

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer 1. måling på Jetsmark Energiværk

Målerapport 725.40

Marts 2004

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

1. måling på Jetsmark Kraftvarmeværk

Jenbacher J620 GS E11

Henrik Andersen og Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Henrik Andersen og Steen Andersen

Dato for udgivelse : 29.03.2004

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd
kat\HAN_SDA\Målerapporter\Jetsmark1\Jetsmark010304.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.....	8
3 Opgavebeskrivelse	9
4 Anlægsbeskrivelse	10
4.1 Data for gasmotor	10
5 Måleresultater	11
5.1 Emission.....	11
5.2 Øvrige driftsdata	12

1 Udførte målinger og resultater

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 01.03.2004 udført energi- og miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

Denne rapport indeholder udover måleresultater en beskrivelse af anlægget og vil derfor have et større omfang end de kommende projektrapporter.

Målingerne er udført af Henrik Andersen og 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.

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 (kortidsmåling)
- NO_x (summen af NO og NO₂)
- UHC (uforbrændt kulbrinte)

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

- UHC sammensætning
- 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_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.]	11,2 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	671 ± 51 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	430 ± 23 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1261 ± 64 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.]	11,2 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	19 ± 6 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	441 ± 22 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1177 ± 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 UHC sammensætningen i røggassen.

Tabel 2a Analyse af UHC i røggas før katalysator

UHC sammensætning	[ppm] ¹⁾	[%-rel.] ²⁾
Metan	1091	89,6
Ethen	28	2,3
Ethan	62	5,1
Propen	5,8	0,5
Propan	23	1,9
i-Butan	4,3	0,3
n-Butan	4,9	0,4
i-Pentan ³⁾	-	-
n-Pentan ³⁾	-	-
Total [ppm]	1218	
Total [ppm CH ₄ -ækv.]	1392	

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 2b Analyse af UHC i røggas efter katalysator

UHC sammensætning	[ppm] ¹⁾	[%-rel.] ²⁾
Metan	1119	91,6
Ethen	10	0,8
Ethan	63	5,2
Propen	-	-
Propan	22	1,8
i-Butan	3,2	0,3
n-Butan	4	0,3
i-Pentan ³⁾	-	-
n-Pentan ³⁾	-	-
Total [ppm]	1222	
Total [ppm CH ₄ -ækv.]	1362	

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.

I Tabel 3a og 3b er angivet analyseresultaterne for aldehyder i røggassen.

Tabel 3a Analyseresultater af aldehyd i røggas før katalysator

	Emission¹⁾	Usikkerhed
	Middel	
	[mg/m ³ n]	[mg/m ³ n]
Formaldehyd	71,70	± 5,31
Acetaldehyd	5,83	± 0,43
Acrolein	0,28	± 0,02
Propanal	0,39	± 0,03
Acetone	0,39	± 0,03
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal	0,12	0,01
Benzaldehyd	0,035	0,003

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

2) Under detektionsgrænsen.

Tabel 3b Analyseresultater af aldehyd i røggas efter katalysator

	Emission¹⁾	Usikkerhed
	Middel	
	[mg/m ³ n]	[mg/m ³ n]
Formaldehyd	29,93	+/- 2,22
Acetaldehyd	1,53	+/- 0,11
Acrolein	0,023	+/- 0,002
Propanal	0,13	+/- 0,01
Acetone	0,13	+/- 0,01
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal	0,06	0,00
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

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

2) Under detektionsgrænsen.

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 01.03.2004 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 Henrik Andersen og Steen Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

Jetsmark Energiværk var under målingerne repræsenteret ved Henrik Sjølund.

Denne målerapport er kvalitetssikret af Henrik Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

4 Anlægsbeskrivelse

Anlægget består af en gasmotor i separat motorcelle, placeret i hal med røg-gasveksler ved siden af motorcellen. Lyddæmper og katalysator er placeret på tag af motorcelle.

4.1 Data for gasmotor

Gasmotor:

Type:	Jenbacher J620 GS E11
Serienr.:	3699771
Nominel ydelse:	2801 kW akseleffekt (angivet på mærkeplade)
Omdrejningstal:	1500
Driftstimet al, motor:	6017
Driftstimet al, katalysator:	142
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 13 – 14.

Tabel 4 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,2 ± 0,3	11,2 ± 0,3
CO	[ppm]	328 ± 24	10 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	127 ± 6	130 ± 6
UHC ²⁾	[ppm]	1438 ± 60	1343 ± 58

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 45%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 94%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 414°C og ca. 48°C efter.

Bestemmelse af usikkerhed for målingerne fremgår af usikkerhedsbudgetter side 15 - 16.

5.2 Øvrige driftsdata

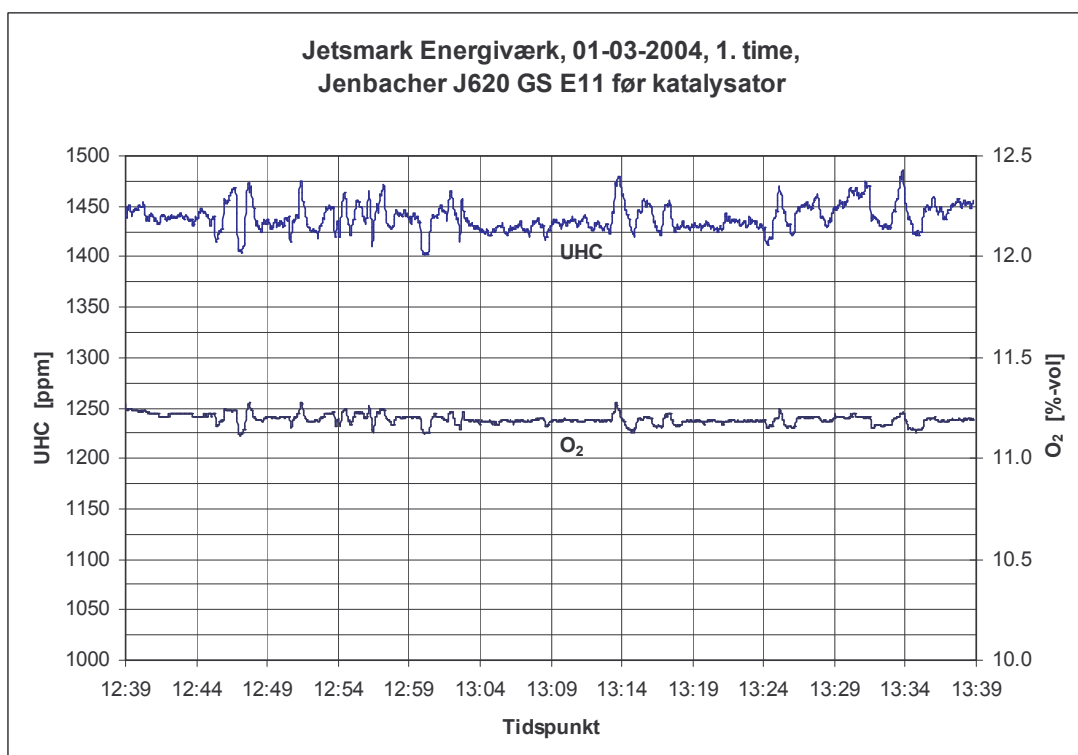
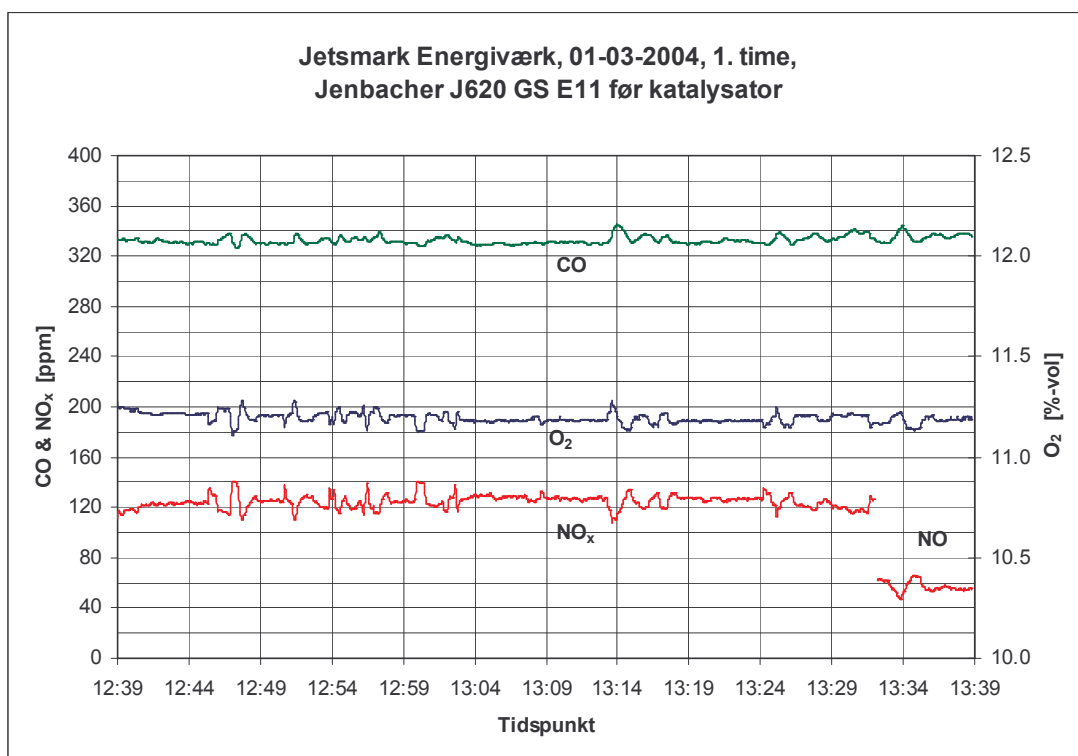
I Tabel 6 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

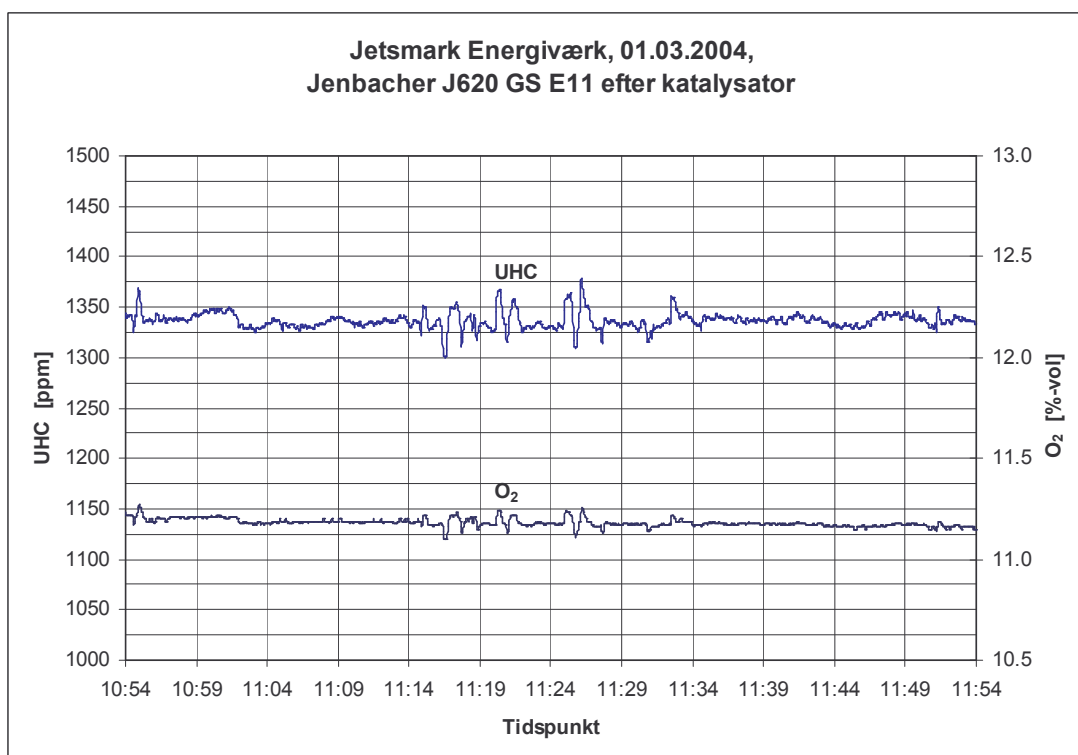
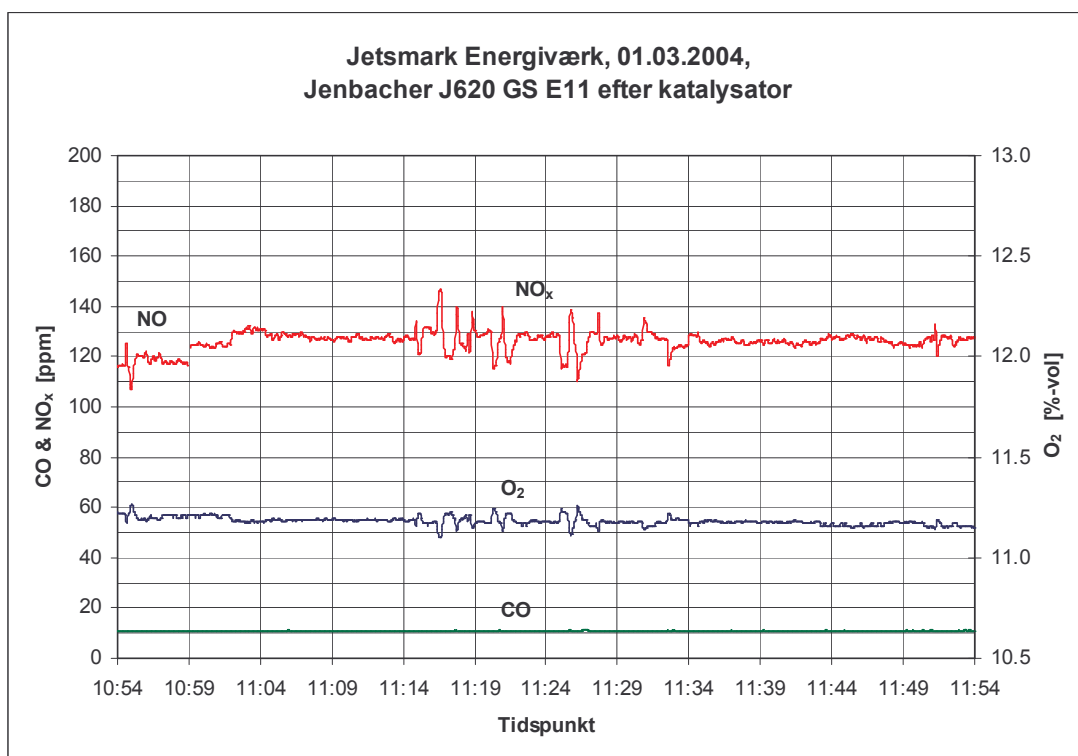
Tabel 6 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	6
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	87,2
Barometerstand²⁾	[hPa]	1023
Temperatur, motorcelle²⁾	[°C]	19 – 27
Fugtighed, motorcelle²⁾	[% RH]	21 – 37
Kølevandstemp.¹⁾	[°C]	84
Kølevandstryk¹⁾	[bar]	1,4
Smøreolietemp.¹⁾	[°C]	66
Smøreolietryk¹⁾	[bar]	4,1
Blandingstemp.¹⁾	[°C]	39
Ladelufttryk¹⁾	[bar]	3,3
Mixerposition¹⁾	[%]	42
Udstødsgennemsnit¹⁾	[°C]	451

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 / 01-03-2004

1. time

Jenbacher J620 GS E11 før katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	29	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.2
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	29
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O2-effekt ved omregning: ± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100			
		± % rel.	3.0
CO-måling (Hartmann & Braun. URAS 14):			
Måleområde, fs *):		ppm	328
		ppm	1990
	± 0.5 % fs		3.0
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	29
Liniaritet:	± 1 % fs		6.1
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	23.2
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	25.2
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:		ppm	124
		ppm	250
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		2.0
Temperatur:	± 2% rel.	t rum °C	29
Liniaritet:	± 1 % fs		2.0
NO		NO ppm	56
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	68
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.6
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	127.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.6
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.7
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:		ppm	1438
		ppm	2500
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)		1.7
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	29
Liniaritet:	± 1 % fs		1.7
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.7
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	59.4
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	73.3
UHC i % af indfyret		% af indf.	2.53
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	5.01
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.13

671 mg/m³n ved 5%O₂47 mg/m³n ved 5%O₂51 mg/m³n ved 5%O₂430 mg/m³n ved 5%O₂19 mg/m³n ved 5%O₂23 mg/m³n ved 5%O₂1261 mg C/m³n ved 5%O₂52 mg C/m³n ved 5%O₂64 mg C/m³n ved 5%O₂

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetsmark Energiværk / 01.03.2004

1. time

Jenbacher J620 GS E11 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.	vol. %	11.2	1.8
Temperatur: ± (0.05+0.2*(t rum-t cal)) % rel.	t rum °C	28	0.3
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.		3.0
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	10	19 mg/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	249	
Grund-usikkerhed: ± 0.5 % fs			13.1
Temperatur: ± (0.3*(t rum-t cal)) % rel.	t rum °C	28	0.3
Liniaritet: ± 1 % fs			26.1
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	6 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	6 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	129	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed: ± 1 % fs			1.9
Temperatur: ± 2 % rel.	t rum °C	28	2.0
Liniaritet: ± 1 % fs			1.9
NO	NO ppm	120	
NO2 konvertering: - 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	9	0.2
Tværfølsomhed CO2: - 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.6	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	130.3	441 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	5.2	18 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	6.5	22 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	1343	1177 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed: ± 1 % fs (min. ± 1 ppm)			1.9
Temperatur: ± 2 % rel.	t rum °C	28	2.0
Liniaritet: ± 1 % fs			1.9
Repetérbarhed: ± 1 % fs			1.9
Kalibreringsgas: ± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	57.6	50 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	70.3	62 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret	% af indf.	2.36	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	5.15	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.12	