

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
2. måling på Gartneriet Hjortebjerg

Målerapport 725.40

August 2004

Caterpillar G 3520

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

2. måling på Gartneriet Hjortebjerg

Caterpillar G 3520

Steen Andersen

Titel : Gartneriet Hjortebjerg

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 27.08.2004

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd
kat\HAN_SDA\Målerapporter\Hjortebjerg2\Hjortebjerg040804.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 04.08.2004 udført energi- og 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.

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.

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.]	9,4 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	842 ± 48 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	284 ± 17 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1651 ± 71 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.]	9,3 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	7 ± 5 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	321 ± 16 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1419 ± 62 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	136,48	± 10,07
Acetaldehyd	5,22	± 0,39
Acrolein	0,74	± 0,05
Propanal	0,20	± 0,02
Acetone	0,33	± 0,03
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal	0,087	0,006
Benzaldehyd ²⁾	-	-

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

2) Under detektionsgrænsen.

3) 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	7,22	+/- 0,53
Acetaldehyd	0,24	+/- 0,02
Acrolein ²⁾	-	-
Propanal	0,025	+/- 0,002
Acetone	0,014	+/- 0,001
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

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 04.08.2004 udført energi- og 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.

Gartneriet Hjortebjerg var under målingerne repræsenteret ved Steen Thomsen.

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: 8172

Driftstimetal, katalysator: 524

Idriftsættelse: Februar 2003

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

Tabel 4 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	9,4 ± 0,3	9,3 ± 0,3
CO	[ppm]	488 ± 25	4 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	100 ± 6	114 ± 5
UHC ²⁾	[ppm]	2233 ± 77	1939 ± 70

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 23%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 89%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 457 °C og ca. 93 °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.

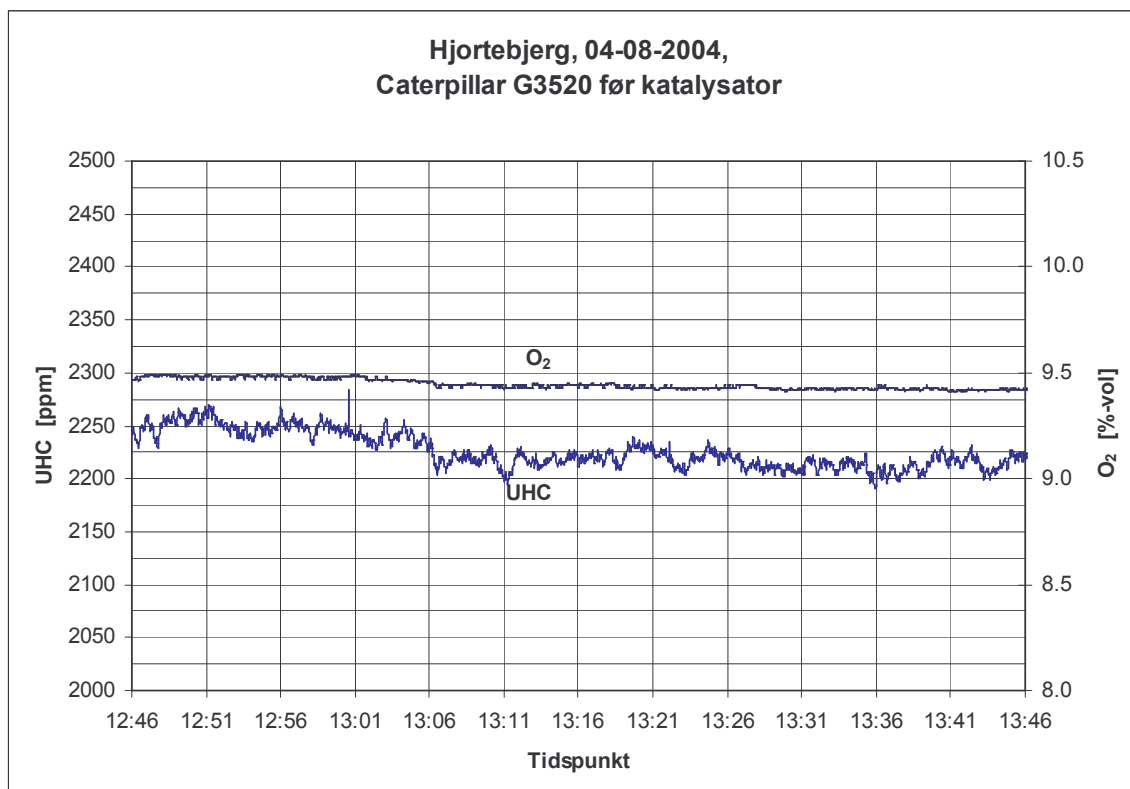
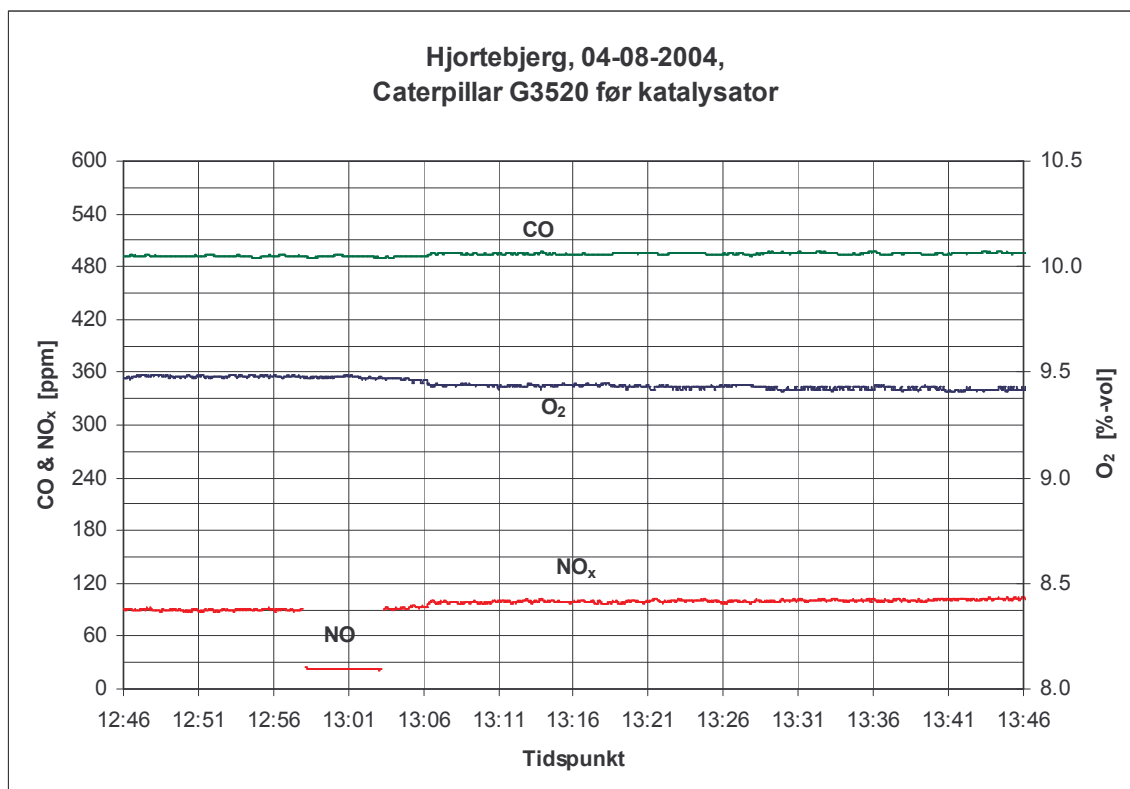
Tabel 6 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	25,2
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	40 - 55
Barometerstand²⁾	[hPa]	1011
Temperatur, motorcelle²⁾	[°C]	31,9
Fugtighed, motorcelle²⁾	[% RH]	32 - 40
el-last	[kW]	1862 - 1923
varmelast	[kW]	2422 - 2510
Smøreolietryk	[bar]	4,7 – 4,9
Smøreolietemp.	[°C]	88
Gas-/luft-temp	[°C]	35
Udstødtemp. (højest/lavest)	[°C]	618 / 571
Temp. fremløb / retur	[°C]	93,7 / 47,7

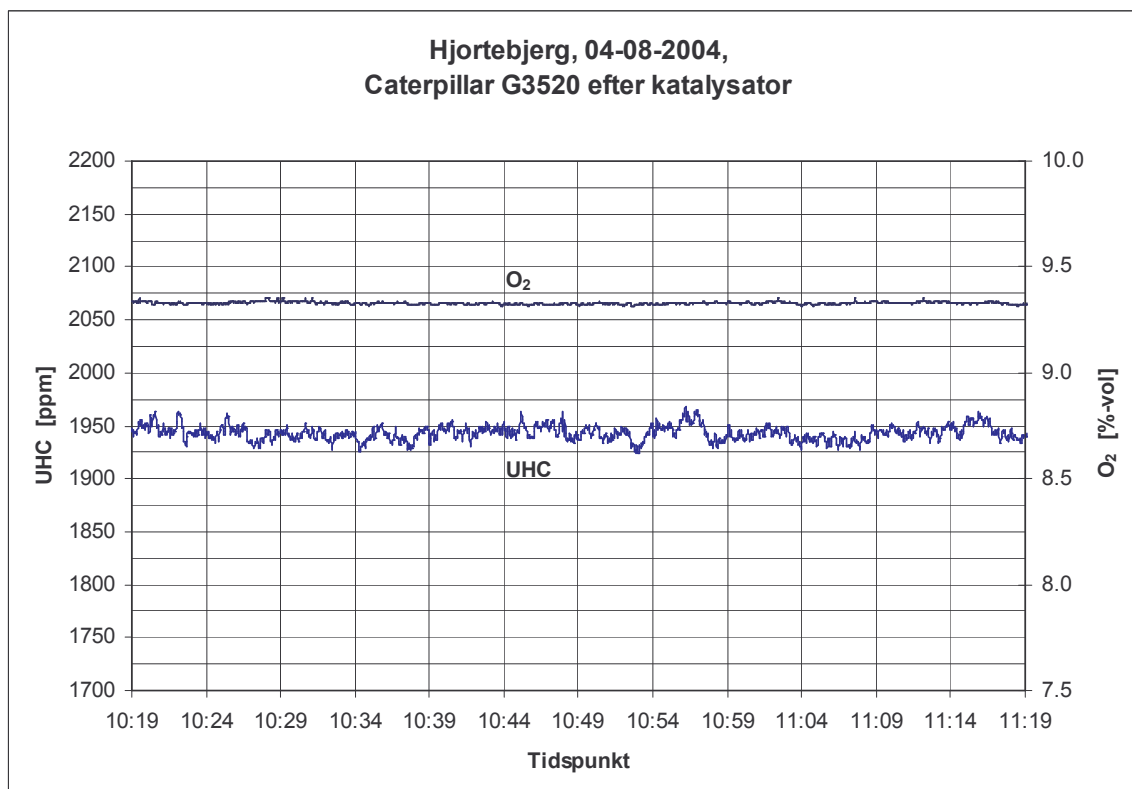
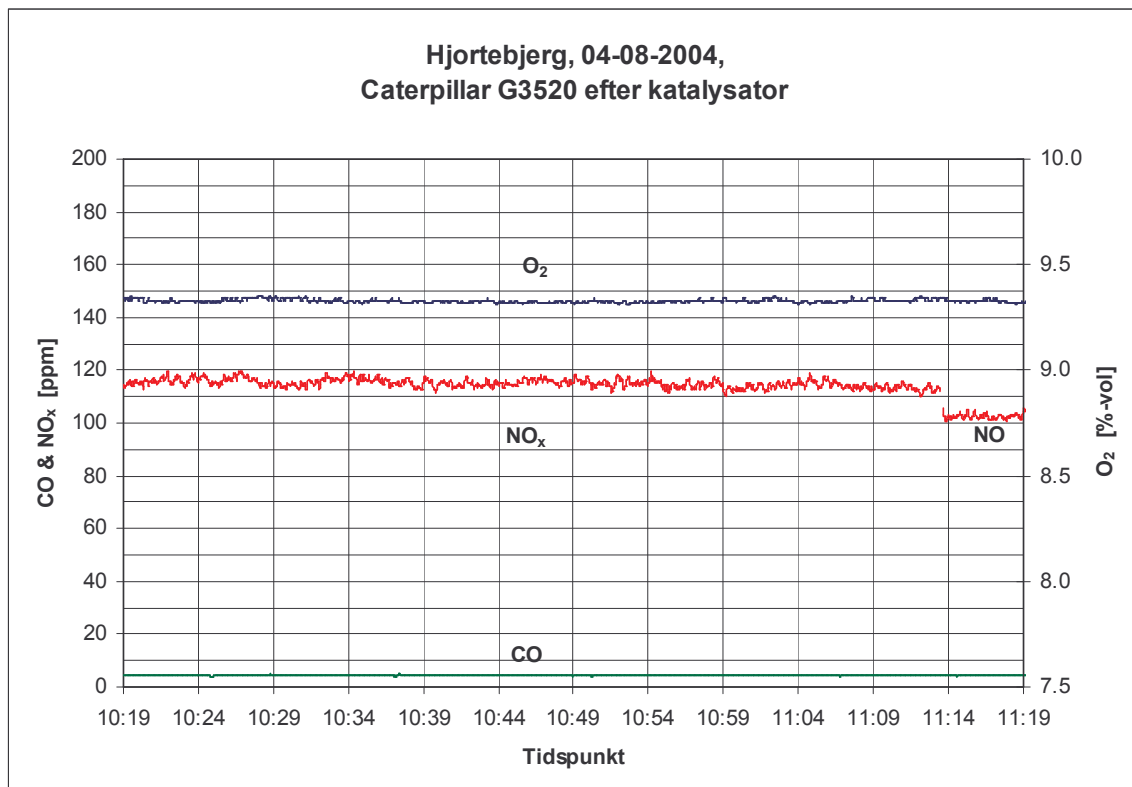
1) Baseret på de på værket installerede målere / SRO-anlæg

2) Aflæst på DGC's medbragte måleinstrumenter

Måleværdier, grafisk præsentation, før katalysator



Måleværdier, grafisk præsentation, efter katalysator



Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger før katalysator

Hjortebjerg / 04-08-2004

1. time

Caterpillar G3520 før katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	31		
O2-måling (Servomex 572):				
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	9.4	2.1
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	28	0.6
Liniaritet:	± 0.2 % abs.			2.1
	t cal °C, vol.%, □			
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	488	
		ppm	1990	842 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs			2.0
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	28	0.9
Liniaritet:	± 1 % fs			4.1
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	24.7	43 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	27.6	48 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	96	
		ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs			2.6
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	28	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs			2.6
NO		NO ppm	22	
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ±0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	75	2.3
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		6.6	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	99.6	284 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.2	15 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.8	17 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):				
Måleområde, fs:		ppm	2233	
		ppm	2500	1651 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)			1.1
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	28	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs			1.1
Repeterbarhed:	± 1 % fs			1.1
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	76.6	57 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	95.6	71 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret		% af indf.	3.29	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	4.20	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.14	

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Hjørtbjerg / 04-08-2004

1. time

Caterpillar G3520 efter katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	27	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	2.2	
Temperatur:	± (0.05+0.2*(t rum-t cal)) % rel.	t rum °C 28	0.3
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		2.2
Samlet usikkerhed:	±vol.%	0.3	
O2-effekt ved omregning:	± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	2.5
CO-måling (Hartmann & Braun. URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	4	7 mg/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	249	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		30.2
Temperatur:	± (0.3*(t rum-t cal)) % rel.	t rum °C 28	0.4
Liniaritet:	± 1 % fs		60.4
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	5 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	5 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	112	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		2.2
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 28	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs		2.2
NO	NO ppm	100	
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	12
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		6.7
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	113.7	321 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	4.9	14 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	5.6	16 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	1939	1419 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 28	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs		1.3
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.3
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	69.9	51 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	85.0	62 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret	% af indf.	2.84	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.32	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.12	