

Miljødokumentation af  
aldehydkatalysatorer  
7. måling på Jetsmark Energiværk

Målerapport 725.40

Maj 2006

Jenbacher J620 GS E11

# Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

## 7. måling på Jetsmark Kraftvarmeværk

Jenbacher J620 GS E11

Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

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\Jetsmark7\Jetsmark130306.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*

---

<b>Indholdsfortegnelse</b>	<b>Side</b>
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 13.03.2006 udført miljømåling på en Jenbacher J620 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:

- O<sub>2</sub>
- CO
- NO (korttidsmåling)
- NO<sub>x</sub> (summen af NO og NO<sub>2</sub>)
- UHC (uforbrændt kulbrinte)
- CO<sub>2</sub>

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

- Aldehyder
- UHC-sammensætning
- Lugt
- Olieemission

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<sub>x</sub>- og UHC-emissioner (uforbrændt kulbrinte). 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.]	11,8 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	952 ± 61 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	216 ± 14 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	1612 ± 80 <sup>3)</sup>
CO <sub>2</sub>	[%-vol.]	5,2 ± 0,2

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.]	11,8 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	31 ± 6 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	228 ± 11 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	1513 ± 76 <sup>3)</sup>
CO <sub>2</sub>	[%-vol.]	5,2 ± 0,2

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	79,81	± 5,93
Acetaldehyd	5,99	± 0,45
Acrolein	0,363	± 0,027
Propanal	0,481	± 0,036
Acetone	0,763	± 0,057
Butanal <sup>2)</sup>	-	-
Pentanal <sup>2)</sup>	-	-
Hexanal <sup>2)</sup>	-	-
Benzaldehyd <sup>2)</sup>	-	-

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

2) 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	45,35	± 3,37
Acetaldehyd	3,30	± 0,25
Acrolein	0,074	± 0,005
Propanal	0,196	± 0,015
Acetone	0,789	± 0,059
Butanal <sup>2)</sup>	-	-
Pentanal <sup>2)</sup>	-	-
Hexanal <sup>2)</sup>	-	-
Benzaldehyd <sup>2)</sup>	-	-

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

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

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

*Tabel 3a Analyse af UHC i røggas før katalysator*

UHC sammensætning	[ppm] <sup>1)</sup>	[%-rel.] <sup>2)</sup>
Metan	1264	89,6
Ethen	33	2,3
Ethan	72	5,1
Propen	6,2	0,4
Propan	26	1,8
i-Butan	4,1	0,3
n-Butan	5,5	0,4
i-Pentan <sup>3)</sup>	-	-
n-Pentan <sup>3)</sup>	-	-
Total [ppm]	1410	-
Total [ppm CH <sub>4</sub> -ækv.]	1607	-

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] <sup>1)</sup>	[%-rel.] <sup>2)</sup>
Metan	1300	91,7
Ethen	11	0,7
Ethan	74	5,2
Propen <sup>3)</sup>	-	-
Propan	25	1,8
i-Butan	4,0	0,3
n-Butan	4,6	0,3
i-Pentan <sup>3)</sup>	-	-
n-Pentan <sup>3)</sup>	-	-
Total [ppm]	1418	-
Total [ppm CH <sub>4</sub> -ækv.]	1578	-

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*

		<b>Prøve 1</b>	<b>Prøve 2</b>	<b>Middel</b>
<b>Før katalysator</b>	[LE/m <sup>3</sup> (20°C)]	13700	10700	12200
<b>Efter katalysator</b>	[LE/m <sup>3</sup> (20°C)]	6800	5200	6000

Der er udtaget prøver for olieemission som dobbeltbestemmelse før og efter katalysator.

I tabel 5 ses resultater af olieemissionsmålingerne.

*Tabel 5 Resultater for olieemissionsmåling*

		<b>Prøve 1</b>	<b>Prøve 2</b>	<b>Middel</b>
<b>Før katalysator</b>	[mg/m <sup>3</sup> n]	7,44	1,34	4,39
<b>Efter katalysator</b>	[mg/m <sup>3</sup> n]	- <sup>1)</sup>	1,43	0,72

1) Under detektionsgrænsen

Prøverne er udtaget under særdeles vanskelige forhold, idet udtagsstederne ikke er hensigtsmæssigt udformet i forhold til prøvetagningen. Detektionsgrænsen er ca. 1 mg/m<sup>3</sup>n.

## 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 13.03.2006 udført 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: 14140

Driftstimetotal, katalysator: 8265

Idriftsættelse: Februar 2003 (katalysator isat februar 2004)

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 6. Alle anførte måleværdier refererer til tør røggas. Måleværdierne er vist grafisk på side 14 – 15.

Tabel 6 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,8 ± 0,3	11,8 ± 0,3
CO	[ppm]	434 ± 24	14 ± 3
NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup>	[ppm]	60 ± 4	63 ± 3
UHC <sup>2)</sup>	[ppm]	1717 ± 66	1622 ± 64
CO <sub>2</sub>	[%-vol.]	5,2 ± 0,2	5,2 ± 0,2

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

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 21 %-vol. af NO<sub>x</sub> (korttidsmåling) før katalysator og ca. 87%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 397 °C og ca. 59 °C efter.

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

## 5.2 Øvrige driftsdata

I Tabel 7 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

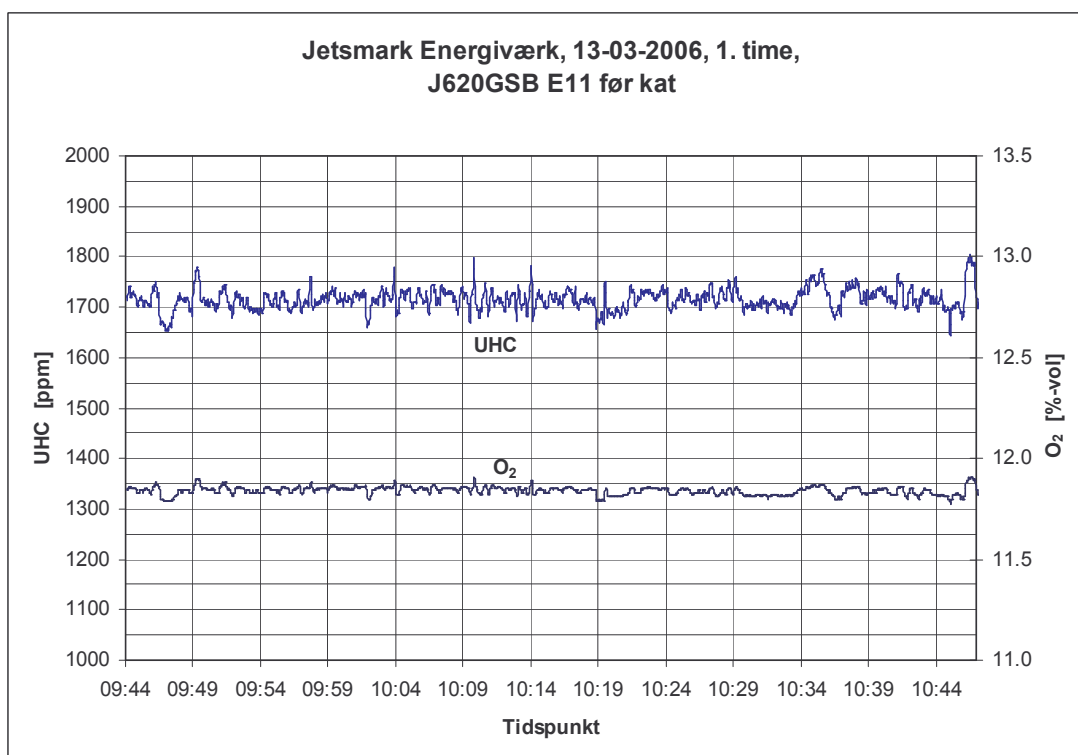
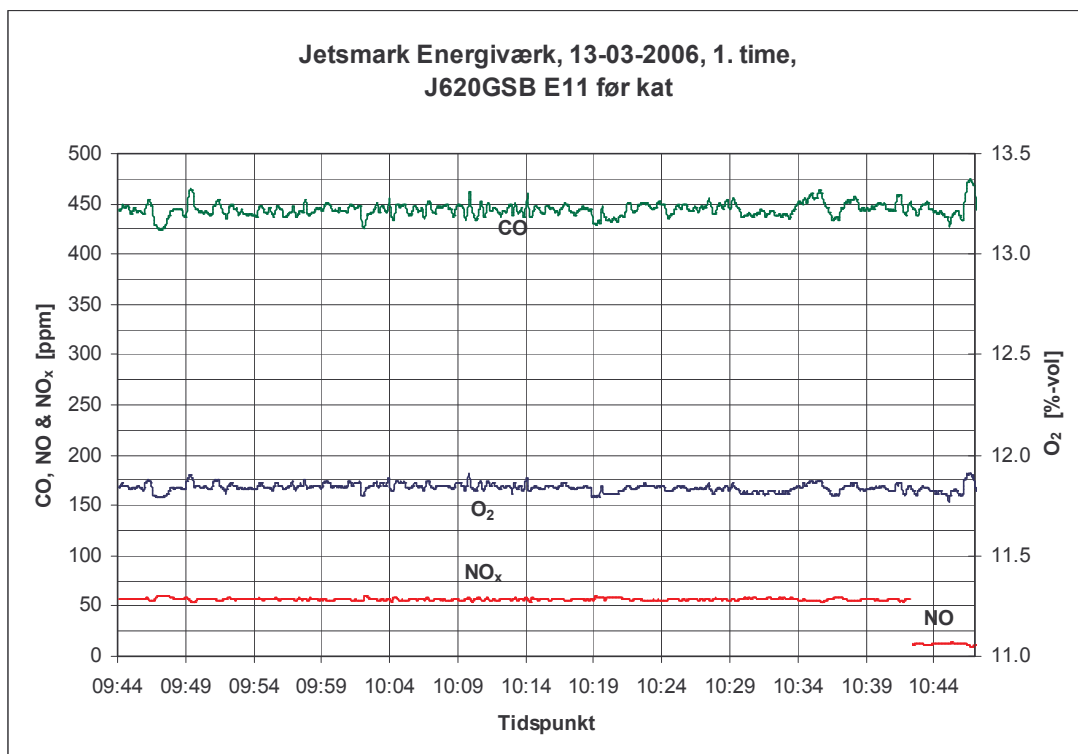
Tabel 7 Supplerende målinger

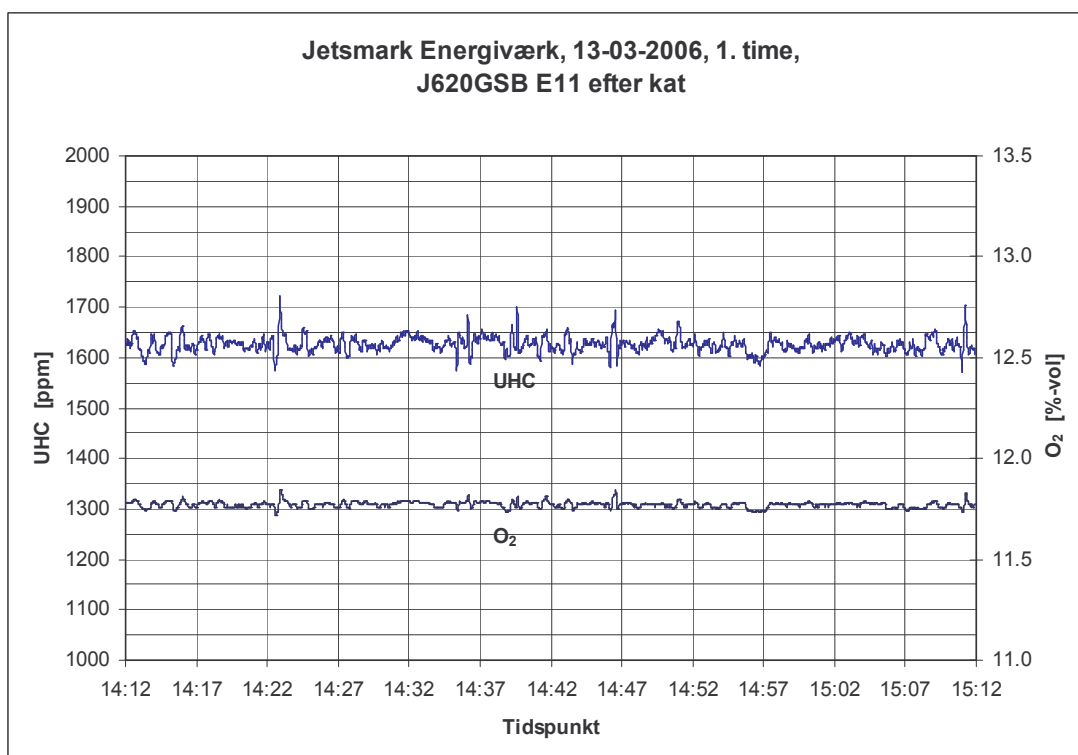
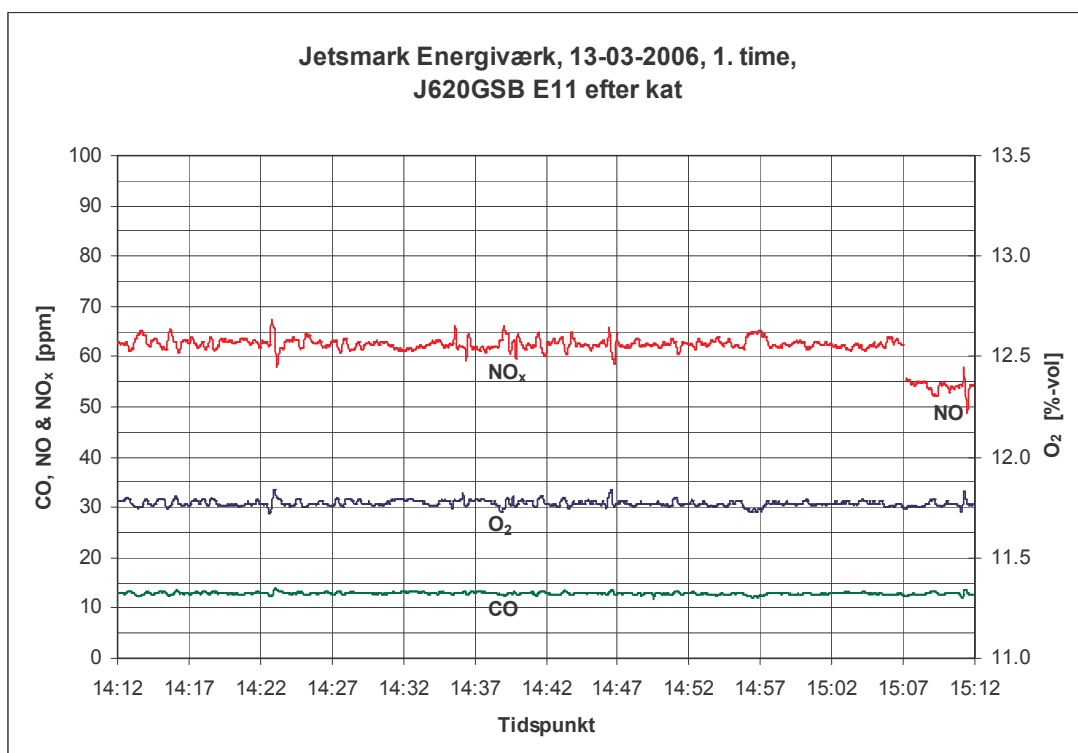
Temperatur, udendørs <sup>2)</sup>	[°C]	-1
Relativ fugtighed, udendørs <sup>2)</sup>	[% RH]	67 – 81
Barometerstand <sup>2)</sup>	[hPa]	1038
Temperatur, motorcelle <sup>2)</sup>	[°C]	20
Relativ fugtighed, motorcelle <sup>2)</sup>	[% RH]	16
cos $\varphi$	-	0,99
Aktuel last	[kW]	2732
Kølevandstemp. <sup>1)</sup>	[°C]	86
Kølevandstryk <sup>1)</sup>	[bar]	1,5
Smøreolietemp. <sup>1)</sup>	[°C]	68
Smøreolietryk <sup>1)</sup>	[bar]	4,2
Blandingstemp. <sup>1)</sup>	[°C]	44
Ladelufttryk <sup>1)</sup>	[bar]	3,4
Mixerposition <sup>1)</sup>	[%]	44
Udstødsgennemsnit <sup>1)</sup>	[°C]	452
$\Delta p$ katalysator	Pa	750 - 1000

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 / 13-03-2006

1. time

J620GSB E11 før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	20	
<b>O2-måling (Servomex 572):</b>			
Grund-usikkerhed: ± 0.2 % abs.	vol.%	11.8	1.7
Temperatur: ± (0.05+0.2* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	21	0.3
Linieritet: ± 0.2 % abs.			1.7
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.3
O2-effekt ved omregning: ± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.		3.2
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *)	ppm	434	952 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	1999	
Grund-usikkerhed: ± 0.5 % fs			2.3
Temperatur: ± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	21	0.4
Linieritet: ± 1 % fs			4.6
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	24.0	53 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	27.9	61 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
<b>NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	57	
	ppm	100	
Grund-usikkerhed: ± 1 % fs			1.8
Temperatur: ± 2 % rel.	t rum °C	21	2.0
Linieritet: ± 1 % fs			1.8
NO	NO ppm	12	
NO2 konvertering: - 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	45	4.0
Tværfølsomhed CO2: - 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.2	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	59.6	216 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	3.3	12 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	3.8	14 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	1717	1612 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed: ± 1 % fs (min. ± 1 ppm)			1.5
Temperatur: ± 2 % rel.	t rum °C	21	2.0
Linieritet: ± 1 % fs			1.5
Repetérbarhed: ± 1 % fs			1.5
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	65.1	61 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	85.5	80 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
UHC i % af indfyret	% af indf.	3.21	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.86	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.16	
<b>CO2-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs:	vol.%	5.2	
	vol.%	12	
Grund-usikkerhed: ± 0.5 % fs			1.2
Temperatur: ± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	21	0.4
Linieritet: ± 1 % fs			2.3
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.2

## Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetsmark Energiværk / 13-03-2006

1. time

J620GSB E11 efter kat

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.% 11.8	1.7
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 23	0.1
Linieritet:	± 0.2 % abs.		1.7
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O2-effekt ved omregning:	± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100		± % rel. 3.2
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):		ppm 14	31 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
		ppm 239.9	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		8.5
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 23	0.1
Linieritet:	± 1 % fs		17.1
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
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			
<b>NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):</b>			
Måleområde, fs:		ppm 62	
		ppm 100	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.6
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 23	2.0
Linieritet:	± 1 % fs		1.6
NO		NO ppm 54	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ± 0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm 8	0.7
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.3
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	63.3
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	2.4
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	3.1
<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:		ppm 1622	1513 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
		ppm 2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)		1.5
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 23	2.0
Linieritet:	± 1 % fs		1.5
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.5
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	63.1
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	81.5
UHC i % af indfyret		% af indf.	3.02
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	4.92
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.15
<b>CO2-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs:		vol.% 5.2	
		vol.% 12	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		1.1
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 23	0.1
Linieritet:	± 1 % fs		2.3
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.2