

Miljødokumentation af  
aldehydkatalysatorer  
4. måling på Jetsmark Energiværk

Målerapport 725.40

Marts 2005

Jenbacher J620 GS E11

*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

## 4. måling på Jetsmark Kraftvarmeværk

Jenbacher J620 GS E11

Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 14.03.2005

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd  
kat\HAN\_SDA\Målerapporter\Jetsmark4\Jetsmark220205.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 22.02.2005 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 (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 efter lyddæmper og røggasveksler umiddelbart inden tilgang til skorsten.

I Tabel 1a og 1b er angivet timemiddelværdier for CO-, NO<sub>x</sub>-, UHC- (uforbrændt kulbrinte) og CO<sub>2</sub>-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.]	11,4 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	789 ± 56 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	342 ± 20 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	1467 ± 72 <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.]	11,4 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	25 ± 6 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	357 ± 19 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	1378 ± 69 <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	74,31	± 5,51
Acetaldehyd	5,74	± 0,43
Acrolein	0,303	± 0,022
Propanal	0,400	± 0,030
Acetone	0,621	± 0,046
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	32,94	± 2,44
Acetaldehyd	2,23	± 0,17
Acrolein	0,064	± 0,005
Propanal	0,149	± 0,011
Acetone	0,200	± 0,015
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

## 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 22.02.2005 udført energi- og 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 Henry Skriver.

## 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: 10645

Driftstimetotal, katalysator: 4770

Idriftsættelse: Februar 2003 (katalysator isat februar 2004)

Tændvinkel: 20,5 – 21,0° FTDP (varierer under drift)

## 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 12 – 13.

Tabel 5 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,4 ± 0,3	11,4 ± 0,3
CO	[ppm]	378 ± 24	12 ± 3
NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup>	[ppm]	99 ± 5	104 ± 5
UHC <sup>2)</sup>	[ppm]	1641 ± 64	1542 ± 62

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

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 38%-vol. af NO<sub>x</sub> (korttidsmåling) før katalysator og ca. 89%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 415°C og ca. 51°C efter.

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

## 5.2 Øvrige driftsdata

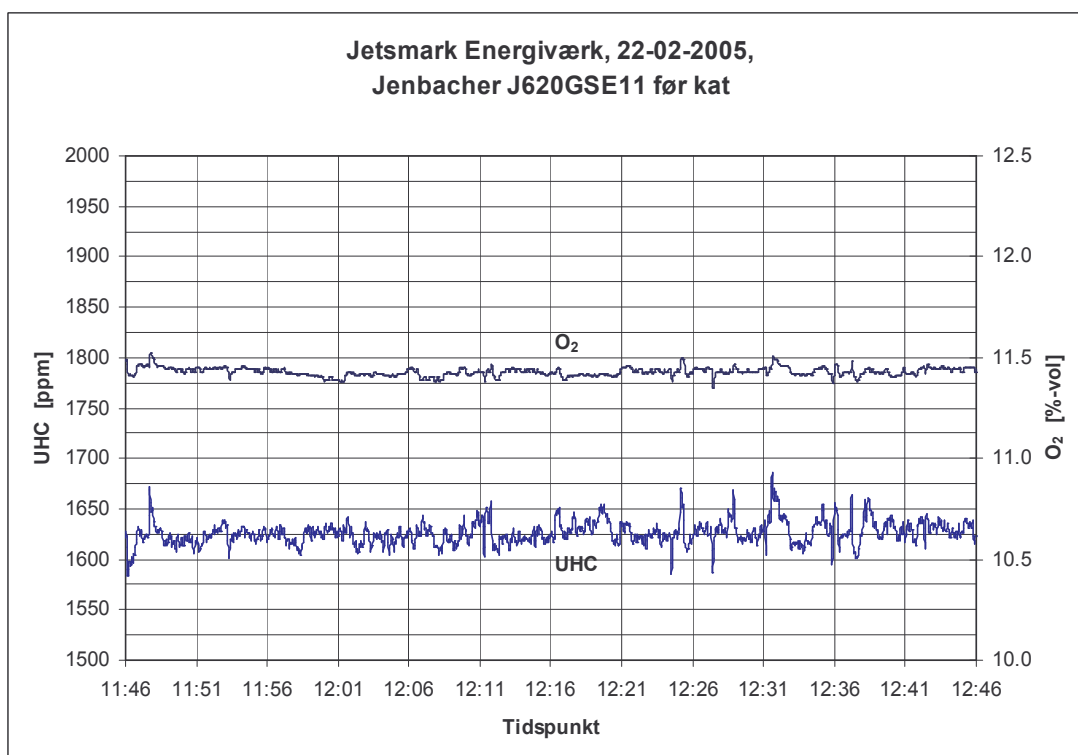
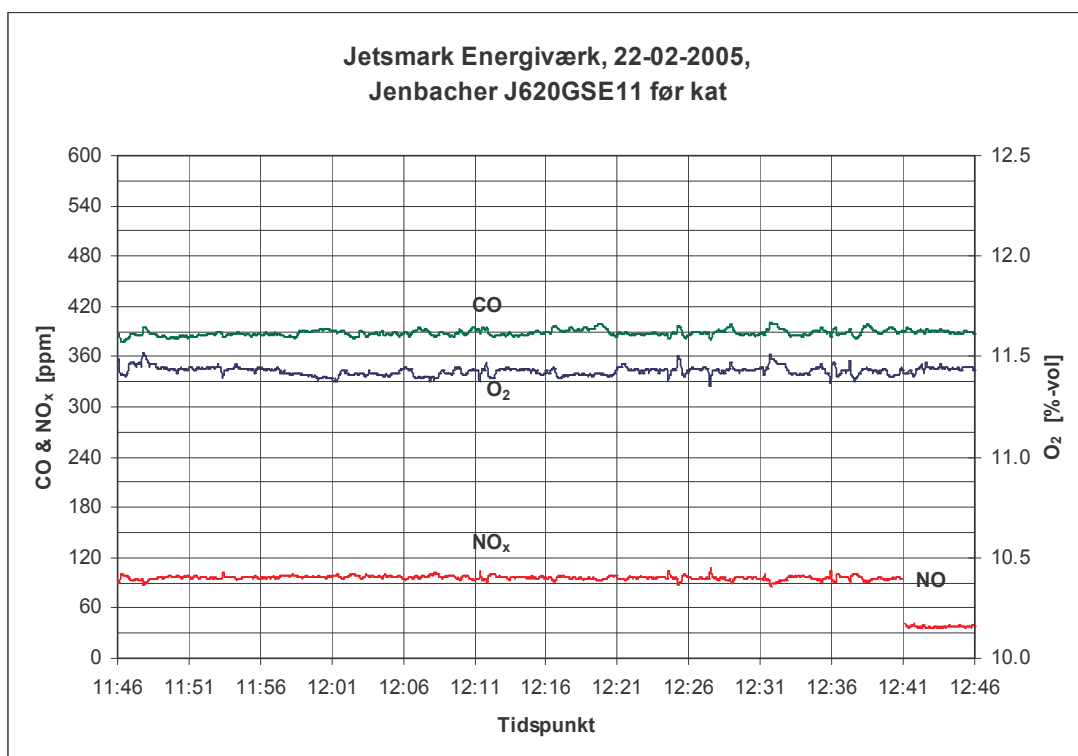
I Tabel 6 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

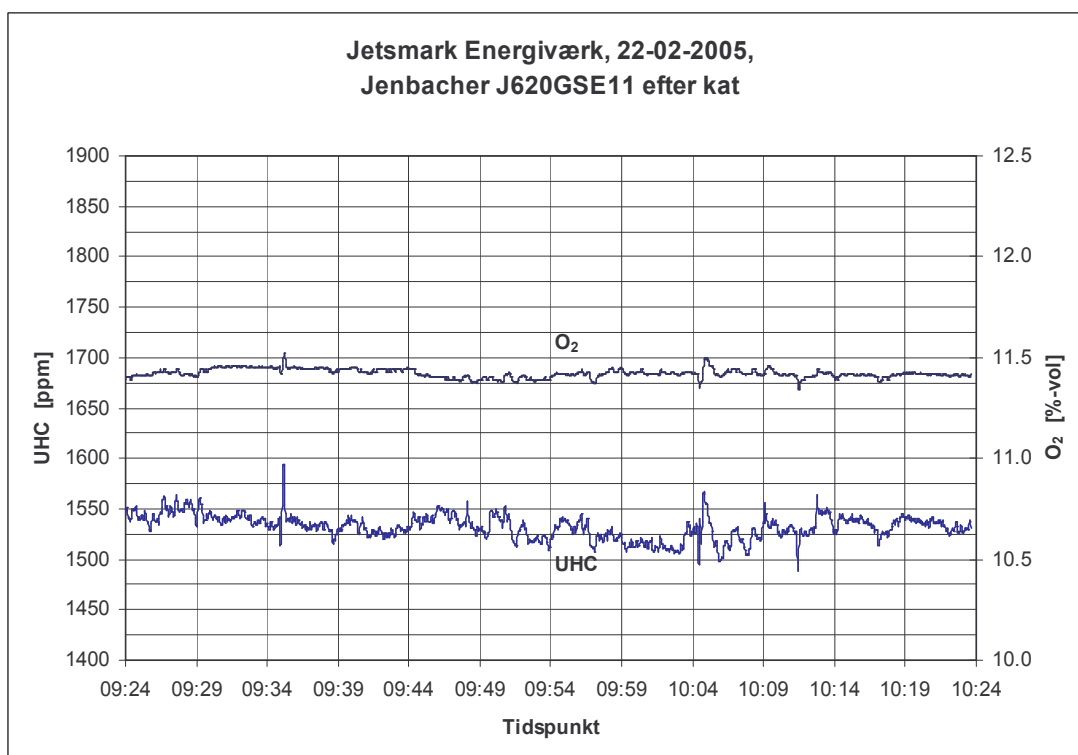
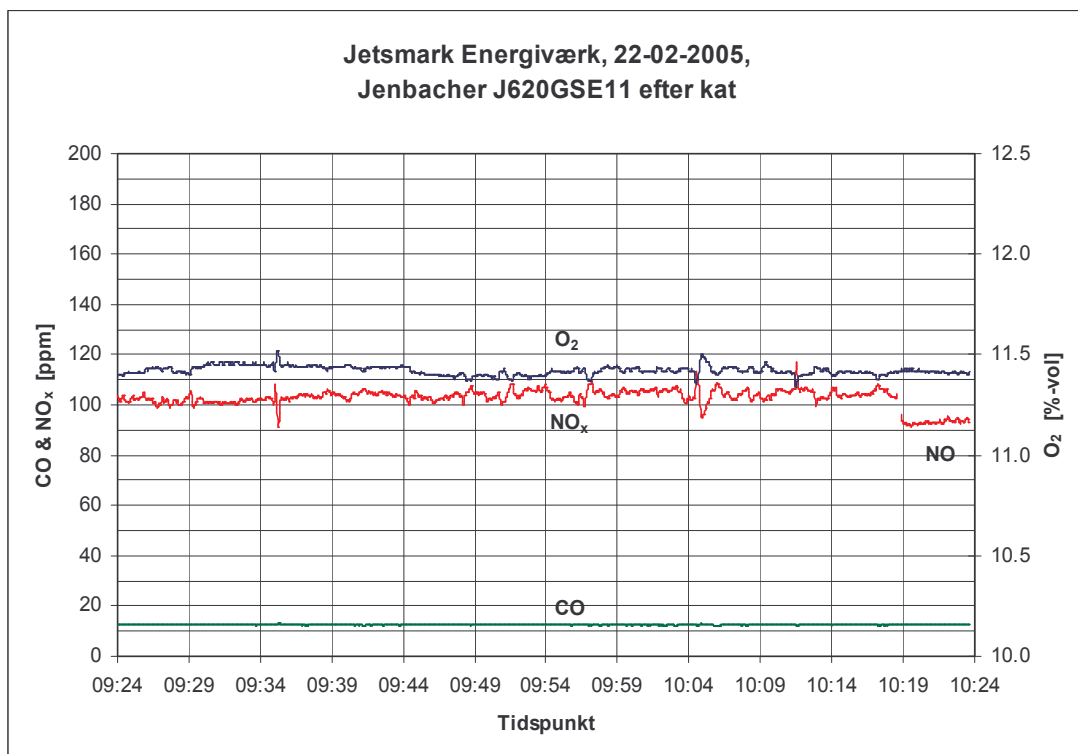
Tabel 6 Supplerende målinger

<b>Temperatur, udendørs<sup>2)</sup></b>	[°C]	-1
<b>Relativ fugtighed, udendørs<sup>2)</sup></b>	[% RH]	78
<b>Barometerstand<sup>2)</sup></b>	[hPa]	1025
<b>Temperatur, indendørs<sup>2)</sup></b>	[°C]	17
<b>Relativ fugtighed, indendørs<sup>2)</sup></b>	[% RH]	21
<b>Aktuel last</b>	[kW]	2736
<b>Kølevandstemp.<sup>1)</sup></b>	[°C]	84
<b>Kølevandstryk<sup>1)</sup></b>	[bar]	1,3
<b>Smøreolietemp.<sup>1)</sup></b>	[°C]	66
<b>Smøreolietryk<sup>1)</sup></b>	[bar]	4,1
<b>Blandingstemp.<sup>1)</sup></b>	[°C]	40
<b>Ladelufttryk<sup>1)</sup></b>	[bar]	3,3
<b>Mixerposition<sup>1)</sup></b>	[%]	45
<b>Udstødsgennemsnit<sup>1)</sup></b>	[°C]	455

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 / 22-02-2005

1. time

Jenbacher J620GSE11 før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	22	
<b>O2-måling (Servomex 572):</b>			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.% 11.4	1.8
Temperatur:	± (0.05+0.2 <sup>2</sup> )/t rum-t cal) % rel.	t rum °C 23	0.2
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		1.8
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O2-effekt ved omregning:	± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	3.1
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):	ppm	378	789 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2040	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		2.7
Temperatur:	± (0.3 <sup>2</sup> /t rum-t cal) % rel.	t rum °C 23	0.2
Liniaritet:	± 1 % fs		5.4
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	24.0
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	26.7
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
<b>NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	96	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		2.6
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 23	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs		2.6
NO		NO ppm 37	
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm 60	1.9
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.	5.5	0.1
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06 <sup>2</sup> /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	99.1
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.0
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.8
<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	1641	1467 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
Liniaritet:	± 1 % fs		1.5
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.5
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	63.5
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	80.9
UHC i % af indfyret	% af indf.		2.93
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt		4.83
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point		0.14

## Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetsmark Energiværk / 22-02-2005

1. time

Jenbacher J620GSE11 efter 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.%	11.4
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	21
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

<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):	ppm	12	
	ppm	249	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		10.5
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		21.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm		2.8
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		2.8

25 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>

\*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas

<b>NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	102	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		2.4
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		2.4
NO		NO ppm	91
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	12
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		103.6
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm		4.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		5.6

357 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>16 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>19 mg/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>

<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	1542	
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)		1.6
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		1.6
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.6
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		61.5
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		77.4

1378 mg C/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>55 mg C/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>69 mg C/m<sup>3</sup>n ved 5%O<sub>2</sub>

UHC i % af indfyret	% af indf.	2.76
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.93
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.14