

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer Frederiks Varmeværk

Målerapport 725.40

Maj 2006

Jenbacher J616 GS E11

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

Frederiks Varmeværk

Jenbacher J616 GS E11

Steen Andersen

Titel : Frederiks Varmeværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 11.05.2006

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; O:\Proj\725\40-formaldehyd kat\HAN_SDA\Målerapporter\Frederiks\Frederiks030406.doc

Sagsnavn : Dokumentation af formaldehydkatalysatorer

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.....	9
3 Opgavebeskrivelse	10
4 Anlægsbeskrivelse	11
4.1 Data for gasmotor	11
5 Måleresultater	12
5.1 Emission.....	12
5.2 Øvrige driftsdata	13

1 Udførte målinger og resultater

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 03.04.2006 udført miljømåling på en Jenbacher J616 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)
- CO₂

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

- Aldehyder
- UHC-sammensætning
- Lugt

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.]	11,4 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	654 ± 53 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	428 ± 23 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1247 ± 66 ³⁾
CO ₂	[%-vol.]	5,5 ± 0,2

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.]	11,3 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	12 ± 6 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	426 ± 21 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1175 ± 63 ³⁾
CO ₂	[%-vol.]	5,5 ± 0,2

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	54,26	± 4,02
Acetaldehyd	2,96	± 0,22
Acrolein	0,252	± 0,019
Propanal	0,300	± 0,022
Acetone	0,506	± 0,038
Butanal	0,053	± 0,004
Pentanal	0,141	± 0,010
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	8,13	± 0,60
Acetaldehyd	0,58	± 0,04
Acrolein ³⁾	-	-
Propanal	0,134	± 0,010
Acetone	0,327	± 0,024
Butanal	0,016	± 0,001
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

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

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

3) Under detektionsgrænsen

I Tabel 3a og 3b er angivet UHC sammensætningen i røggassen.

Tabel 3a Analyse af UHC i røggas før katalysator

UHC sammensætning	[ppm] ¹⁾	[%-rel.] ²⁾
Metan	1100	90,5
Ethen	26	2,1
Ethan	58	4,7
Propen	4,9	0,4
Propan	20	1,7
i-Butan	2,8	0,2
n-Butan	4,3	0,4
i-Pentan ³⁾	-	-
n-Pentan ³⁾	-	-
Total [ppm]	1216	-
Total [ppm CH ₄ -ækv.]	1371	-

1) Nøjagtigheden vurderes til at være: ± 5 % for koncentrationer > 100 ppm, ± 10 % for koncentrationer mellem 10 og 100 ppm og ± 20 % for koncentrationer < 10 ppm.

2) Vol. %.

3) Under detektionsgrænsen.

Tabel 3b Analyse af UHC i røggas efter katalysator

UHC sammensætning	[ppm] ¹⁾	[%-rel.] ²⁾
Metan	1105	93,5
Ethen	0,9	0,1
Ethan	56	4,7
Propen ³⁾	-	-
Propan	17	1,4
i-Butan	1,5	0,1
n-Butan	2,5	0,2
i-Pentan ³⁾	-	-
n-Pentan ³⁾	-	-
Total [ppm]	1183	-
Total [ppm CH ₄ -ækv.]	1285	-

1) Nøjagtigheden vurderes til at være: ± 5 % for koncentrationer > 100 ppm, ± 10 % for koncentrationer mellem 10 og 100 ppm og ± 20 % for koncentrationer < 10 ppm.

2) Vol. %.

3) Under detektionsgrænsen.

Der er udtaget lugtprøver som dobbeltbestemmelse før og efter katalysator. I tabel 4 ses resultater af lugtmålingerne.

Tabel 4 Lugtmåleresultater

		Prøve 1	Prøve 2	Middel
Før katalysator	[LE/m ³ (20°C)]	6100	8200	7150
Efter katalysator	[LE/m ³ (20°C)]	4100	3100	3600

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 03.04.2006 udført miljømåling på en Jenbacher J616 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.

Frederiks Varmeværk var under målingerne repræsenteret ved John Almtoft.

4 Anlægsbeskrivelse

Gasmotoren er placeret i separat motorcelle med oxidationskatalysator og 1. lyddæmper på tag af celle. 2. lyddæmper, højtemperatur- & lavtemperatur-røggasvekslere er placeret i kedelrum ved siden af motorcelle.

Udover den aktuelt målte motor består anlægget af yderligere én gasmotor, installeret i 2005 og tilsluttet eksisterende røggassystem fra tidligere motor-installation.

4.1 Data for gasmotor

Fabrikat:	Jenbacher
Type:	J 616 GS E11
Serienummer:	3812741
Nominel ydelse:	2181 kWe
Omdrejningstal:	1500 rpm
Driftstimental, motor:	12528
Driftstimental, katalysator:	12528
Idriftsættelse:	November 2003
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 5. Alle anførte måleværdier refererer til tør røggas. Måleværdierne er vist grafisk på side 14 – 15.

Tabel 5 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,4 ± 0,3	11,3 ± 0,3
CO	[ppm]	313 ± 24	6 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	124 ± 6	124 ± 5
UHC ²⁾	[ppm]	1392 ± 59	1320 ± 63
CO ₂	[%-vol.]	5,5 ± 0,2	5,5 ± 0,2

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 56 %-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 74%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 412 °C og ca. 54 °C efter.

Bestemmelse af usikkerhed for målingerne fremgår af usikkerhedsbudgetter side 16 - 17.

5.2 Øvrige driftsdata

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

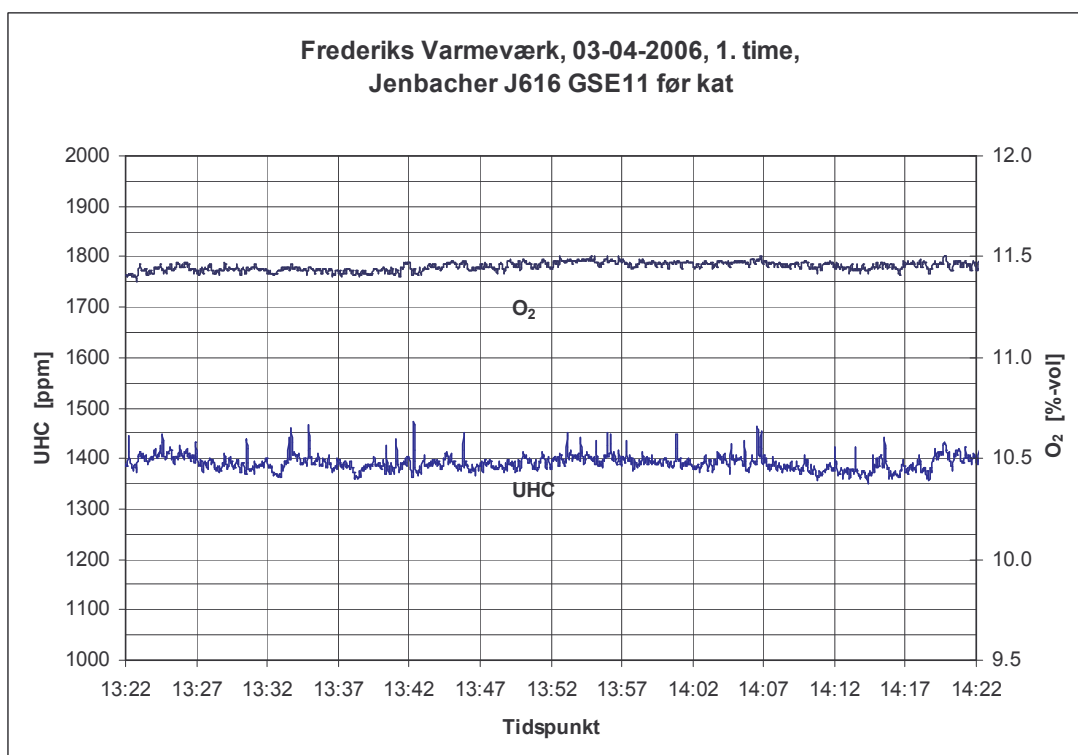
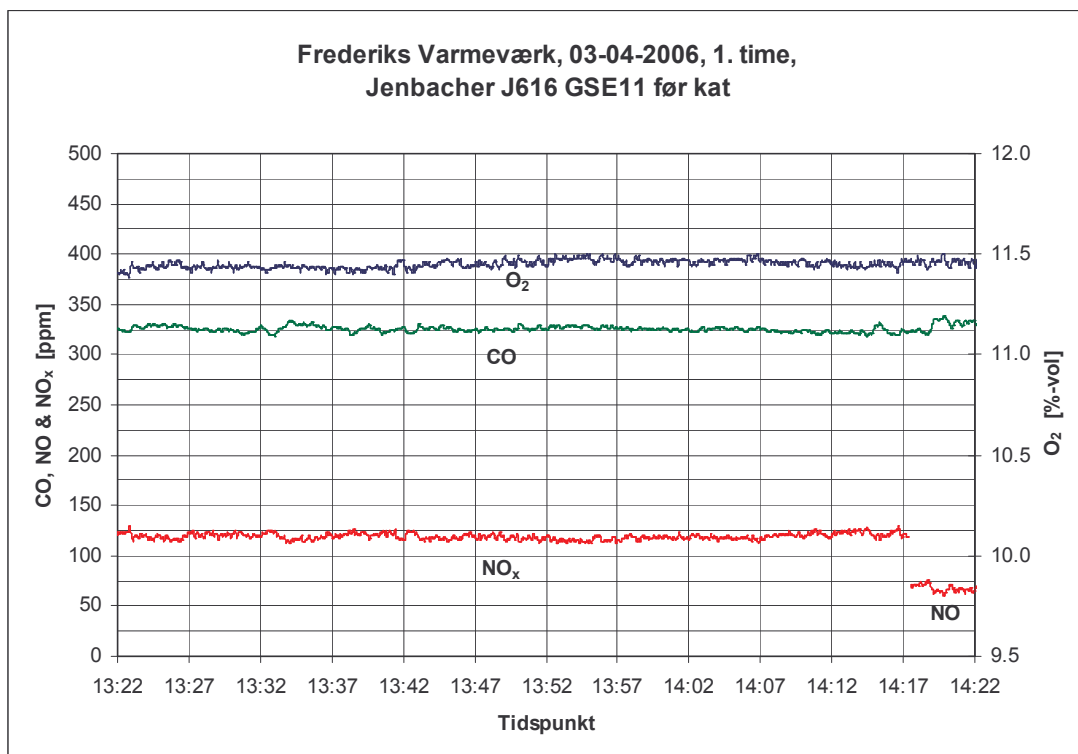
Tabel 6 Supplerende målinger

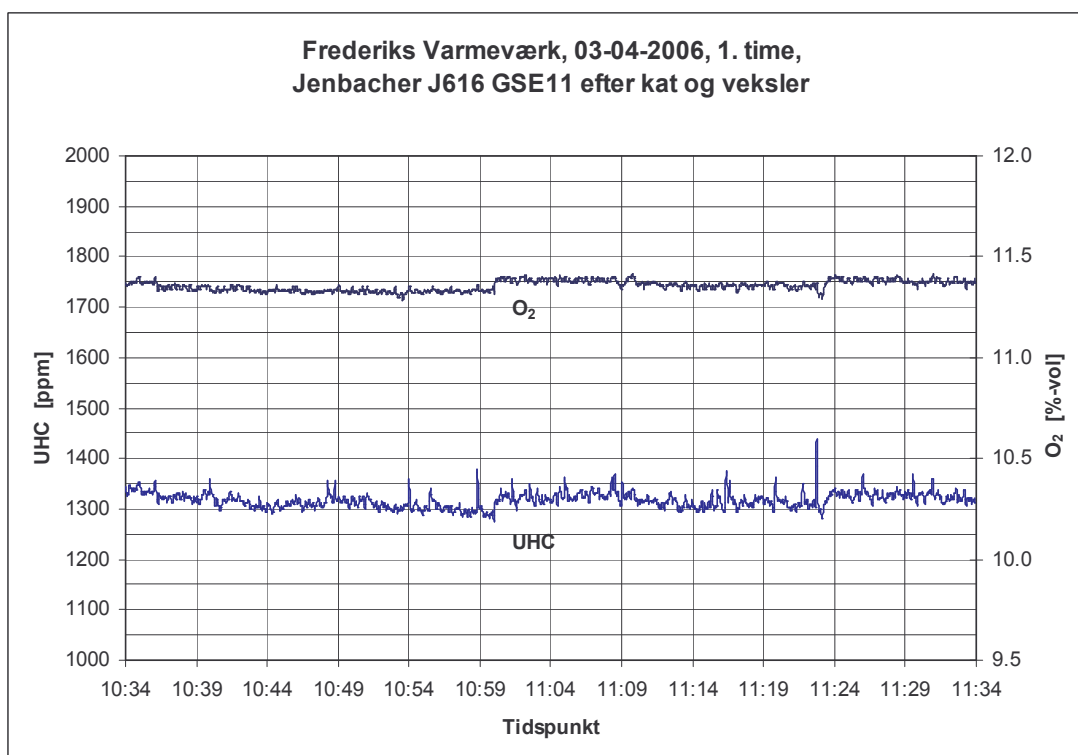
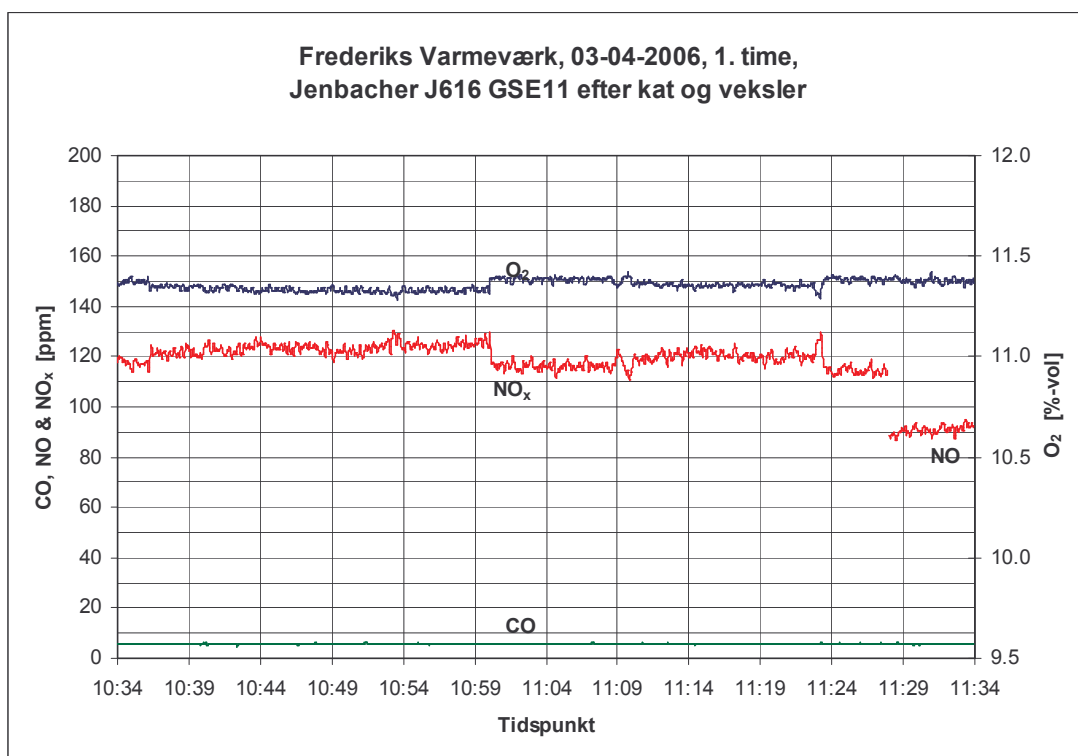
Temperatur, udendørs ²⁾	[°C]	7
Relativ fugtighed, udendørs ²⁾	[% RH]	67 – 88
Barometerstand ²⁾	[hPa]	1001
Temperatur, motorcelle ²⁾	[°C]	40
Relativ fugtighed, motorcelle ²⁾	[% RH]	8 – 11
cos φ ¹⁾	-	0,96
Aktuel last ¹⁾	[kW]	2180
Kølevandstemp. ¹⁾	[°C]	85
Kølevandstryk ¹⁾	[bar]	0,9
Smøreolietemp. ¹⁾	[°C]	80
Smøreolietryk ¹⁾	[bar]	3,9
Blandingstemp. ¹⁾	[°C]	40
Ladelufttryk ¹⁾	[bar]	3,1
Mixerposition ¹⁾	[%]	36
Udstødsgennemsnit ¹⁾	[°C]	437
Røggastemp. efter HT-veksler ²⁾	[°C]	170
Δp katalysator ²⁾	Pa	910
Tryk før HT-veksler ¹⁾	mmVs	302
Tryk efter Lt-veksler ²⁾	Pa	350

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

Frederiks Varmeværk / 03-04-2006

1. time

Jenbacher J616 GSE11 før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	16		
O2-måling (Servomex 572):				
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.4	1.8
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	19	0.7
Linieritet:	± 0.2 % abs.			1.8
Samlet usikkerhed:		±vol.%		0.3
O2-effekt ved omregning: ± (1- (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100 ± % rel. 3.2				
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):				
Måleområde, fs *):		ppm	313	
		ppm	1999	654 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs			3.2
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	19	1.0
Linieritet:	± 1 % fs			6.4
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	23.4	49 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	25.4	53 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	120	
		ppm	200	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs			1.7
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	19	2.0
Linieritet:	± 1 % fs			1.7
NO		NO ppm	67	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ±0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	52	2.2
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.5	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	123.7	428 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.3	18 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.6	23 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):				
Måleområde, fs:		ppm	1392	
		ppm	2500	1247 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)			1.8
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	19	2.0
Linieritet:	± 1 % fs			1.8
Repetérbarhed:	± 1 % fs			1.8
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	58.5	52 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	73.3	66 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret		% af indf.	2.50	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	5.17	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.13	
CO2-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):				
Måleområde, fs:		vol.%	5.5	
		vol.%	12	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs			1.1
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	19	1.0
Linieritet:	± 1 % fs			2.2
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed:		±vol.%		0.2

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Frederiks Varmeværk / 03-04-2006

1. time

Jenbacher J616 GSE11 efter kat og veksler

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	16	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.3
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	19
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	6	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	ppm	240
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	19
Linieritet:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.7

12 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	121	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs	ppm	200
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	19
Linieritet:	± 1 % fs		
NO	NO ppm	90	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	31
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.5
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	124.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	4.9
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.2

426 mg/m³n ved 5%O₂17 mg/m³n ved 5%O₂21 mg/m³n ved 5%O₂

UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	1320	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)	ppm	2500
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	19
Linieritet:	± 1 % fs		
Repetérbarhed:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	57.2
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	70.5
UHC i % af indfyret		% af indf.	2.36
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	5.25
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.12

1175 mg C/m³n ved 5%O₂51 mg C/m³n ved 5%O₂63 mg C/m³n ved 5%O₂

CO2-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs:	vol.%	5.5	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	vol.%	12
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	19
Linieritet:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.2