

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
3. måling på Jetsmark Energiværk

Målerapport 725.40

September 2004

Jenbacher J620 GS E11

For ydelser af enhver art udført af Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) gælder:

- *at DGC er ansvarlig i henhold til "Almindelige bestemmelser for teknisk rådgivning & bistand (ABR 89)", som er vedtaget for opgaven, med mindre andet aftales skriftligt.*
- *at erstatningsansvaret for fejl, forsømmelser eller skader over for rekvirenten eller tredjemand gælder pr. ansvarspådragende fejl eller forsømmelse. Ansvaret er dog altid begrænset til maksimum 100% af det vederlag, som DGC har modtaget for den pågældende opgave. Rekvirenten holder DGC skadesløs for alle tab, udgifter og erstatningskrav, der måtte overstige DGC's hæftelse.*
- *at DGC skal - uden begrænsning - omlevere egne ydelser i forbindelse med fejl, mangler og forsømmelser i DGC's materiale. Dette gælder dog ikke længere end 5 år fra opgavens udførelse.*
- *at rekvirenten er ansvarlig for, at de iht. lov gældende sikkerheds- og arbejdsmiljøregler hos rekvirenten kan overholdes af DGC i forbindelse med opgavens udførelse. Såfremt DGC må standse, afbryde og/eller udsætte en opgave, fordi disse regler ikke kan overholdes, må rekvirenten bære DGC's eventuelle ekstraomkostninger i forbindelse hermed.*

Marts 2000

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

3. måling på Jetsmark Energiværk

Jenbacher J620 GS E11

Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Henrik Andersen og Steen Andersen

Dato for udgivelse : 09.09.2004

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd
kat\HAN_SDA\Målerapporter\Jetsmark3\Jetsmark110804.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 11.08.2004 udført energi- og miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

Ydelsesdata rapporteres ikke i denne rapport, da dokumentationsprojektet alene vedrører miljømæssige forhold ved katalysatoren.

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 (kortidsmåling)
- 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-, UHC- (uforbrændt kulbrinte) og CO₂-emissioner. Værdierne refererer til tør røggas.

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

		Gennemsnit, middelværdier før katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,1 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	784 ± 53 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	346 ± 20 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1412 ± 69 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.]	11,1 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	19 ± 6 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	362 ± 19 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1343 ± 67 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	92,72	± 6,87
Acetaldehyd	5,52	± 0,41
Acrolein	0,109	± 0,008
Propanal	0,42	± 0,03
Acetone	0,55	± 0,04
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal	0,40	± 0,03
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	36,13	± 2,68
Acetaldehyd	2,13	± 0,16
Acrolein ²⁾	-	-
Propanal	0,14	± 0,01
Acetone	0,32	± 0,02
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal	0,032	± 0,002
Benzaldehyd ³⁾	-	-

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

2) Under detektionsgrænsen.

3) 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 11.08.2004 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:

Driftstimetotal, motor: 8277

Driftstimetotal, katalysator: 2402

Idriftsættelse: Februar 2003

Tændvinkel: 20,1 – 20,9° FTDP (varierer under drift)

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 5. Alle anførte måleværdier refererer til tør røggas. Måleværdierne er vist grafisk på side 12 – 13.

Tabel 5 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,1 ± 0,3	11,1 ± 0,3
CO	[ppm]	385 ± 24	10 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	103 ± 5	108 ± 5
UHC ²⁾	[ppm]	1618 ± 63	1545 ± 62

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 41%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 91%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 418°C og ca. 50°C efter.

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

5.2 Øvrige driftsdata

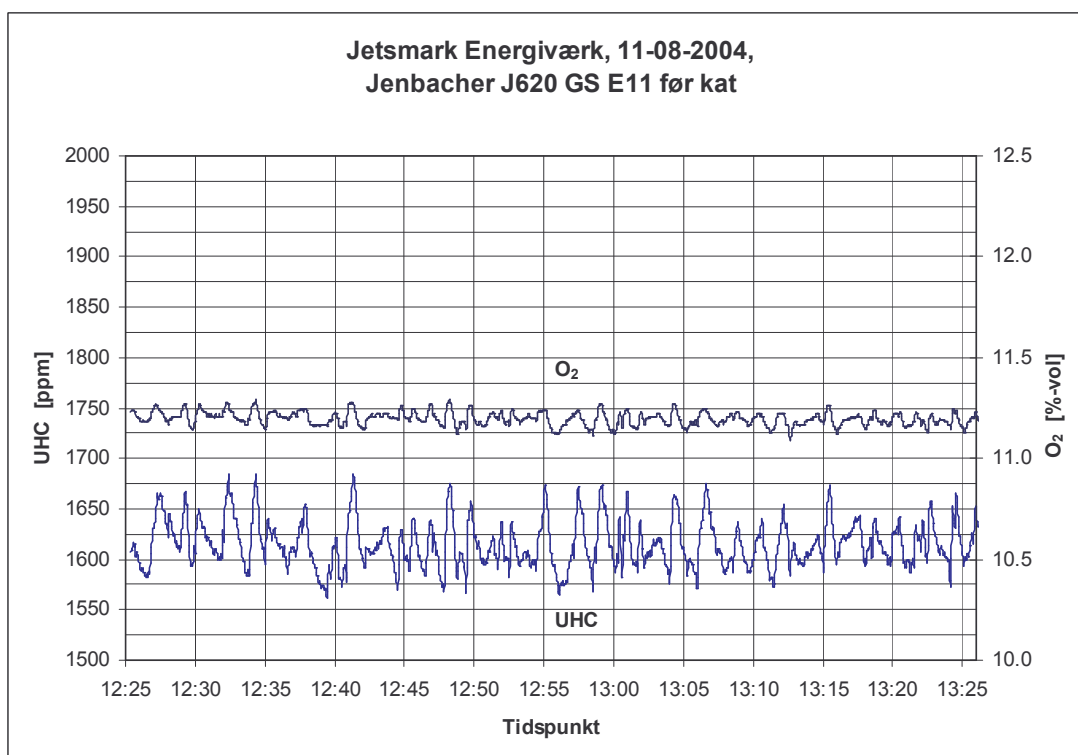
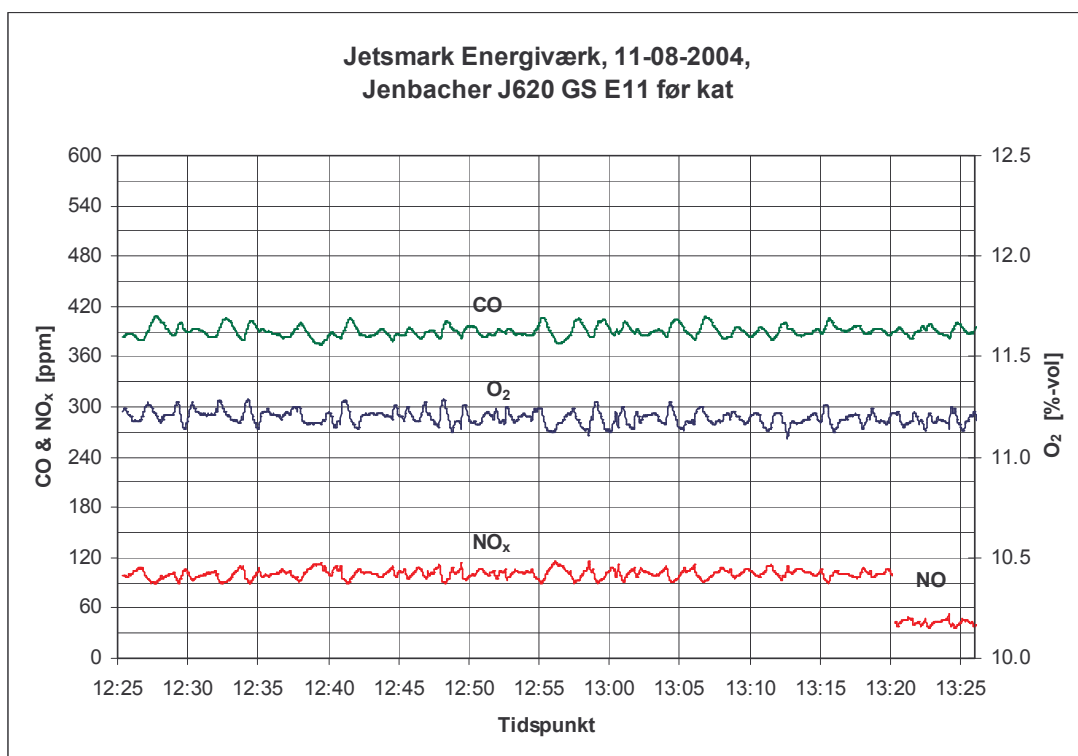
I Tabel 6 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

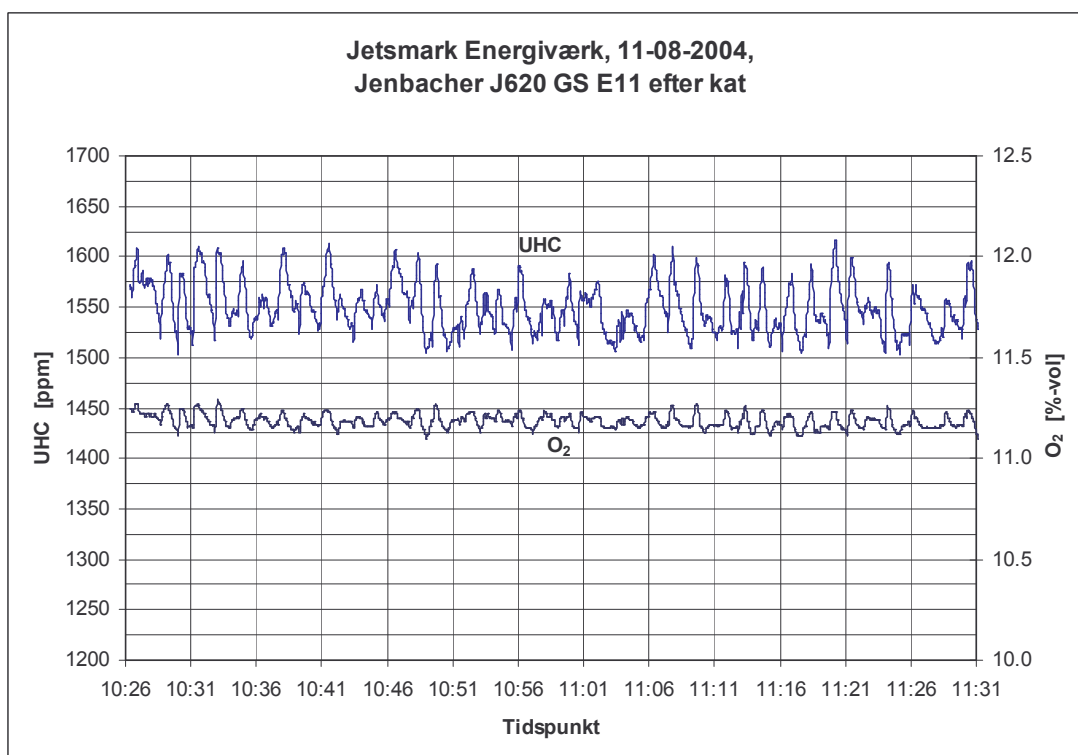
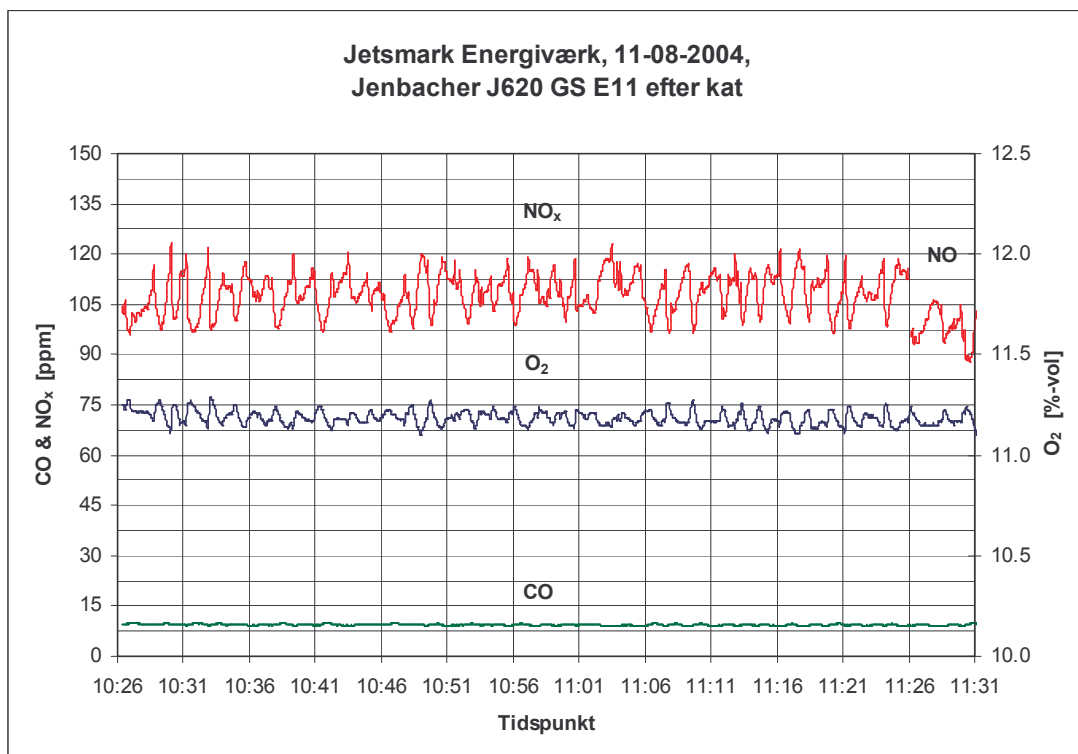
Tabel 6 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	25
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	55
Barometerstand²⁾	[hPa]	1017
Aktuel last	[kW]	2743 - 2796
Kølevandstemp.¹⁾	[°C]	84
Kølevandstryk¹⁾	[bar]	1,4
Smøreolietemp.¹⁾	[°C]	66
Smøreolietryk¹⁾	[bar]	4,1
Blandingstemp.¹⁾	[°C]	42
Ladelufttryk¹⁾	[bar]	3,3
Mixerposition¹⁾	[%]	44
Udstødsgennemsnit¹⁾	[°C]	460

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 / 11-08-2004

1. time

Jenbacher J620 GS E11 før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	27	
O₂-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.1
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	27
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O ₂ -effekt ved omregning: ± (1 - (20.95-O ₂ mid.)/(20.95-O ₂ min.))*100		± % rel.	3.0
CO-måling (Hartmann & Braun. URAS 14):			
Måleområde, fs *):		ppm	385
		ppm	1990
	± 0.5 % fs		2.6
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	27
Liniaritet:	± 1 % fs		5.2
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	23.5
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	26.2
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:		ppm	100
		ppm	250
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		2.5
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	27
Liniaritet:	± 1 % fs		2.5
NO		NO ppm	41
NO ₂ konvertering:	- 0.03*NO ₂ ppm ± 0.03*NO ₂ ppm abs.	NO ₂ ppm	59
Tværfølsomhed CO ₂ :	- 0.1*CO ₂ % ± 0.1 % rel.		5.6
Tværfølsomhed H ₂ O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5
Tværfølsomhed NH ₃ :	+0.6*NH ₃ ppm ± 0.2*NH ₃ ppm % abs.	NH ₃ ppm	0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
NOx korrigeret:		ppm	102.5
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.0
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.9
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:		ppm	1618
		ppm	2500
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)		1.5
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	27
Liniaritet:	± 1 % fs		1.5
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.5
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	63.0
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	79.3
UHC i % af indfyret		% af indf.	2.83
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	4.81
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.14

784 mg/m³n ved 5%O₂48 mg/m³n ved 5%O₂53 mg/m³n ved 5%O₂346 mg/m³n ved 5%O₂17 mg/m³n ved 5%O₂20 mg/m³n ved 5%O₂1412 mg C/m³n ved 5%O₂55 mg C/m³n ved 5%O₂69 mg C/m³n ved 5%O₂

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetsmark Energiværk / 11-08-2004

1. time

Jenbacher J620 GS E11 efter kat

USIKKERHEBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	26	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed: ± 0.2 % abs.	vol.%	11.1	1.8
Temperatur: ± (0.05+0.2*(t rum-t cal)) % rel.	t rum °C	27	0.3
Liniaritet: ± 0.2 % abs.			1.8
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.3
O2-effekt ved omregning: $\pm (1 - (20.95 - O2 \text{ mid.}) / (20.95 - O2 \text{ min.})) * 100$			
	± % rel.		3.0
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	10	19 mg/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	249	
Grund-usikkerhed: ± 0.5 % fs			13.0
Temperatur: ± (0.3*(t rum-t cal)) % rel.	t rum °C	27	0.3
Liniaritet: ± 1 % fs			26.1
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	6 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	6 mg/m ³ n ved 5%O ₂
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:	ppm	106	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed: ± 1 % fs			2.3
Temperatur: ± 2 % rel.	t rum °C	27	2.0
Liniaritet: ± 1 % fs			2.3
NO	NO ppm	96	
NO2 konvertering: - 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	11	0.3
Tværfølsomhed CO2: - 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.6	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	107.8	362 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	4.7	16 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	5.7	19 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	1545	1343 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed: ± 1 % fs (min. ± 1 ppm)			1.6
Temperatur: ± 2 % rel.	t rum °C	27	2.0
Liniaritet: ± 1 % fs			1.6
Repetérbarhed: ± 1 % fs			1.6
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	61.5	53 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	76.8	67 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret	% af indf.	2.69	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.88	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% point	0.13	