

Miljødokumentation af  
aldehydkatalysatorer  
5. måling på Tørring Kraftvarmeværk

Målerapport 725.40

August 2005

Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG

*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

## 5. måling på Tørring Kraftvarmeværk

Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG

Steen Andersen

Titel : Tørring Kraftvarmeværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 18.08.2005

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; C:\Documents and Settings\sda.DGC\Dokumenter\Projekter\Øvrige projekter\725.40 Aldehydkat (PGK)\breve&rapporter\Tørring5\Tørring\_150605.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 15.06.2005 udført energi- og miljømåling på en Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG 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, svarende til 5,1 MW.

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:

- O<sub>2</sub>
- CO
- NO (kortidsmåling)
- NO<sub>x</sub> (summen af NO og NO<sub>2</sub>)
- 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 udendørs, efter lyddæmper og røggasveksler umiddelbart inden tilgang til skorsten.

I Tabel 1a og 1b er angivet timemiddelværdier for CO-, NO<sub>x</sub>- og UHC- (uforbrændt kulbrinte) -emissioner. Værdierne refererer til tør røggas.

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

		<b>Gennemsnit, middelværdier før katalysator</b>
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,0 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	607 ± 51 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	441 ± 22 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	944 ± 54 <sup>3)</sup>

1) Omregnet til 5%-vol. O<sub>2</sub>

2) NO + NO<sub>2</sub>, NO vægtmæssigt regnet som NO<sub>2</sub>

3) Inkl. usikkerhed på iltmåling

4) Total kulbrinte, C-ækvivalent

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

		<b>Gennemsnit, middelværdier efter katalysator</b>
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,1 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	65 ± 6 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	439 ± 22 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	882 ± 52 <sup>3)</sup>

1) Omregnet til 5%-vol. O<sub>2</sub>

2) NO + NO<sub>2</sub>, NO vægtmæssigt regnet som NO<sub>2</sub>

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*

	<b>Emission<sup>1)</sup></b>	<b>Usikkerhed</b>
	<b>Middel</b>	
	[mg/m <sup>3</sup> n]	[mg/m <sup>3</sup> n]
Formaldehyd	45,18	± 3,35
Acetaldehyd	3,54	± 0,26
Acrolein	0,085	± 0,006
Propanal	0,291	± 0,022
Acetone	0,292	± 0,022
Butanal	0,037	± 0,003
Pentanal <sup>3)</sup>	-	-
Hexanal <sup>2)</sup>	-	-
Benzaldehyd <sup>3)</sup>	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O<sub>2</sub>.

2) Under detektionsgrænsen.

3) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

*Tabel 2b Analyseresultater af aldehyd i røggas efter katalysator*

	<b>Emission<sup>1)</sup></b>	<b>Usikkerhed</b>
	<b>Middel</b>	
	[ mg/m <sup>3</sup> n ]	[ mg/m <sup>3</sup> n ]
Formaldehyd	20,76	± 1,54
Acetaldehyd	1,59	± 0,12
Acrolein	0,009	± 0,001
Propanal	0,154	± 0,011
Acetone	0,277	± 0,021
Butanal <sup>2)</sup>	-	-
Pentanal <sup>3)</sup>	-	-
Hexanal <sup>2)</sup>	-	-
Benzaldehyd <sup>3)</sup>	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O<sub>2</sub>.

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 15.06.2005 udført energi- og miljømåling på en Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

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

Tørring Kraftvarmeværk var under målingerne repræsenteret ved Erling Nissen.

## 4 Anlægsbeskrivelse

For anlægsbeskrivelse henvises til målerapport af den 23.01.2004 vedrørende 1. måling på Tørring Kraftvarmeværk.

### 4.1 Data for gasmotor

**Gasmotor:**

Driftstimetotal, motor: 319

Driftstimetotal, katalysator: 7196

Tænding: 12° FTDP (opl. af Rolls Royce juni 2005)

Idriftsættelse, katalysator: November 2003

Idriftsættelse, motor: Maj 2005

Grundet et havari har motoren været ude af drift i en periode. Den aktuelt målte motor er således ny, men identisk med den foregående. Der er ikke ændret noget vedrørende katalysatorinstallationen.

## 5 Måleresultater

### 5.1 Emission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i røggaskanal umiddelbart efter motoren, udtaget efter katalysator er placeret udendørs efter katalysator, lyddæmper 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 <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,0 ± 0,3	11,1 ± 0,3
CO	[ppm]	302 ± 24	32 ± 3
NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup>	[ppm]	132 ± 6	132 ± 6
UHC <sup>2)</sup>	[ppm]	1093 ± 54	1020 ± 52

1) NO + NO<sub>2</sub>.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO-andelen udgjorde ca. 80%-vol. af NO<sub>x</sub> (korttidsmåling) før katalysator og ca. 83%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 413°C og 66°C efter katalysator.

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.

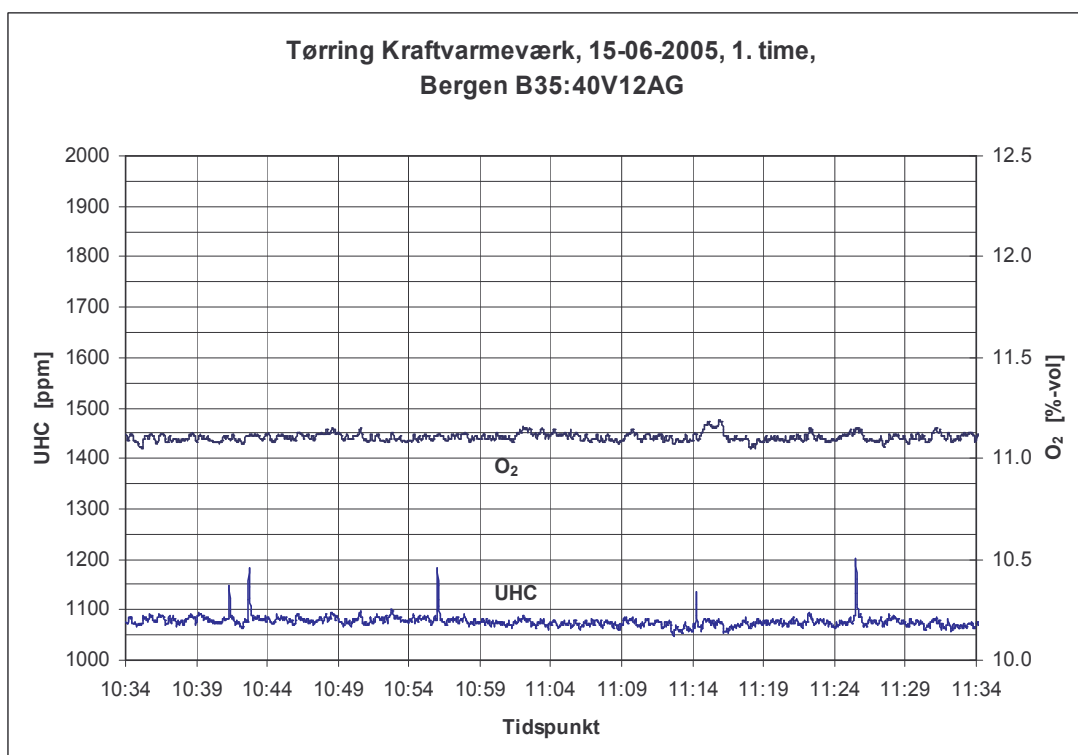
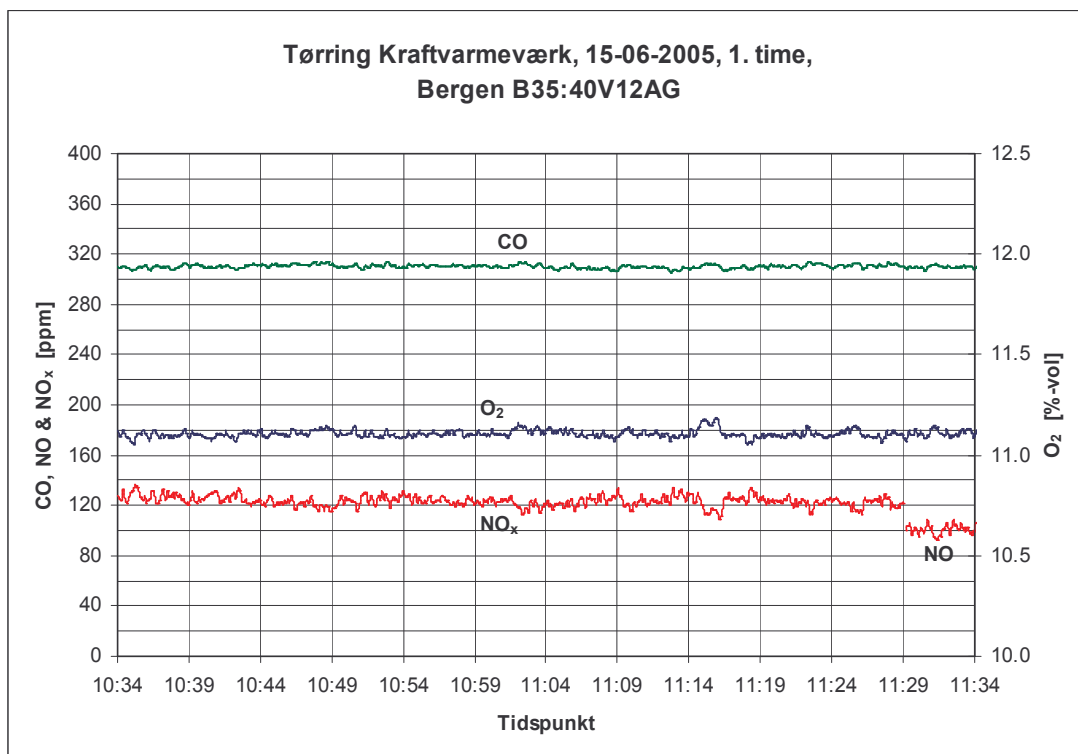
Tabel 4 Supplerende målinger

<b>Temperatur, udendørs<sup>2)</sup></b>	[°C]	21
<b>Relativ fugtighed, udendørs<sup>2)</sup></b>	[% RH]	47
<b>Barometerstand<sup>2)</sup></b>	[hPa]	1012
<b>Temperatur, motorcelle<sup>2)</sup></b>	[°C]	28
<b>Fugtighed, motorcelle<sup>2)</sup></b>	[% RH]	29
<b>Udst. temp, før turbolader A/B<sup>1)</sup></b>	[°C]	561/559
<b>Forkammergastryk<sup>1)</sup></b>	[bar]	2,9
<b>Hovedgastryk<sup>1)</sup></b>	[bar]	3,5
<b>Ladelufttryk<sup>1)</sup></b>	[bar]	2,4
<b>Ladelufttemp.<sup>1)</sup></b>	[°C]	56

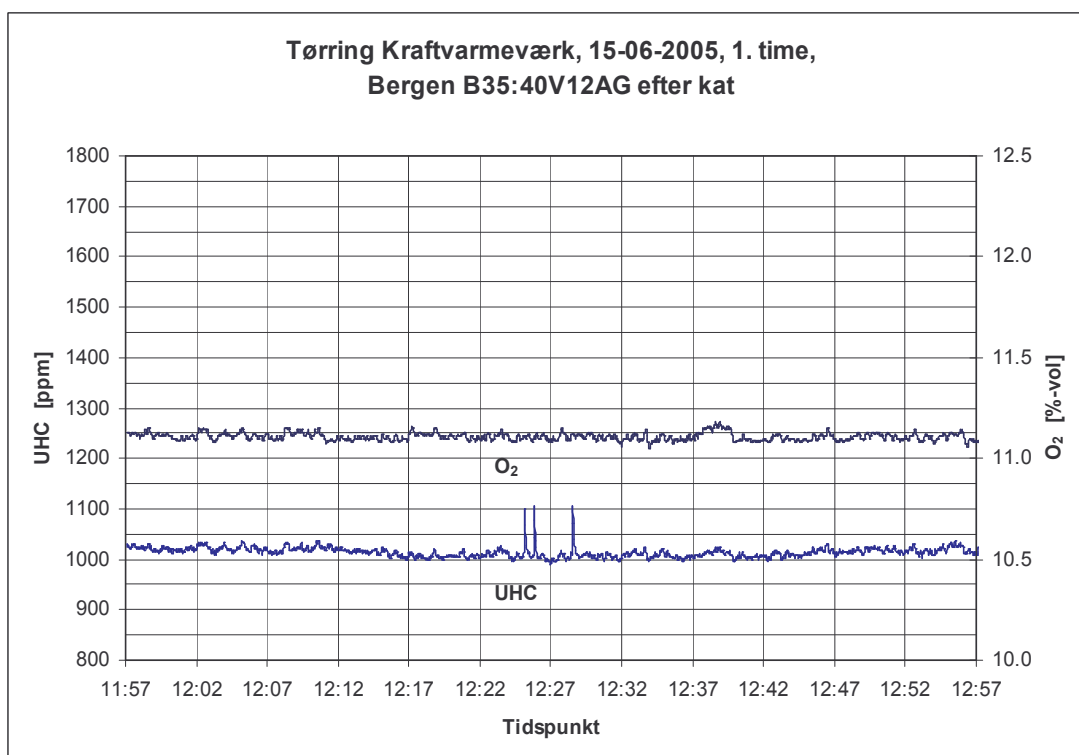
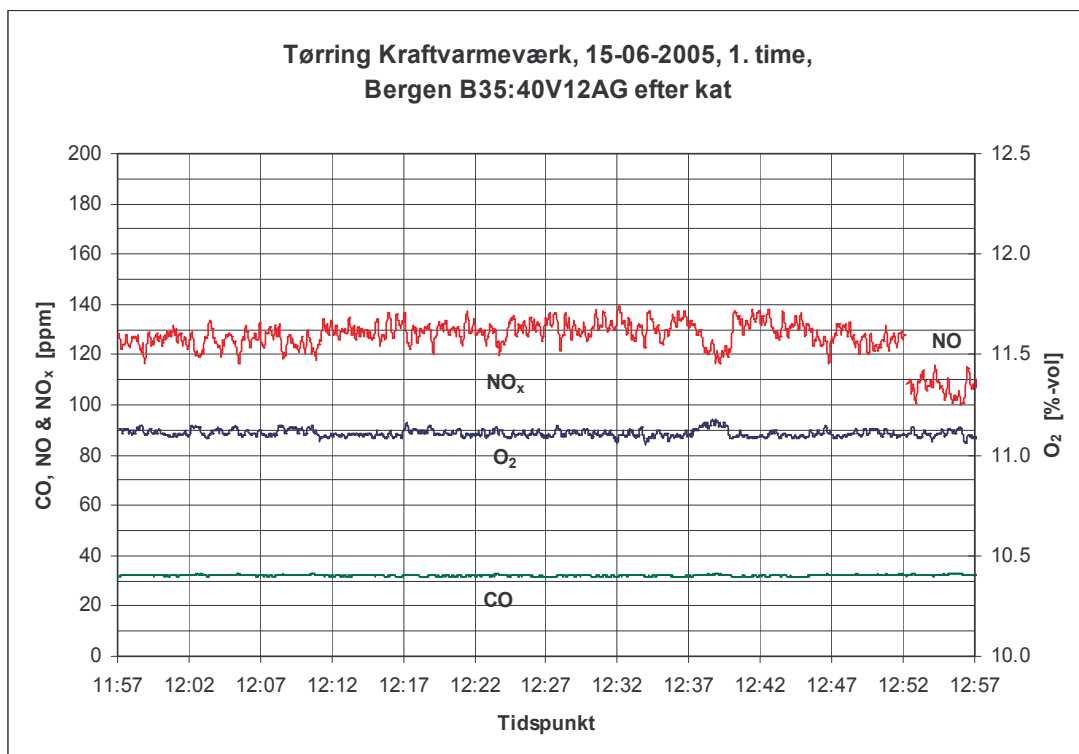
1) Baseret på de på værket installerede målere / SRO-anlæg

2) Aflæst på DGC's medbragte måleinstrumenter

## Måleværdier, grafisk præsentation, før katalysator



## Måleværdier, grafisk præsentation, efter katalysator



## Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger før katalysator

Tørring Kraftvarmeværk / 15-06-2005

1. time

Bergen B35:40V12AG

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	23	
<b>O2-måling (Servomex 572):</b>			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.% 11.0	1.8
Temperatur:	± (0.05+0.2*)t rum-t cal) % rel.	t rum °C 26	0.6
Liniaritit:	± 0.2 % abs.		1.8
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O2-effekt ved omregning:	± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	3.0
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):	ppm	302	607 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2040	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		3.4
Temperatur:	± (0.3*t rum-t cal) % rel.	t rum °C 26	0.9
Liniaritit:	± 1 % fs		6.8
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	23.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	25.4
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
<b>NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	130	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.9
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 26	2.0
Liniaritit:	± 1 % fs		1.9
NO		NO ppm 104	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm 25	1.0
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.	5.7	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	132.2
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.4
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.7
<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	1093	944 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)		2.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 26	2.0
Liniaritit:	± 1 % fs		2.3
Repetierbarhed:	± 1 % fs		2.3
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	53.2
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	62.7
UHC i % af indfyret	% af indf.		1.90
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt		5.66
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point		0.11

## Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Tørring Kraftvarmeværk / 15-06-2005

1. time

Bergen B35:40V12AG efter kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	27	
<b>O<sub>2</sub>-måling (Servomex 572):</b>			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.1
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O <sub>2</sub> -effekt ved omregning: ± (1- (20.95-O <sub>2</sub> mid.)/(20.95-O <sub>2</sub> min.))*100 ± % rel. 2.9			
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):		ppm	32
		ppm	249
Temperatur:	± 0.5 % fs		3.9
Linieritet:	± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 1 % fs		7.8
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.9
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	3.0
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
<b>NO<sub>x</sub>-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):</b>			
Måleområde, fs:		ppm	129
		ppm	250
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.9
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 1 % fs		1.9
NO		NO ppm	107
NO <sub>2</sub> konvertering:	- 0.05*NO <sub>2</sub> ppm ± 0.05*NO <sub>2</sub> ppm abs.	NO <sub>2</sub> ppm	22
Tværfølsomhed CO <sub>2</sub> :	- 0.1*CO <sub>2</sub> % ± 0.1 % rel.		5.7
Tværfølsomhed H <sub>2</sub> O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5
Tværfølsomhed NH <sub>3</sub> :	+0.6*NH <sub>3</sub> ppm ± 0.2*NH <sub>3</sub> ppm % abs.	NH <sub>3</sub> ppm	0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
NO <sub>x</sub> korrigeret:		ppm	131.5
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.3
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.6
<b>UHC-måling (AAL. 523):</b>			
Måleområde, fs:		ppm	1020
		ppm	2500
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)		2.5
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	27
Linieritet:	± 1 % fs		2.5
Repetérbarhed:	± 1 % fs		2.5
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	52.0
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	60.1
UHC i % af indfyret		% af indf.	1.78
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	5.83
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.10

65 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>6 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>6 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>439 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>18 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>22 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>882 mg C/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>45 mg C/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>52 mg C/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>