

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
5. måling på Gartneriet Hjortebjerg

Målerapport 725.40

Januar 2006

Caterpillar G 3520

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

5. måling på Gartneriet Hjortebjerg

Caterpillar G 3520

Steen Andersen

Titel : Gartneriet Hjortebjerg

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\Hjortebjerg5\Hjortebjerg281105.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 28.11.2005 udført miljømåling på en Caterpillar G3520 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet "Dokumentation af formaldehydkatalysatorer".

Målingerne er udført af Steen Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

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

Emissionsmålingerne 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 katalysatorhus umiddelbart inden katalysatorelementet, røggasudtaget efter katalysator er placeret efter lyd-dæmper og røggasveksler umiddelbart inden tilgang til skorsten.

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

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

		Gennemsnit, middelværdier før katalysator
O ₂	[%-vol.]	9,6 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	934 ± 50 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	397 ± 22 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1730 ± 74 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.]	9,5 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	16 ± 5 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	417 ± 18 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1538 ± 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	143,34	± 10,58
Acetaldehyd	6,93	± 0,51
Acrolein	0,869	± 0,064
Propanal	0,350	± 0,026
Acetone	0,353	± 0,026
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	16,66	± 1,23
Acetaldehyd	1,48	± 0,11
Acrolein ²⁾	-	-
Propanal	0,123	± 0,009
Acetone	0,117	± 0,009
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal ³⁾	-	-
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 28.11.2005 udført miljømåling på en Caterpillar G3520 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet "Dokumentation af formaldehydkatalysatorer".

Målingerne er udført af Steen Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

Denne målerapport er kvalitetssikret af Henrik Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

4 Anlægsbeskrivelse

For anlægsbeskrivelse henvises til rapport af 21.06.2004.

4.1 Data for gasmotor

Gasmotor:

Driftstimetal, motor: 12520

Driftstimetal, katalysator: 4872

Idriftsættelse: Motor 2002, katalysator maj 2004

5 Måleresultater

5.1 Emission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i katalysatorhus umiddelbart inden katalysatorelementet, røggasudtaget efter katalysator er placeret efter lyd-dæmper og røggasveksler 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.]	9,6 ± 0,3	9,5 ± 0,3
CO	[ppm]	530 ± 25	9 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	136 ± 7	144 ± 6
UHC ²⁾	[ppm]	2290 ± 78	2052 ± 73

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 30%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 89%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 450 °C og ca. 90 °C efter.

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

5.2 Øvrige driftsdata

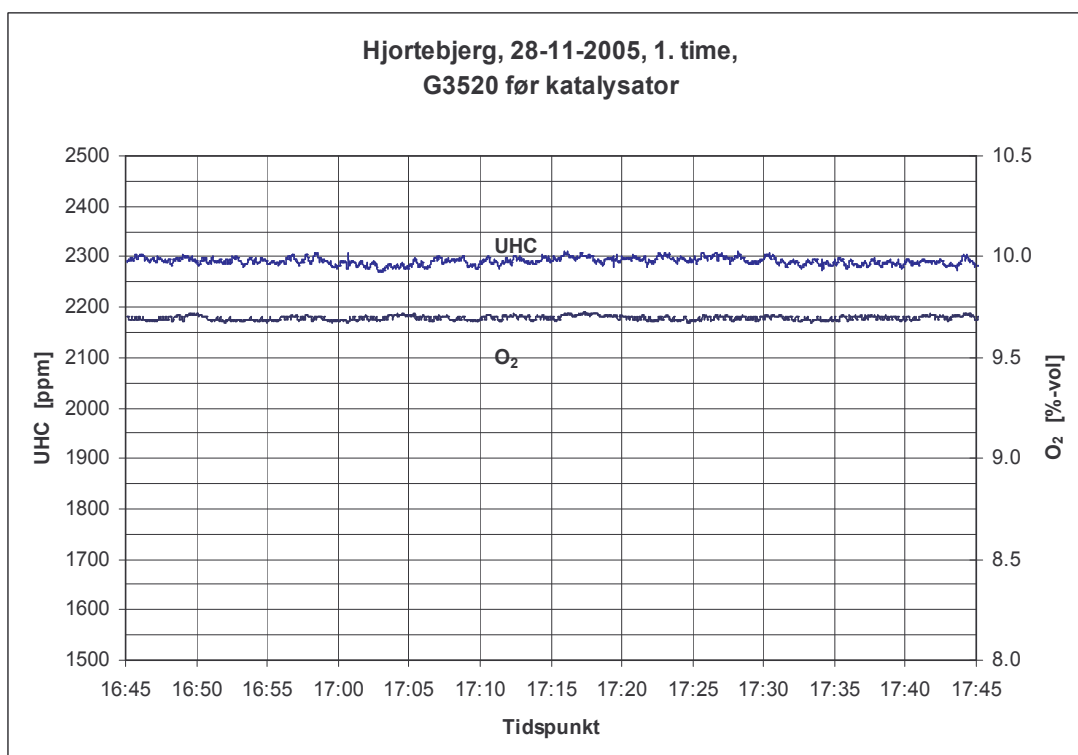
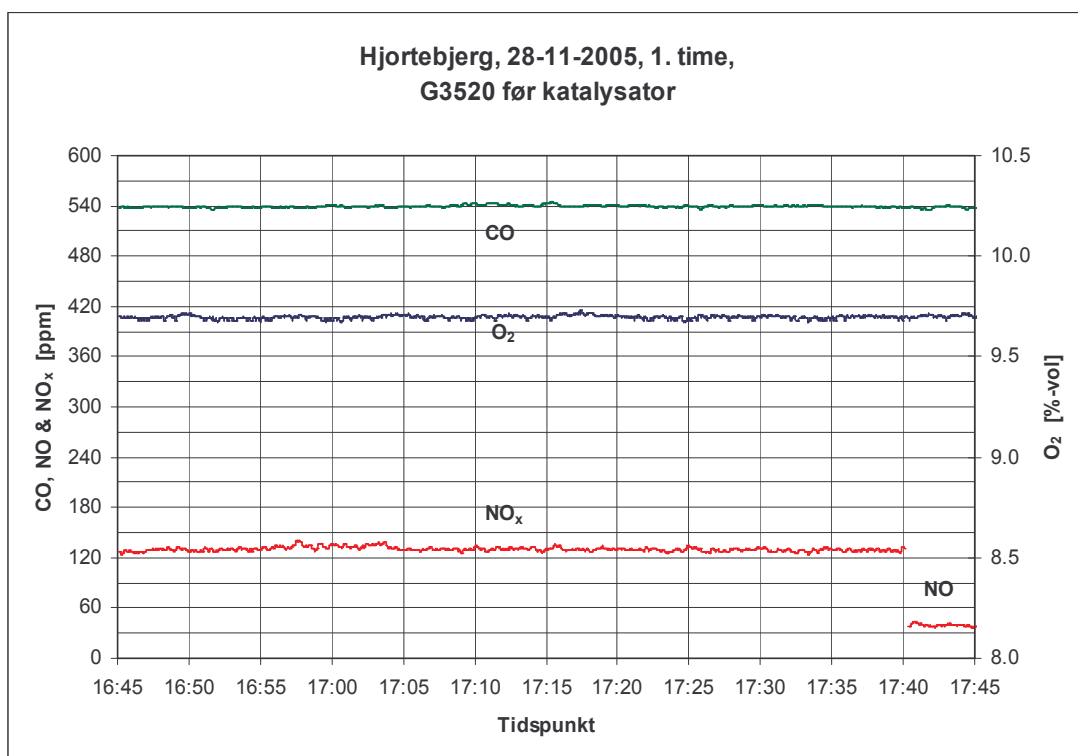
I Tabel 4 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

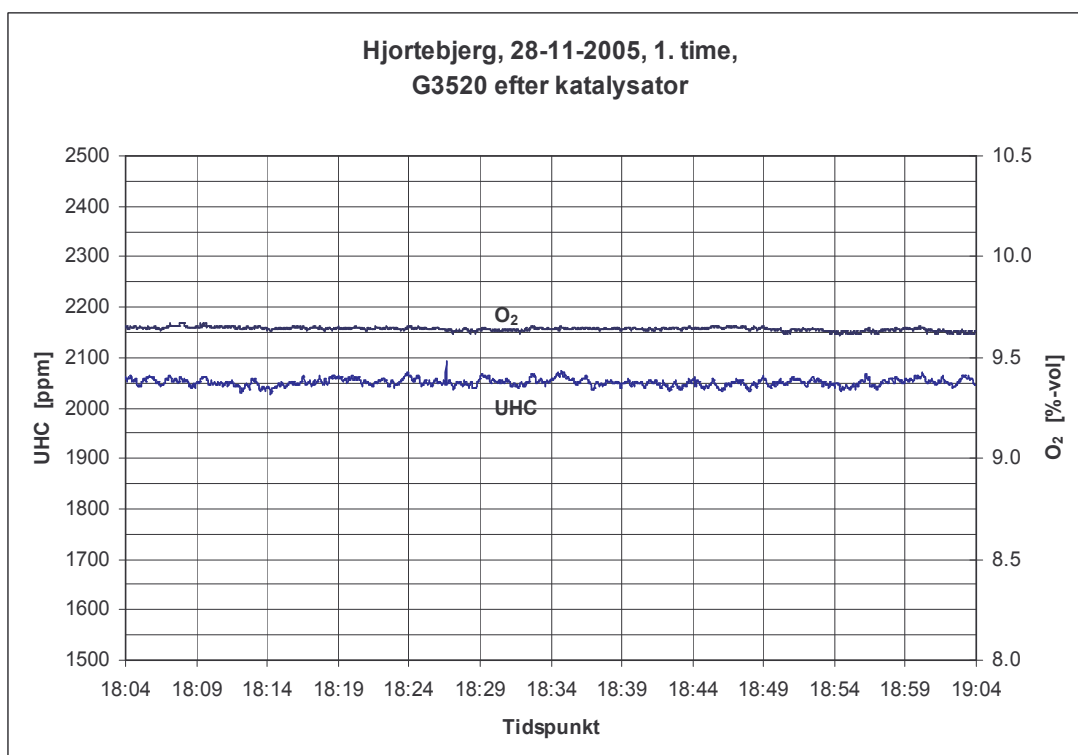
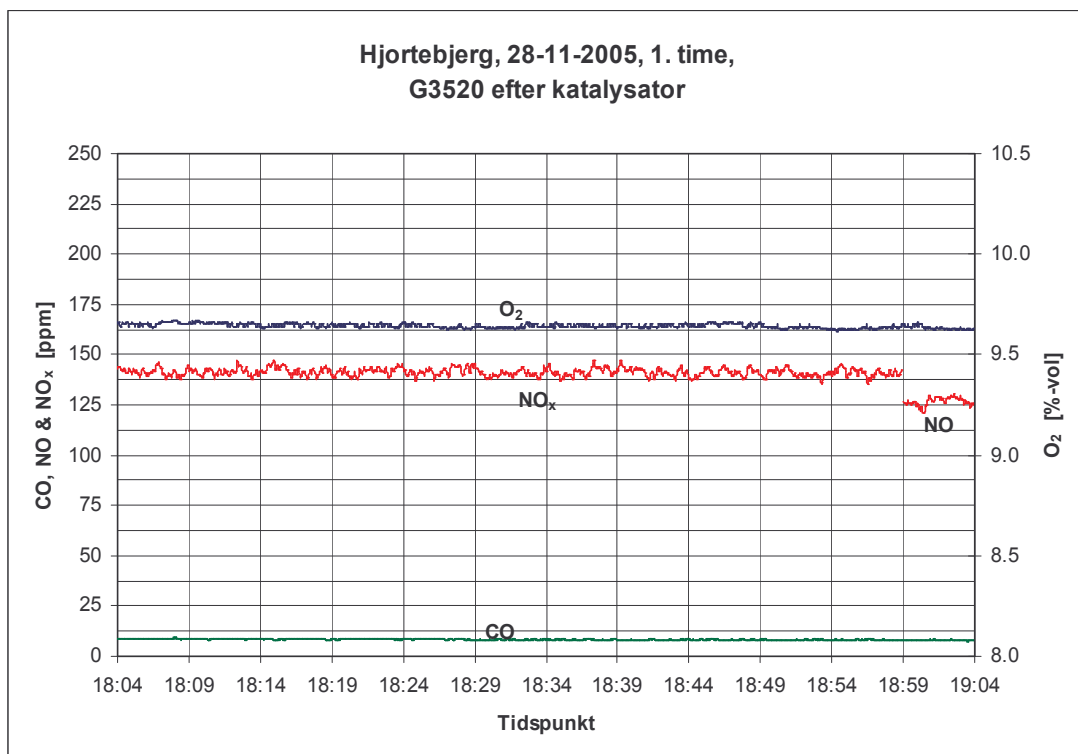
Tabel 4 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	0
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	97
Barometerstand²⁾	[hPa]	995
Temperatur, motorcelle²⁾	[°C]	23
Fugtighed, motorcelle²⁾	[% RH]	48
EI-last¹⁾	[kW]	1888 – 1912
Varmelast¹⁾	[kW]	2316 – 2352
Smøreolietryk¹⁾	[bar]	4,9
Smøreolietemp.¹⁾	[°C]	89
Gas-/luft-temp¹⁾	[°C]	39
Udstødtemp. (højest/lavest)¹⁾	[°C]	581 / 566
Temp. fremløb / retur¹⁾	[°C]	87 / 57
Trykfald over katalysator¹⁾	[Pa]	760 – 820

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

Hjortebjerg / 28-11-2005

1. time

G3520 før katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	17	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	2.1	
Temperatur:	± (0.05+0.2 ²)/t rum-t cal) % rel.	0.3	
Liniaritet:	± 0.2 % abs.	2.1	
Samlet usikkerhed:	±vol.%	0.3	
O2-effekt ved omregning:	± (1- (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	2.6
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	530	934 mg/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	1999	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	1.9	
Temperatur:	± (0.3 ² /t rum-t cal) % rel.	0.4	
Liniaritet:	± 1 % fs	3.8	
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	24.8	44 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	28.3	50 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	130	
	ppm	200	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs	1.5	
Temperatur:	± 2 % rel.	2.0	
Liniaritet:	± 1 % fs	1.5	
NO	NO ppm	39	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ±0.05*NO2ppm abs.	91	3.5
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.	6.5	0.1
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06 ² /td)% ± 0.5 % rel.	2.5	0.5
Tværfølsomhed NH3:	+0.6*NH3ppm ± 0.2*NH3ppm % abs.	0	0.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
NOx korrigeret:	ppm	136.0	397 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	6.8	20 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	7.7	22 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	2290	1730 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)	1.1	
Temperatur:	± 2 % rel.	2.0	
Liniaritet:	± 1 % fs	1.1	
Repetérbarhed:	± 1 % fs	1.1	
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	77.9	59 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	97.7	74 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret	% af indf.	3.44	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.19	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.14	

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Hjortebjerg / 28-11-2005

1. time

G3520 efter katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	17	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	9.5
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	15
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3

O2-effekt omregning: $\pm (1 - (20.95 - O_2 \text{ mid.}) / (20.95 - O_2 \text{ min.})) * 100$ ± % rel. 2.6

CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	± 0.5 % fs	ppm	9
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	15
Liniaritet:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.7

*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas

NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):			
Måleområde, fs:	± 1 % fs	ppm	142
Grund-usikkerhed:	± 2 % rel.	ppm	200
Temperatur:	± 1 % fs	t rum °C	15
Liniaritet:	± 1 % fs		
NO		NO ppm	126
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	16
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		6.5
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	144.2
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.1
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.3

UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)	ppm	2052
Grund-usikkerhed:	± 2 % rel.	ppm	2500
Temperatur:	± 1 % fs	t rum °C	15
Liniaritet:	± 1 % fs		
Repetérbarhed:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	72.4
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	89.6
UHC i % af indfyret		% af indf.	3.07
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	4.29
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.13

16 mg/m³n ved 5%O₂5 mg/m³n ved 5%O₂5 mg/m³n ved 5%O₂417 mg/m³n ved 5%O₂15 mg/m³n ved 5%O₂18 mg/m³n ved 5%O₂1538 mg C/m³n ved 5%O₂54 mg C/m³n ved 5%O₂67 mg C/m³n ved 5%O₂