

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
6. måling på Jetsmark Energiværk

Målerapport 725.40

Januar 2006

Jenbacher J620 GS E11

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

6. måling på Jetsmark Kraftvarmeværk

Jenbacher J620 GS E11

Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 09.01.2006

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd
kat\HAN_SDA\Målerapporter\Jetsmark6\Jetsmark241105.doc

Sagsnavn : Dokumentation af formaldehydkatalysator

Brug af DGC's navn ved markedsføring og gengivelse af prøvningsrapporten med prøvningsresultater ud over i sin helhed er ikke tilladt uden DGC's skriftlige tilladelse.

Rapporten er kun gældende for det afprøvede apparat eller anlæg, som det er stillet til rådighed af klienten for prøvningen og i den tilstand, som det er beskrevet i denne rapport.

Bemærk: Alle usikkerheder angivet i denne rapport er absolutte på 95% konfidensniveau, medmindre andet er nævnt. Usikkerheder på emissionsværdier er uden prøvetagningsusikkerhed medmindre andet er nævnt.

Oktober 2003

Indholdsfortegnelse**Side**

1 Udførte målinger og resultater	4
2 Rekvirent.....	7
3 Opgavebeskrivelse	8
4 Anlægsbeskrivelse	9
4.1 Data for gasmotor	9
5 Måleresultater	10
5.1 Emission.....	10
5.2 Øvrige driftsdata	11

1 Udførte målinger og resultater

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 24.11.2005 udført miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

Der er udført emissionsmålinger før og efter katalysator af hver en times varighed ved fuldlastdrift.

Emissionsmålingen er udført som akkrediteret prøvning med DGC's måleudstyr, kalibreret før og kontrolleret efter målingen med medbragte certificerede prøvegasser. Måleresultaterne er registreret på computer ved hjælp af datalogger. Der rapporteres her måleresultater for følgende røggaskomponenter:

- O₂
- CO
- NO (korttidsmåling)
- NO_x (summen af NO og NO₂)
- UHC (uforbrændt kulbrinte)

Der er yderligere foretaget følgende analyser af røggassen til bestemmelse af:

- Aldehyder

Røggasudtaget før katalysator er placeret i røggaskanal umiddelbart efter motoren, udtaget efter katalysator er placeret efter lyddæmper og røggasveksler umiddelbart inden tilgang til skorsten.

I Tabel 1a og 1b er angivet timemiddelværdier for CO-, NO_x- og UHC-emissioner (uforbrændt kulbrinte). Værdierne refererer til tør røggas.

*Tabel 1a: Timemiddelværdi for gasmotor før katalysator
(tør røggas)*

		Gennemsnit, middelværdier før katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,6 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	977 ± 60 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	282 ± 16 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1815 ± 86 ³⁾

1) Omregnet til 5%-vol. O₂

2) NO + NO₂, NO vægtmæssigt regnet som NO₂

3) Inkl. usikkerhed på iltmåling

4) Total kulbrinte, C-ækvivalent

*Tabel 1b: Timemiddelværdi for gasmotor efter katalysator
(tør røggas)*

		Gennemsnit, middelværdier efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,5 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	26 ± 6 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	304 ± 14 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1708 ± 83 ³⁾

1) Omregnet til 5%-vol. O₂

2) NO + NO₂, NO vægtmæssigt regnet som NO₂

3) Inkl. usikkerhed på iltmåling

4) Total kulbrinte, C-ækvivalent

I Tabel 2a og 2b er angivet analyseresultaterne for aldehyder i røggassen.

Tabel 2a Analyseresultater af aldehyd i røggas før katalysator

	Emission¹⁾	Usikkerhed
	Middel	
	[mg/m ³ n]	[mg/m ³ n]
Formaldehyd	93,29	± 6,93
Acetaldehyd	6,59	± 0,49
Acrolein	0,361	± 0,027
Propanal	0,497	± 0,037
Acetone	0,565	± 0,042
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O₂.

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

Tabel 2b Analyseresultater af aldehyd i røggas efter katalysator

	Emission¹⁾	Usikkerhed
	Middel	
	[mg/m ³ n]	[mg/m ³ n]
Formaldehyd	41,81	± 3,10
Acetaldehyd	3,04	± 0,23
Acrolein	0,0051	± 0,0004
Propanal	0,170	± 0,013
Acetone	0,621	± 0,046
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O₂.

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

2 Rekvirent

Styregruppen for projektet:

Miljødokumentation af katalytisk reduktion af formaldehyd

PSO nr. 5230

DGC projektnummer 725.40

3 Opgavebeskrivelse

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 24.11.2005 udført energi- og miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”. Målingerne er udført af Steen Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

Jetsmark Energiværk var under målingerne repræsenteret ved Henrik Sjølund.

4 Anlægsbeskrivelse

For anlægsbeskrivelse henvises til rapport af 29.03.2004 vedrørende 1. måling på Jetsmark energiværk.

4.1 Data for gasmotor

Gasmotor:

Driftstimental, motor: 13004

Driftstimental, katalysator: 7129

Idriftsættelse: Februar 2003 (katalysator isat februar 2004)

Tændvinkel: 21,0° FTDP

5 Måleresultater

5.1 Emission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i røggaskanal umiddelbart efter motoren, udtaget efter katalysator er placeret efter katalysator, lyddæmper og røggasvekslere umiddelbart inden tilgang til skorsten.

Timemiddelværdier for emissionsmålingerne fremgår af tabel 3. Alle anførte måleværdier refererer til tør røggas. Måleværdierne er vist grafisk på side 12 – 13.

Tabel 3 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,6 ± 0,3	11,5 ± 0,3
CO	[ppm]	458 ± 25	12 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	80 ± 4	87 ± 3
UHC ²⁾	[ppm]	1986 ± 71	1880 ± 69

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 29 %-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 86%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 403 °C og ca. 52 °C efter.

Bestemmelse af usikkerhed for målingerne fremgår af usikkerhedsbudgetter side 14 - 15.

5.2 Øvrige driftsdata

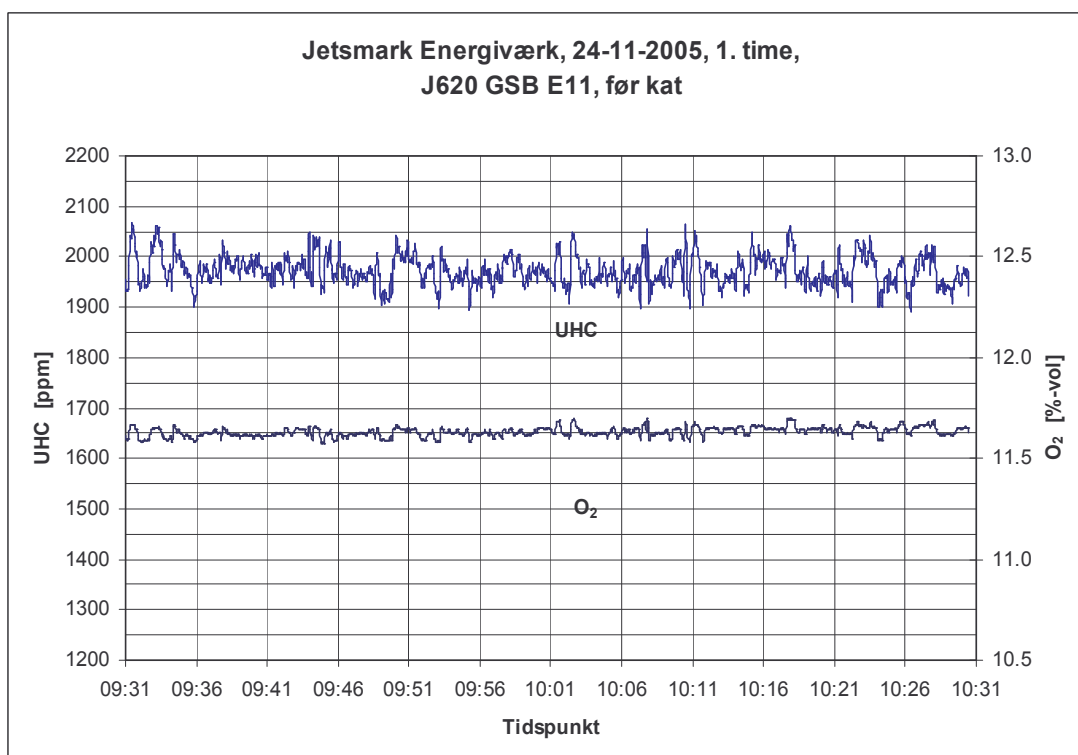
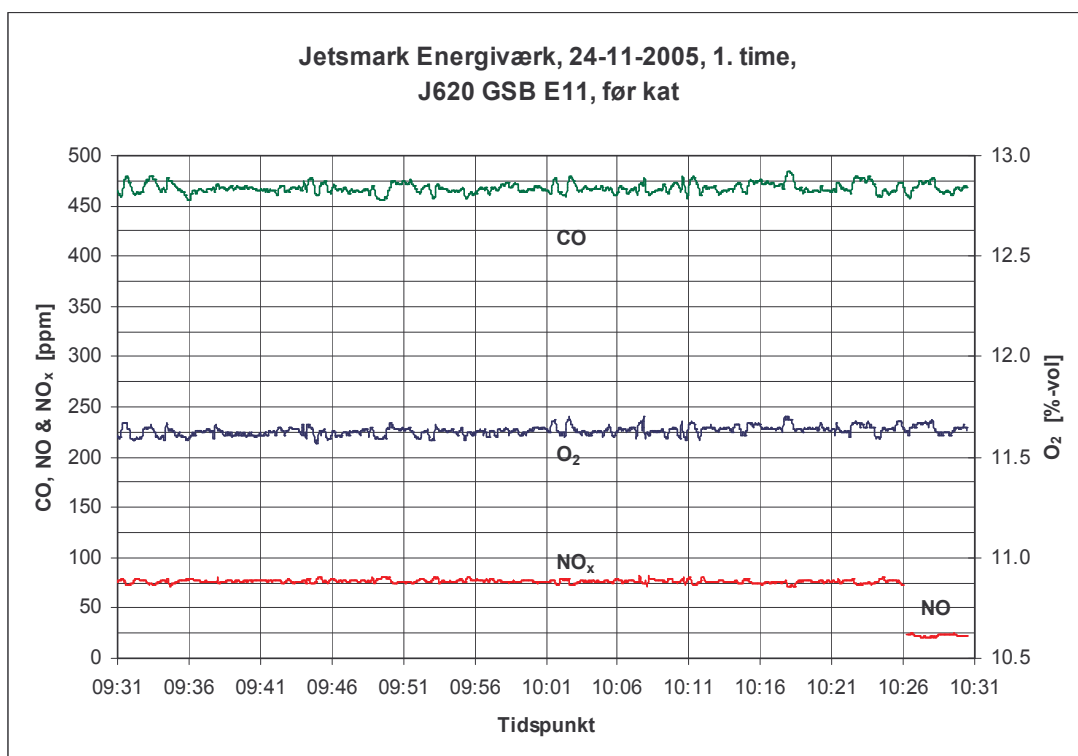
I Tabel 4 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

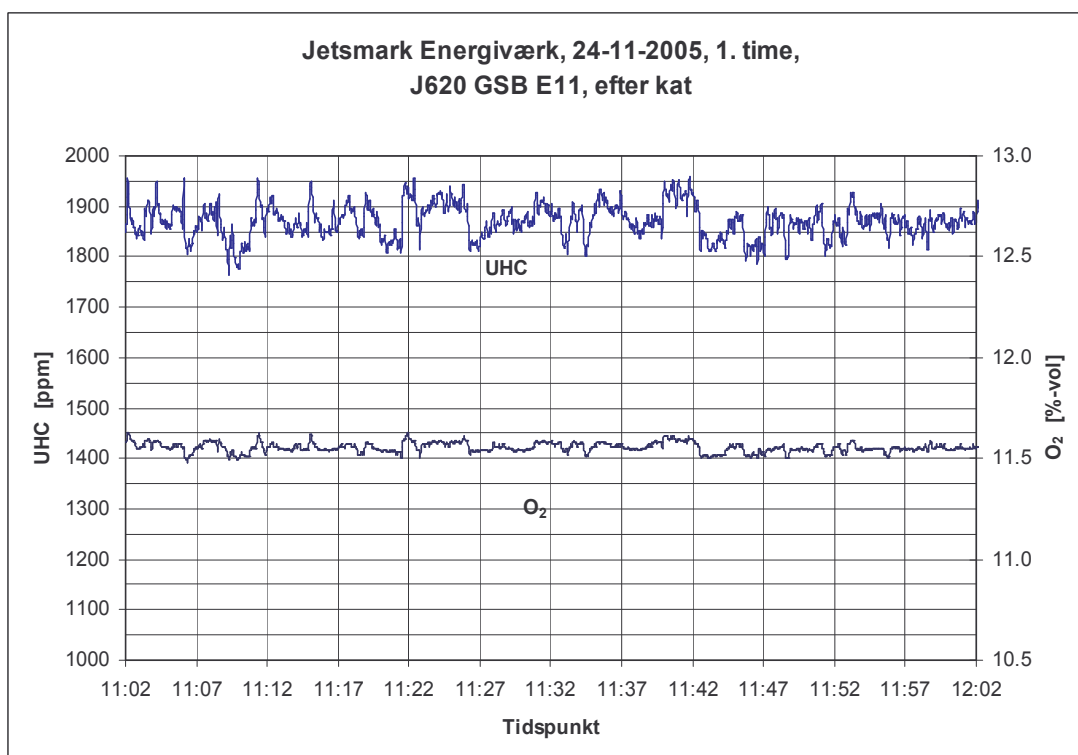
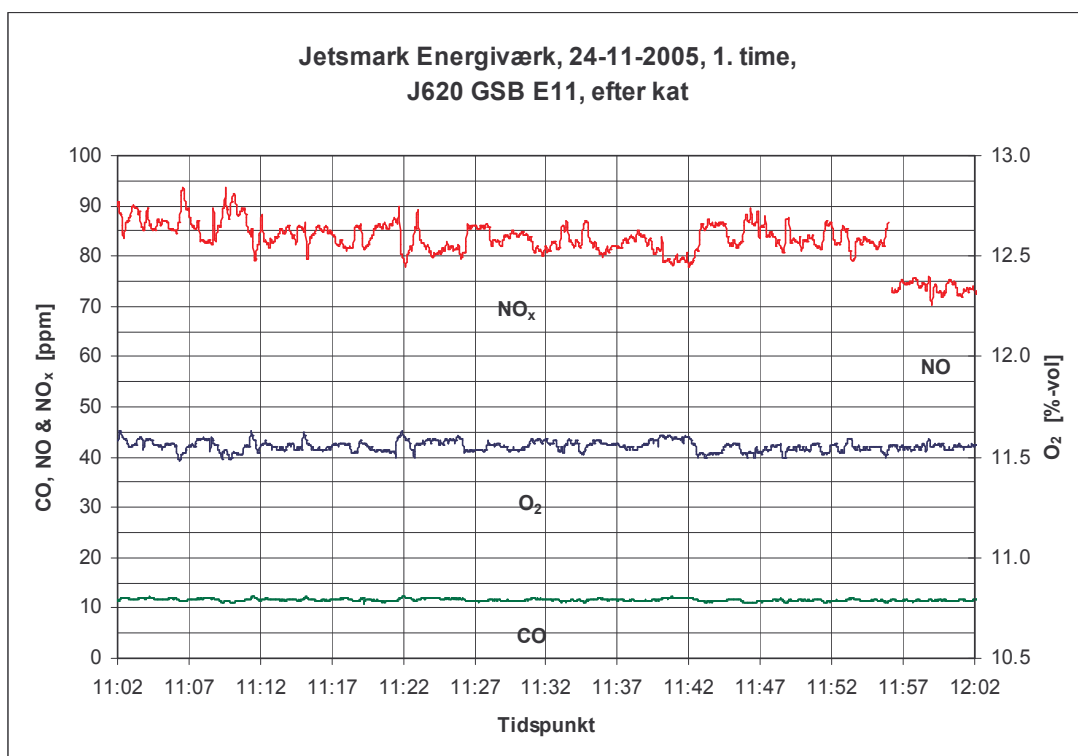
Tabel 4 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	7
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	92
Barometerstand²⁾	[hPa]	1005
Temperatur, motorcelle²⁾	[°C]	27
Relativ fugtighed, motorcelle²⁾	[% RH]	42
cos ϕ	-	0,99
Aktuel last	[kW]	2735
Kølevandstemp.¹⁾	[°C]	85
Kølevandstryk¹⁾	[bar]	1,4
Smøreolietemp.¹⁾	[°C]	67
Smøreolietryk¹⁾	[bar]	4,1
Blandingstemp.¹⁾	[°C]	40
Ladelufttryk¹⁾	[bar]	3,4
Mixerposition¹⁾	[%]	45
Udstødsgennemsnit¹⁾	[°C]	459
Δp katalysator	mbar	990

1) Baseret på de på værket installerede målere / SRO-anlæg

2) Aflæst på DGC's medbragte måleinstrumenter

Måleværdier, grafisk præsentation, før katalysator

Måleværdier, grafisk præsentation, efter katalysator

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger før katalysator

Jetsmark Energiværk / 24-11-2005

1. time

J620 GSB E11, før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	24	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.6
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	25
Linieritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3

O2-effekt ved omregning: $\pm (1 - (20.95 - O_2 \text{ mid.}) / (20.95 - O_2 \text{ min.})) * 100$ ± % rel. 3.1

CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):				
Måleområde, fs *):		ppm	458	977 mg/m ³ n ved 5%O ₂
		ppm	1999	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs			2.2
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	25	0.3
Linieritet:	± 1 % fs			4.4
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	24.2	52 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	28.1	60 mg/m ³ n ved 5%O ₂

*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas

NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):				
Måleområde, fs:		ppm	77	
		ppm	100	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs			1.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	25	2.0
Linieritet:	± 1 % fs			1.3
NO		NO ppm	22	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	54	3.5
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.4	0.1
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5	0.5
Tværfølsomhed NH3:	+0.6*NH3ppm ± 0.2*NH3ppm % abs.	NH3 ppm	0	0.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
NOx korrigeret:		ppm	80.0	282 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	3.9	14 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	4.7	16 mg/m ³ n ved 5%O ₂

UHC-måling (AAL. 523):				
Måleområde, fs:		ppm	1986	1815 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
		ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)			1.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	25	2.0
Linieritet:	± 1 % fs			1.3
Repetérbarhed:	± 1 % fs			1.3
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	70.9	65 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	94.3	86 mg C/m ³ n ved 5%O ₂

UHC i % af indfyret	% af indf.	3.60
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.63
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.17

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetsmark Energiværk / 24-11-2005

1. time

J620 GSB E11, efter kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	24	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.5
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3

O2-effekt ved omregning: $\pm (1 - (20.95 - O_2 \text{ mid.}) / (20.95 - O_2 \text{ min.})) * 100$ ± % rel. 3.2

CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):		ppm	12
		ppm	240
Temperatur:	± 0.5 % fs		9.7
Linieritet:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 1 % fs		19.5
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.7

26 mg/m³n ved 5%O₂6 mg/m³n ved 5%O₂6 mg/m³n ved 5%O₂

*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas

NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):			
Måleområde, fs:		ppm	85
		ppm	100
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.2
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 1 % fs		1.2
NO		NO ppm	73
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	13
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.4
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5
Tværfølsomhed NH3:	+0.6*NH3ppm ± 0.2*NH3ppm % abs.	NH3 ppm	0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
NOx korrigeret:		ppm	86.6
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.9
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	4.0

304 mg/m³n ved 5%O₂10 mg/m³n ved 5%O₂14 mg/m³n ved 5%O₂

UHC-måling (AAL. 523):			
Måleområde, fs:		ppm	1880
		ppm	2500
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)		1.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 1 % fs		1.3
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.3
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	68.6
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	91.2

1708 mg C/m³n ved 5%O₂62 mg C/m³n ved 5%O₂83 mg C/m³n ved 5%O₂

UHC i % af indfyret	% af indf.	3.40
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.73
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.16