
Arbetsrapport SGC A18

**EMISSIONS- OCH IMMISSIONSMÄTNINGAR
VID EN NATURGASELDAD VILLAPANNA**

David Cooper
Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning

Mars 1997



L97/230

FÖR GASTEKNISKT CENTER AB

SGC-projekt 97.29
EMISSIONS- OCH IMMISSIONSMÄTNINGAR
VID EN NATURGASELDAD VILLAPANNA

25:e mars 1997

David Cooper
Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning,
Box 47086
402 58 Göteborg

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	2
SUMMARY.....	2
1. INLEDNING.....	3
2. ANLÄGGNINGSBESKRIVNING.....	3
3. MÄTTEKNIK.....	3
3.1 EMISSIONSMÄTNINGAR.....	4
3.2 IMMISSIONSMÄTNINGAR.....	4
4. GENOMFÖRANDE.....	4
5. RESULTAT.....	4
5.1 KONCENTRATIONER.....	5
5.2 EMISSIONER.....	5
6. DISKUSSION.....	5
7. REFERENSER.....	6

Bilaga 1 - mätdata

Bilaga 2 - bränsleanalys

Bilaga 3 - bakgrundluft data

Sammanfattning

Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL) har utfört emissions- och immissionsmätningar av kväveoxider (NO_x) vid en naturgaseldad villapanna i södra Helsingborg. Målsättningen var att mäta NO_x -emissionen och hur NO_x -koncentrationen ändrades i plymen vid 1 och 2 m avstånd från avgaskanalens mynning (immissionsmätning). Mätningarna genomfördes med två parallella mätsystem; ett för emissionsmätningar och ett för immissionsmätningar.

Resultaten bygger på två provperioder som inkluderade normaldrift och maximal belastning på pannan. Pannans NO_x -emission visade sig vara låg (12 - 27 mg NO_x/kWh). Halten var och ca 4 - 9 ppm (8 - 18 mg/ nm^3) i avgaserna vid 9 % CO_2 . Under de väderförhållanden som förelåg under studien (lätta vindar och uppehåll) utspäds NO_x i avgasen 18 - 60 gånger (1 m från avgaskanalens mynning) och 39 - 84 (2 m från avgaskanalens mynning).

NO_x -bidraget från pannan till halten i den närmaste omgivningen kan anses som litet. Detta illustrerades av att startande fordon på den angränsande gatan orsakade korta perioder med "bakgrundshalter" högre än halterna i avgasplymen 1 m från avgaskanalensmynning.

Summary

The Swedish Environmental Research Institute has carried out emission and immission measurements of nitrogen oxides (NO_x) at a natural gas fired residential

boiler in southern Helsingborg. The objective of the study was to determine the NO_x emission of the boiler and examine how the NO_x concentration changed in the plume at distances of 1 and 2 m from the flue gas channel exit (immission measurements). The measurements were undertaken using two parallel continual monitoring systems; one for emission measurements and one for immission measurements.

The results obtained are based on two sample periods which included intervals of normal and maximum load operation of the boiler. The boiler's NO_x emission was low (12 - 27 mg NO_x/kWh). Flue gas concentrations were ca 4 - 9 ppm (8 - 18 mg/ nm^3) at 9 % CO_2 . For the prevailing weather conditions (light winds and dry), the NO_x in the flue gas was diluted by a factor of 18 - 60 (1 m from the channel exit) and 39 - 84 (2 m from the channel exit).

The NO_x contribution from the boiler to the levels of the local surroundings is considered small. This was illustrated by vehicles being started on the neighbouring street which gave short periods of "background levels" higher than certain periods in the flue gas plume 1 m from the flue gas channel exit.

1. Inledning

I samråd med Helsingborgs Energi AB och Helsingborgs Miljökontor har Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL)¹ utfört emissions- och immissionsmätningar av kväveoxider (NO_x) vid en naturgaseldad villapanna. Syftet med mätningarna var att dels undersöka emissionens storlek från pannan (emissionsmätning) och dels uppskatta hur utsläppet sprids i den närmaste omgivningen från avgaskanalen (immissionsmätning).

2. Anläggningsbeskrivning

Den undersökta naturgaseldad pannan var installerad i källaren till en villa i södra Helsingborg. Villaområdet var beläget i en mycket lugnt förort och ca 1 km från en huvudväg.

Pannan var av fabrikat Viessmann, Model Euro-la-CB. Enheten är en kompakt kondenserande gaspanna med modulerande Matrix-strålningsbrännare. Enligt pannans specifikation är NO_x-emissionen < 15 mg/kWh, märkeffekt för rumsuppvärmning 8 - 18 kW och märkeffekt för varmvattenuppvärmning 8 - 22 kW. Pannan är utrustad med ett gasur (typ Gallus G4 Modell 2000 nr. 1200969). Avgaserna leds ur källaren via en kanal (ca 0,1 m diameter) som har sin mynning ca 1 m ovan markytan och ca 1 m ifrån villans vägg (Figur 3.1).

3. Mätteknik

Mätparametrarna och de använda mätteknikerna framgår av Tabell 3.1 och

¹ IVL är akrediterat (SWEDAC nr. 1213) för emissionsmätningar av bl a NO_x och CO₂.

referensgaserna för instrumentkalibrering presenteras i Tabell 3.2. Samtliga mätsignaler registrerades med en INTAB AAC-2 loggerenhet (inspelningsfrekvens 2 sek/10 sek) och dator. Instrumentuppställningegen visas i Figur 3.1. Mättekniken baseras på gällande internationella standarder (ISO, 1985; ISO, 1996)

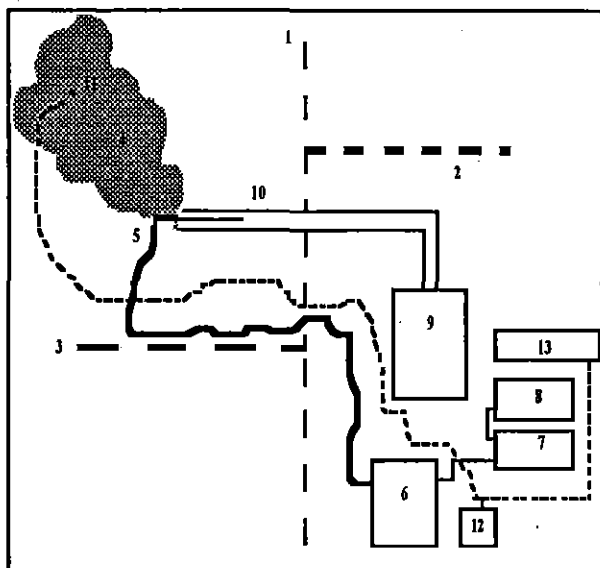
Tabell 3.1. Mätparametrar och mätteknik

NO _x	Emissionsmätning Ecophysics CL700EL (0-10 ppm)
NO	
NO ₂	Kemiluminescens
CO ₂	Emissionsmätning Mathak Unor 6N (0-20 %) IR absorption
Temp	Emissionsmätning Yokogawa Model 2455-14 Termoelement
NO _x	Immissionsmätning Ecophysics CL700AL (0-1 ppm)
NO	
NO ₂	Kemiluminescens
Temp	Immissionsmätning Ainor GGA-65 Termo-anemometer
Vind- hastighet	Immissionsmätning Ainor GGA-65 Termo-anemometer

Tabell 3.2. Referensgaser

NO _x	AGA Special Gas AB 881 ppm NO _x , 789 ppm NO och 92 ppm NO ₂ i N ₂
NO	
NO ₂	tub S0297 5045, ± 2 % tolerans, gäller f.o.m. 2000-06-17
CO ₂	AGA Special Gas AB 499 ppm CO och 16,0 % CO ₂ i N ₂
	tub S0197 30974, ± 2 % tolerans, gäller f.o.m. 2000-03-25
Utspädd Kal gas ¹⁾	Emissionsmätning 6,0 ppm NO _x , 3,4 ppm NO och 0,6 ppm NO ₂ i syntetisk luft
Utspädd Kal gas ¹⁾	Immissionsmätning 0,893 ppm NO _x , 0,800 ppm NO och 0,093 ppm NO ₂ i syntetisk luft

¹⁾ Enviro-nics Computerised Multi-gas Calibrator Series 100 (automatisk utspädningsystem).



Figur 3.1 Instrumentuppställning
 1 = Husets vägg; 2 = Källarens tak; 3 = Markyta;
 4 = Avgasplym; 5 = Uttagsond och uppvärmd slang
 för emissionsmätning; 6 = Gasberedningssystem;
 7 = NO_x-instrument; 8 = CO₂-instrument;
 9 = Panna; 10 = Avgaskanal; 11 = Mätpunkt för
 immissionsmätning; 12 = Pump (30 l/min);
 13 = NO_x-instrument (immissionsmätning)

3.1 Emissionsmätningar

För de kontinuerliga emissionsmätningarna extraherades ett gasprov från en punkt ca 0,5 m från avgaskanalens mynning via ett rostfritt stålrör. Provet leds sedan via en 10 m uppvärmd Teflonslang till ett gasberedningssystem (kylare, finfilter och pump). Det torra gasprovet analyserades med avseende på NO_x, NO, NO₂ och CO₂. Temperaturen i avgaskanalen uppmättes periodvis med ett termoelement (stickprov).

3.2 Immissionsmätningar

För de kontinuerliga immissionsmätningarna togs ett omgivningsluftprov via en 5 m Teflonslang. Mätpunkten (slangens ingång) kunde manuellt placeras i lä av avgasplymen på olika avstånd från

avgaskanalens mynning eller flera meter lovert från avgaskanalen (bakgrundsluftsmätning).

Omgivningsluftens temperatur, vindriktning och vindhastighet uppmättes periodvis med en bärbar termoelement.

4. Genomförande

Mätningarna genomfördes under eftermiddagen av den 3:e november (prov 1) och förmiddagen den 4:e november (prov 2). Samtliga instrument kalibrerades före och efter varje prov (mätsignalerna kunde därefter kompenseras för eventuell signaldrift).

Varje prov inkluderade perioder av; (i) normaldrift (korta 2-minutsintervaller med drift följde av 3 - 4 minuter utan drift), (ii) bakgrundsluft immissionsmätningar, och (iii) maximal belastning av pannan (Bilaga 1). I det senare fall stängdes pannan av medan husets varmvattenslager tömdes (ca 15 minuter) innan pannan återigen startades. Detta driftfall gav en maximal belastning under ca 15 - 20 minuter innan normaldrift återupptogs.

Under driftsintervallerna på pannan flyttades Teflonslangens mynning (immissionsmätning) manuellt så att provtagning skedde inne i avgasplymen vid ett avstånd av antingen 1 m eller 2 m ifrån kanalen. Under övriga tid placerades slangen så att bakgrundsluftprov togs.

5. Resultat

Väderleken (uppehåll och lätt vindar) under mätningarna gjorde det relativt lätt att följa

avgasplymen under immissionsmätningarna. Under prov 1 (nästan vindstilla) steg plymen för det mesta vertikalt och mycket stabilt. Under prov 2 blåste en lätt och stabil vind från den angränsande gatan och plymen låg horisontalt och parallellt med husets vägg.

5.1 Koncentrationer

Primärdata finns presenterade i Bilaga 1 och en resultatsammanfattning i Tabell 5.1.

Tabell 5.1. Resultatsammanfattning. Koncentrationsdata motsvarar medelvärden som byggs på flera driftsintervaller.

	parameter	prov 1	prov 2
normaldrift emiss	NO _x , ppm	4,0	4,2
	NO, ppm	2,5	2,6
	NO ₂ , ppm	1,5	1,6
	CO ₂ , %	8,66	8,19
	temp, °C	34	34
	gasflöde, l/m	15	14
normaldrift immiss	NO _x , ppb ¹⁾	110 (80)	70 (50)
	NO, ppb ¹⁾	50 (30)	40 (30)
	NO ₂ , ppb ¹⁾	60 (50)	30 (20)
	temp, °C	2	3
	rel. fukt, %	42	45
	vindh, m/s	0,1 - 0,5	0,6 - 1,9
	max belast. emiss	NO _x , ppm	9,0
NO, ppm		5,7	5,4
NO ₂ , ppm		3,3	3,8
CO ₂ , %		8,87	9,10
temp, °C		56	53
gasflöde, l/m		37	36
max belast. immiss	NO _x , ppb ¹⁾	500 (230)	320 (160)
	NO, ppb ¹⁾	290 (120)	180 (80)
	NO ₂ , ppb ¹⁾	220 (110)	140 (80)

¹⁾ Vid 1 m avstånd från avgaskanalens mynning. Värden i parentes motsvarar halter vid 2 m avstånd.

5.2 Emissioner

Utifrån mätdata i Tabell 5.1 och uppgifter på bränsleanalysen (Bilaga 2) beräknades NO_x-emissionerna enligt Naturvårdsverket, 1991 (Tabell 5.2).

Tabell 5.2. De uppmätta NO_x-emissionerna, mg/kWh.

	prov 1	prov 2
normaldrift	11,9	13,3
max belast.	26,2	26,1

6. Diskussion

De erhållna medelvärdena visar att under de korta normaldriftsperioderna späds NO_x-halten i avgaserna ut med en faktor 36 - 60 vid 1 m från avgaskanalens mynning och 50 - 84 vid 2 m. Motsvarande utspädningsfaktorer vid maximalbelastning var 18 - 29 (1 m) och 39 - 58 (2 m). Skillnaden mellan de två driftfallen är att avgasflödet är dubbelt så stor under maximal belastning. Den högsta momentana NO_x-halten i plymen under normal drift uppmättes till 240 ppb (1 m avstånd, 17:20 prov 1) vilket innebär en utspädning av ca 16 gånger.

Flera referenser är tillgängliga som ger direktiv för olika åtgärdsnivåer för luftkvalitet (Naturvårdsverket, 1990; Statens Naturvårdsverkets Författningssamling, 1993; Arbetarskyddsstyrelsens Författningssamling, 1996). De nuvarande rikt- och gränsvärden² för NO₂ (Tabell 6.1) gäller för exponering i situationer "där människor normalt uppehåller sig". "Vad beträffar gatamiljön bör riktvärdena vara uppfyllda på trottoar och andra platser i gatamiljön där allmänheten vistas längre

² Ett gränsvärde är bindande och får inte överskridas. Utöver gränsvärdena förekommer också riktvärden och länsiktiga mål som anger vanligtvis den nivå under vilken inga eller obetydliga effekter är troliga.

tid". I denna studie har mätpunkterna varit vid en plats där väldigt få personer vistas väldigt sällan. Dessutom är rikt- och gränsvärdena formulerade på tim-, dygns- eller halvårsmedelvärden av NO₂ vid olika %-iler, vilket ej direkt kan jämföras med de erhållna medelvärdena över 2 - 5 minuter. Med dessa reservationer i minnet kan de uppmätta NO_x-koncentrationerna anses som låga.

Tabell 6.1. Jämförelse mellan uppmätta NO_x-koncentrationer och gällande rikt- och gränsvärden.

	µg/m ³)	Anmärkning
NO ₂ -gränsvärde	110 75 50	1 timma 98 %-il vinterhalvår 1 dygn 98 %-il vinterhalvår aritmetiskt medelvärde
NO ₂ -riktvärde	100 40	1 timma 99 %-il halvårsmedelvärde(okt-mars)
NO ₂ -nivågräns hygieniska gränsvärde	2 000	tidsvägt medelvärde för exposition under en arbetsdag
uppmätta NO _x	100-270	2 m avstånd normaldrift under ca 2 min
uppmätta NO _x	330-470	2 m avstånd maximaldrift under ca 5 min
uppmätta NO _x	140-230	1 m avstånd normaldrift under ca 2 min
uppmätta NO _x	650-1030	1 m avstånd maximaldrift under ca 5 min

) 1 ppb NO_x = 2,05 µg/nm³ (räknat som NO₂)

En intressant jämförelse uppstod dock under bakgrundsluftmätningar (09:30 - 09:45, prov 2) där bilar startades på den angränsande gatan under tre tillfällen (Bilaga 1). Trots att mätpunkten var ca 5 m ifrån gatan uppmättes "bakgrundshalter" på ca 250 µg/m³ dvs högre än vissa perioder med mätpunkten inne i plymen 1 m ifrån avgaskanalen.

Med undantag från perioden där trafik störde immissionsmätningar låg NO₂-halterna i bakgrundsluft mellan ca 10

(10:00 - 10:15, prov 2) och ca 50 µg/m³ (17:30 - 17:50, prov 2). Dessa siffror kan jämföras mot septembers mätvärden från Helsingborgs Söder mätstation (Opsis mätsystem - Bilaga 3); högsta dynsmedelvärde 41,1 µg NO₂/m³ och månadsmedelvärde 15,5 µg NO₂/m³.

7. Referenser

Arbetskyddsstyrelsens Författningssamling (1996), "Hygieniska Gränsvärden" AFS 1996:2.

ISO (1985), "Ambient Air - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides - Chemiluminescence method", ISO 7996.

ISO (1996), "Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides - Performance characteristics of automated measuring systems", ISO 10849.

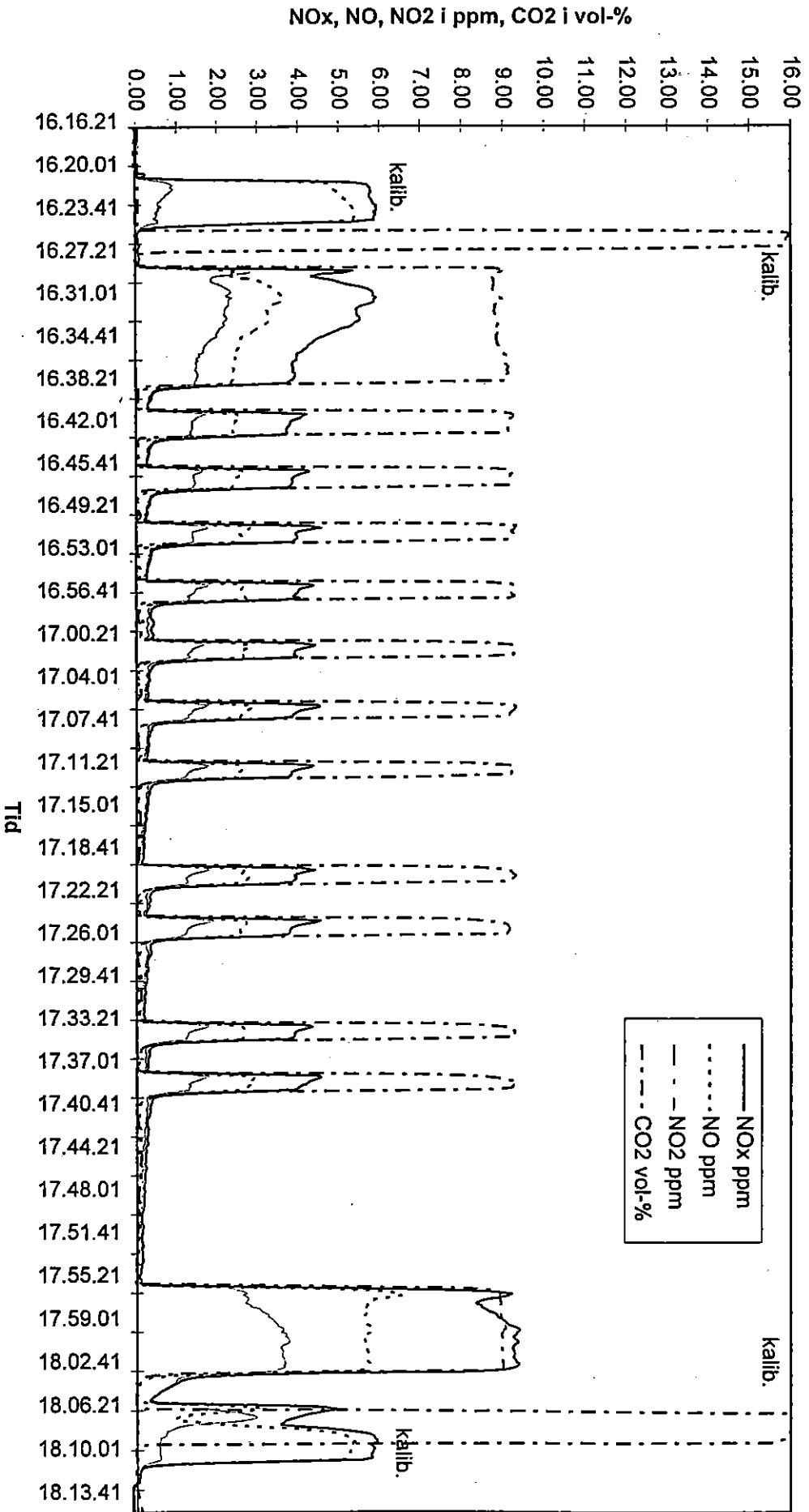
Miljökontoret Helsingborg (1997) "Månadsrapport september 1997".

Naturvårdsverket (1990), "Riktvärden för luftkvalitet i tätorter", Allmänna Råd 90:9.

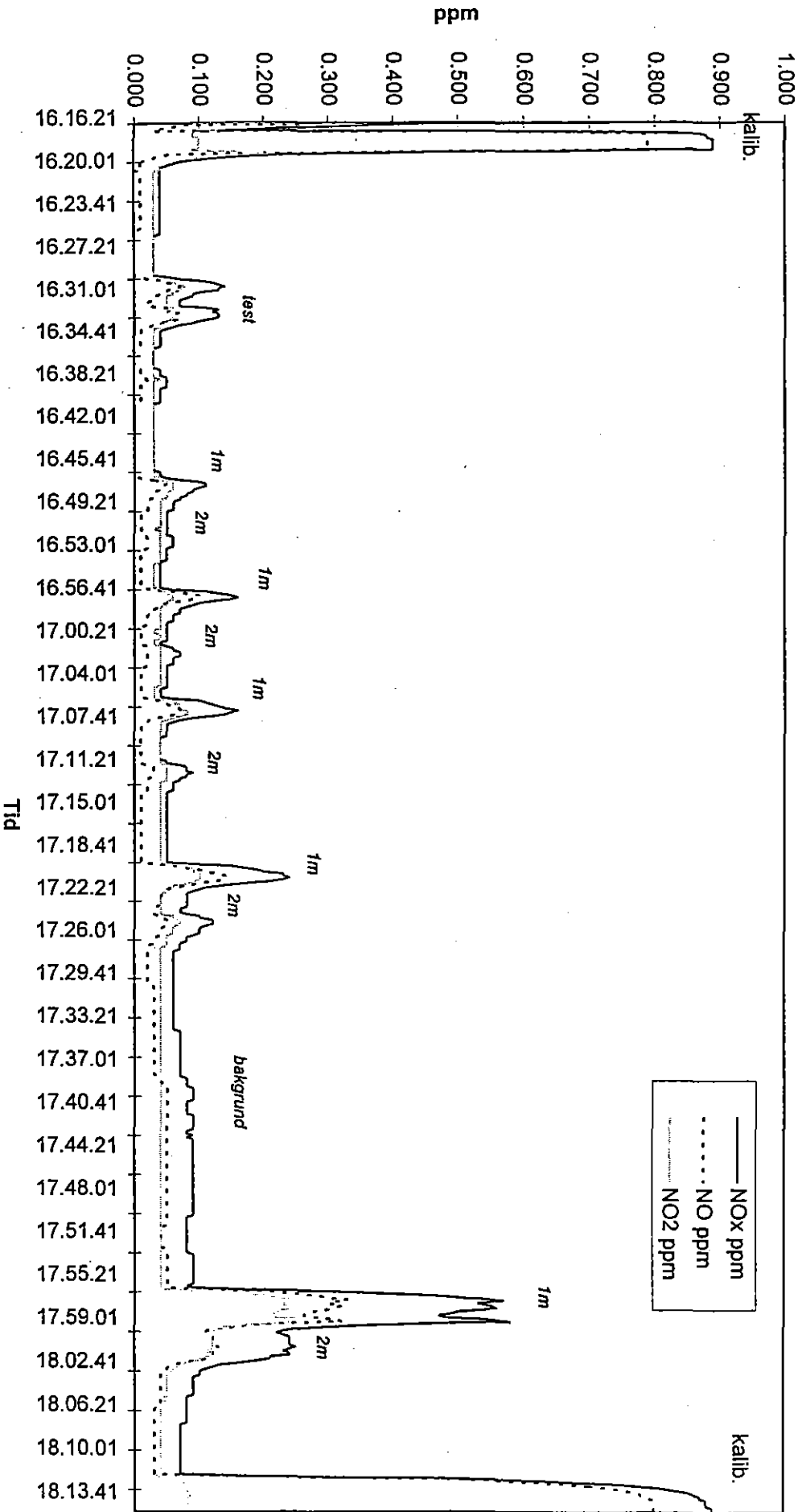
Naturvårdsverket (1991), "Mätmetoder för Kväve- och Svaveloxidutsläpp", Allmänna Råd 91:6.

Statens Naturvårdsverkets Författningssamling, Miljöskydd (1993), "Kungörelse med föreskrifter om högsta tillåtna halt i luft av kväveoxid", SNFS 1993:12 MS:67,

Viessmann Eurla gaspanna - emissionsmätningar
971103 - prov 1

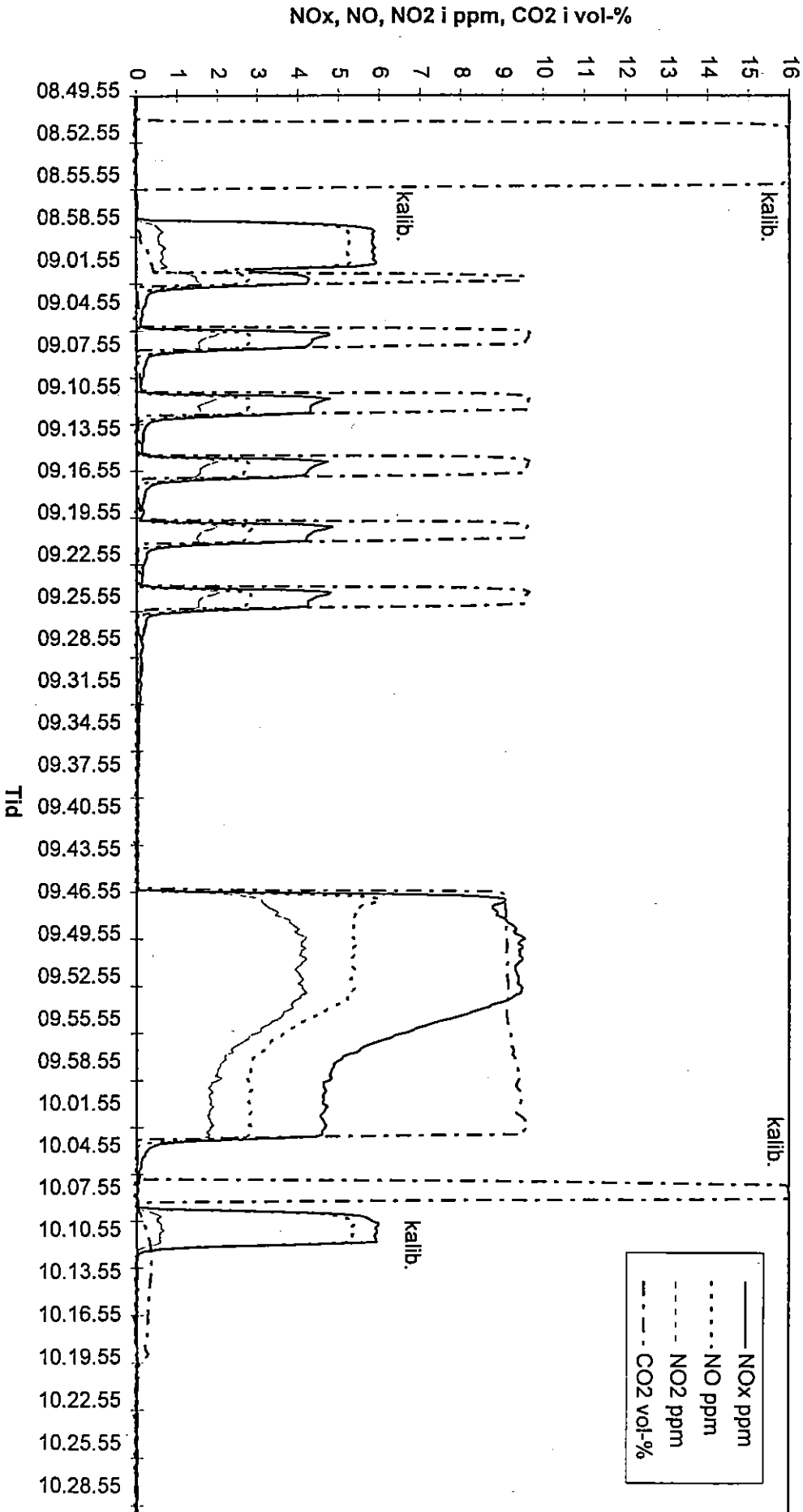


Viessmann Eurola gaspanna - immissionsmätningar
971103 - prov 1

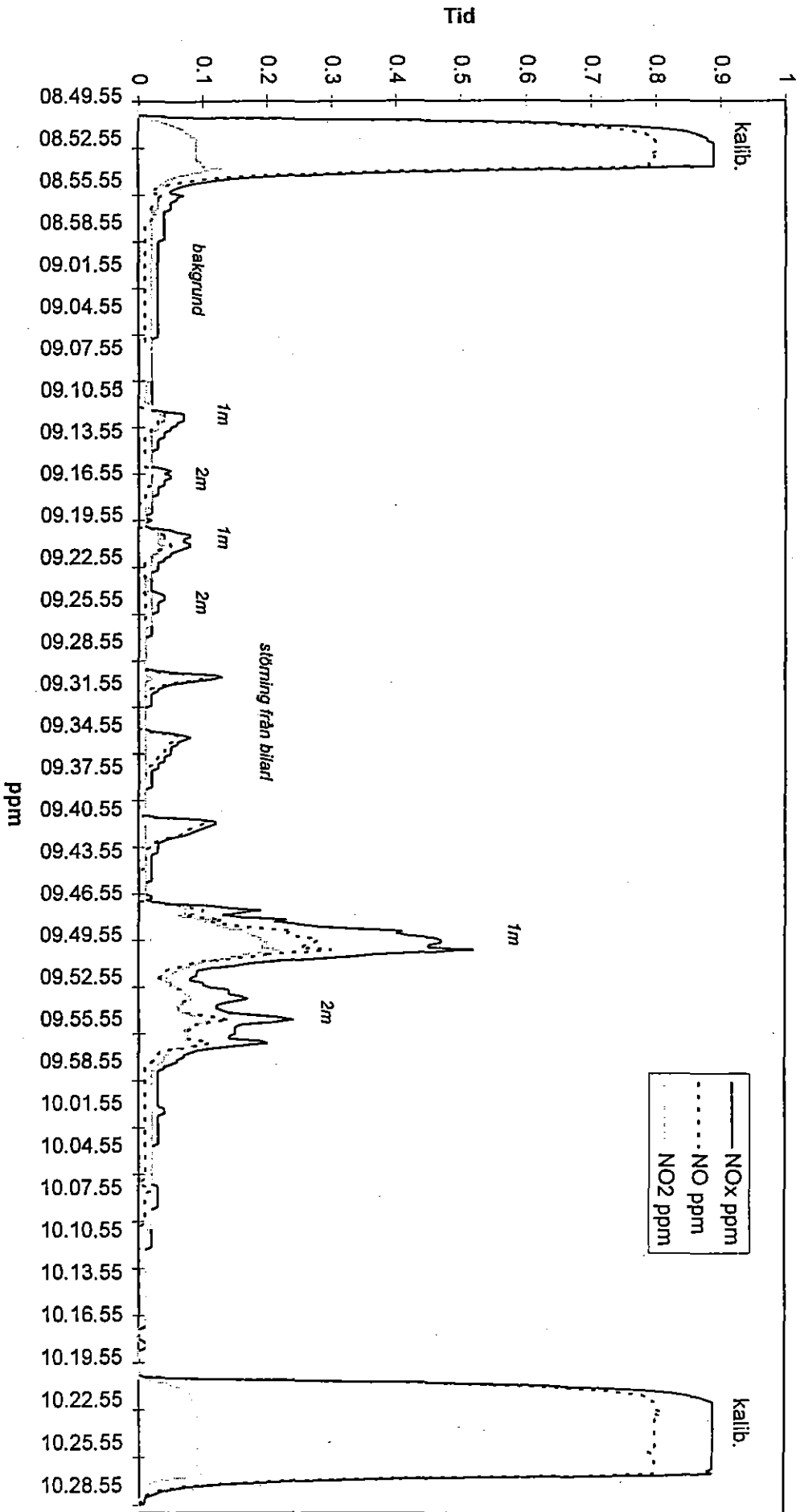


Viessmann Eurola gaspanna - emissionsmätningar

971104 - prov 2



Viessmann Eurola gaspanna - immissionsmätningar
971104 - prov 2



Bränsleanalys utförd av Jan Lundgren SYDGAS AB 970929

	prov 1	prov 2	medelvärden	C-innehåll	H-innehåll
C6H14	0.0539	0.0565	0.0552	0.05	0.01
N2	0.329	0.331	0.33	0.00	0.00
CH4	86.579	86.61	86.5945	64.95	21.65
CO2	1.467	1.46	1.4635	0.40	0.00
C4H8-iso	0.441	0.444	0.4425	0.38	0.06
C4H8	0.652	0.653	0.6525	0.56	0.09
C5H12-iso	0.103	0.107	0.105	0.09	0.02
C5H12	0.0889	0.0871	0.088	0.07	0.01
C2H6	6.936	6.894	6.915	5.53	1.38
C3H8	3.355	3.356	3.3555	2.75	0.61
SUMMA	100.00	100.00	100.00	74.77	23.84

nevärde = 11,0286 kWh/nm³ gas och densitet = 0,8316 kg/nm³ gas

Emissionsberäkning enligt Naturvårdsverkets Allmänna Råd Rapport 91:6

	maxbelast 1	maxbelast 2	normal 1	normal 2
CO ₂ i torr gas (uppmätt), vol-% =	8.87	9.1	8.66	8.19
Partialtrycket P _{wl} (från uppmätt temp. + fuktighet), kPa =	0.296	0.342	0.296	0.342
luftbehov (stökiomet.), torr luft nm ³ /kg, lot =	12.95	12.95	12.95	12.95
luftbehov (stökiomet.), fuktig luft nm ³ /kg, lo =	12.99	12.99	12.99	12.99
teoretisk CO ₂ i torr rökgas CO ₂ ot, vol-% =	11.96	11.96	11.96	11.96
teoretisk rökgasmängd torr rökgas Go _t , nm ³ /kg =	11.62	11.62	11.62	11.62
K-faktor = Go _t /lot =	0.90	0.90	0.90	0.90
luftfaktor, m =	1.31	1.28	1.34	1.41
vattenångans volym i fuktig rökgas H ₂ O nm ³ /kg =	2.69	2.69	2.69	2.69
fuktig rökgas vid stökiometrisk, Go nm ³ /kg =	14.31	14.31	14.31	14.31
verklig rökgasmängd, g nm ³ /kg =	18.37	17.97	18.75	19.67
g torr rökgasmängd, gt nm ³ /kg =	15.67	15.27	16.05	16.97
Uppmätt bränsleflöde, m ³ /min =	0.037	0.036	0.015	0.014
Antagen densitet kg/m ³ =	0.8316	0.8316	0.8316	0.8316
Antagen värmevärde kWh/nm ³ =	11.0286	11.0286	11.0286	11.0286
nevärde MJ/nm ³ =	39.70	39.70	39.70	39.70
bränsleflöde, kg/hr =	1.85	1.80	0.75	0.70
Tillfört energiflöde, MJ/hr =	73.30	71.32	29.72	27.73
Uppmätt NO _x -koncentration i torr gas, ppm =	9.0	9.2	4.0	4.2
NO _x -koncentration i torr gas, mg/nm ³ =	18.5	18.9	8.2	8.6
Torr rökgasflöde nm ³ /hr =	28.92	27.43	12.01	11.85
NO _x -massflöde, g/hr =	0.53	0.52	0.10	0.10
NO _x -emission, mg/MJ =	7.28	7.25	3.31	3.68
NO _x -emission mg/kWh =	26.21	26.11	11.93	13.25

STAT502
970901 - 970930
Helsingborgs Miljokontor
Helsingborg Söder
OP SIS
DP816

Diagrammet visar dygnsmedelvärden under mätperioden.

Medelvärde ug/m3 = 15,5
 Högsta dygnsmedelvärde ug/m3 = 41,1
 98-percentil ug/m3 = 35,2
 Antal dygn > 75 ug/m3 = 0

■ Konc.
 Gas NO2
 PATH all
 ug/m3

