signifikant från medelvärdet ens i de fall extremt höga NO₂-halter hade erhållits.
- c) NO och NO₂ mäts med separata, ämnesspecifika instrument. Detta är ett alternativ till b) som i regel bör ge en noggrannare bestämning av NO₂-koncentrationen eftersom NO₂ mäts specifikt. Mätområdet kan också anpassas till betingelserna på mätplatsen.

Alla dessa alternativ används i dagsläget. Något av Naturvårdsverket rekommenderat alternativ finns f n inte.

Av resultaten från provningsjämförelsen kan inte dras några slutsatser om att någon instrumenttyp eller mätprincip ger resultat som signifikant skiljer sig från det totala

medelvärde. Däremot är variationsbredden (skillnaden mellan högsta och lägsta värde) i många fall i största laget. Detta hänger samman med vad som beskrivs i avsnitt 6 (felkällor). Vad som måste eftersträvas är att minimera skillnaderna mellan mätlaboratorierna och i det sammanhanget är provningsjämförelser en viktig del. Som komplement skulle man kunna tänka sig att skicka runt referensgaser med kända halter ("rikslikare") som alla laboratorier kan kontrollera sina kalibrergaser mot.

Vid framtida provningsjämförelser måste man bestämma om resultaten behöver vara snabbt tillgängliga, t ex för att rätta till felaktigheter, eller om en uppläggning som den nu genomförda fyller sitt syfte. För att skynda på processen kan referensgasblandningarna delas upp på flera små tuber, men då mäter inte alla laboratorier på exakt samma gasprover. En samling av alla mätlaboratorier vid samma rökgaskanal är troligen en alltför stor, tidsödande och omständlig apparat med hänsyn till den ytterligare information en sådan mätkampanj kan ge.

Deltagande laboratorier

BME-Konsult AB
Att. Erik Persson
Nyckelpigegatan 11
745 44 ENKÖPING

Tel. 0171 - 271 22
Fax. 0171 - 271 22

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

Industriell Miljökontroll i Enköping AB
Att. Jan Törnqvist
Ekebygatan 2
745 37 ENKÖPING

Tel. 0171 - 296 00
Fax 0171 - 307 44

Kjellgren Miljöteknik AB (KMT)
Att. Lars-Gunnar Kjellgren
Box 35
577 21 HULTSFRED

Tel. 0495 - 100 80
Fax 0495 - 143 60

Kjessler & Mannerstråle AB
Att. Thomas Nyström
Box 1083
581 10 LINKÖPING

Tel. 013 - 23 36 00
Fax 013 - 12 17 28

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

Tel. 0171 - 382 20
Fax 0171 - 393 77

Miljökonsulterna i Studsvik AB (MKS)
Att. Tomas Öhrström
Box 154
611 24 NYKÖPING

Tel. 0155 - 22 25 00
Fax 0155 - 21 03 84

Miljömätarna i Linköping AB
Att. Christian Blomster
Gesällgatan 5
582 31 LINKÖPING

Tel. 013 - 10 28 26
Fax 013 - 12 12 02

Opsis Mätservice AB
Att. Ronald Karlsson
Box 244
244 02 FURULUND

Tel. 046 - 73 85 10
Fax 046 - 73 83 70

SP
Att. Lennart Gustavsson
Box 857
501 15 BORÅS

Tel. 033 - 16 50 00
Fax 033 - 13 19 79

Sydkraft Konsult AB
Att. Håkan Henriksson

205 09 MALMÖ

Tel. 040 - 25 50 00
Fax 040 - 97 47 74

VBB VIAK
Att. Hans-Erik Hultberg
Box 2203
403 14 GÖTEBORG

Tel. 031 - 62 75 00
Fax 031 - 62 77 22

ÅF-IPK AB
Att. Kjell Berndtsson
Box 47086
402 58 GÖTEBORG

Tel. 031 - 46 00 80
Fax 031 - 48 21 80

Petrokraft AB
Att. Lars Boman
Box 52092
400 25 GÖTEBORG

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

Stora Teknik AB
Att. Ingvar Eriksson

791 80 FALUN

Tel. 023 - 803 00
Fax 023 - 178 03

Vattenfall Utveckling AB
Att. Mats Sjöberg
Älvkarlebylaboratoriet
810 70 ÄLVKARLEBY

Tel. 026 - 882 00
Fax 026 - 728 20

ÅF-IPK AB
Att. Lars Andersson
Box 8309
104 20 STOCKHOLM

Tel. 08 - 657 10 00
Fax 08 - 653 91 36

Instrumentering

Ämne	Instrument	Typ	Mätprincip	Gasberedning alt. <i>in situ</i>	Antal
NO _x (+NO)	Monitor Labs	Model 8840	Kemiluminescens	Extraktiv, utspädning	2
	Hartman&Braun	Radas 1G	UV	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Ecophysics (Tecan)	Tecan CLD	Kemiluminescens	Extraktiv, kondenskyllare	10
	AAL	411	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Thermo Environment	Model 797	Kemiluminescens	Extraktiv, utspädning	1
NO	Opsis	AR600	UV	In situ	1
	Maihak	Unor 6N	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Leybold	Binos	IR	Extraktiv, kondenskyllare	2
NO ₂	Opsis	AR600	UV	In situ	1
	Leybold	Binos	UV	Extraktiv, kondenskyllare	2
SO ₂	Monitor Labs	Model 8850	UV-pulsfluorescens	Extraktiv, utspädning	3
	Hartman&Braun	Uras 3G	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Maihak	Unor 6N	IR	Extraktiv, kondenskyllare	7
	Opsis	AR600	UV	In situ	1
	Fuji	ZRC	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Leybold	Binos	IR	Extraktiv, kondenskyllare	2
	Bomem	BM 100	FTIR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Thermo Elektron	Model 40	UV-pulsfluorescens	Extraktiv, kondenskyllare	1

Ämne	Instrument	Typ	Mätprincip	Gasberedning alt. <i>in situ</i>	Antal
CO/CO ₂	Horiba	PIR 2000	IR	Extraktiv, kondenskyllare	2
	Hartman&Braun	Uras 10P	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Leybold	Binos	IR	Extraktiv, kondenskyllare	8
	Fuji	ZRU	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
CO	Maihak	Unor 6N	IR	Extraktiv, kondenskyllare	3
CO ₂	ADC	PM-3	IR	Extraktiv, kondenskyllare	1
	Maihak	Finor	IR	Extraktiv, kondenskyllare	4

Tabell 1. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll (september 1992 - mars 1993).
Referensgastub 1.

Lab nr	NO (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	NO ₂ /NO _x (%)	SO ₂ (ppm)	CO ₂ (vol-%)	CO (ppm)
1	282,5	1,5	284,0	0,53	95,0	15,21	38,0
2	286,0	5,0	291,0	1,72	95,0	15,10	44,0
3	276,0	8,0	284,0	2,82	95,0		
4	281,0	8,0	289,0	2,77	89,0	15,00	55,0
5	280,5	0,5	281,0	0,18	89,0		
6	278,0	4,0	281,0	1,42	98,0	15,50	52,0
7	281,0	3,0	284,0	1,06	95,0	15,00	42,0
8	283,0	11,0	294,0	3,74	93,4	15,20	44,0
9	281,0	6,0	287,0	2,09	91,0	15,20	39,0
10	293,0	9,0	302,0	2,98	84,0	15,00	16,0
11	280,0	2,0	282,0	0,71	89,0	15,40	48,0
12	284,0	4,0	288,0	1,39	91,0	15,00	38,0
13	296,0	1,0	297,0	0,34	91,0	15,20	42,0
14	283,0	0,5	283,5	0,18	90,0	14,88	37,0
15	291,0	3,0	294,0	1,02	95,0		37,0
16	300,0	0,0	300,0	0,00	93,4	15,00	50,0
17	282,0	0,5	282,5	0,18	84,0	15,10	43,0
AGA	291,0	1,0	292,0	0,34	87,0	15,23	34,6
Medel- värde	284,6	3,9	288,5	1,36	91,6	15,13	41,7
Sprid- ning(s)	6,57	3,40	6,77	1,16	3,91	0,17	9,04
s (%) ¹⁾	1,31	0,68	1,35	-	1,56	0,85	0,90
Antal värden	17	17	17	17	17	14	15
Max	300,0	11,0	302,0	3,74	98,0	15,50	55,0
Min	276,0	0,0	281,0	0,00	84,0	14,88	16,0

¹⁾ Spridningen i % av fullt skalutslag. Valda mätområden: NO, NO₂, NO_x = 0 - 500 ppm;
SO₂ = 0 - 250 ppm; CO₂ = 0 - 20 vol-%; CO = 0 - 1000 ppm.

Tabell 2. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll (september 1992 - mars 1993).
Referensgastub 2.

Lab nr	NO (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	NO ₂ /NO _x (%)	SO ₂ (ppm)	CO ₂ (vol-%)	CO (ppm)
1	87,0	0,5	87,5	0,57	43,0	10,12	97,0
2	88,0	4,0	92,0	4,35	44,0	10,30	110,0
3	85,0	4,0	89,0	4,49	43,0		
4	83,0	2,0	85,0	2,35	31,0	10,10	105,0
5	91,0	2,0	93,0	2,15	41,0		
6	72,0	17,0	89,0	19,10	47,0	11,50	108,0
7	85,0	4,0	89,0	4,49	44,0	10,10	108,0
8	84,0	5,4	89,4	6,04	42,1	9,60	101,0
9	84,0	5,0	89,0	5,62	41,0	10,20	103,0
10	89,0	4,0	93,0	4,30	34,0	9,90	90,0
11	88,0	2,0	90,0	2,22	39,0	10,25	106,0
12	88,0	5,0	93,0	5,38	41,0	10,10	102,0
13	87,0	4,0	91,0	4,40	41,0	9,90	94,0
14	86,0	2,0	88,0	2,27	41,0	9,95	98,0
15	86,0	3,0	89,0	3,37	43,0		100,0
16	89,2	0,5	89,5	0,56	42,6	9,80	119,0
17	86,0	1,0	87,0	1,15	40,0	10,00	87,0
AGA	87,6	4,2	91,8	4,58	42,0	10,08	96,0
Medel- värde	85,8	3,8	89,6	4,28	41,0	10,13	101,9
Sprid- ning(s)	4,13	3,73	2,23	4,19	3,74	0,44	8,15
s (%) ¹⁾	0,83	0,75	0,45	-	1,50	2,20	0,82
Antal värden	17	17	17	17	17	14	15
Max	91,0	17,0	93,0	19,10	47,0	11,50	119,0
Min	72,0	0,5	85,0	0,56	31,0	9,60	87,0

¹⁾ Spridningen i % av fullt skalutslag. Valda mätområden: NO, NO₂, NO_x = 0 - 500 ppm;
SO₂ = 0 - 250 ppm; CO₂ = 0 - 20 vol-%; CO = 0 - 1000 ppm.

Tabell 3. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll. Referensgastub 1. Lägsta CO-värdet uteslutet (jfr tabell 1).

CO	
Medelvärde (ppm)	43,5
Spridning (s, ppm)	5,80
s (%)	0,58
Antal värden	14
Max (ppm)	55,0
Min (ppm)	37,0

Tabell 4. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll. Referensgastub 2. Högsta NO₂- och CO₂-värdena uteslutna (jfr tabell 2).

	NO₂	CO₂
Medelvärde (ppm)	3,0	10,02
Spridning (s, ppm)	1,62	0,19
s (%)	0,32	0,95
Antal värden	16	13
Max (ppm)	5,4	10,30
Min (ppm)	0,5	9,60

Tabell 5. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll. Referensgastub 1. Jämförelse mellan Ecophysics (Tecan)-instrument för NO_x-bestämning (jfr tabell 1).

	NO	NO₂	NO_x	NO₂/NO_x
Medelvärde (ppm)	287,8	5,0	292,8	1,71
Spridning (s, ppm)	7,33	3,74	6,18	1,27
s (%)	1,47	0,75	1,24	-
Antal värden	9	9	9	9
Max (ppm)	300,0	11,0	302,0	3,74
Min (ppm)	281,0	0,0	284,0	0,00

Tabell 6. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll. Referensgastub 2. Jämförelse mellan Ecophysics (Tecan)-instrument för NO_x-bestämning (jfr tabell 2).

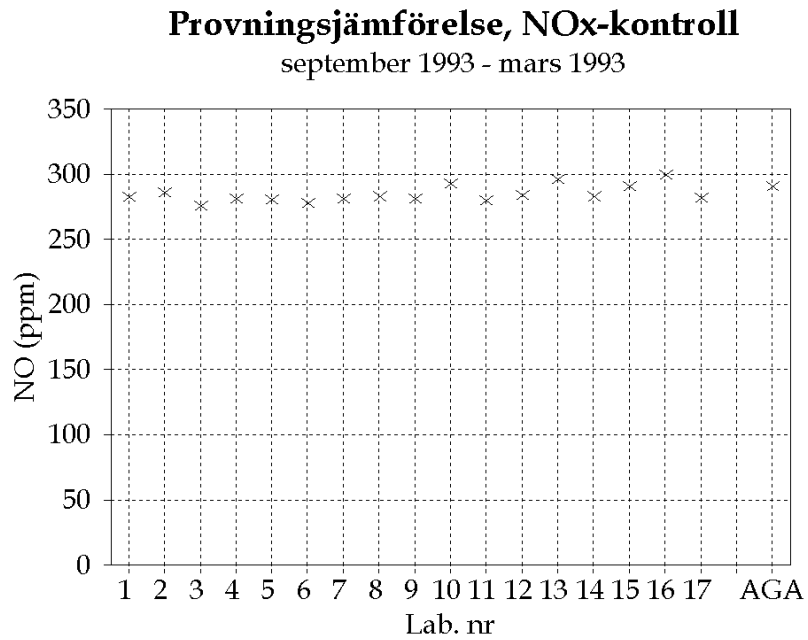
	NO	NO ₂	NO _x	NO ₂ /NO _x
Medelvärde (ppm)	86,1	3,7	89,8	4,06
Spridning (s; ppm)	2,29	1,59	2,43	1,74
s (%)	0,46	0,32	0,49	-
Antal värden	9	9	9	9
Max (ppm)	89,2	5,4	93,0	6,04
Min (ppm)	83,0	0,5	85,0	0,56

Tabell 7. Provningsjämförelse, NO_x-kontroll. Jämförelse mellan Maihak-instrument för SO₂-bestämning (jfr tabell 1 och 2).

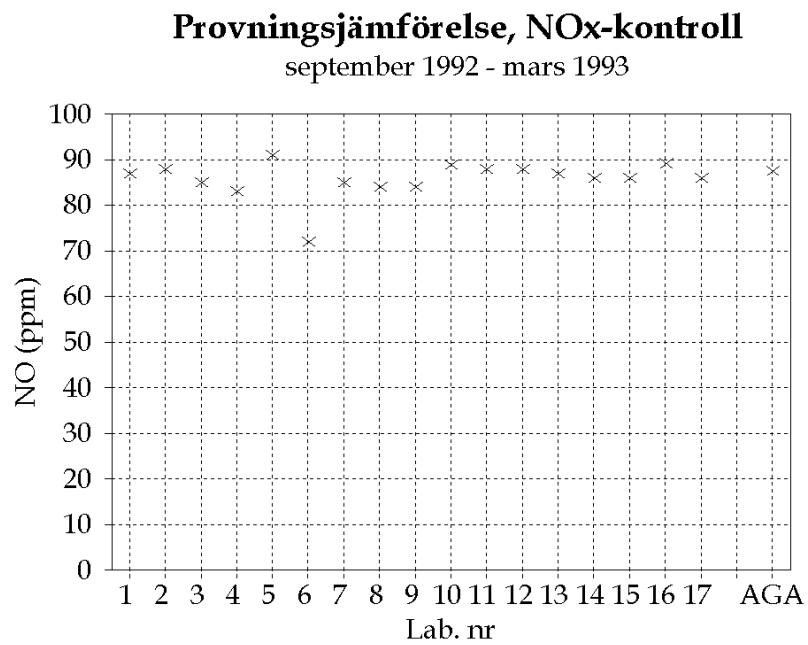
	SO ₂ (gastub 1)	SO ₂ (gastub 2)
Medelvärde (ppm)	90,5	39,0
Spridning (s; ppm)	3,51	4,59
s (%)	1,40	1,77
Antal värden	7	7
Max (ppm)	95,0	43,0
Min (ppm)	84,0	31,0

Tabell 8. Analysresultat från mätningar utförda av samma laboratorium före och efter provningsjämförelsen.

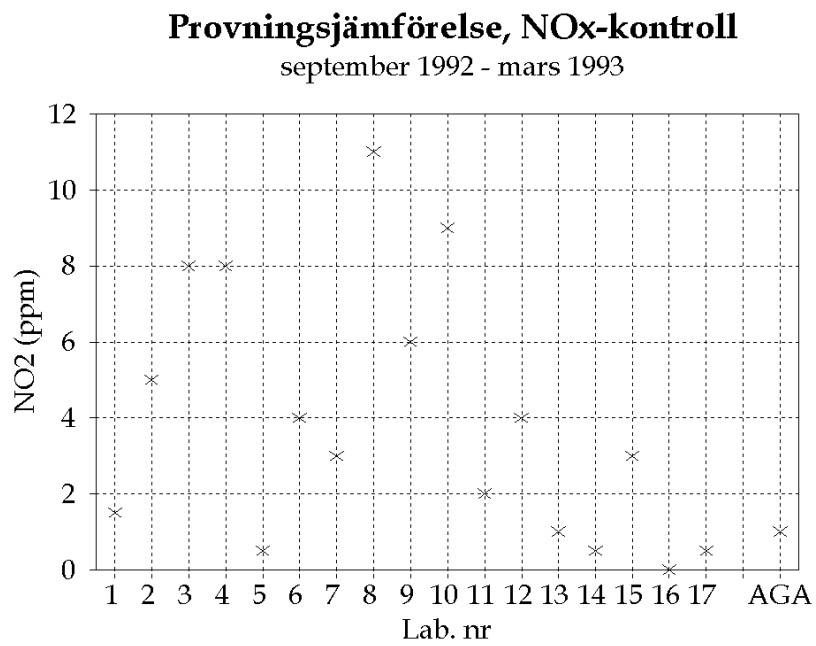
	<i>Referensgastub 1</i>		<i>Referensgastub 2</i>	
	Före	Efter	Före	Efter
NO (ppm):	286	286	88	88
NO ₂ (ppm):	5	2	4	0
NO _x (ppm):	291	288	92	88
SO ₂ (ppm):	95	94	44	42
CO ₂ (vol-%):	15,1	15,1	10,3	10,2
CO (ppm):	44	39	110	99



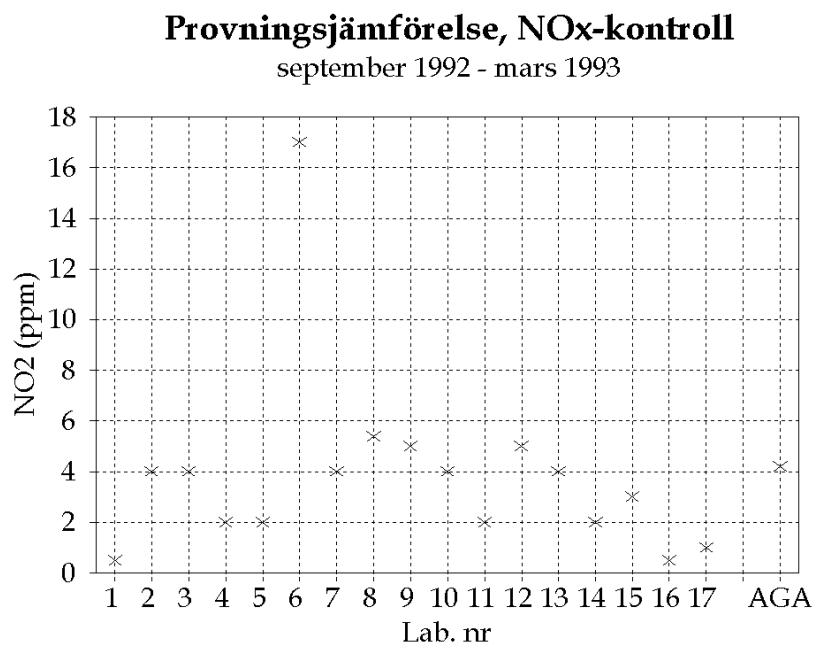
Figur 1. NO (ppm). Referensgastub 1



Figur 2. NO (ppm). Referensgastub 2



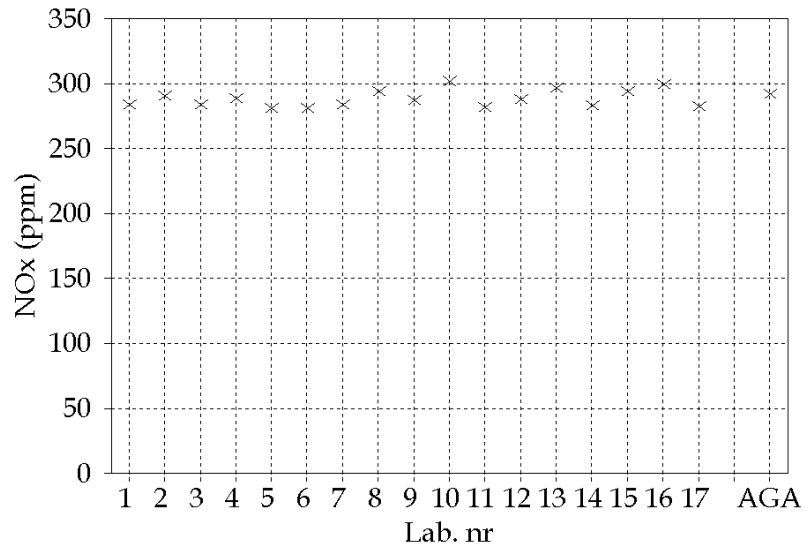
Figur 3. NO₂ (ppm). Referensgastub 1



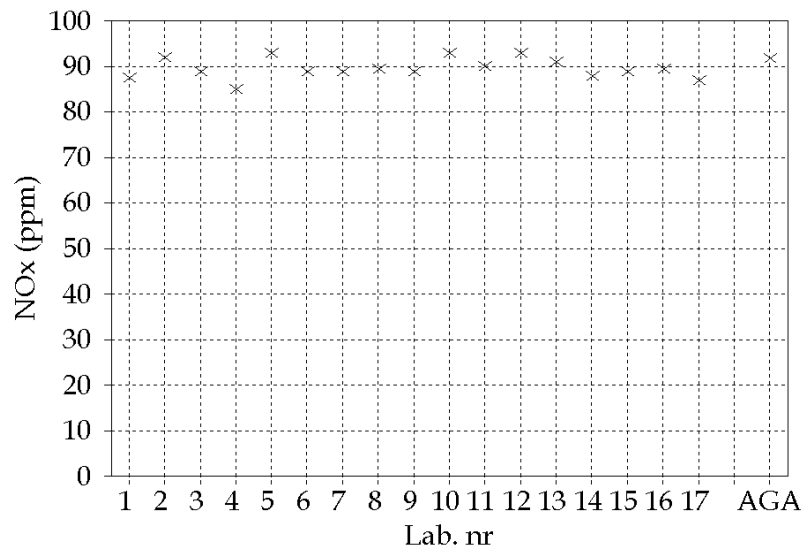
Figur 4. NO₂ (ppm). Referensgastub 2

Provningsjämförelse, NOx-kontroll

september 1992 - mars 1993

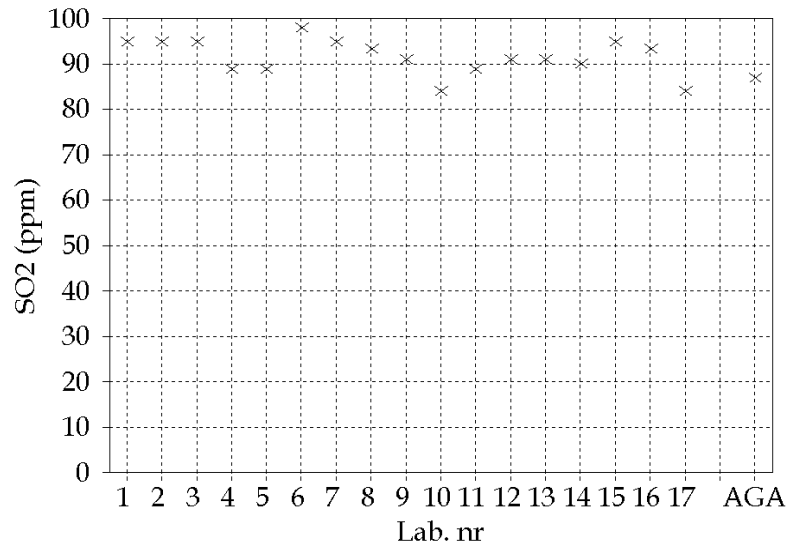
**Figur 5.** NOx (ppm). Referensgastub 1**Provningsjämförelse, NOx-kontroll**

september 1993 - mars 1993

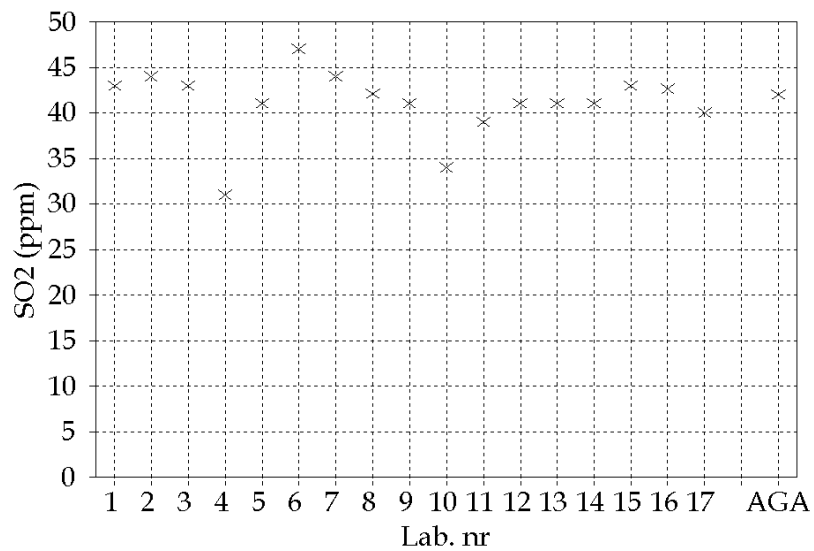
**Figur 6.** NOx (ppm). Referensgastub 2

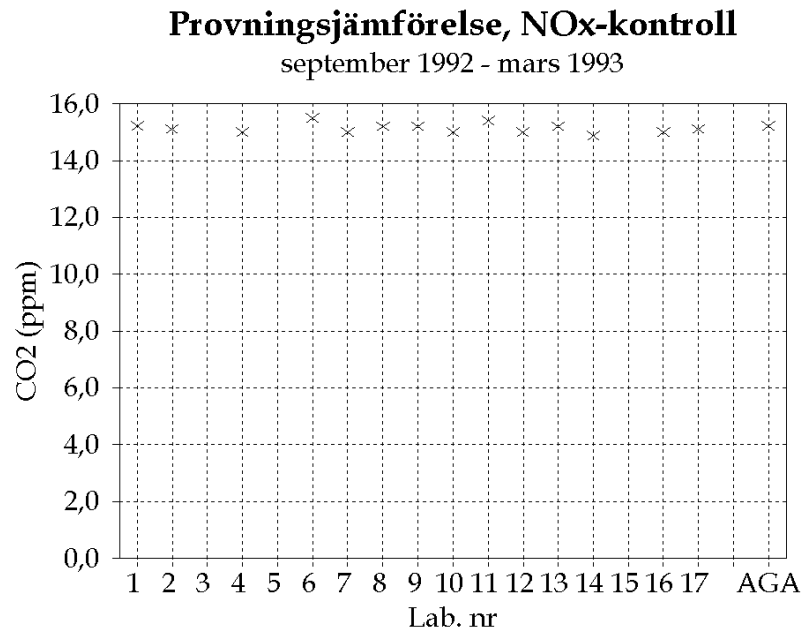
Provningsjämförelse, NO_x-kontroll

september 1992 - mars 1993

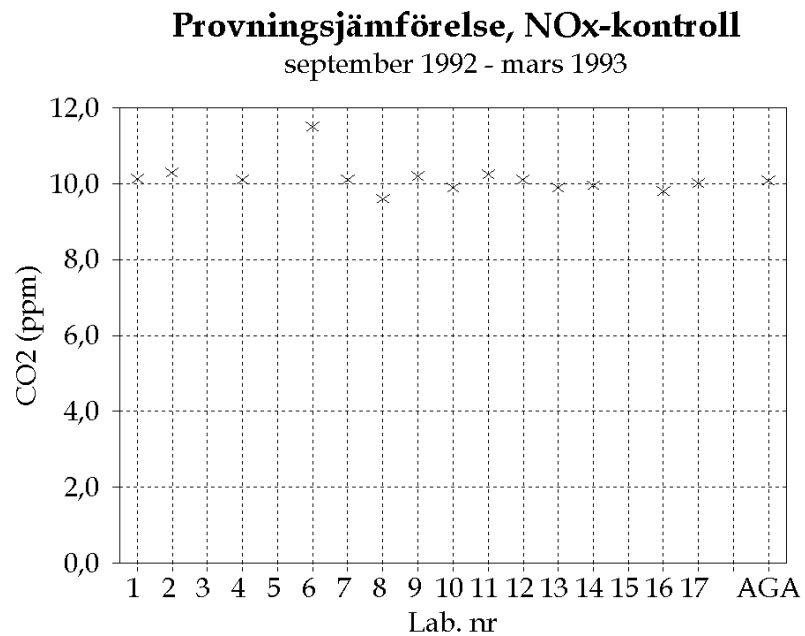
**Figur 7.** SO₂ (ppm). Referensgas 1**Provningsjämförelse, NO_x-kontroll**

september 1992 - mars 1993

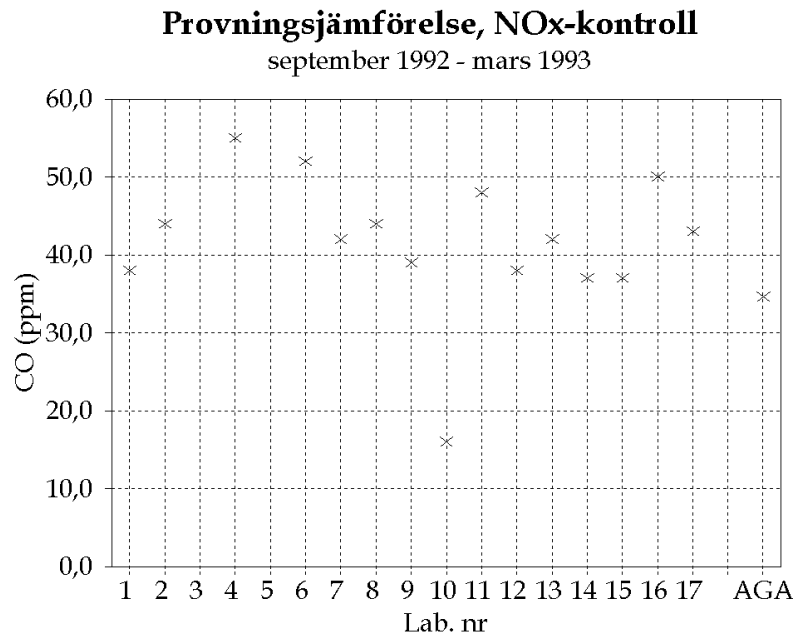
**Figur 8.** SO₂ (ppm). Referensgas 2



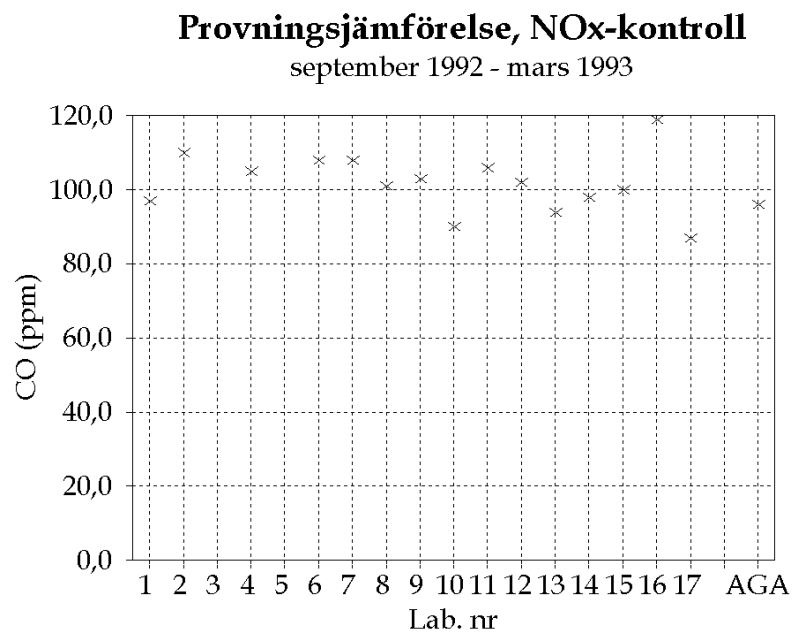
Figur 9. CO₂ (ppm). Referensgastub 1



Figur 10. CO₂ (ppm). Referensgastub 2



Figur 11. CO (ppm). Referensgastub 1



Figur 12. CO (ppm). Referensgastub 1



INSTITUTET FÖR TILLÄMPAD MILJÖFORSKNING VID STOCKHOLMS UNIVERSITET

171 85 SOLNA

Telefon 08 - 799 15 15 vx - Fax 08 - 28 78 29



LUFTLABORATORIET

LABORATORIET FÖR AKVATISK MILJÖKEMI

LABORATORIET FÖR ANALYTISK MILJÖKEMI

LABORATORIET FÖR AKVATISK EKOTOXIKOLOGI