

SP-92-48
Mats-Lennart Karlsson

Emissioner från vedpannor - lastförhållandets betydelse

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED
FRÄMRE SALÅS FÖRBUDEN

SP
Swedish National Testing and Research Institute
Energiteknik
SP RAPPORT 1992:48

NUTEK
Närings- och teknikutvecklingsverket



Mats-Lennart Karlsson

SP--92-48

DE93 770007

Emissioner från vedpannor - lastförhållandets betydelse

MASTER

SP
Swedish National Testing and Research Institute
Energiteknik
SP RAPPORT 1992:48

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED
FRÅN SÄLJEN FÖRBIHÅLLS



Abstract

Emissions from Wood-fired Domestic Central Heating Boilers - Heat Load Dependence.

The flue gases from three wood-fired domestic central heating boilers have been characterised. Measurements were made at three part loads; 3,7 and 15 kW.

Two of the boilers were modern multi-fuel boilers, with inverse firing and natural draught. The third boiler was a single-fuel wood boiler, with inverse firing and combustion air supply through a fan. All boilers were environmentally approved; the tar emissions were below 30 mg/MJ at nominal heat load.

The following parameters were measured:

- CO, CO₂, NO_x, total hydrocarbons (THC)
- tar and particulates
- twelve volatile organic compounds (VOC)

The limit value for tar emission was heavily exceeded for all three boilers at the part loads at which they were tested. The tar emissions were recorded to be 5 - 50 times higher than the limit value, depending on load level and boiler (108 - 1580 mg/MJ were recorded).

For the two multifuel boilers the tar emissions decreased with increasing load level, while the opposite was found for the wood boiler with a fan.

The NO_x emissions varied between 20 and 120 mg/MJ. The multi-fuel boilers showed increasing NO_x emissions with increasing heat load. The single-fuel wood boiler showed NO_x emissions at about 60 mg/MJ, independent of load level. This can be compared with levels of 100 - 140 mg/MJ from approved boilers at nominal heat load.

The CO and THC levels were in general high. The CO levels varied between 1000 and 2000 mg/MJ. While the THC levels varied between 300 and 4000 mg/MJ. Roughly the CO and THC levels decreased with increasing load levels for the multi-fuel boilers. For the single-fuel wood boiler the CO and THC levels were roughly the same at all load levels.

Out of the twelve VOC compounds which were measured, the following could be detected and quantified:

FTIR analysis:

- Methane
- Ethylene
- Propene
- Acetylene

GC analysis:

- Methanol
- Phenol
- Acetic acid

Methane was the dominant species among those which were analysed by FTIR spectroscopy, 30 - 500 mg/MJ, while acetic acid was dominant among those analysed by gas chromatography.

Key words: emissions, wood boilers, volatile organic compounds, nitrogen oxides, tar

Innehållsförteckning

		Sida
	Abstract	2
	Innehållsförteckning	4
0	Sammanfattning	5
1	Inledning	7
2	Genomförande	8
2.1	Provobjekt och driftbetingelser	8
2.2	Rökgasanalyser	9
2.3	Mätutrustning	10
3	Resultat	11
3.1	Tjär- och stofthalter	11
3.2	Emissioner av CO, CH _x och NO _x	12
3.3	Emissioner av flyktiga organiska ämnen	13
3.3.1	Resultat från analys med FTIR-teknik	13
3.3.2	Resultat från gaskromatografi	16
4	Emissionskaraktäristik	18
5	Referenser	25

0 Sammanfattning

En karaktärisering av rökgaser från tre vedeldade villapannor har genomförts.

Rökgasanalyser genomfördes med samtliga pannor vid tre olika lastnivåer: (3,7 och 15 kW).

Två av pannorna var moderna kombinationspannor där veden förbränns genom underförbränning med naturligt drag. Den tredje pannan var en renodlad vedpanna där förbränningsluften tillförs med hjälp av en fläkt och veden förbränns genom underförbränning. Samtliga tre pannor klarar gällande gränsvärde för utsläpp av tjära vid ackumulatordning, vilket är 30 mg/MJ.

Följande parametrar analyserades:

- CO, CO₂, NO_x och totalcolväte (CH_x)
- Tjära och stoft
- 12 st flyktiga organiska ämnen

Vid de laster vid vilka pannorna provades, överskreds gränsvärdet för utsläpp av tjära med bred marginal med samtliga pannor. Halterna låg på en nivå 5 - 50 gånger högre än gränsvärdet beroende på effektnivå och panna (108 - 1580 mg/MJ uppmättes).

För de två kombipannorna sjönk tjärhalten med ökande effektuttag medan det omvända förhållandet uppstod för vedpannan med fläkt.

NO_x-emissionerna varierade mellan 20 och 120 mg/MJ. Med kombinationspannorna erhöles ökande halter av NO_x vid ökande effektuttag.

Den renodlade vedpannan uppvisade NO_x-halter på omkring 60 mg/MJ vid alla effektnivåer. Detta kan jämföras med halterna vid ackumulatordning som i miljögodkända pannor ligger i intervallet 100 - 140 mg/MJ.

Halterna av både CO och CH_x var genomgående höga. Proven visade i stort att halterna av CO och CH_x sjönk med stigande effektuttag för de två kombinationspannorna. Den renodlade vedpannan uppvisade likartade halter av både CO och CH_x vid samtliga effektnivåer.

Halterna av CO varierade mellan ca 1000 och ca 2000 mg/MJ medan halterna av CH_x varierade mellan 300 och 4000 mg/MJ.

Av de 12 flyktiga organiska ämnen vilka analyserades, kunde följande fastställas och kvantifieras:

Analyserade med FTIR-teknik

- Metan
- Eten
- Propen
- Acetylen

Analyserade med gaskromatograf

- Metanol
- Fenol
- Ättiksyra

Av de ämnen som analyserades med FTIR-teknik förekom metan i störst mängd, 30 - 500 mg/MJ, medan ättiksyra var dominerande av de ämnen som analyserades med gaskromatograf.

1 Inledning

Emissionen av tjära används som ett mått på villapannors miljöegenskaper. Gränsvärdet som idag gäller vid installation i tätort är 30 mg/MJ för eldstäder som används som primär värmekälla.

Tjärhalten bestäms genom provning enligt SP-metod 0010. I provningsmetoden skiljer man på två driftfall, nämligen ackumulatordning och direktledning. Driftfallet direktledning avspeglar det fall då pannan eldas direkt mot husets värmebehov. Metoden föreskriver att provningen ska ske vid en belastning motsvarande 20 % av pannans märkeffekt, dock lägst 4 kW.

Det har visat sig att den största delen av årsvärmebehovet i ett småhus tillgodoses under förhållanden då effektbehovet understiger ca 40 % av husets maximala effektbehov. Dessutom är det i många fall så att pannans maximala effekt avsevärt överstiger husets maximala effektbehov.

Slutsatsen blir att en direktledad panna under största delen av tiden arbetar på mycket låga laster.

Den provning som idag föreskrivs ger endast information om tjäremissionen vid *en* punkt i det aktuella lastområdet. Kunskaperna om hur emissionerna varierar med lasten är därmed i stort sett obefintlig. I detta arbete har därför emissionsbilden över ett större lastområde undersökts. Förutom tjära har rökgasemas halter av kväveoxider, totalkolväte samt vissa flyktiga organiska ämnen analyserats.

2 Genomförande

2.1 Provobjekt och driftbetingelser

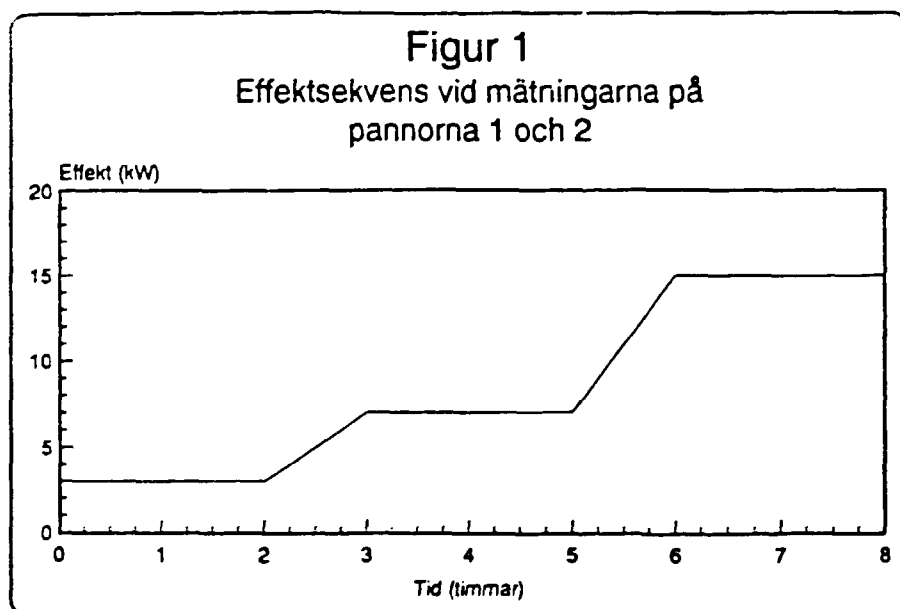
En analys av emissionsbilden vid direkteldning genomfördes med tre olika pannor. Med direkteldning menas eldning mot husets momentana behov. Samtliga tre pannor klarar gällande gränsvärde för utsläpp av tjära vid ackumulatorledning (30 mg/MJ). Ackumulatordning innebär eldning vid pannans maximala effekt, varvid överskottsvärme lagras i en ackumulatortank.

Två av pannorna var moderna kombinationspannor med skilda eldstäder för olja respektive ved. Veden förbränns genom underförbränning med naturligt drag i en keramiskt infodrad eldstad. Dessa pannor betecknas 1 och 2. Den tredje pannan, var en renodlad vedpanna avsedd för eldning direkt mot husets värmebehov. Förbränningsluften tillförs med hjälp av en fläkt och veden förbränns genom underförbränning. Eldstaden i panna 3 saknar keramik.

Pannorna var anslutna till en kylrigg vilken simulerar olika värmeförbrukning i ett hus. På detta sätt kunde emissionsbilden vid samverkan mellan panna och värmesystem studeras.

Emissionsmätningar genomfördes vid tre olika nivåer på värmeförbrukningen i det tänkta huset. Dessa nivåer var 3, 7 och 15 kW.

Vid analys av rökgaser från pannorna 1 och 2 startade proven vid 3 kW. Därefter stegades effektnivån upp, först till 7 kW och därefter till 15 kW. Effektsekvensen framgår av figur 1 nedan.



Figur 1 Effektsekvens vid mätningarna

Som framgår av figur 1 har varaktigheten för varje effektnivå varit två timmar. Övergången från en effektnivå till nästa genomfördes på en timma. Även under övergångarna utfördes emissionsmätningar.

Förbränningen och därmed den avgivna effekten i pannorna styrs av pannvatten-temperaturen. För pannorna 1 och 2 gäller att tillförseln av förbränningsluft stryps allt eftersom temperaturen i pannan stiger. Speciellt vid låga effektnivåer kan lufttillförseln vara helt strypt under vissa tider.

Regleringen av förbränningsluften i panna 3 sker genom att en fläkt antingen ger full lufttillförsel eller är stillastående. Fläkten stannar när temperaturen i pannan når ett inställt värde. Eftersom panna 3 fungerar på detta sätt gjordes inga emissionsmätningar under övergångarna mellan effektnivåerna. Antingen brinner det i pannan eller också har det slocknat. Några speciella förhållanden antogs därför ej råda under övergångsperioderna. Därför utfördes emissionsmätningar endast vid de tre effektnivåerna under så lång tid att ett tillräckligt antal förbränningsperioder erhöles.

Pannorna eldades med björkved kliven 1-2 gånger och med för eldstaden avpassad längd. Fukthalten var ca 18 %.

2.2 Rökgasanalyser

Rökgaserna analyserades enligt följande:

- I Tjårhaltsbestämning enligt SP-metod 0010. Samtidigt bestämdes stofthalten.
- II Kontinuerlig analys av CO, CO₂, NO_x och totalcolvåten CH_x. Totalcolvåtehalten uttrycks i metanekvivalenter och kväveoxiderna räknas som NO₂.
- III Analys av flyktiga organiska ämnen (VOC) med FTIR-teknik.

Följande ämnen analyserades:

- Metan
- Etan
- Propan
- Eten
- Propen
- Bensen
- Acetylen

IV En gaskromatografisk analys av det kondensat som erhöles vid tjärhaltsbestämningen genomfördes. Analysen koncentrerades på följande ämnen:

- Metanol
- Etanol
- Ättiksyra
- Fenol
- Anilin

2.3 Mätutrustning

För analys av CO, CO₂, NO_x och totalcolväten, CH_x, användes följande instrument.

- CO, CO₂: Binos V. Mätprincip infrarödspektroskopi.
- NO_x: Beckman 951. Mätprincip kemiluminiscens
- Totalcolväte: JUM VE5. Mätprincip flamjonisation.

Flyktiga organiska ämnen (VOC), enligt tidigare avsnitt, analyserades med ett FTIR-instrument av märket Bomem. FTIR innebär Fouriertransformerad infrarödspektroskopi.

Gaskromatografi genomfördes med följande utrustning:

- Gaskromograf HP 5890 med flamjonisationsdetektor
- Autoinjektor HP 7673 A
- Integrator HP 3393 A
- Kolonn Nucol, 15 m, 0,53 µm i diameter
- Bärgas: helium

3 Resultat

3.1 Tjär- och stofthalter

En tjärhaltsbestämning enligt SP-metod 0010 genomfördes vid de olika effektnivåerna 3,7 och 15 kW.

I tabell 1 nedan redovisas de uppmätta tjär- och stofthalterna för respektive panna vid de olika effektnivåerna.

Tabell 1 Tjär- och stofthalter

<i>Effekt [kW]</i>	<i>Tjära [mg/MJ]</i>		
	<i>Panna 1</i>	<i>Panna 2</i>	<i>Panna 3</i>
3	1422	910	295
7	1212	755	438
15	108	57	1580

<i>Effekt [kW]</i>	<i>Stoft [mg/MJ]</i>		
	<i>Panna 1</i>	<i>Panna 2</i>	<i>Panna 3</i>
3	1362	250	> 100 *
7	1132	> 200 *	> 100 *
15	> 90 *	64	> 100 *

*/ Stoftprovtagningsfiltren gick sönder.

Vid ackumulatordning klarar alla tre pannorna det gällande gränsvärdet för utsläpp av tjära, vilket är 30 mg/MJ.

Som framgår av tabell 1 överskreds denna nivå med bred marginal vid samtliga effekter och med alla tre pannorna. Halterna låg på en nivå 5 - 50 gånger högre än gränsvärdet.

Vid samma effektuttag var skillnaden i utsläpp av både tjära och stoft stor mellan pannorna.

För panna 1 och 2 erhöles allt lägre halter av tjära och stoft vid stigande effektuttag. Panna 3, fläktpannan, däremot uppvisade det omvända förhållandet.

Den relativt stora skillnaden i tjärhalt mellan 7 och 15 kW för panna 1 och 2 kan förklaras med att dessa pannor vid 15 kW:s effektuttag låg mycket nära maximal effekt med den aktuella veden.

3.2 Emissioner av CO, CH_x och NO_x

Nedan redovisas medelvärden för CO-, NO_x- och CH_x-halterna vid de olika effektnivåerna. Halterna av CH_x räknas som metan och halterna av NO_x räknas som NO₂.

Halterna av både CO och CH_x var tidvis högre än instrumentens maximala utslag. I dessa fall var den verkliga halten högre än det angivna värdet. Detta markeras i tabellerna nedan. I bilagorna 1 - 16 redovisas CO-, CO₂-, CH_x- och NO_x-halterna i kurvform för varje effektnivå som funktion av tiden.

Tabell 2 Kolmonoxid - totalkolväte - kväveoxidhalter

*/ Halten var högre än detta värde

Panna 1	3 kW	7 kW	15 kW
CO mg/MJ	23700*	14700*	2300*
CO ₂ %	4,5	5,6	12,7
CH _x mg/MJ	Läckage	2650	300
NO _x mg/MJ	20	50	90

Panna 2	3 kW	7 kW	15 kW
CO mg/MJ	5800*	8100*	1100
CO ₂ %	4,3	4,8	6,5
CH _x mg/MJ	3700	4000*	360
NO _x mg/MJ	60	80	120

Panna 3	3 kW	7 kW	15 kW
CO mg/MJ	11000*	8700*	12500*
CO ₂ %	2,7	3,9	7,7
CH _x mg/MJ	4100*	3500*	4000*
NO _x mg/MJ	60	70	50

Halterna av CO var genomgående mycket höga. I samtliga fall utom ett överskreds, under någon period, CO-instrumentets maximala utslag. För panna 1 gäller att CO-halten blev lägre efterhand som effektuttaget ökade. Detta var inte fullt ut fallet för panna 2. Dock var CO-halten betydligt lägre vid ett effektuttag på 15 kW än vid de övriga effektnivåerna.

CO-halten för panna 3, fläktpannan, låg på en hög och likartad nivå vid samtliga effektnivåer.

Halterna av CH_x varierade på samma sätt som CO och låg mellan 300 och 4000 mg/MJ. Vid ett effektuttag på 15 kW låg halterna på ca 300 mg/MJ för panna 1 och 2, medan halterna vid övriga effektnivåer var ca 10 gånger högre. Panna 3 uppvisade likartade halter vid alla effektnivåer, i storleksordningen 4000 mg/MJ. Jämfört med ackumulatoreldning var halterna av CH_x mycket höga. Enligt ref 1 ligger halterna av CH_x mellan 30 och 130 mg/MJ vid ackumulatoreldning i miljögodkända pannor när ved med 18 % fukt används.

Tvärt emot CO- och CH_x -halterna ökade NO_x -halterna för panna 1 och 2 vid stigande effektuttag. Panna 3 uppvisade även i detta fall likartade halter vid samtliga effektnivåer. Vid ackumulatoreldning i miljögodkända pannor ligger NO_x -halterna enligt ref 1 mellan 100 och 140 mg/MJ, det vill säga högre än vad som erhöles vid de direkteldningsprov som genomförts i detta arbete. Vid denna jämförelse måste dock hänsyn tas till att verkningsgraden vid ackumulatoreldning antagligen är något högre. Andra arbeten visar att verkningsgraden blir 1 - 15 %-enheter lägre vid en delast på ca 20 % jämfört med ackumulatoreldning i samma panna.

3.3 Emissioner av flyktiga organiska ämnen (VOC)

Flyktiga organiska ämnen analyserades som nämnts med FTIR-teknik. Eftersom rökgasen torkades genom kylning före analys, kondenserades vissa VOC ut. För att kunna kvantifiera några av dessa analyserades kondensatet från tjärhaltsprovtagningen med gaskromatografi.

3.3.1 Resultat från analys med FTIR-teknik

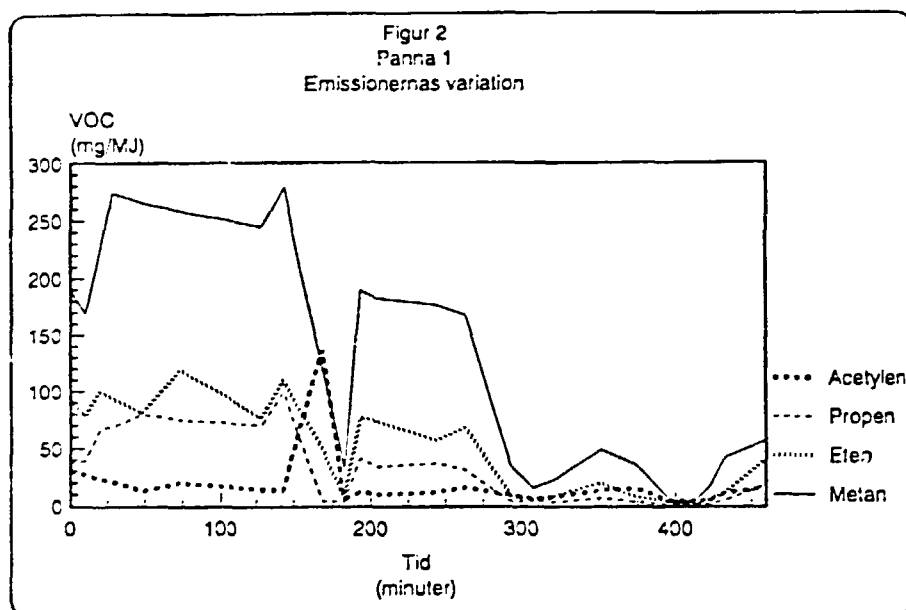
Rökgaserna analyserades med FTIR-teknik med avseende på:

- Metan
- Etan
- Propan
- Eten
- Propen
- Bensen
- Acetylen

Av dessa var endast metan, eten, propen och acetylen möjliga att kvantifiera. Bensen kunde påvisas men ej kvantifieras. Etan och propan förekom, om de alls fanns, i halter under vad som var möjligt att detektera

Nedan redovisas de halter av metan, eten, propen och acetylen som erhöles för de olika pannorna. Dels redovisas halternas variation över tiden och dels medelvärden för de olika effektnivåerna. I figurerna 2 och 3 följs den effektsekvens som redovisas i figur 1. I figur 4 däremot redovisas de olika effektnivåerna vid följande tidpunkter i diagrammet:

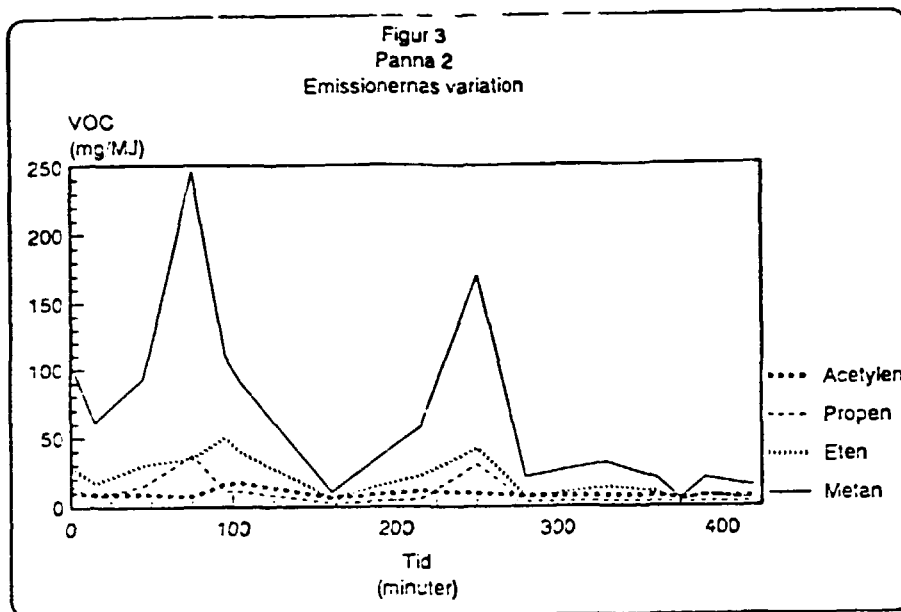
- 3 kW: 0 - 183 min
- 7 kW: 193 - 295 min
- 15 kW: 305 - 406 min



Figur 2 Emissioner av flyktiga organiska ämnen från panna 1 som funktion av provtid.

Tabell 3 Medelvärden av emissioner av flyktiga organiska ämnen för panna 1. Halterna anges i mg/MJ.

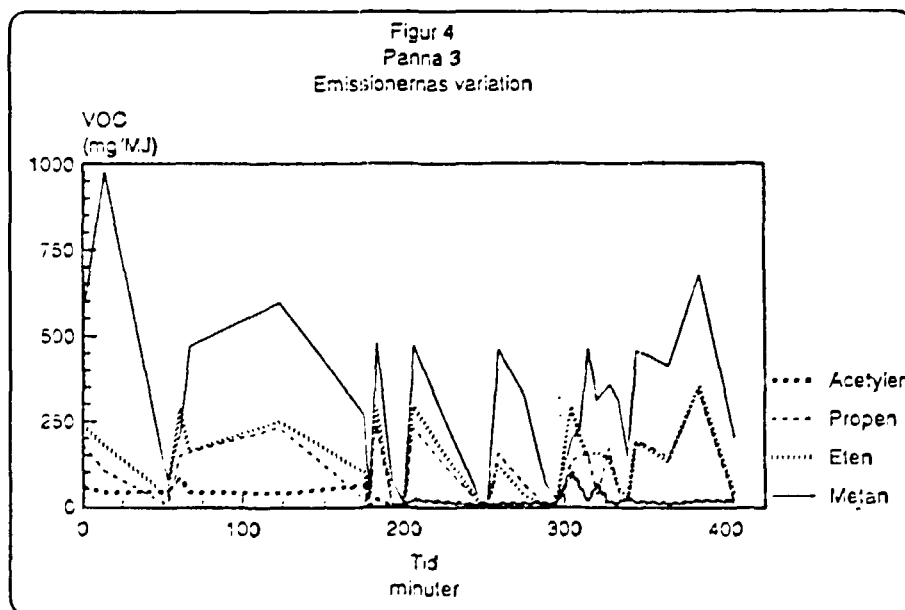
Effekt	3 kW	7 kW	15 kW	Samtliga effekter
Metan	242	150	29	140
Eten	93	56	11	53
Propen	67	28	5	33
Acetylen	20	23	10	18



Figur 3 Emissioner av flyktiga organiska ämnen från panna 2 som funktion av provtid.

Tabell 4 Medelvärden av emissioner av flyktiga organiska ämnen för panna 2. Halterna anges i mg/MJ.

Effekt	3 kW	7 kW	15 kW	Samtliga effekter
Metan	126	105	16	82
Eten	32	28	6	22
Propen	19	17	< 3	13
Acetylen	10	9	6	8



Figur 4 Emissioner av flyktiga organiska ämnen från panna 3 som funktion av provtid.

Tabell 5 Medelvärden av emissioner av flyktiga organiska ämnen för panna 3.
Halterna anges i mg/MJ.

<i>Effekt</i>	<i>3 kW</i>	<i>7 kW</i>	<i>15 kW</i>	<i>Samtliga effekter</i>
Metan	486	225	406	372
Eten	172	90	173	145
Propan	131	83	156	123
Acetylen	46	10	22	26

Av tabellerna 3 - 5 framgår att för pannorna 1 och 2 sjönk halterna (utom för acetylen i panna 1) av samtliga ämnen vid ökande effektuttag. Panna 3 uppvisade ett mer varierat förhållande.

Det inbördes förhållandet mellan halterna för de olika ämnena vid en och samma effektnivå var det samma vid i stort sett alla driftfall. Metan förekom i samtliga fall i störst mängd (uttryckt i mg/MJ), följt av eten, propen och acetylen.

I tabell 6 nedan visas ett medelvärde för samtliga tre effektnivåer. Detta är beräknat under förutsättning att de olika effektnivåerna ingår med lika lång drifttid. Som jämförelse redovisas även halter vid ackumulatordning i miljögodkända pannor enligt referens 1 (ved med 18 % fukt).

Tabell 6 Medelvärden för samtliga tre effektnivåer samt halter vid ackumulatordning i miljögodkända pannor (ved med 18 % fukt).
Halterna anges i mg/MJ.

	<i>Panna 1</i>	<i>Panna 2</i>	<i>Panna 3</i>	<i>Akkumulatordning</i>
Metan	140	82	372	15-90
Eten	53	22	145	18-60
Propen	33	13	123	14-175
Acetylen	18	8	26	Saknas

3.3.2 Resultat från gaskromatografi

Det kondensat som erhöles vid tjärhaltsprovtagningen analyserades med jämförande gaskromatografi. Analysen avsåg följande ämnen:

- metanol
- etanol
- ättiksyra
- fenol
- anilin

Av dessa ämnen kunde varken etanol eller anilin påvisas. Närvaro av höga halter ättiksyra antyder dock att huvuddelen av eventuell anilin kan ha reagerat till acetanilid.

Förutom ovanstående ämnen visar gaskromatogrammen att kondensaten innehöll ett stort antal andra organiska föreningar. Dessa har dock i detta sammanhang ej analyserats eller kvantifierats.

Aceton kan dock vara ett av de dominerande ämnena i kondensat från följande driftfall:

- panna 1: 15 kW
- panna 2: 3, 7 och 15 kW
- panna 3: 7 och 15 kW

I tabell 7 nedan redovisas de uppmätta halterna av metanol, fenol och ättiksyra.

Tabell 7 Emissioner av metanol, fenol och ättiksyra.
Halterna anges i mg/MJ.

Panna 1	3 kW	7 kW	15 kW
Metanol	425	204	12
Fenol	36	22	3
Ättiksyra	3975	2154	136

Panna 2	3 kW	7 kW	15 kW
Metanol	119	83	12
Fenol	22	17	3
Ättiksyra	1510	1040	102

Panna 3	3 kW	7 kW	15 kW
Metanol	159	338	242
Fenol	20	24	37
Ättiksyra	332	799	1494

Av tabellen framgår att ättiksyra var det dominerande ämnet vid samtliga pannor och effektnivåer. Därefter följde metanol och fenol av dessa uppmätta ämnen. För panna 1 och 2 gäller att för samtliga ämnen sjönk halterna när effektnivån ökade. Panna 3 uppvisade däremot det motsatta förhållandet.

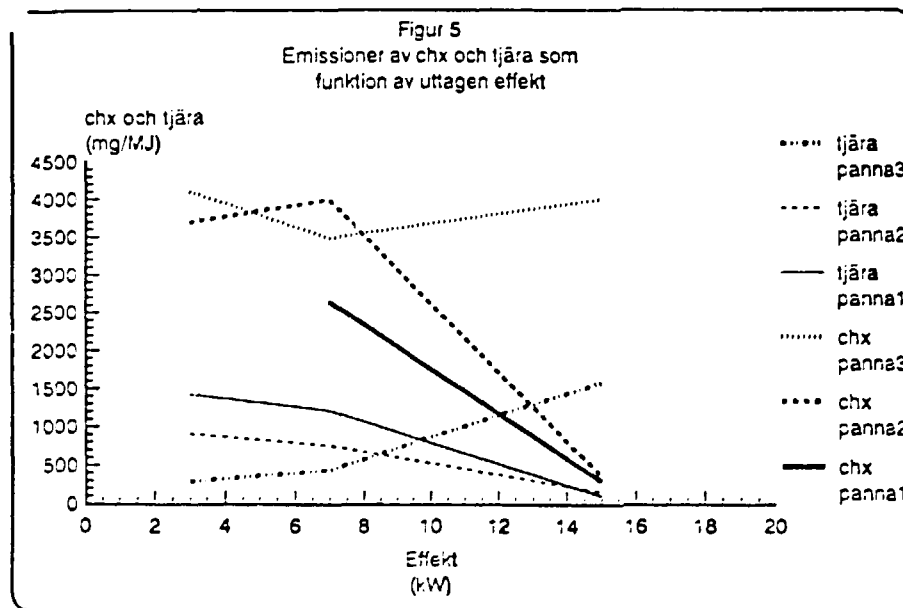
4 Emissionskaraktäristik

I detta avsnitt redovisas karaktären hos emissionerna av CO, tjära, CH_x och NO_x . Med detta avses hur emissionerna varierar med uttagen effekt samt hur de varierar i förhållande till varandra. Härvid har även resultat från emissionsmätningar vid ackumulatordning använts, [ref. 1].

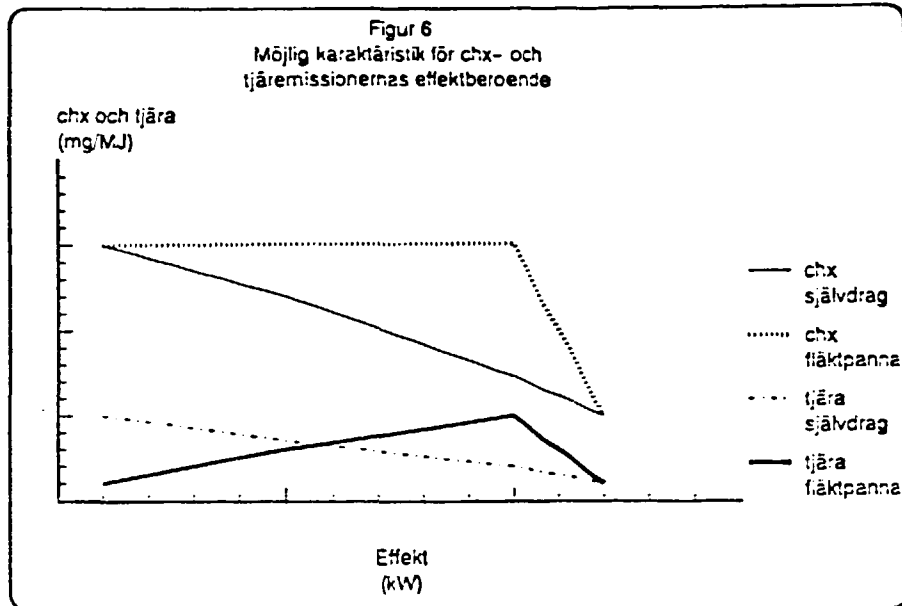
I figurerna 5 och 7 redovisas uppmätta halter av totalkolväte, tjära och NO_x som funktion av effekten.

I figurerna 6 och 8 skissas en möjlig generell karaktäristik för dessa emissioners effektberoende. Utseendet på kurvorna bygger på fig 5 och 7 samt från kunskap om emissionsnivåerna vid ackumulatordning.

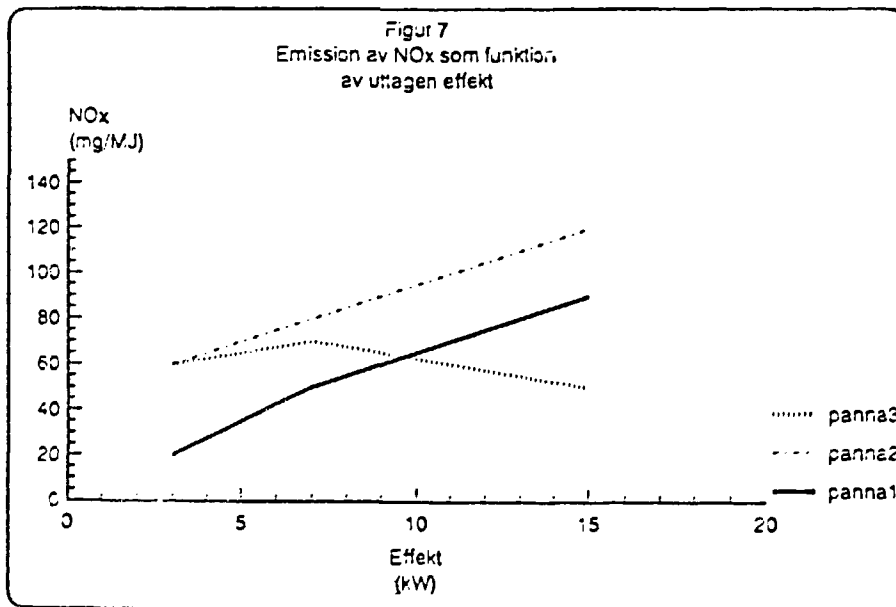
Kurvornas utseende skiljer sig mellan en fläktpanna och en panna med självdrag. De skissade kurvorna är principiella och deras läge och utseende skiljer sig naturligtvis mellan olika pannor.



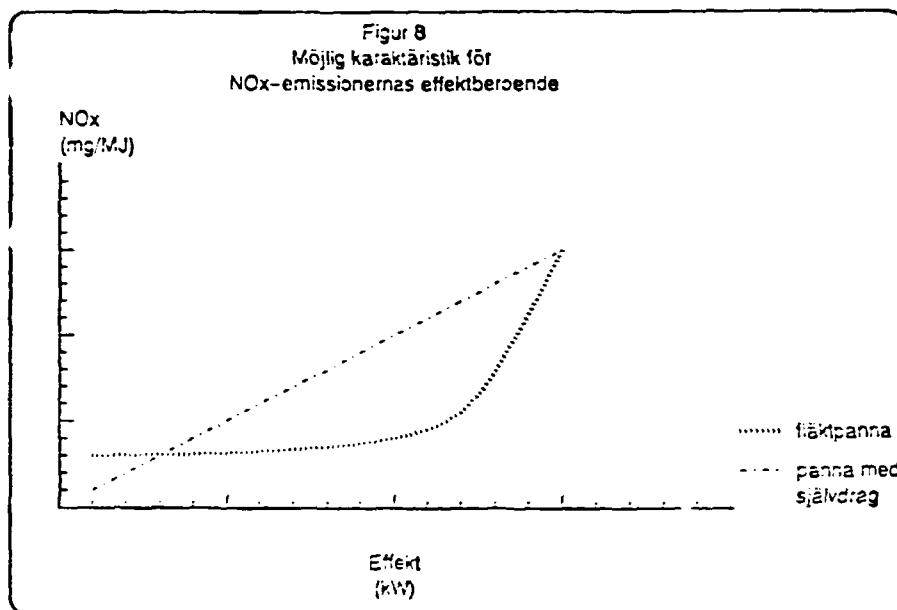
Figur 5 Uppmätta emissioner av tjära och totalkolväte som funktion av uttagen effekt. Halter är uttryckt i mg/MJ.



Figur 6 Möjlig generell karaktäristik för tjär- och totalkolväteemissionernas effektberoende.



Figur 7 Uppmätta emissioner av NO_x som funktion av uttagen effekt. Halterna uttrycks i mg/MJ.



Figur 8 Möjlig generell karaktäristik för NO_x-emissionens effektberoende.

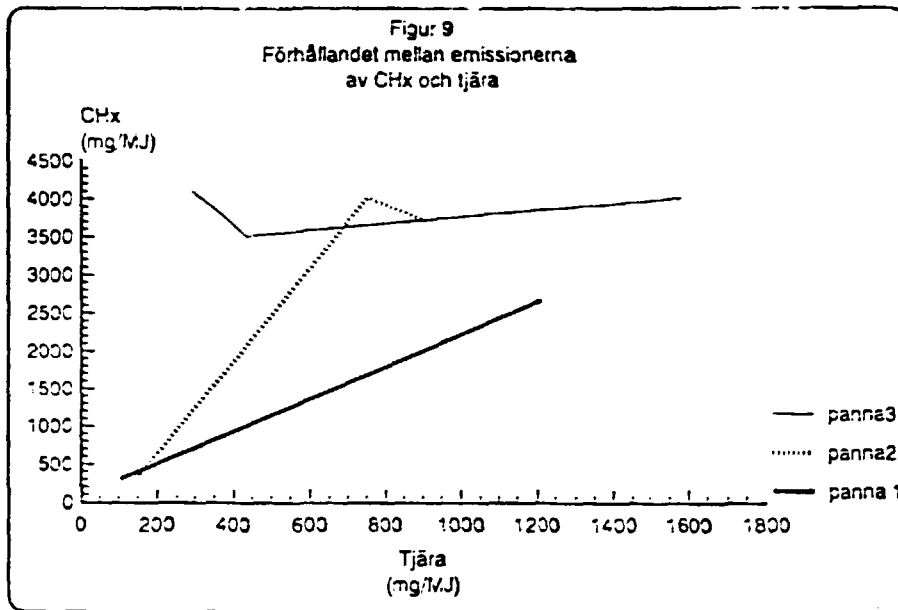
Eftersom emissionen av tjära används som mått på en pannas miljöegenskaper kan det vara av intresse att försöka beskriva sambandet mellan tjära och andra emissioner.

I figurerna 9 och 11 visas de uppmätta halterna av CH_x och NO_x som funktion av motsvarande tjärhalt.

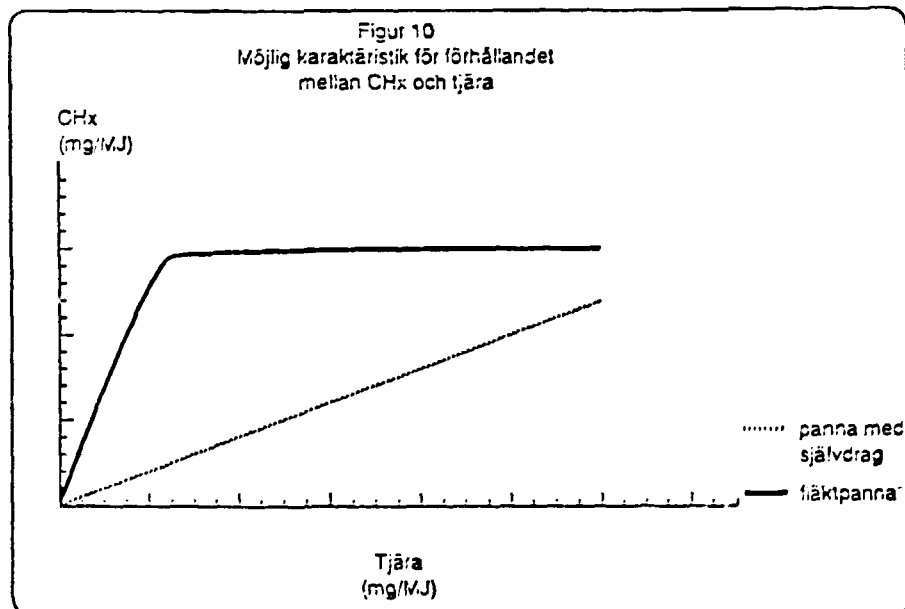
Med kännedom om att halten av både tjära och CH_x är lägre vid ackumulatordning än vid direktledning kan karaktäristiken i figur 10 skissas.

För emissionen av NO_x gäller däremot att halterna ökar vid ackumulatordning. Förhållandet mellan NO_x och tjära kan därför antas se ut som i figur 12. Karaktäristiken för både CH_x och NO_x förefaller att vara olika för fläktpannor respektive pannor med självdrag.

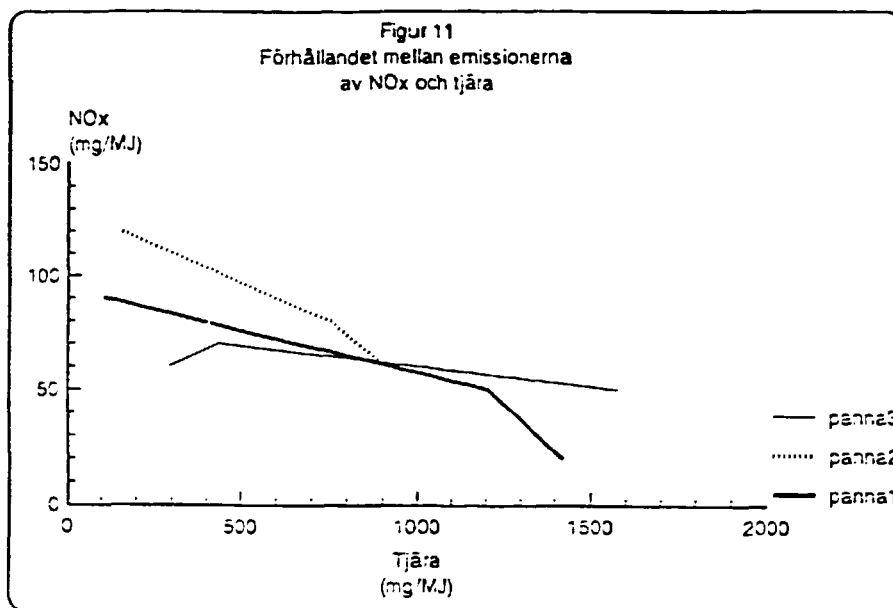
Utseendet på kurvorna är naturligtvis olika mellan olika pannfabrikat.



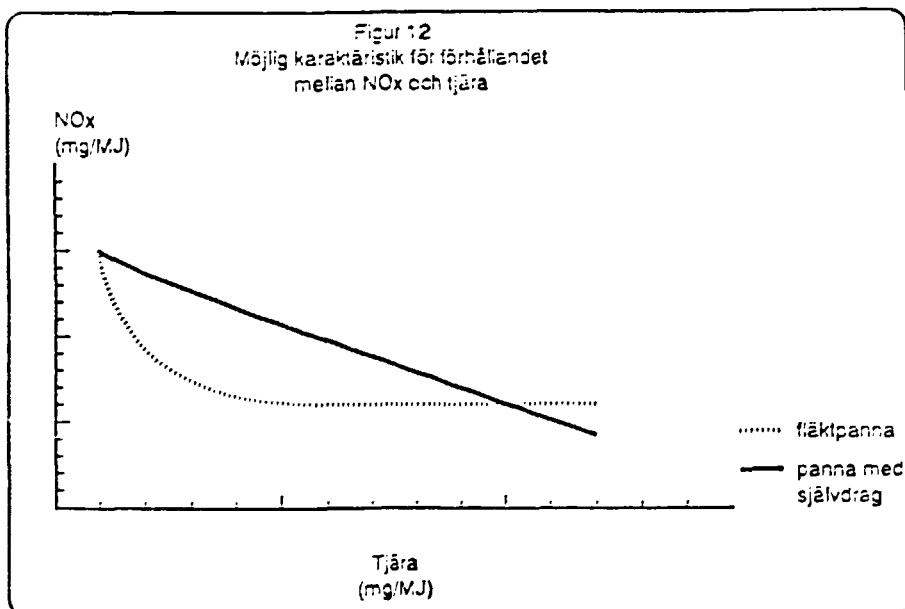
Figur 9 Uppmätta totalcolväteemissioner som funktion av tjärhalt.



Figur 10 Möjlig generell karaktäristik för totalcolväteemissionens beroende av tjärhalten.



Figur 11 Uppmätta NO_x-emissioner som funktion av tjärhalt.



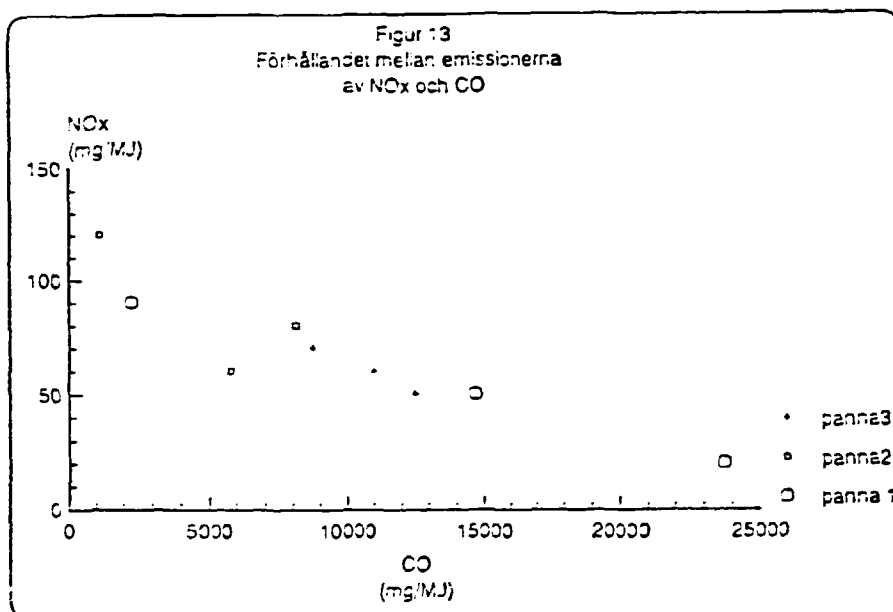
Figur 12 Möjlig generell karaktäristik för NO_x-emissionens beroende av tjärhalten.

Halten av CO är lätt att mäta varför det är intressant att studera sambanden mellan emissionerna av CH_x , tjära respektive NO_x och CO.

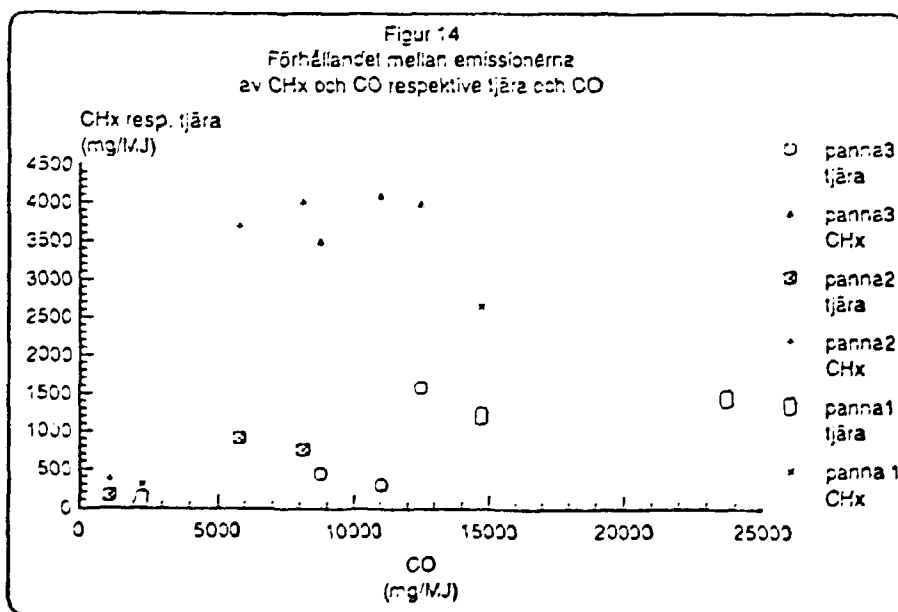
I figurerna 13 och 14 visas de uppmätta halterna av NO_x , CH_x och tjära som funktion av motsvarande CO-halter. De halter av CO som mättes upp var mycket höga och överskred vid ett flertal tillfällen instrumentets maxutslag.

I figur 13 och 14 borde därför värdena vara något förskjutna åt höger.

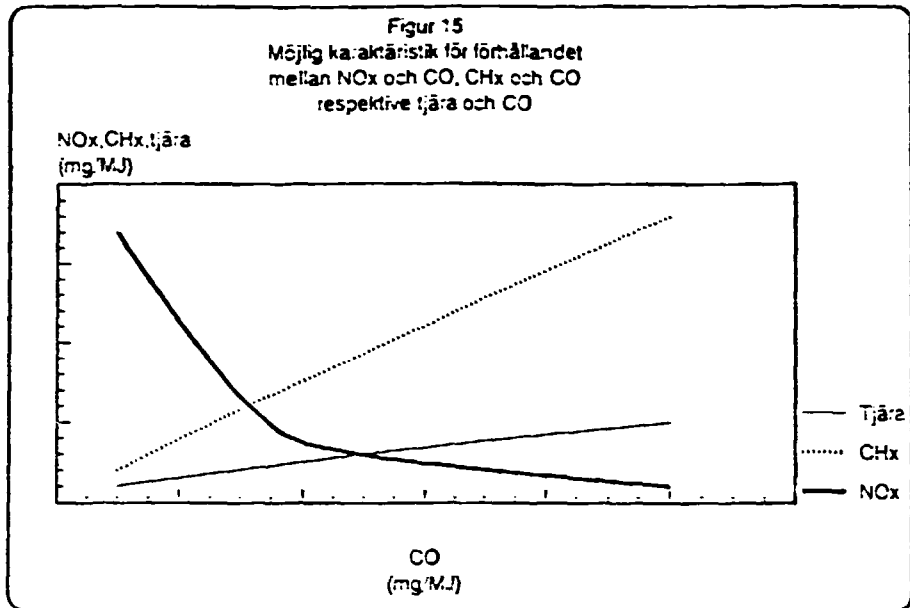
En generalisering av emissionernas inbördes förhållande görs i figur 15.



Figur 13 Emissionen av NO_x som funktion av CO-halten.



Figur 14 Emissionen av totalcolväte och tjära som funktion av CO-halten.



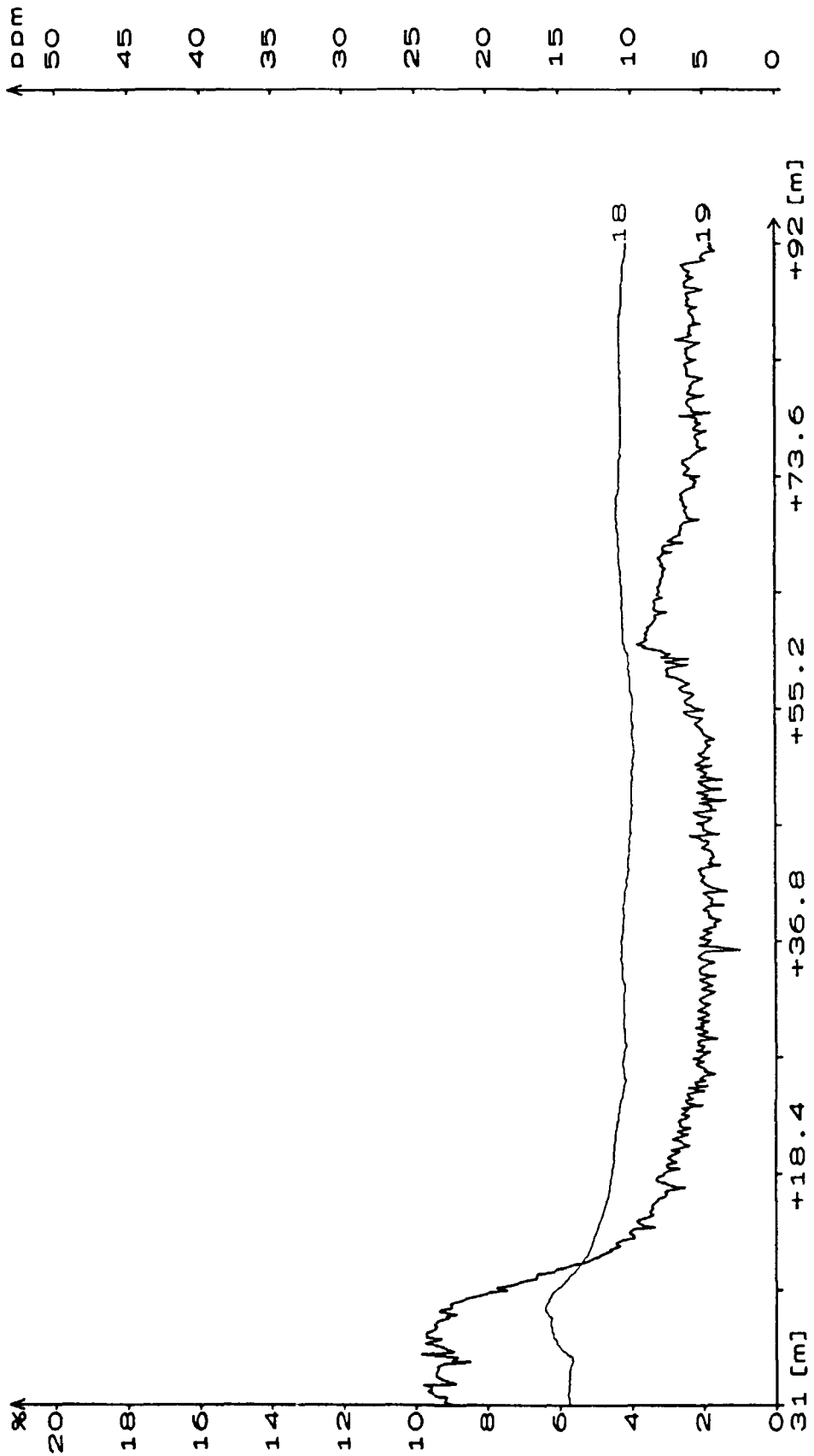
Figur 15 Möjlig generell karaktäristik för samband mellan NO_x och CO, totalkolväte och CO respektive tjära och CO.

5 Referenser

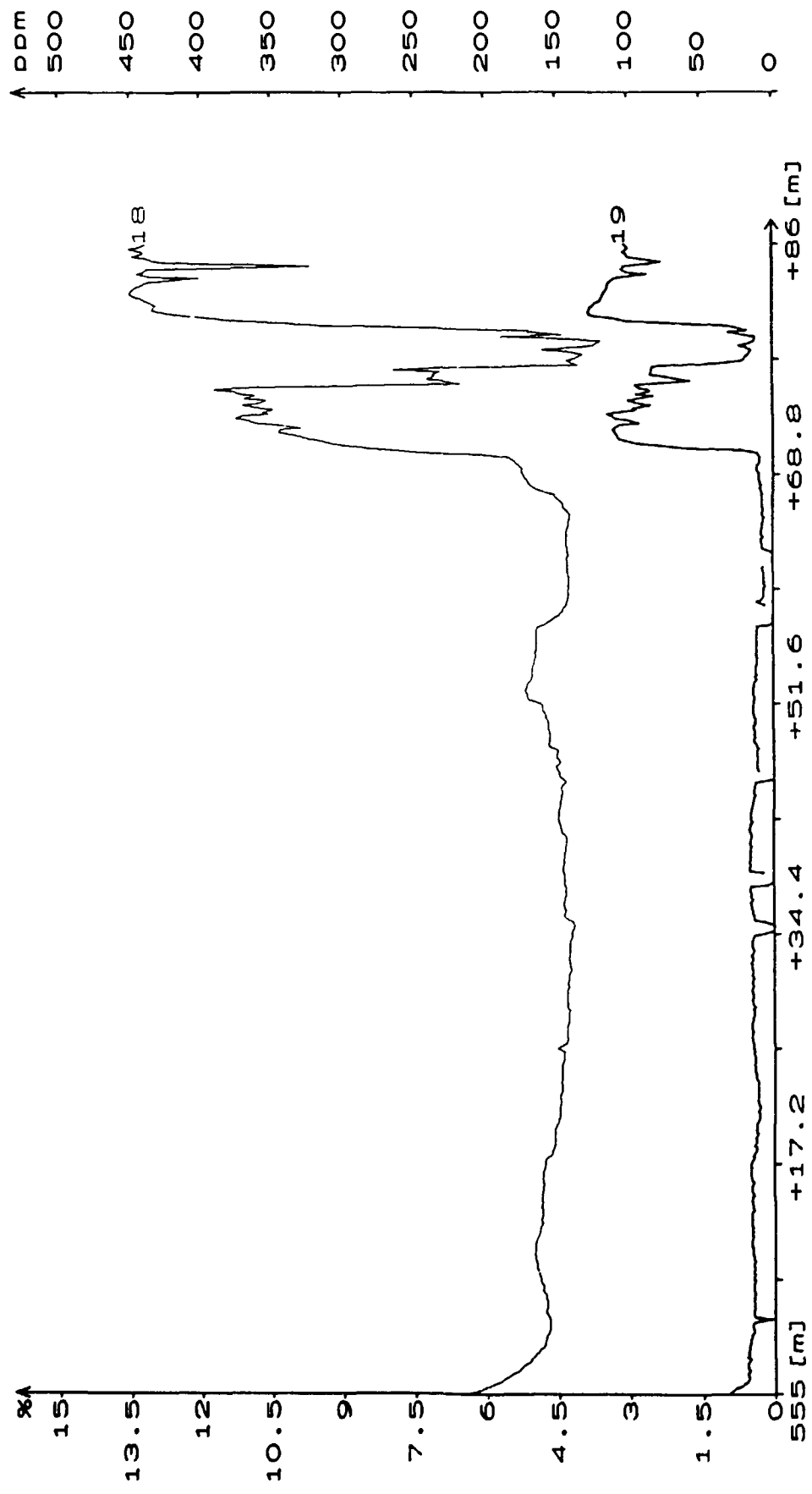
1. **Karlsson, M-L och Gustavsson, L:s Karaktärisering av rökgaser från vedpannor STEV-projekt nr 276464-1. Borås 1991 SP-rapport 1992:49.**

18 : CO2
19 : NOx

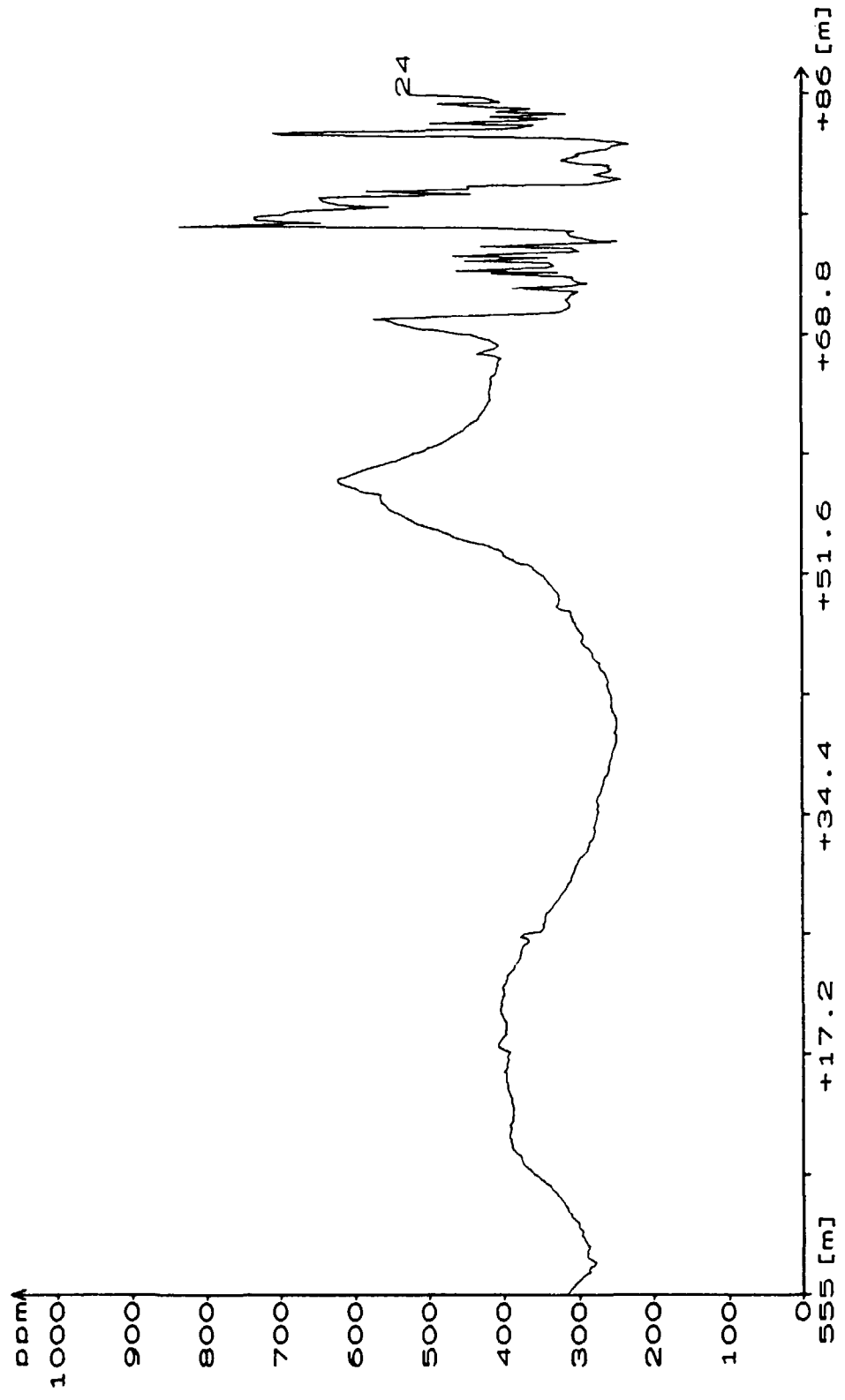
Passage 1 3kW



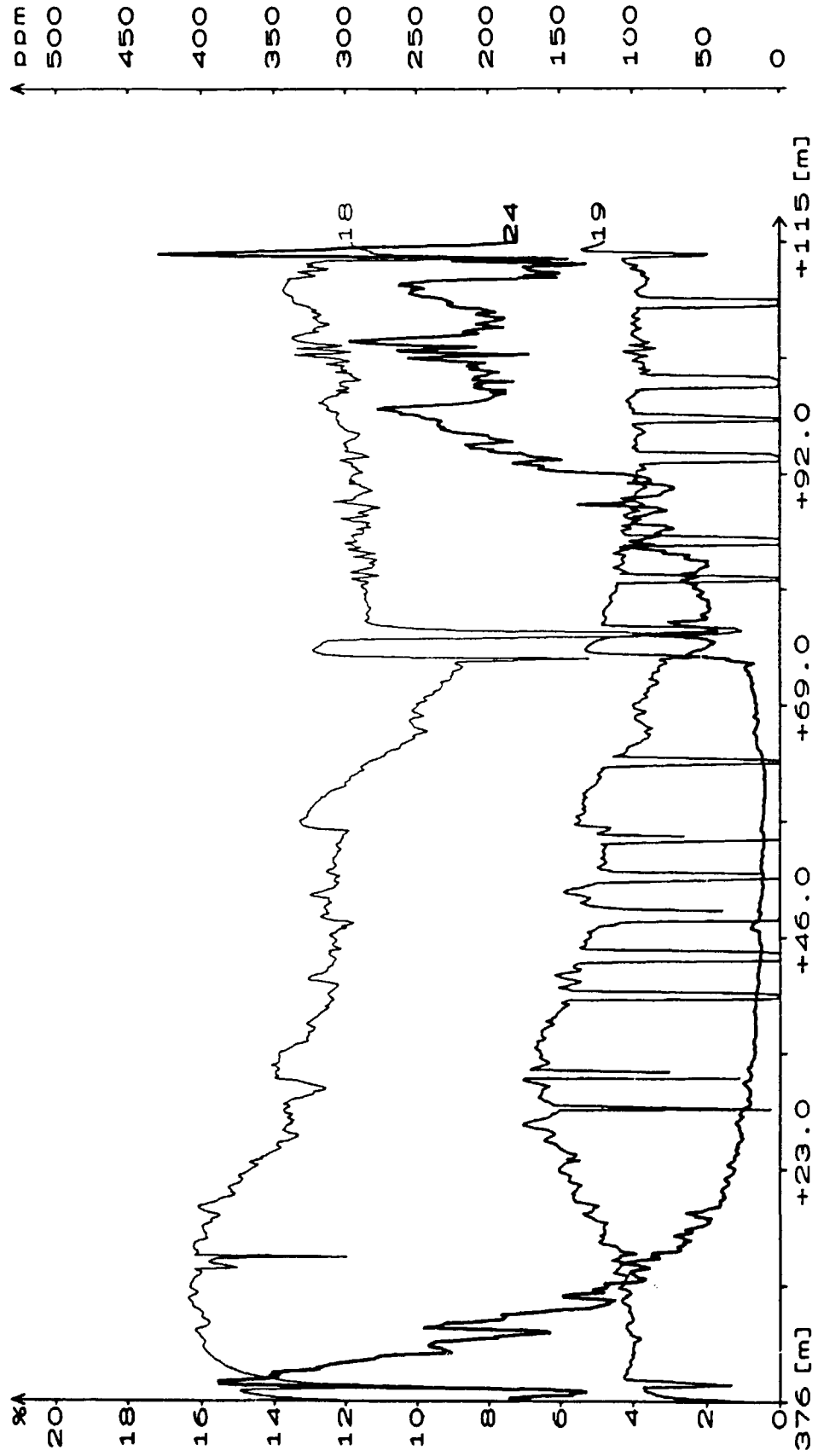
18 : CO2
19 : NOx
Panna 1 FKW



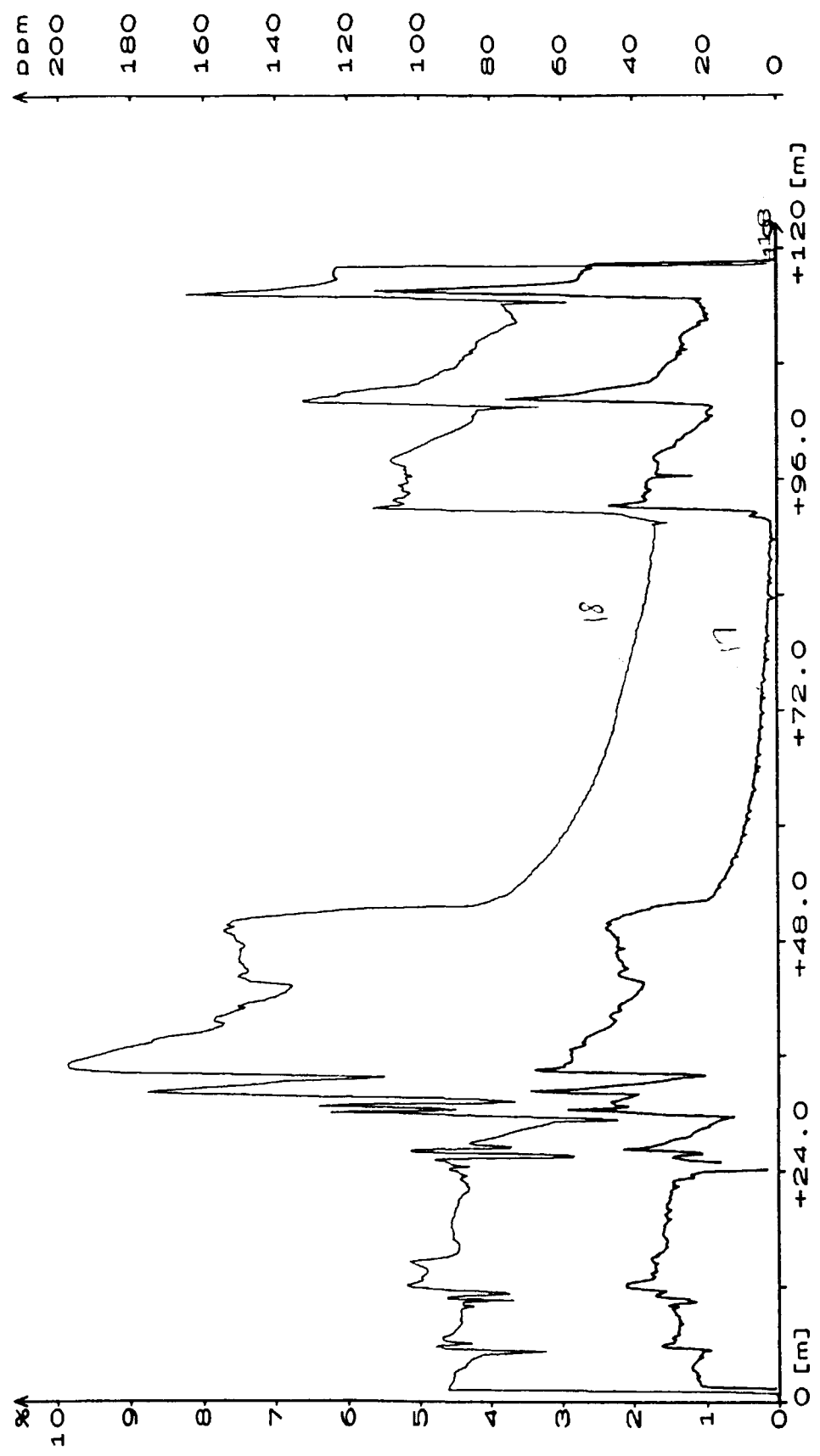
24 : chxX10 *Panna 1 FkU*



18 : CO2 24 : CHX Panna 1 15kW
19 : NOx

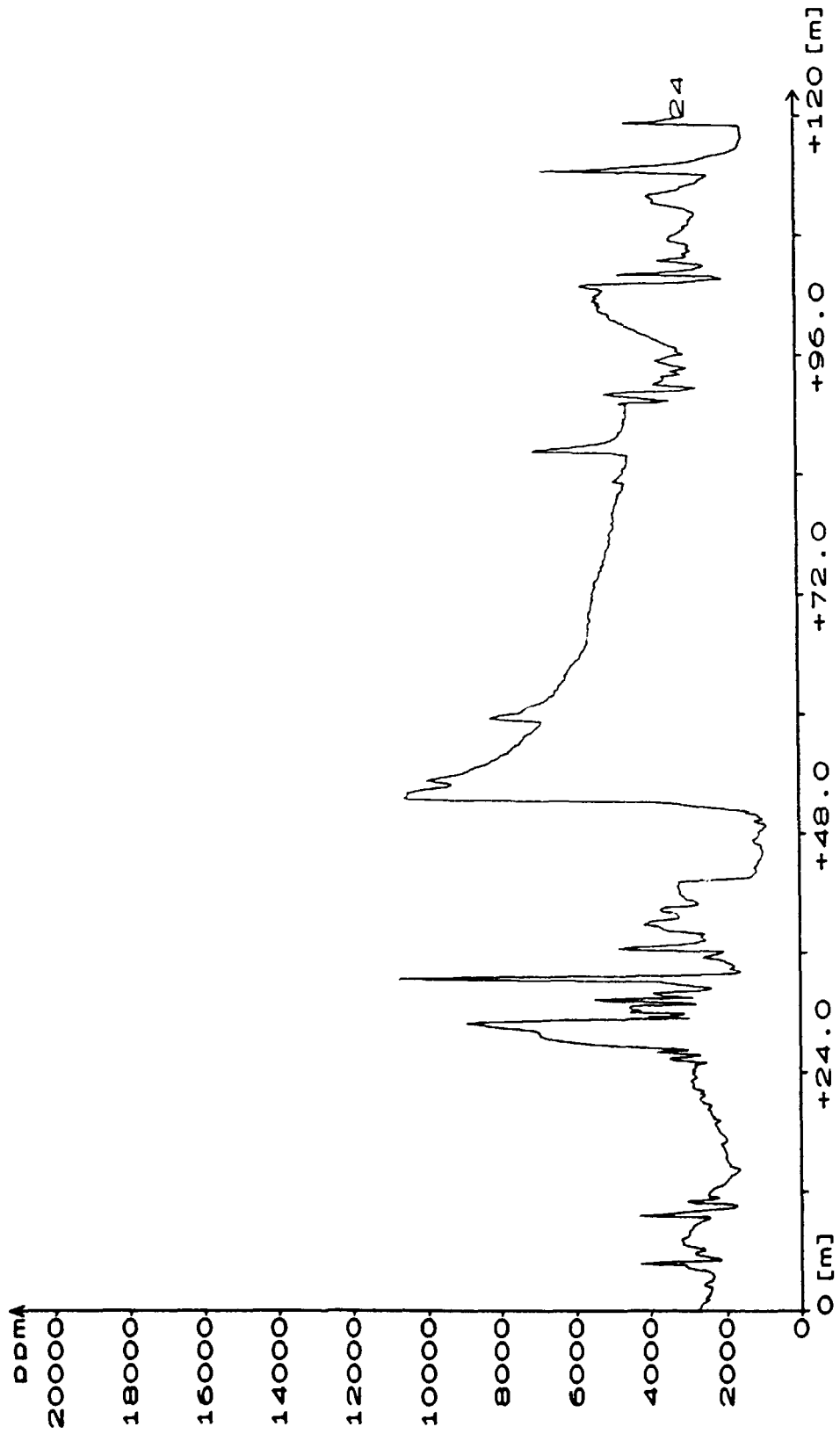


18 : CO2
19 : NOx
Panna 2 3KW



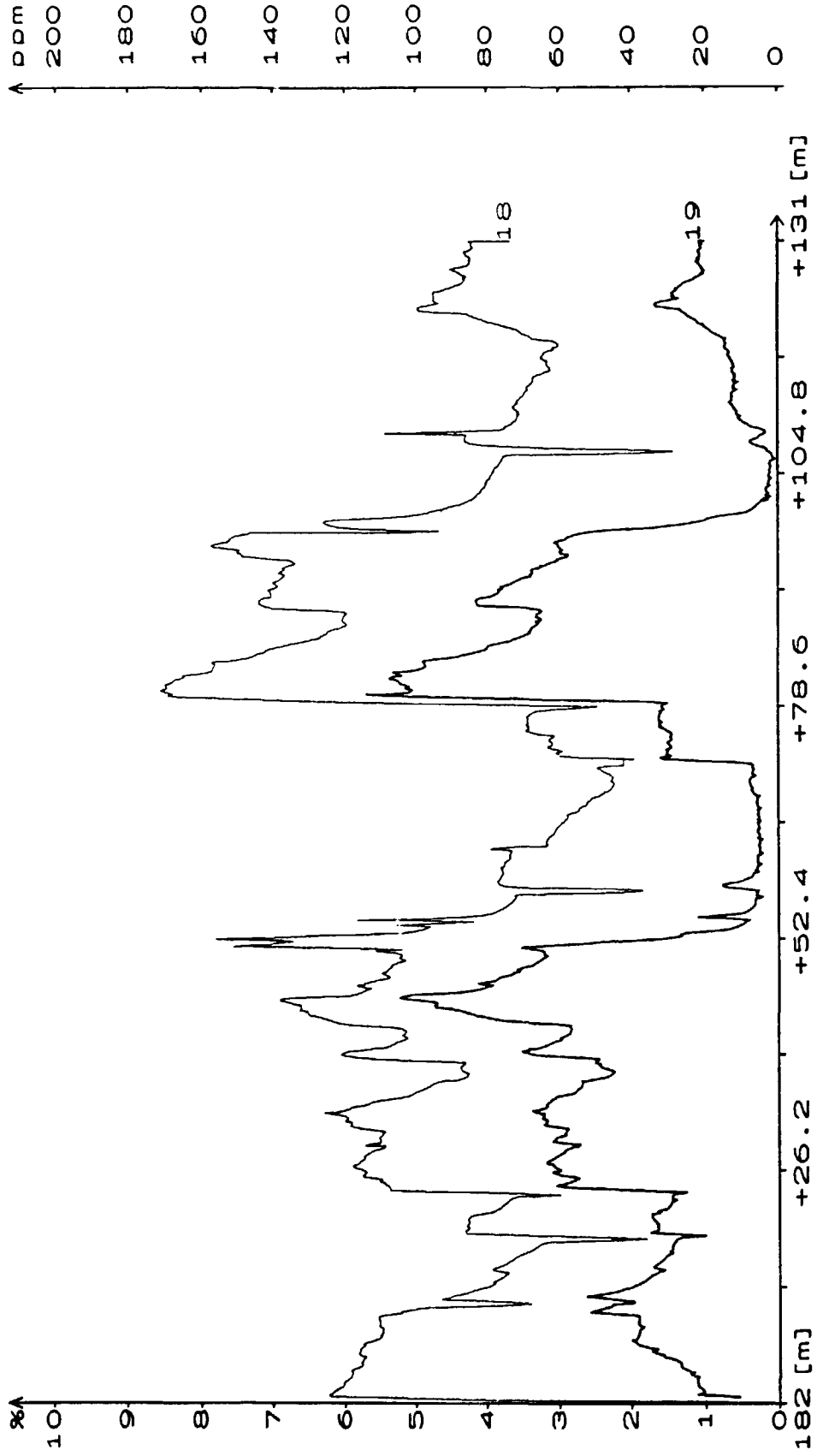
24 : chx

Panna 2 3kW

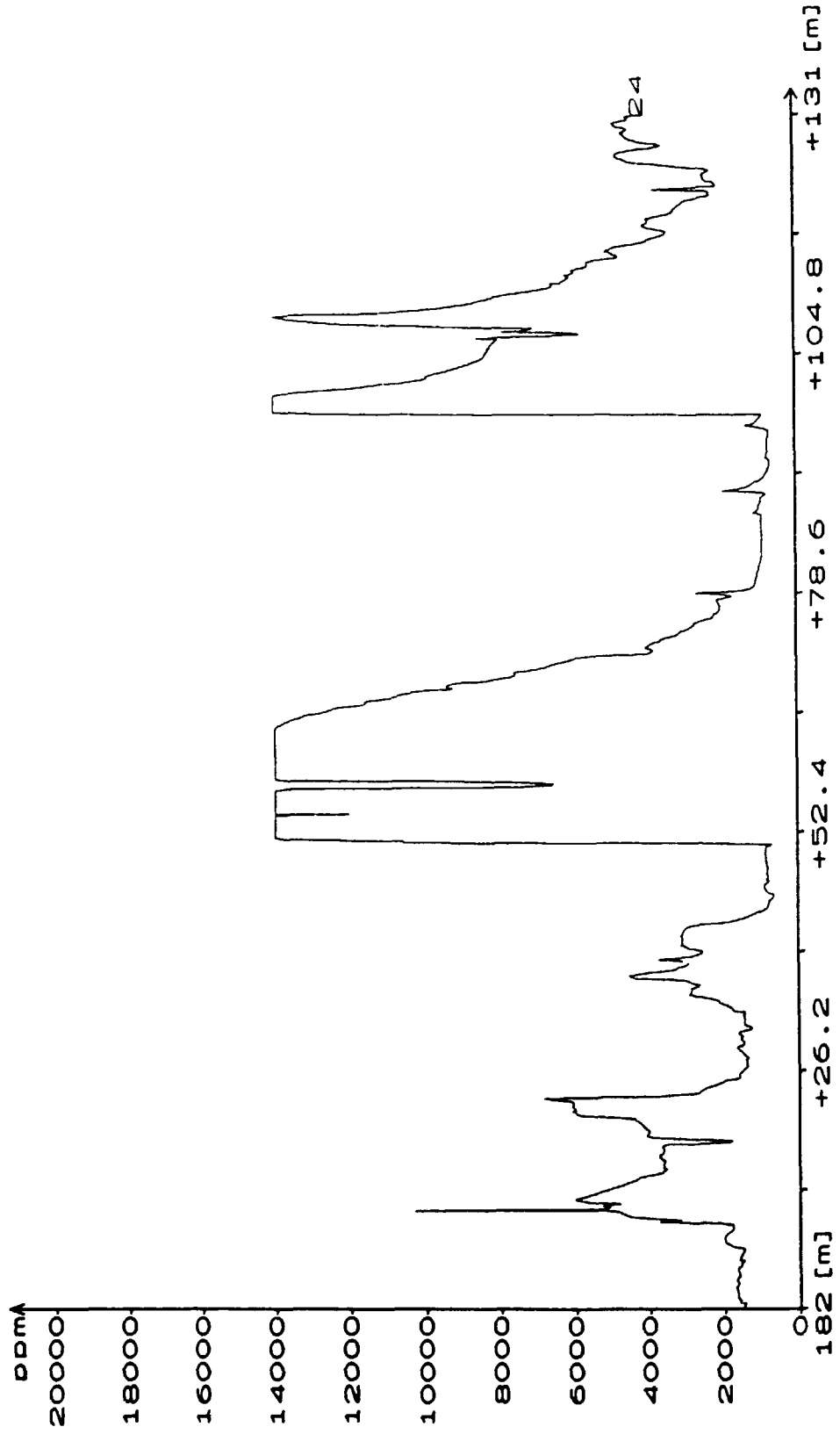


18 : CO2
19 : NOx

Panna 2 FKW

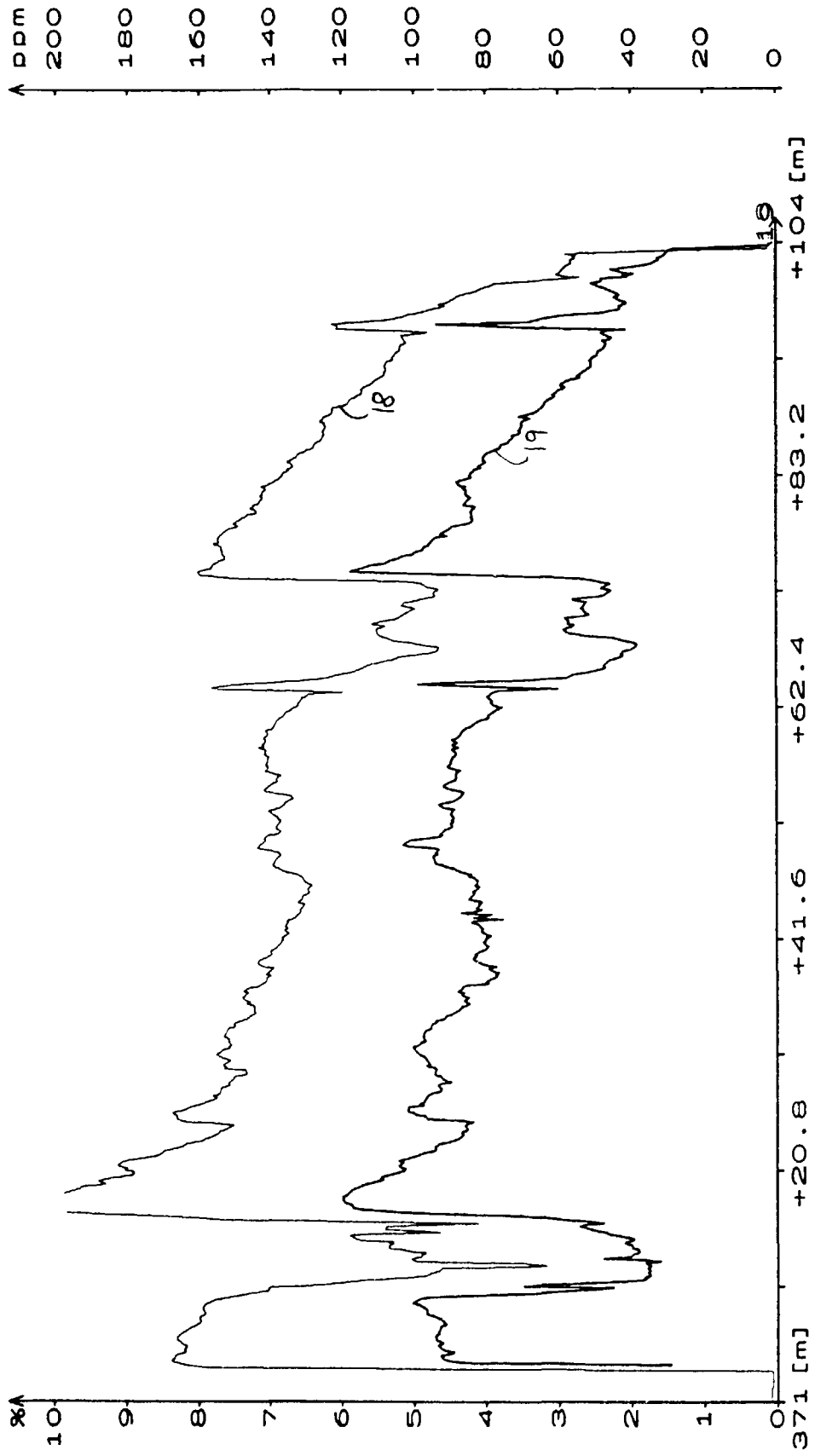


24 : chx *Panna 2 FKW*

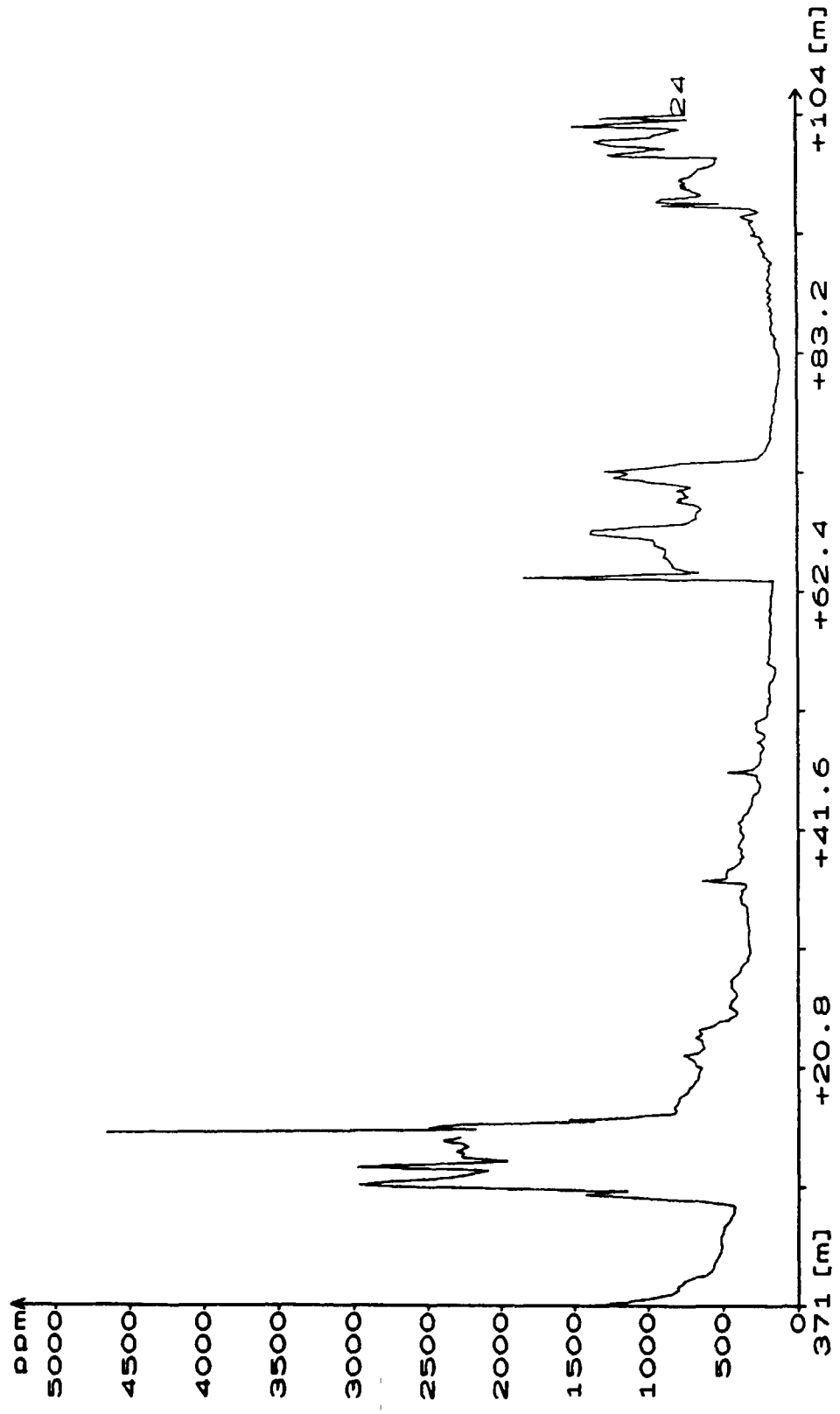


18 : CO2
19 : NOx

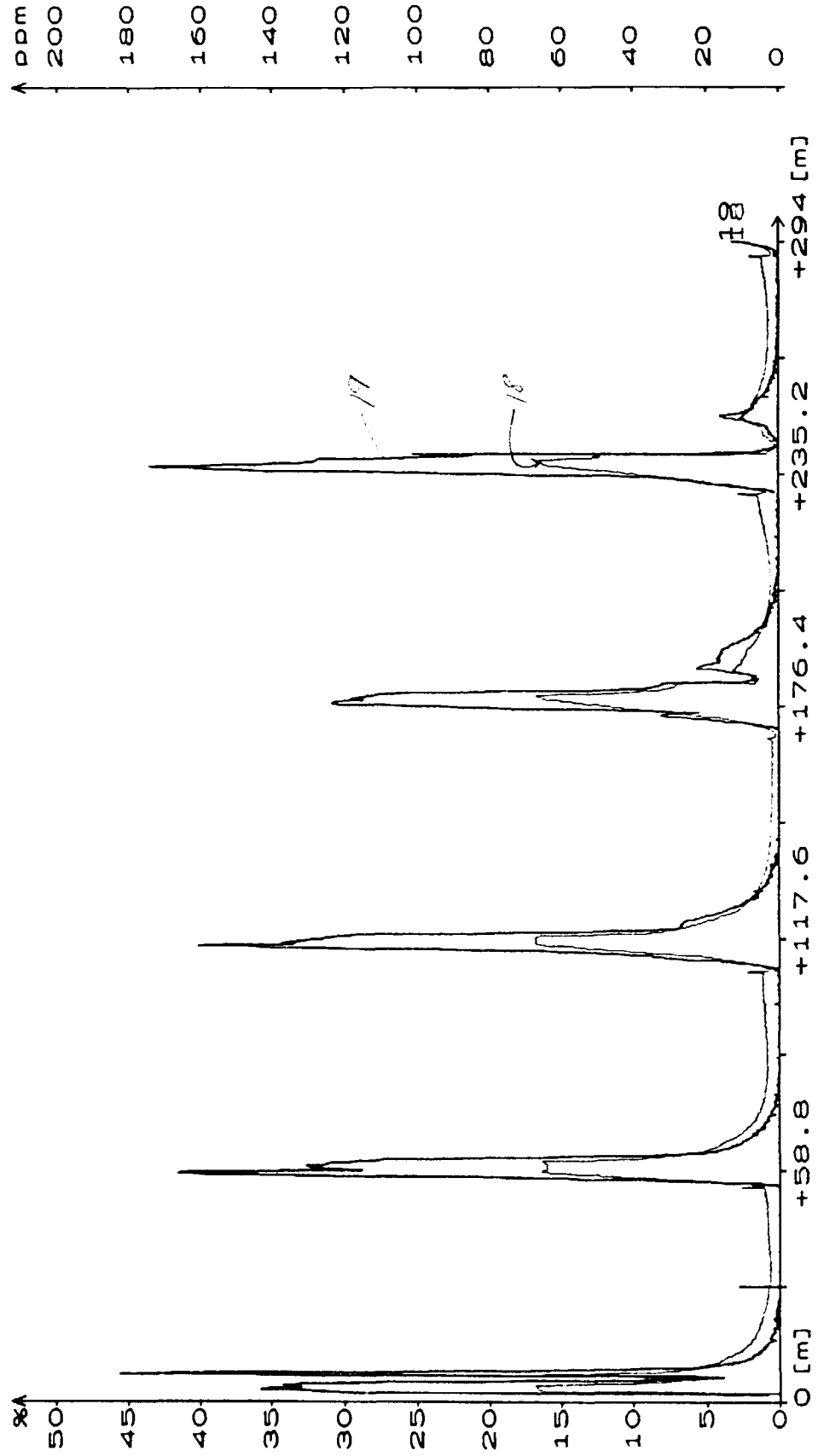
Pannal 15 kW



24 : chx *Panna 2 15 kW*

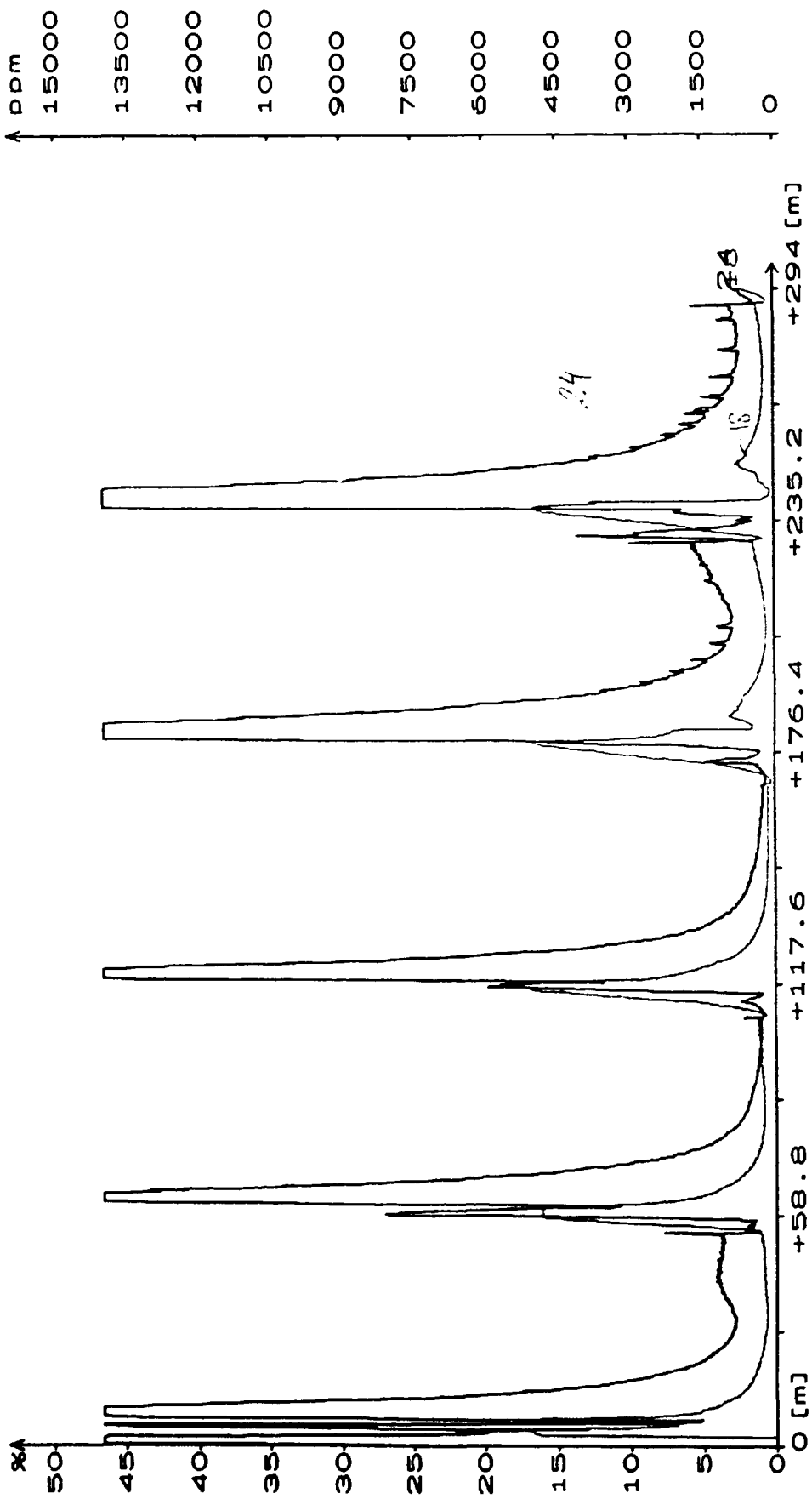


18 : CO2
19 : NOx
Panna 3 3k W



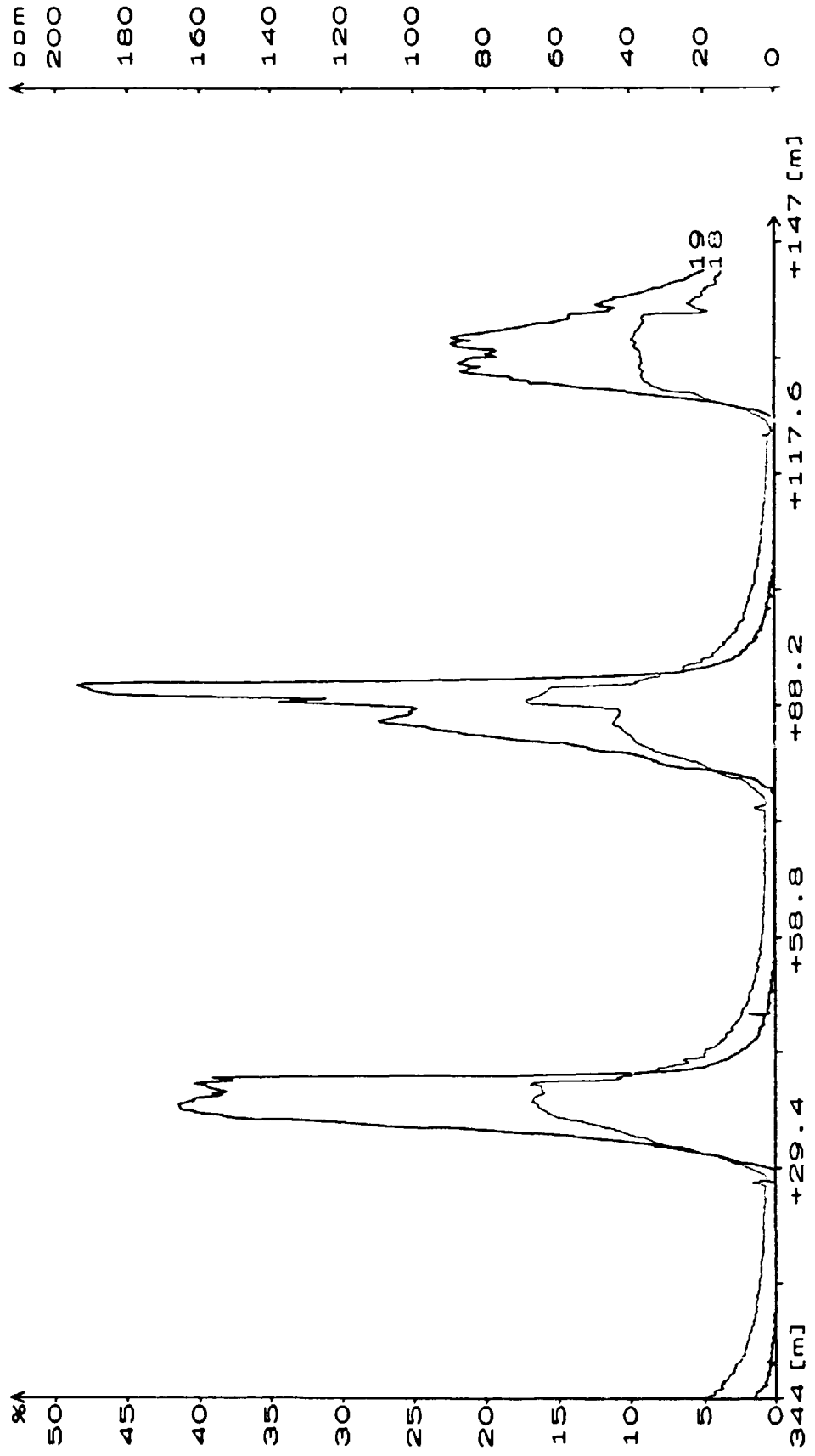
18 : CO2
24 : CHX

Panna 3 3kW



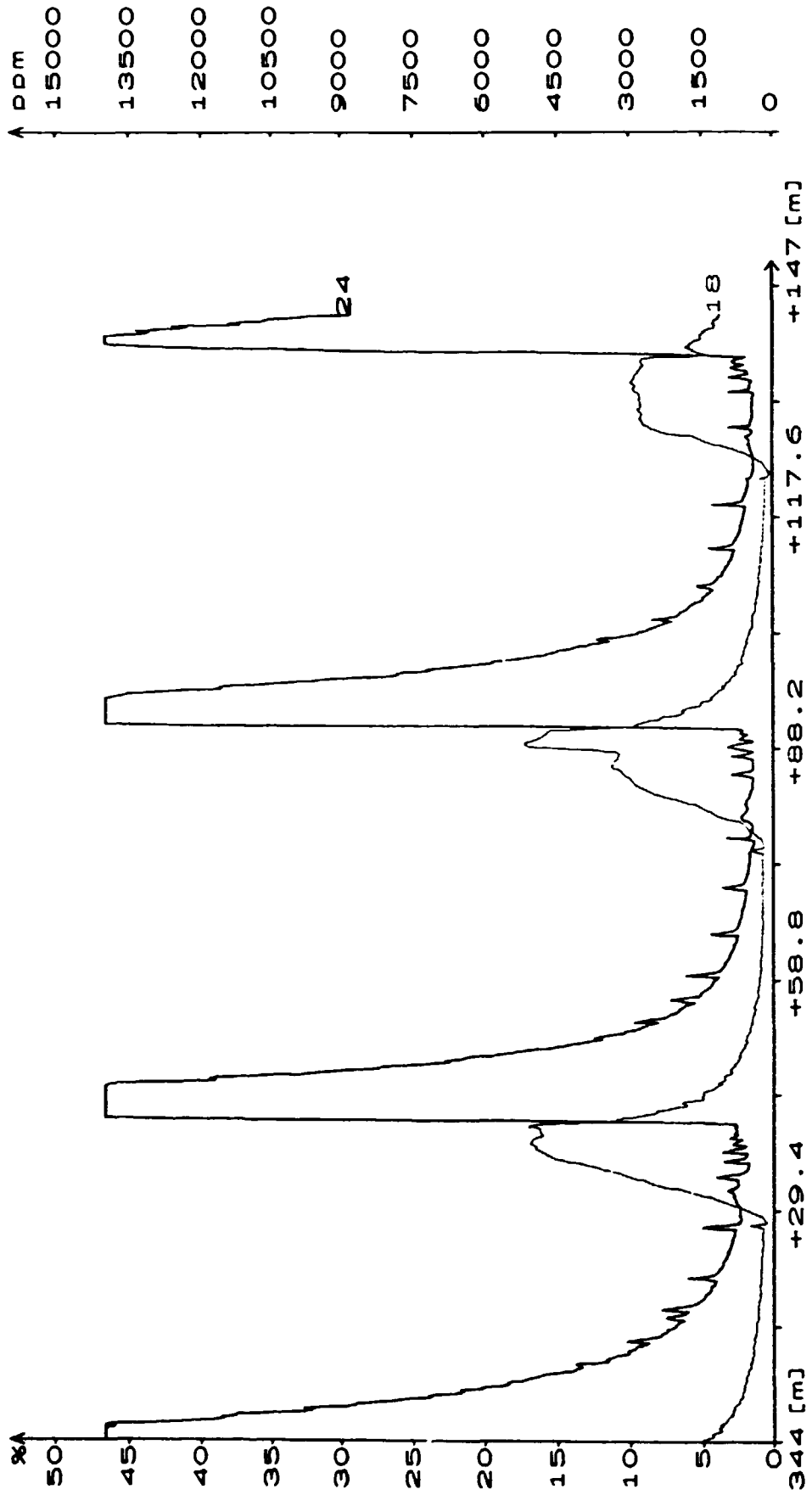
18 : CO2
19 : NOx

Panna 3 FKW



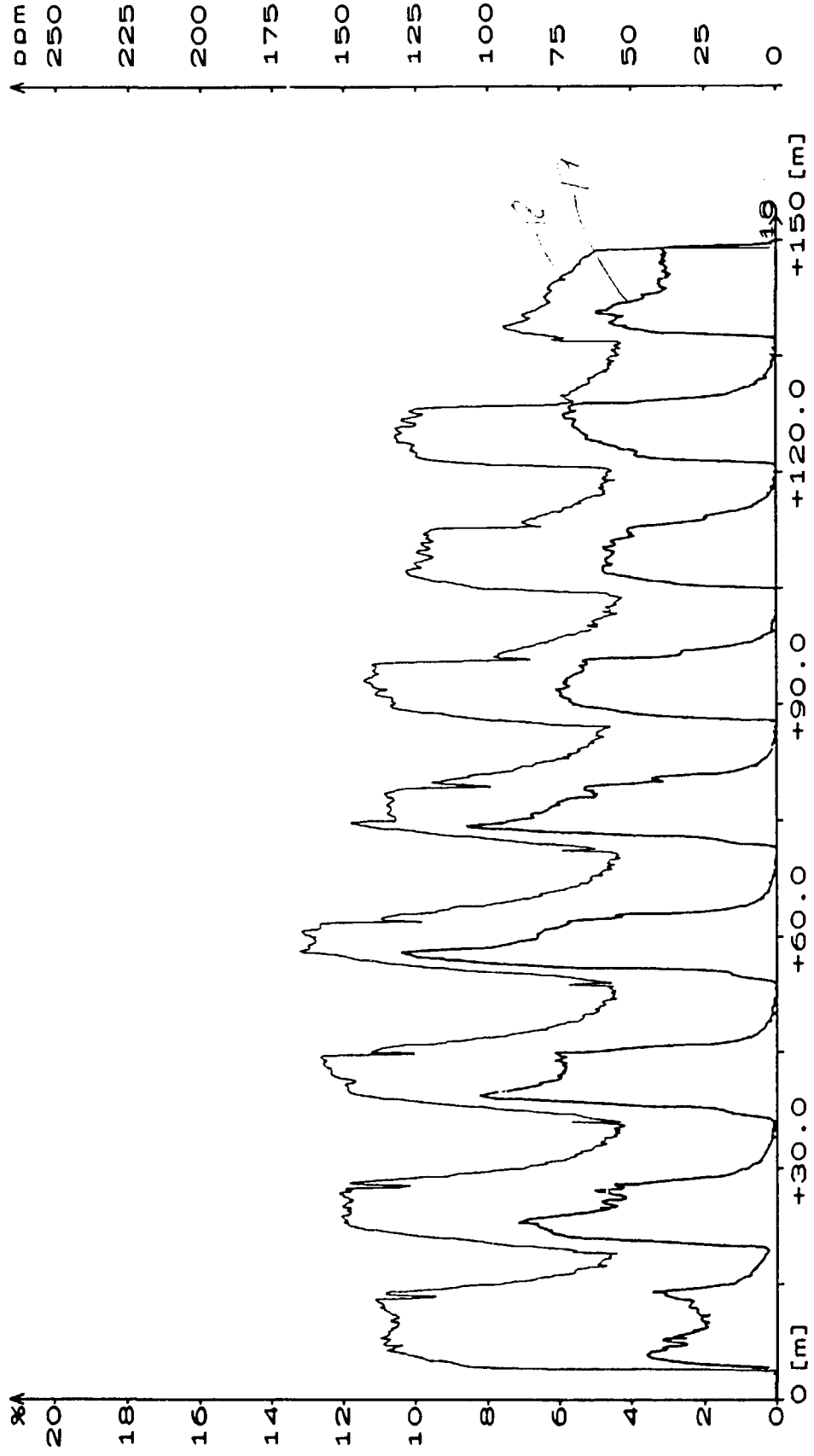
18 : CO2
24 : CHX

Panno 3 Fk W



18 : CO2
19 : NOx

Runa 3 15kW



18 : CO2
24 : CH4

Panna 3 15KW

