

**Onderzoek co-verbranding
personenwagenbanden granulaat met
fluff bij de PNEM te Eindhoven**

Referentienummer 93-119
Dossiernummer 112326-24336
Datum juni 1993
NP

Auteurs
Ing. W.F.M. Hesseling
Ing. R. Koch

Bestemd voor
Ministerie van VROM/Directie Afvalstoffen
Afdeling Specifieke Afvalstoffen
Ing. M. Adams, code 645
Postbus 30945
2500 GX Den Haag
proj.nr. 110544.01
VP nr. 230170

Voorwoord

Dit TNO-onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van VROM in het kader van het Implementatieplan Autobanden onder begeleiding van de werkgroep Thermisch Chemische Opties van het ministerie van VROM. De projectleiding was namens het ministerie van VROM in handen van Ir. T. van de Wijdeven (van Wijdeven Sutmuller en Partners).

Het onderzoek is eind 1992 uitgevoerd bij PNEM, Transport & Opwekking te Eindhoven aan de installatie voor terugwinning van energie en restmaterialen.

Foreword

This TNO study was carried out on the instructions of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM) under the Car Tyres Implementation Plan under the guidance of the Thermal Chemical Options Working Party of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM). Mr. T. van de Wijdeven (Sutmuller and Partners) acted as project leader on behalf of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM).

The study was carried out at the end of 1992 at PNEM, Transport & Opwekking (Transport & Generation) in Eindhoven at the plant for the recovery of energy and residual materials.

Samenvatting

In de "Notitie inzake preventie en hergebruik van afvalstoffen" van het ministerie van VROM worden o.a voor autobanden taakstellingen aangegeven, die in het jaar 2000 gerealiseerd zullen moeten worden. In het nadien uitgebrachte "Implementatieplan autobanden" is deze doelstelling echter aangescherpt. Het pakket maatregelen in het Implementatieplan is er op gericht dat in het jaar 2000 minimaal 70% van de vrijkomende banden zal worden hergebruikt of nuttig worden toegepast. In het daarin beschreven actieplan "Thermische verwerking" zijn acties omschreven om een interim-oplossing voor de eindverwerking voor autobanden te vinden voor de periode 1991-2000. Hierbij is in principe gekozen voor verwerking in bestaande afvalverbrandingsinstallaties.

Om de haalbaarheid van deze interim-oplossing vast te stellen is door de werkgroep Thermisch Chemische Opties (TCO) van het ministerie van het ministerie van VROM een onderzoekprogramma opgesteld; "Stookproefplan voor de verbranding van granulaat van personenwagenbanden (PWB's) in de installatie voor de energierecuperatie uit restmaterialen van PNEM T&O, Energiediensten Philips" [1]. In dit plan zijn 4 stookproeven voorgesteld met verschillende brandstofmengsels van fluff en PWB-Granulaat.

De doelstelling van dit experimentele programma betreft het vaststellen van de technische en de milieuhygiënische haalbaarheid van de co-verbranding van fluff met PWB-Granulaat en de daarbij toe te stane mengverhouding. De milieuhygiënische haalbaarheid heeft betrekking op emissies naar de buitenlucht, verbrandings- en rookgasreinigingsresiduen (samenstelling, hoeveelheden en verwijderingsmogelijkheden).

De Directie Afvalstoffen Afdeling Specifieke Afvalstoffen van de Hoofddirectie Kettenbeheer en Milieuzorg van het ministerie van VROM heeft aan het Instituut voor Milieu- en Energietechnologie TNO (IMET) opdracht gegeven om het stookproefplan uit te voeren.

De door IMET-TNO uitgevoerde activiteiten bestonden uit:

- Uitvoering milieu- en energie metingen;
- Coördinatie van/technische ondersteuning bij de uitvoering van de stookproeven
- Uitvoering van een onderzoek naar de verbrandingsomstandigheden in de vuurhaard (eigen initiatief van TNO).

De uitvoering van dit stookproefplan heeft plaatsgevonden in de periode van 16 november tot 11 december 1992. In tabel 1 zijn de procesgegevens weergegeven die zijn gemeten of berekend.

Tabel 1 Procesgegevens tijdens de uitvoering van de verbrandingsproeven.

Brandstof mengsel	PWB %	datum 1992	door zet ^{*)} kg/h	slak productie kg/ton	capaciteit MW(th)	Rookgas debiet ^{**)} kg/h	Stook waarde MJ/kg
1	0	18-11 19-11	4316	142	15.3	32.700	10.7
2	5.6	25-11 26-11	4251	143	15.9	34.800	11.3
3	12.1	2-12 3-12	4069	140	16.1	34.600	11.9
4	20.7	9-12 10-12	3822	142	16.3	33.900	12.9

^{*)} Doorzet aan brandstofmengsel

^{**)} Berekend voor rookgassen aan intrede wasser

Het onderzoek heeft verder de volgende resultaten opgeleverd:

PWB

Bijmenging van PWB-Granulaat aan fluff verhoogt van het ontstane brandstofmengsel:

1. de stookwaarde,
2. het zwavelgehalte
3. het ijzer- en zinkgehalte

Gebleken is dat de stookwaarde van het PWB-Granulaat ca 25 MJ/kg bedraagt hetgeen lager is dan wat in het algemeen in de literatuur wordt gevonden.

PNEM-Installatie

Uit de verbrandingsproeven is gebleken dat de PNEM-installatie geschikt is om mengsels fluff en PWB-Granulaat te verbranden. Bij inspectie van de installatie zijn geen aanwijzingen gevonden van overmatige corrosie of ernstige vervuiling zoals aanbakkingen e.d.

Aanbevolen wordt om met een langeduurproef te onderzoeken of deze verschijnselen op lange termijn wel op zullen treden.

Verbrandingsresiduen

Uit de slakanalyses blijkt:

- dat de concentraties gemeten in de slakken lager zijn dan de eisen vermeld in "Besluit Aanwijzing Chemische Afvalstoffen" (BACA) van het ministerie van VROM. Derhalve vallen de slakken niet onder de BACA. Een effect als gevolg van het bijmengen van PWB-Granulaat aan de fluff (tot 21%) kon niet eenduidig worden vastgesteld;
- dat de slakken niet altijd aan de eisen voor hergebruik in de wegenbouw (R.A.W.1990) voldoen. Een toename van het aandeel PWB-Granulaat aan de fluff veroorzaakt een toename van het onverbrand en van ijzerhoudende bestanddelen in de slakken en heeft invloed op de korrelgrootteverdeling.

Aanbevolen wordt in verband met de herbruikbaarheid van de slakken om niet meer dan ca 20 % PWB-Granulaat toe te voegen aan de fluff.

Uit de analyses van de ketel- en E-as blijkt:

- dat de concentraties aan Cd, As, Sb, Pb en Zn hoger zijn dan de in de BACA gestelde grenswaarden, hetgeen normaal geacht kan worden bij AVI's. Een toename van de concentraties als gevolg van het bijmengen van PWB-Granulaat aan de fluff kon alleen voor de metalen Zn en Co worden vastgesteld;
- dat een toename van het aandeel PWB-Granulaat in de fluff gepaard gaat met een verhoging van het gehalte onverbrand en het aandeel ijzerhoudend bestanddelen in de assen.

Rookgassen

De invloed van het co-verbranden van PWB-Granulaat met fluff op de rookgassenstelling is het duidelijkst waarneembaar aan de rookgassen voor de rookgasreiniging. In tabel 2 zijn de resultaten van de rookgasmetingen omgerekend naar 11 % en samengevat.

Tabel 2 Samenvatting resultaten rookgasmetingen na E-filter (voor wasser) betrokken op 11% O₂ (behalve O₂)

Verbrandingsproef		1	2	3	4
component	eenheid	0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
O ₂	[vol % droog]	10,8	11,0	10,8	10,6
CO	[mg/ m ³ ind]	26	32	35	36
NO _x	[mg/ m ³ ind]	302	301	265	234
Temperatuur	[°C]	205	212	215	221
Stof	[mg/m ³ ind]	39	34	20	15
Zink	[mg/m ³ ind]	2,0	4,7	3,0	3,8
HCl ^{*)}	[mg/m ³ ind]	833	678	572	379
HF ^{*)}	[mg/m ³ ind]	6,8	5,4	7,1	4,8
SO ₂ ^{*)}	[mg/m ³ ind]	250	425	623	725
PCDD/PCDF	[ng TEQ/m ³ ind]	24,1	10,3	-	15,9
Vochtgehalte	[g/m ³ ind]	112	110	103	98

^{*)} natchemisch bemonsterd

Uit de resultaten van de rookgasmetingen na het E-filter (voor wasser) blijkt dat toevoeging van PWB-Granulaat aan de fluff de volgende effecten op de samenstelling van de rookgassen heeft:

- Het SO₂ in de rookgassen neemt volgens verwachting toe naarmate meer PWB in de fluff is bijgemengd. Door toepassing van een loogwasser kan deze invloed teniet worden gedaan;
- De gehalten aan NO_x, Zn en PCDD/F in de rookgassen na het E-Filter lijken niet door het aandeel PWB in de fluff te worden beïnvloed. Deze waarden zijn per verbrandingsproef verschillend en liggen binnen de marges, die normaal optreden bij

de verbranding van fluff; Het CO en stof lijkt enigszins te worden beïnvloed door het aandeel PWB in de brandstof;

- Het HCl-gehalte neemt af met het toenemen van het PWB aandeel in de fluff.

De CO-emissie varieert per verbrandingsproef en is steeds lager dan 50 mg/m^3 (RV'89 en Besluit Luchtemissies Afvalverbranding).

Een duidelijke invloed van het aandeel van het PWB-Granulaat in het brandstofmengsel op emissie aan dioxinen kon niet worden vastgesteld.

Vuurhaardmetingen

De uitgevoerde vuurhaardmetingen gaven meer inzicht in het verloop en de wijzigingen in het proces ten gevolge van het toevoegen van het PWB-Granulaat. Dit heeft er mede toe geleid dat de luchtverdeling onder het rooster tijdens de proeven werd bijgesteld.

De metingen op het twee secondenniveau gaven aan dat de gemiddelde vuurhaardtemperatuur boven 850°C was.

Algemene conclusie

De verbrandingsproeven hebben laten zien dat co-verbranding van fluff en PWB-Granulaat mogelijk is. Vanwege de relatief korte beproevingsduur is het aan te bevelen om in de praktijk een zogenaamde lange duur proefverbranding in een commerciële AVI uit te voeren. Een dergelijke proef zou zeker één jaar moeten duren. In eerste instantie zou moeten worden uitgaan van een brandstofmengsel met niet meer dan circa 10% van het totale mengsel (bij een stookwaarde van het PWB-Granulaat van circa 25 GJ/ton).

Summary

The "Notes Concerning the Prevention and Re-use of Waste" of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM) indicates among other things tasks for car tyres which must be accomplished by the year 2000. However, this objective is tightened in the subsequently issued "Car Tyres Implementation Plan". The package of measures in the Implementation Plan is directed towards a minimum of 70% of tyres which become free being re-used or beneficially employed in the year 2000. The "Thermal Processing" action plan consists of there describes actions to be carried out to find an interim solution for the final processing of car tyres for the period 1991-2000. In principle processing in existing waste incineration plants has been preferred.

In order to establish the feasibility of this interim solution, the Thermal Chemical Options (TCO) Working Party of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM) has drawn up a research programme entitled "Combustion experiment schedule for the incineration of car tyre granular material at the plant for energy recovery from residual materials of PNEM T&O, Philips Energy Services" [1]. This plan proposes four combustion experiments with different fuel mixtures of fluff and car tyre granular material.

The objective of this experimental programme concerns the establishment the technical and environmental feasibility of the co-incineration of fluff and car tyre granulate and the permitted mixing ratio. The environmental feasibility relates to emissions to the outside air, incineration and flue gas purification residues (composition, quantities and options for disposal).

The Waste Directorate, Department of Specific Wastes of the Chief Directorate of Chain Management and Environmental Protection of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM) instructed the Institute for Environmental and Energy Technology TNO (IMET) to implement the combustion experiment schedule.

The activities performed by IMET-TNO comprised:

- Performing environmental and energy measurements;
- Coordinating/providing technical support in the execution of the heating tests;
- Execution of a study on the incineration conditions in the furnace (TNO's own initiative).

This combustion experiment schedule was implemented over the period from 16 November to 11 December 1992. The process data which were measured or calculated are shown in Table 3.

Table 3 Process data during the execution of the incineration tests

Fuel mixture	Car tyres	Date	Through-put ^{*)}	Slag production	Capacity	Flue gas flow ^{**)}	Calorific value
	%	1992	kg/h	kg/tonne	MW (th)	kg/h	MJ/kg
1	0	18 - 11 19 - 11	4316	142	15.3	32,700	10.7
2	5.6	25 - 11 26 - 11	4251	143	15.9	34,800	11.3
3	12.1	2 - 12 3 - 12	4069	140	16.1	34,600	11.9
4	20.7	9 - 12 10 - 12	3822	142	16.3	33,900	12.9

^{*)} Throughput of fuel mixture

^{**)} Calculated for flue gases at scrubber inlet

The study also provided the following results:

Car tyres

The admixture of car tyre granulate to fluff increases the:

1. Calorific value,
2. Sulphur content,
3. Iron and zinc content of the fuel mixture created.

It was found that the calorific value of the car tyre granulate is approx. 25 MJ/kg, which is lower than is generally found in the literature.

PNEM plant

It was found from the incineration tests that the PNEM plant is suitable for incinerating mixtures of fluff and car tyre granulate. When the plant was inspected, no evidence was found of excessive corrosion or serious fouling such as caking etc. A long term test is recommended in order to study whether these phenomena do occur in the future.

Combustion residues

The slag analyses show that:

- The concentrations measured in the slags are lower than the requirements stated in the "Designation of Chemical Wastes Order" (BACA) of the Ministry of Housing, Planning and Environment (VROM). The slags therefore do not fall under the BACA. No clear effect due to the admixture of car tyre granulate to the fluff (up to 21%) could be established;
- The slags do not always meet the requirements for re-use in road-building (R.A.W. 1990). An increase in the proportion of car tyre granulate material to the

fluff causes an increase in the unburnt and iron-containing constituents of the slags and affects particle size distribution.

It is recommended in connection with the re-usability of the slags that no more than approx. 20% car tyre granulate should be added to the fluff.

The analyses of the boiler and ESP ash shows that:

- The concentrations of Cd, As, Sb, Pb and Zn, higher than the limit values stated in the BACA, are too high, which can be regarded as normal in MSW = Municipal Solid Waste Incinerator. An increase in concentrations due to the admixture of car tyre granular material to the fluff could only be established for the metals Zn and Co;
- An increase in the proportion of car tyre granular material in the fluff is coupled with an increase in the content of unburnt material and the proportion of iron-containing constituents in the ash.

Flue gases

The effect of the co-incineration of car tyre granulate with fluff on flue gas composition is most clearly observable in the flue gases before flue gas purification. The results of the flue gas measurements are converted to 11% and summarised in Table 4.

Table 4 Summary of results of flue gas measurements after E filter (before scrubber) related to 11% O₂ (except O₂)

Incinerator test		1	2	3	4
Component	Unit	0% car tyres	6% car tyres	12% car tyres	21% car tyres
O ₂	[vol % dry]	10.8	11.0	10.8	10.6
CO	[mg/m ³ ind]	26	32	35	36
NO _x	[mg/m ³ ind]	302	301	265	234
Temperature	[°C]	205	212	215	221
Dust	[mg/m ³ ind]	39	34	20	15
Zinc	[mg/m ³ ind]	2.0	4.7	3.0	3.8
HCl *)	[mg/m ³ ind]	833	678	572	379
HF *)	[mg/m ³ ind]	6.8	5.4	7.1	4.8
SO ₂	[mg/m ³ ind]	250	425	623	725
PCDD/PCDF	[ng/m ³ /m ³ ind]	24.1	10.3	-	15.9
Moisture content	[g/m ³ ind]	112	110	103	98

*) Sampled wet-chemically

The results of the flue gas measurements after the ESP filter (before the scrubber) show that adding car tyre granular material to the fluff has the following effects on the composition of the flue gases:

- The SO_2 in the flue gases increases as expected as more car tyre granular material is added to the fluff. The effect can be nullified by using an alkali washer;
- The contents of NO_x , Zn and PCDD/F in the flue gases after the ESP do not appear to be affected by the proportion of car tyre material in the fluff. These values differ in each combustion experiment and are within the margins which normally occur during incineration of fluff; the CO and dust appear to be affected to some extent by the proportion of car tyre material in the fuel;
- The HCl content decreases as the proportion of car tyre granulate in the fluff rises.

CO emissions vary from one combustion experiment to another and are always lower than 50 mg/m^3 (RV'89 and Waste Incineration Air Emissions Order).

No clear effect of the proportion of car tyre granular material in the fuel mixture on emissions of dioxins was established.

Furnace measurements

The furnace measurements performed gave a greater insight into the course of and changes in the process as a result of the addition of the car tyre granular material. This was one of the reasons why the air distribution under the grating during the tests was adjusted.

The measurements at the two-second level indicated that the average furnace temperature was above 850°C .

General conclusion

The incineration test show that co-incineration of fluff and car tyre granular material is possible. Because of the relatively short period of testing, it is recommended to carry out for what is known as a long-duration combustion trial in a commercial AVI. A test of this kind would certainly have to last one year and initially be based on a fuel mixture with no more than approx. 10% in the total mixture (at a calorific value and car tyre granular material of approx. 25 GJ/tonne).

Inhoudsopgave

	Voorwoord	3
	Foreword	3
	Samenvatting	5
	Summary	9
	Nomenclatuur	15
1	Inleiding	17
2	Programma milieu- en energiemetingen	19
2.1	Programma verbrandingsproeven.....	19
2.2	Analyseprogramma.....	20
2.2.1	Oven.....	21
2.2.2	Vuurhaard.....	21
2.2.3	Rookgassen.....	21
2.2.4	Vliegstof.....	22
2.2.5	Slak.....	22
2.2.6	Vliegas.....	23
2.2.7	Waswater en effluent.....	23
2.2.8	PWB-Granulaat.....	24
2.2.9	PWB-/fluffmengsels.....	24
2.2.10	Massastromen.....	24
2.2.11	Bedrijfsgegevens.....	25
3	Uitvoering van de verbrandingsproeven	27
3.1	Tijdschema.....	27
3.2	Betrokkenen bij de verbrandingsproeven en hun functie.....	27
3.3	Voorbehandeling van het PWB-/fluffmengsel.....	28
3.4	Vorbereiding van de proeven.....	28
3.5	Eindcontrole van de installatie.....	29
3.6	Verloop van de proeven.....	29
4	Meetgegevens bedrijfsapparatuur	31
5	Meetresultaten	33
5.1	Oventemperaturen.....	33
5.2	Vuurhaardmetingen.....	35
5.3	Rookgassen na E-filter.....	36
5.4	Rookgassen in schoorsteenkanaal.....	37
5.5	Slakken.....	39
5.6	Ketel en E-as.....	42
5.7	Waswater.....	43
5.8	Effluent.....	44
5.9	PWB-Granulaat.....	45

6	Evaluatie	47
6.1	Berekening rookgasdebiet	47
6.2	Berekening van de stookwaarde.....	48
6.3	SO ₂ -balans	51
6.4	Evaluatie PCDD/PCDF	52
6.5	Evaluatie zware metalen.....	56
7	Conclusies	59
8	Literatuur	63
9	Verantwoording	65
	<i>Bijlage A Bedrijfsgegevens (lichtblauw)</i>	
	<i>Bijlage B Meetresultaten (lichtgeel)</i>	
	<i>Bijlage C Diagrammen TNO-metingen (lichtgroen)</i>	
	<i>Bijlage D Toegepaste meetmethoden (lichtroze)</i>	
	<i>Bijlage E Dioxine-rapporten (grijs)</i>	
	<i>Bijlage F Diverse foto's van het onderzoek</i>	
	<i>Appendix A Vuurhaardmetingen tijdens het PWB-project</i>	

Nomenclatuur

PWB-Granulaat	geshredderde personenwagenbanden
h	uur
act	bij actuele omstandigheden
inv	in normaal toestand vochtig (101,3 kPa; 273 K)
ind	in normaal toestand droog (101,3 kPa; 273 K)
AVI	afvalverbrandingsinstallatie
BLA	Besluit luchtmissies AVI's, vermeld in Staatblad van het Koninkrijk der Nederlanden jaargang 93 nr. 36. BLA vervangt per 1 maart 1993 de RV'89
fluff	Refuse Derived Fuel (RDF)
PCDD	polychloordibenzo-para-dioxinen (dioxinen)
PCDF	polychloordibenzofuranen (furanen)
BLA	Richtlijn "verbranden" 1989, het ministerie van VROM
TEQ	toxiteits equivalent hoeveelheid (quantity) ^{*)}
VROM	ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu

^{*)} Zie: Voorstel tot een methode voor de beoordeling van de toxiciteit van mengsels van gehalogeneerde dibenzo-p-dioxines en dibenzofuranen.
Werkgroep toxiciteitsequivalentiefactoren het ministerie van VROM, maart 1988.

1 Inleiding

In de 'Notitie inzake preventie en hergebruik van afvalstoffen' worden voor 29 prioritaire afvalstoffen, waaronder autobanden, taakstellingen aangegeven, die in het jaar 2000 gerealiseerd zullen moeten worden. De taakstelling voor autobanden geeft aan dat 50% van de per jaar vrijkomende banden hergebruik dient te worden en de resterende 50% dient te worden verbrand.

In het door overheid, maatschappelijke organisaties, onderzoeksinstituten en bedrijfsleven gezamenlijk opgestelde 'Implementatieplan Autobanden' is deze doelstelling aangescherpt. Het pakket maatregelen in het Implementatieplan is er op gericht dat in het jaar 2000 minimaal 70% van de vrijkomende banden zal worden hergebruikt of nuttig worden toegepast.

Om tot realisatie van deze doelstellingen te kunnen komen is een actieplan opgesteld. In het actieplan Thermische Verwerking wordt onderscheid gemaakt in:

- Acties gericht op de acute termijn;
- Acties gericht op de korte termijn;
- Acties gericht op de lange termijn.

De acties voor de korte termijn zijn erop gericht om thermische eindverwerkingsmogelijkheden te vinden voor de periode 1991-2000. In deze periode zal het implementatieplan nog niet hebben geleid tot het bereiken van de vastgestelde taakstellingen. Hierbij is in principe gekozen voor verwerking in bestaande vuurhaarden.

Om de haalbaarheid van deze interim-oplossing vast te stellen is door de werkgroep Thermisch Chemische Opties (TCO) van het ministerie van het ministerie van VROM een onderzoekprogramma opgesteld; 'Stookproefplan voor de verbranding van granulaat van personenwagenbanden (PWB's) in de installatie voor de energieteerugwinning uit restmaterialen van PNEM T&O, Energiediensten Philips' [1]. De doelstelling van dit experimentele programma betreft het vaststellen van de technische en de milieuhygiënische haalbaarheid van de co-verbranding van fluff met PWB-Granulaat en de daarbij toe te stane mengverhouding. De milieuhygiënische haalbaarheid heeft betrekking op emissies naar de buitenlucht, verbrandings- en rookgasreinigingsresiduen (samenstelling, hoeveelheden en verwijderingsmogelijkheden).

De uitvoering van dit stookproefplan heeft plaatsgevonden in de periode van 16 november tot 11 december 1992. De door TNO uitgevoerde activiteiten bestonden uit:

- Uitvoering milieu- en energie metingen;
- Coördinatie van/technische ondersteuning bij de uitvoering van de stookproef;
- Specialistische/technische ondersteuning bij de uitvoering van het door NOËLL/K&K uitgevoerd onderzoek naar vuurhaardtechnische aspecten.

Onderhavige rapportage bevat zowel de resultaten van de door TNO uitgevoerde milieu- en energiemetingen als ook een verbrandingstechnische evaluatie van de uitgevoerde verbrandingsproeven.

Naast de uitvoering van bovengenoemd stookproefplan is op initiatief van TNO-onderzoek uitgevoerd naar de omstandigheden in de vuurhaard zelf. Hiertoe zijn vuurhaardmetingen uitgevoerd op circa 0,5 m boven het rooster en op het zo genaamde 'twee secondenniveau'. De voor de verbrandingstechnische evaluatie relevante resultaten van dit onderzoek zijn door TNO beschikbaar gesteld en zijn in Appendix A opgenomen.

2 Programma milieu- en energiemetingen

2.1 Programma verbrandingsproeven

De stookproef omvatte een viertal verbrandingsproeven. Het percentage PWB-granulaat van de brandstofmengsels nam bij elke proef toe. Uitgaande van een constante thermische belasting voor de verbrandingsinstallatie van ca. 3,5 MW zijn de mengverhoudingen per proef berekend en weergegeven in tabel 2.1. De uiteindelijke menging week iets af van de gegevens in tabel 2.1 (zie hoofdstuk 3 “uitvoering”).

Tabel 2.1 Mengverhoudingen PWB-Granulaat en fluff

Proef nr. [-]	PWB-Granulaat [ton/h]	Fluff [ton/h]	PWB in brandstofmengsel [%]
1	-	4,0	0
2	0,2	3,4	5,6
3	0,4	2,9	12,1
4	0,6	2,3	20,7

Per verbrandingsproef werd het schema gehanteerd, zoals in tabel 2.2 is weergegeven

Tabel 2.2 Overzicht activiteiten per verbrandingsproef

Dag	Activiteit
dinsdag	inregelen proces en meetvoorzieningen
woensdag en donderdag	uitvoering meetprogramma
vrijdag	globaal uitwerken en bespreking meetresultaten in projectteam en vaststellen /aanpassen van het programma van de volgende proef

In tabel 2.3 is een overzicht gegeven van de activiteiten, die dagelijks hebben plaatsgevonden.

Tabel 2.3 Activiteiten per meetdag

Activiteit	Aanvang [h]	Einde [h]	Duur [h]
Bedrijfsregistratie ^{*)}	08.00	24.00	16
Inregelen oven	08.00	24.00	16
Energiemetingen	08.00	18.00	10
Milieumetingen	08.00	18.00	10
Monsternamen (slak, vlieg)	09.00	19.00	10

^{*)} De door PNEM/Philips geregistreerde waarnemingen zijn verzameld en tevens in deze rapportage verwerkt

Tijdens een verbrandingsproef werden de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. Monsternamen + opwerken brandstofmengsel, slak, E-as & ketelas, effluent en waswater.
2. Bemonsteren van de rookgassen na het E-filter (voor wasser) en na de wasser (voor schoorsteen) voor diverse analyses en het registreren meten van diverse componenten.
3. Bepalen van het debiet aan brandstof, rookgas, slak en vlieg.
4. Het vastleggen en verwerken van bedrijfsgegevens.
5. Het registreren van de temperaturen van de roosterstaven en delen van de ovenconstructie.

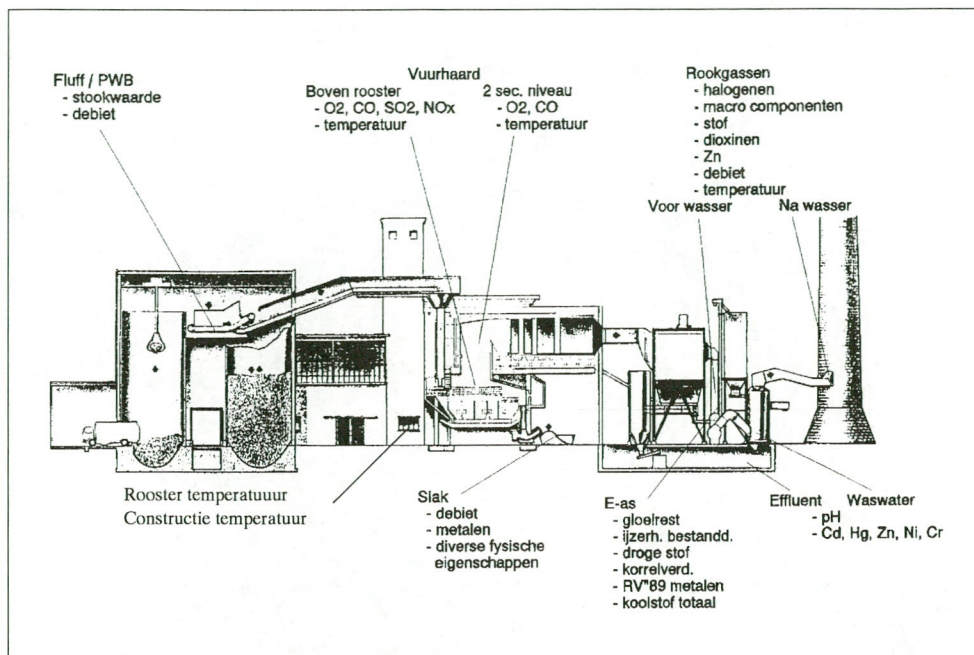
2.2 Analyseprogramma

In het analyseprogramma kunnen de volgende onderdelen worden onderscheiden:

- 2.2.1 Oven
- 2.2.2 Vuurhaard
- 2.2.3 Rookgassen
- 2.2.4 Vliegstof
- 2.2.5 Slak
- 2.2.6 Vlieg
- 2.2.7 Waswater en effluent
- 2.2.8 PWB-Granulaat
- 2.2.9 PWB-/fluffmengsels
- 2.2.10 Massastromen
- 2.2.11 Bedrijfsgegevens

In bijlage D zijn de meetmethoden omschreven.

In figuur 2.1 zijn in een langsdoorsnede van de PNEM/Philips installatie de meetpunten aangegeven.



Figuur 2.1 Aanduiding van de meetpunten in de installatie

2.2.1 Oven

Tijdens de verbrandingsproeven zijn ter controle op 18 plaatsen in de oven materiaaltemperaturen gemeten. Deze temperaturen werden continu registrerend gemeten en werden bewaakt door het bedieningspersoneel in de controlekamer.

2.2.2 Vuurhaard

In de vuurhaard is van de componenten CO en O₂ de concentratie vastgesteld. Tevens zijn vuurhaardtemperaturen gemeten. Een volledige traverse op het 2 secondenniveau heeft plaatsgevonden tijdens verbrandingsproef 1 en 2. Daarnaast werden voor eigen onderzoek ter ondersteuning van het PWB-project vuurhaardmetingen circa 0,5 m boven het rooster uitgevoerd met een water- of luchtgekoelde zuigpyrometer.

2.2.3 Rookgassen

De ongereinigde rookgassen (na elektrofilter) en de gereinigde rookgassen (na de wasser) zijn geanalyseerd volgens onderstaand schema.

Tabel 2.4 Analyses en analysemethoden rookgassen

Analyse	Analysemethode	Aantal per meetdag
O ₂	paramagnetisch (CAN/CSA-Z223.2)	continu ^{*)}
CO	infraroodabsorptie (VDI-2459, blad 6)	continu ¹⁾
CO ₂	infraroodabsorptie (VDI-2459, blad 6)	continu ¹⁾
NO _x	chemiluminiscentie (NEN-2039)	continu ¹⁾
SO ₂	ultraviolet absorptie	continu ¹⁾
SO _x	NEN-6588	3
C _x H _y	vlamionisatiedetectie, brandstof H ₂ /He mengsel (VDI-3481, blad 3)	continu ¹⁾
HCl	ionchromatografie (NEN-6588)	3
HF	ionchromatografie (NEN-6588)	3
Stof	gravimetrisch, monsternamen volgens NPR 2788 (isokinetisch afzuigen, netwerkmeting)	3
PCDD/ PCDF ^{**)}	monsternamen (verdunningsmethode) en analyse volgens meetvoorschrift RIVM/TNO; analyse op de 17 meest toxisch geachte congenen met behulp van een hoge resolutie GC-MS, onder Sterlabcondities	1

^{*)} De continue-registrerende metingen zijn afwisselend aan de ongereinigde en de gereinigde rookgassen uitgevoerd. De afzonderlijke metingen zijn zo veel mogelijk simultaan uitgevoerd

^{**)} Monsternamen en analyse van PCDD/F heeft plaats gevonden tijdens verbrandingsproef 1, 2 en 4. De monsternamen vonden op beide meetdagen plaats, gedurende een periode van circa 6 uur

Op basis van de gegevens van de ongereinigde rookgassen kunnen ook berekeningen worden gemaakt van rookgasreinigingsresiduen bij andere installaties.

2.2.4 Vliegstof

Van het bij de bepaling van het stofgehalte van de rookgassen afgevangen vliegstof (een verzamelmonster per dag) is het gehalte aan zink in drievoud bepaald. De bepaling van het gehalte aan zink heeft plaats gevonden volgens NEN-6443 na ontsluiting volgens NEN-6465.

2.2.5 Slak

Tijdens een meetdag werd ieder uur een slakmonster genomen. Opgemerkt dient te worden dat de PNEM-installatie niet is voorzien van een opwerkinstallatie voor de slakken (geen ontijzing). De monsters zijn per meetdag samengevoegd tot verzamelmonsters van 8 monsters en in drievoud geanalyseerd volgens onderstaand schema.

De fijne verdeling van de slakkenmonsters gaf aanleiding tot verhoging van de aanvankelijk geplande monsternamehoeveelheid van 80 kg naar 160 kg. Bij de proeven 2, 3 en 4 is dan ook 160 kg bemonsterd.

Tabel 2.5 Analyses en analysemethoden slak

Analyse	Analysemethode
gloeirest	EAWAG - V 4002
ijzerhoudende bestanddelen	TNO-voorschrift
droge stof	Standaard RAW 1990
korrel verdeling	Standaard RAW 1990
RV '89 metalen	AAS
koolstof, totaal	EAWAG - V 4004
verbrijzelingsfactor	Standaard RAW 1990

2.2.6 Vliegias

Tijdens de meetdag werd ieder uur een monster vliegias (E-as plus ketelas) genomen uit de vliegiasafvoer bij de cellenradsluis. (Het was niet mogelijk om E-as en ketel-as separaat te bemonsteren). Dit monster van circa 0,5 liter werd in een glazen pot verzameld zodat op het eind van een meetdag een verzamelmonster van 8 monsters was ontstaan. Dit monster is geanalyseerd volgens onderstaand schema, de in tabel 2.6 genoemde methoden. Tengevolge van een processtoring is tijdens verbrandingsroef 4 alleen het E-as bemonsterd.

Tabel 2.6 Analyses en analysemethoden vliegias

Analyse	Analysemethode
gloeirest	EAWAG - V 4002
ijzerhoudende bestanddelen	TNO-voorschrift
droge stof	Standaard RAW 1990
korrel verdeling	Standaard RAW 1990
RV '89 metalen	AAS
koolstof, totaal	EAWAG - V 4004

2.2.7 Waswater en effluent

Gedurende de meetdagen is het effluent meerdere malen bemonsterd en in een glazen pot verzameld. Dit vond op overeenkomstige wijze plaats met het circulerend waswater. De analysegegevens zijn aan fa ABB-Energieopwekking beschikbaar gesteld voor verwerking in hun rapport.

2.2.8 PWB-Granulaat

Het PWB-Granulaat werd geproduceerd door Granuband. Van twee charges PWB-Granulaat zijn door ICOVA steekproefgewijs twee monsters van circa 5 kg genomen. Deze monsters zijn in duplo geanalyseerd op:

Tabel 2.7 Analyses PWB-granulaat

Analyse
stortmassa
as
water
koolstof
waterstof
zwavel
chloor
fluor
stikstof
zuurstof
ijzer
zink
stookwaarde

2.2.9 PWB-/fluffmengsels

De geproduceerde brandstofmengsels (PWB-/fluffmengsel) zijn door TNO tijdens het uitvoeren van de verbrandingsproeven bemonsterd en naderhand opgewerkt. Van de vier brandstofmonsters werd de stookwaarde in duplo vastgesteld. Het bepalen van de stookwaarde heeft plaatsgevonden volgens ISO-1928. Tevens is de stookwaarde van de mengsels bepaald uit een energiebalans over de verbrandingsinstallatie.

2.2.10 Massastromen

De doorzet van de in- en uitgaande stromen, zoals verbrandingslucht, brandstofmengsel, rookgas en verbrandingsresiduen, zijn zoveel als mogelijk bepaald. Voor de bepaling van de hoeveelheid verbrandingslucht werd gebruik gemaakt van de bedrijfsapparatuur.

Door de container voor de slakkenafvoer aan het begin en einde van een verbrandingsproef te wegen werd het gewicht van de verbrandingsresiduen bepaald. De rookgas-flow en is éénmaal per meetdag vastgesteld door middel van een netwerkmetering met een pitotbuis.

2.2.11 Bedrijfsgegevens

Gegevens om de massa- en energiebalans van de verbrandingsinstallatie op te stellen volgens de Duitse 'Abnahme Versuche an Dampferzeugern' (DIN 1942) [1] en 'Die Anwendung der DIN 1942' [2] zijn zoveel mogelijk vastgelegd. Deze gegevens bestaan naast de diverse massastromen, zoals stoomproductie en ketel voedingswater (of koelwater in een verdampingskoeler) uit diverse temperaturen en drukken in het proces.

De bedrijfsgegevens werden door personeel van PNEM ieder uur van de beeldschermen behorende bij het meet- en regelsysteem van de installatie opgetekend.

Calibratie van de bedrijfapparatuur was niet in het programma opgenomen. Dit staat wel in het onderhoudschema van de PNEM-installatie.

3 Uitvoering van de verbrandingsproeven

3.1 Tijdschema

Het onderzoek werd uitgevoerd van 17 november tot 11 december 1992. De verbrandingsproeven vonden plaats volgens het tevoren opgezette programma. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de data waarop de verbrandingsproeven hebben plaatsgevonden.

Tabel 3.1 Data van uitvoering van de verbrandingsproeven

Proefnummer	% PWB	Datum van inregelen	1e meetdag	2e meetdag
1	0	n.v.t	18-11 '92	19-11 '92
2	6	24-11 '92	25-11 '92	26-11 '92
3	12	1-12 '92	2-12 '92	3-12 '92
4	21	8-12 '92	9-12 '92	10-12 '92

3.2 Betrokkenen bij de verbrandingsproeven en hun functie

Tijdens het uitvoeren van de verbrandingsproeven werd de installatie bedreven door het bedieningspersoneel van PNEM. Ter ondersteuning van de proeven waren verder aanwezig:

- Een specialist van de leverancier van de installatie (K&K) met als functie de PNEM te adviseren over de bediening van de installatie, indien zich problemen zouden voordoen met de verbranding van de PWB.
- Een specialist van de leverancier van de reinigingsinstallatie ABB-Energieopwekking om het functioneren van de reinigingsinstallatie tijdens het verbranden van PWB eenmalig per proef te controleren.
- Een coördinator van TNO-IMET om namens de opdrachtgever de gehele proef te begeleiden. Door de coördinator werden contacten onderhouden met: de projectleider, het ministerie van VROM, de beheerder van de installatie (PNEM), het transportbedrijf Hoogers, ICOVA en de diverse leveranciers en het meetteam van TNO.
- Een meetteam van TNO voor het uitvoeren van alle rookgas-, energie- en emissiemetingen

Vrijdags aansluitend aan de verbrandingsproeven werden de eerste resultaten van de proef in een vergadering besproken.

3.3 Voorbehandeling van het PWB-/fluffmengsel

De toevoeging van PWB-Granulaat aan de ICOVA-fluff vond als volgt plaats:

Door Granuband B.V. te Amsterdam werd een partij van circa 106.000 kg PWB-Granulaat geproduceerd uit autobanden. De fa. Granuband beschikt daartoe over een speciale shredderinstallatie. De geproduceerde partij PWB-Granulaat werd geleverd aan ICOVA, eveneens te Amsterdam. Enkele dagen voor uitvoering van de verbrandingsproef bij PNEM-Eindhoven werd op het terrein van ICOVA in een tevoren opgegeven verhouding het PWB-Granulaat opgemengd met het fluff. In tabel 3.2 is het resultaat van de samengevoegde hoeveelheden aangegeven.

Tabel 3.2 Samenstelling mengsels PWB-Granulaat en fluff

Proefnr.		1	2	3	4
hoeveelheid PWB	ton	0	15,5	31,3	48,4
hoeveelheid fluff	ton	288	262,9	227,1	185,7
% PWB	%	0	5,6	12,1	20,7

Bij ICOVA wordt bedrijfsafval opgewerkt tot fluff met onder andere een hamermolen en een trommelzeef. Deze fluff werd via een lopende band getransporteerd naar de containers voor transport naar Eindhoven. Met een schroefmenger werd het PWB-Granulaat zodanig gedoseerd, dat er op het oog een goede menging met de fluff werd verkregen.

3.4 Voorbereiding van de proeven

Voor de verbrandingsproeven werden gestart vond een grote (geplande) onderhoudsbeurt (revisie) aan de installatie plaats. Tijdens deze onderhoudsbeurt werd de gehele installatie gereinigd en een deel van het rooster vernieuwd.

Tijdens de revisie werd de oven en de reinigingsinstallatie door personeel van PNEM geïnspecteerd. Deze inspectie vond plaats samen met K&K voor het ovengedeelte, Standard Fasel Lentjes voor de ketel en met ABB-Energieopwekking voor de rookgasreiniging.

Tevens werden door K&K 18 thermokoppels aangebracht in de kop van de roosterstaven, in de zijsluitplaten van het rooster, op de zijwand van de oven en in de ovenwandconstructie. Door TNO werd een data acquisitiesysteem geïnstalleerd om de signalen van deze thermokoppels te registreren. Dit systeem was opgesteld in de controlekamer en functioneerde als ondersteuning voor de inregeling en bewaking van het verbrandingsproces.

3.5 Eindcontrole van de installatie

Na afloop van de proeven werd de verbrandingsinstallatie uit bedrijf genomen voor een inspectie. Deze inspectie werd uitgevoerd door personeel van de PNEM en de betrokken leveranciers; K&K, Standard Fasel Lentjes en ABB-Energie-opwekking. De inspectie werd tevens bijgewoond door de project-coördinator van TNO. Door de betrokken leveranciers werden separaat rapporten over de inspectie uitgebracht.

3.6 Verloop van de proeven

De installatie werd geheel bedreven door personeel van PNEM. Als brandstof, waaraan het PWB werd toegevoegd, werd alleen fluff toegepast, dat afkomstig was van ICOVA. Ander afval (zoals van de RAZOB) werd tijdens de uitvoering van de proeven niet toegelaten.

De bedrijfsvoering was tijdens de proeven over het geheel steeds constant. Gedurende de proeven hebben zich drie kleine storingen voorgedaan:

- Bij proef 1 (0% PWB) vertoonde het proces gedurende de eerste nacht een afname van de afvalverwerkingscapaciteit als gevolg van afzetproblemen met de stoom;
- bij proef 1 was er op donderdag 19 november een kleine storing aan de lopende band waarmee de brandstof naar de oven wordt getransporteerd;
- Bij proef 4 was de worm die voor het transport van het vlieggas zorgt defect. Het monster dat genomen kon worden voor de analyse bestond uit uitsluitend E-as.

Verder traden af en toe kleine storingen op, die over het algemeen als normaal kunnen worden beschouwd. Deze storingen zijn bij de evaluatie van het effect van het bijmengen van PWB aan de fluff zo veel mogelijk buiten beschouwing gelaten.

De proeven verliepen ondanks de kleine storingen volgens planning.

4 Meetgegevens bedrijfsapparatuur

In tabel 4.1 zijn de belangrijkste bedrijfsgegevens tijdens de verbrandingsproeven weergegeven. De waarden in deze tabel zijn de gemiddelden van de door de wacht geregistreerde gegevens bij normale bedrijfsomstandigheden. Dit betekent dat waarden tijdens storingsen in de bedrijfsvoering en tijdens andere instellingen van het proces, niet zijn meegenomen in de bepaling van de gemiddelden.

Tabel 4.1 Belangrijkste bedrijfsgegevens bij normale bedrijfsomstandigheden

	Eenheid	0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
Stoomproductie ^{*)}	ton/h	15,5	15,6	15,8	15,7
Verbrandingslucht totaal	m ³ /h*1000	23,0	23,8	23,4	23,5
Verbrandingslucht Secundair+platen	m ³ /h*1000	16,5	16,7	15,9	15,2
Temperatuur 4 (2sec.niveau)	°C	831	1052	1042	985
Doorzet brandstofmengsel	kg/h	4316	4251	4069	3822
Slakproductie	kg/ton	142	143	140	142

^{*)} zonder storingsen

Uit tabel 4.1 blijkt uit de stoomproductiecijfers dat bij iedere proef de gewenste instelling van circa 15,5 ton/h stoom is gerealiseerd. Er blijkt tevens dat bij alle proeven ongeveer dezelfde hoeveelheid verbrandingslucht werd toegevoerd.

De gemiddelde temperaturen op het 2 secondenniveau blijken over de vier proeven verschillend te zijn geweest. Aangezien deze temperaturen lokale temperaturen van de vuurhaard zijn kunnen hierin verschillen optreden ten opzichte van een netwerkmeting, als gevolg van een minder uniforme verdeling. Opgemerkt dient te worden dat na beëindiging van proef 1 een nieuw thermokoppel met een diepere insteekdiepte in de oven is gemonteerd, waardoor waarschijnlijk de temperatuuraanwijzingen van de navolgende proeven hoger zijn geworden (zie bijlage A).

De doorzet aan het brandstofmengsel betreft een gemiddelde over de gehele verbrandingsproef. Om deze te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van de weegbrieven van de containers met het te verbranden brandstof. Tabel 4.1 laat duidelijk de vermindering aan deze doorzet ten gevolge van het hogere aandeel aan PWB-Granulaat in het afval zien.

Opvallend is dat de geproduceerde hoeveelheid slakken per ton brandstof niet door het aandeel PWB in de fluff lijkt te worden beïnvloed.

Gegevens over metingen van de bedrijfsapparatuur zijn in bijlage A nader gespecificeerd. In deze bijlage is het verloop van de belangrijkste bedrijfsgegevens in diagrammen weergegeven. De gegevens betreffen de verwerkte gegevens, die ieder uur door het bedieningspersoneel zijn afgelezen van het beeldscherm van de procescomputer. De diagrammen zijn per proef als volgt ingedeeld:

— Stoomproductie en lucht.

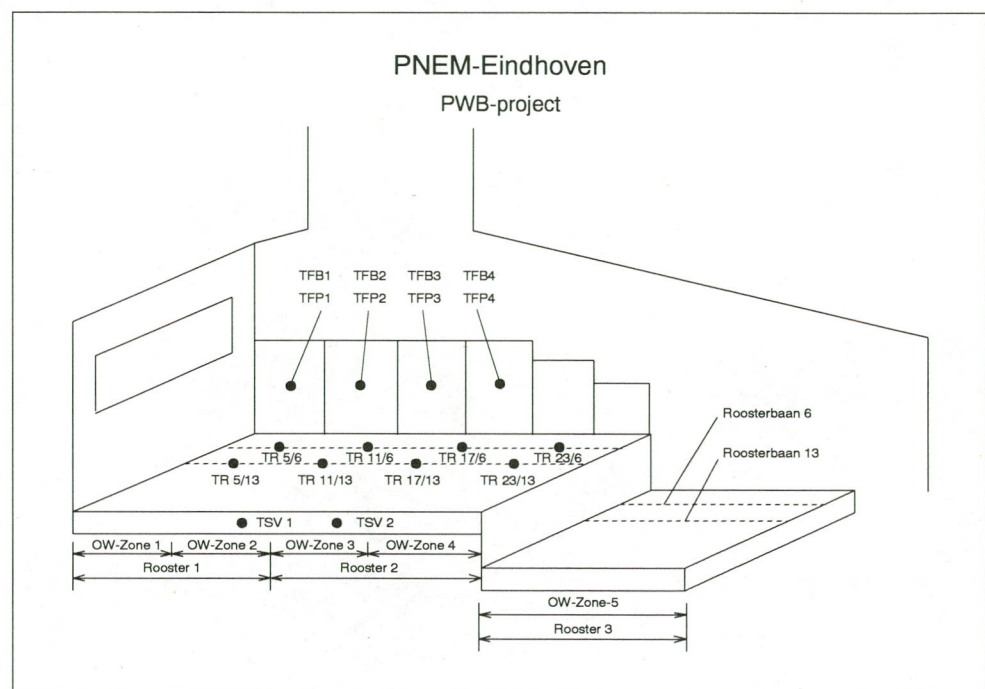
Deze diagrammen laten een redelijk constant proces zien.

- Luchtverdeling onderwindzones.
Bij alle proeven blijkt voornamelijk met de luchttoevoer in de zones 2 en 3 te worden geregeld. Tijdens de eerste twee proeven werd ook af en toe met de luchttoevoer in zone 1 geregeld.
- Dosering en roosterbeweging.
De diagrammen vertonen per proef ongeveer hetzelfde beeld; rooster 3 wordt alleen af en toe bijgesteld, de andere parameters worden steeds bijgesteld.
- Vuurhaardtemperatuur van 4 bedrijfsmeters.
De vuurhaardtemperaturen geven ook tijdens de proeven ongeveer hetzelfde beeld. In bijlage A.22 “Bedrijfsgegevens vuurhaardtemperaturen bij 0% PWB” is om ca. 11.15 uur een sprong in het diagram van vuurhaardtemperatuurnr. 4 te zien. Deze sprong is het gevolg van het plaatsen van een nieuw thermokoppel met een grotere insteekdiepte.
- O₂-, CO₂- en CO-bedrijfsmeters.
O₂ en CO₂ zijn elkaars complement en vertonen een redelijk constant verloop. Het CO-gehalte daarentegen vertoont een sterk fluctuerend beeld. Deze verschijnselen kunnen als normaal voor de bedrijfsvoering worden beschouwd. Bij proef 3 (12% PWB) vertoont het CO-gehalte een aflopende tendens. Nadere bestudering van het verloop van de vuurhaardtemperaturen geven ook een lichte stijging in de vuurhaardtemperaturen aan tijdens proef 3.
- HCl-, SO₂- en NO-bedrijfsmeters.
Het HCl-gehalte moet vanwege het minder goed functioneren van de HCl-monitor als onbetrouwbaar worden beschouwd. Tijdens de uitvoering van proef 4 werd de HCl-monitor door de leverancier gerepareerd. Het SO₂-gehalte geeft fluctuaties aan bij alle proeven. Echter het niveau van de SO₂-meting neemt toe als gevolg van de PWB-dosering. Tijdens proef 2 (6% PWB) treden twee hoge pieken op in het SO₂-gehalte. Deze worden vermoedelijk veroorzaakt door een hoeveelheid (kan van een gripper zijn geweest) minder goed gemengd brandstofmengsel. Het NO-gehalte vertoont bij alle proeven ongeveer hetzelfde beeld.

5 Meetresultaten

5.1 Oventemperaturen

De temperaturen zijn op verschillende plaatsen in de oven gemeten, onder het rooster, in de zijwand grenzend aan het rooster (zijsluitplaten), de gekoelde ovenwanden (platen) en aan de constructie van de oven (constructie). De plaatsen waar de temperaturen van de oven werden gemeten zijn in figuur 5.1 aangegeven.



Figuur 5.1 Aanduiding meetplaatsen thermokoppels in oven

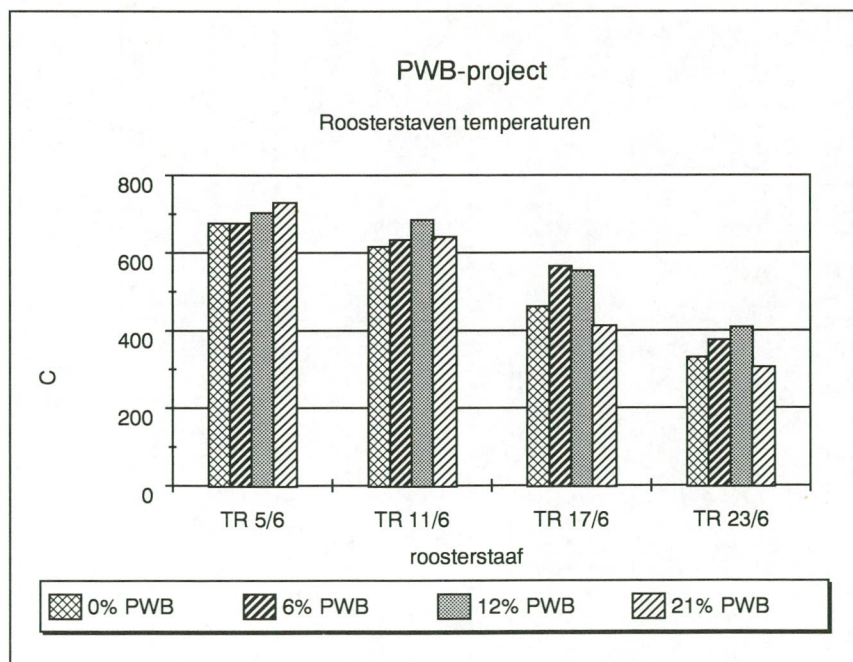
In tabel 5.1 zijn de gemiddelde waarden van roosterbaan 6, roosterbaan 13, de zijsluitplaten, de zijwandplaten en de constructie van de zijwand per verbrandingsproef weergegeven. Deze gemiddelde waarden zijn 48 uursgemiddelden van een bepaalde groep thermokoppels. In bijlage B zijn de 48 uursgemiddelden van de groepen nader gespecificeerd en zijn enkele diagrammen met het verloop van deze temperaturen in de tijd opgenomen

Tabel 5.1 Gemiddelden temperaturen in roosterbanen en oven

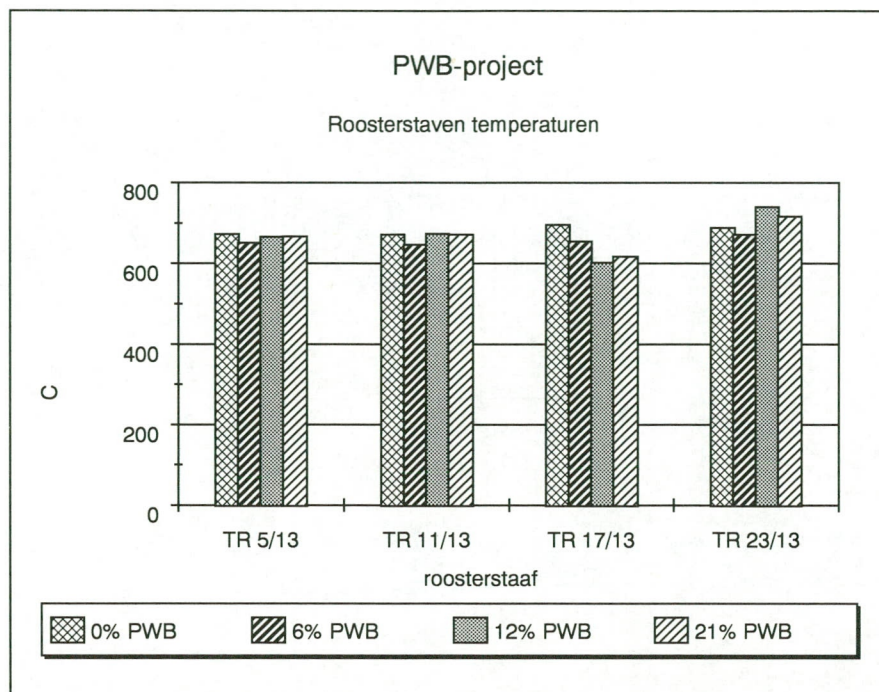
48 uursgemiddelde waarden [°C]				
Groep	0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
roosterbaan ^{*)} 6	506	562	588	522
roosterbaan ¹⁾ 13	682	656	671	668
zijsluitplaten	460	466	434	340
platen	577	530	507	515
constructie	222	202	181	177

^{*)} Geteld vanaf zijwand oven

Uit tabel 5.1 blijkt dat de gemiddelde temperaturen van een groep per verbrandingsproef variëren. Het is echter niet zo dat bij de proeven waarbij PWB-Granulaat is verbrand (hogere stookwaarde), plaatselijk hogere temperaturen in de oven optreden. Dit blijkt ook uit de staafdiagrammen van de figuren 5.2 en 5.3. Ook de roosterstaaftemperaturen worden niet alleen door het brandstofmengsel bepaald. De luchtverdeling en het stookgedrag hebben eveneens invloed op temperaturen van de roosterstaven.



Figuur 5.2 Gemiddelde roosterstaaftemperaturen van roosterbaan 6



Figuur 5.3 Gemiddelde roosterstaaftemperaturen van roosterbaan 13

Uit de staafdiagrammen van de figuren 5.2 en 5.3 blijkt dat de gemiddelde temperaturen van roosterbaan 13 over het algemeen hoger zijn dan die van baan 6. Dit wordt veroorzaakt door het effect van de relatief koude zijwand en de platenlucht, die via de zijwandplaten naar binnen stroomt. De temperaturen op rij 17 en 26 van baan 6 zijn duidelijk lager. Dit wordt verklaard door het feit dat op deze plaatsen de fluff al grotendeels is verbrand. Het 'vuur' op het rooster neemt als het ware de vorm van een tong aan. De rijen 17 en 26 van baan 6 liggen buiten deze tong.

Uit de gegevens van de temperaturen van de roosterstaven, die in bijlage B nader zijn gespecificeerd, blijkt dat gedurende korte perioden de temperatuur van de kop van een aantal roosterstaven boven 800 °C is. Aangezien dit ook plaats vond bij de referentieproef, waarbij geen PWB-Granulaat werd verbrand, mogen deze 'pieken' als normaal worden beschouwd. Door de leverancier van het rooster werd dit bevestigd. K&K zal separaat hierover rapporteren.

5.2 Vuurhaardmetingen

De resultaten van de vuurhaardmetingen zijn vermeld in Appendix A.

5.3 Rookgassen na E-filter

Een samenvatting van de resultaten van alle rookgasmetingen tussen het E-filter en de wasser is weergegeven in tabel 5.2. Zoals vermeld zijn de metingen per verbrandingsproef gedurende 2 dagen uitgevoerd.

Tabel 5.2 Samenvatting resultaten rookgasmetingen na E-filter (voor wasser) betrokken op 11% O₂

Component	Eenheid	Verbrandingsproef			
		1	2	3	4
		0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
O ₂	[vol %]	10,8	11,0	10,8	10,6
CO ₂	[vol %]	— ^{*)}	— ¹⁾	8,7	9,0
CO	[mg/ m ³ ind]	26	32	35	36
C _x H _y	[mg/ m ³ ind]	— ¹⁾	< 5	< 5	< 5
NO _x	[mg/ m ³ ind]	— ¹⁾	— ¹⁾	261	270
SO ₂	[mg/ m ³ ind]	— ¹⁾	400	565	716
Temperatuur	[°C]	205	212	215	221
Stof	[mg/m ³ ind]	39	34	20	15
Zink	[mg/m ³ ind]	2,0	4,7	3,0	3,8
debiet	[m ³ /h ind]	21.800	26.500	27.600	26.500
	[m ³ /h inv]	25.600	30.100	30.100	29.600
HCl ^{**)}	[mg/m ³ ind]	833	678	572	379
HF ²⁾	[mg/m ³ ind]	6,8	5,4	7,1	4,8
SO ₂ ²⁾	[mg/m ³ ind]	250	425	623	725
PCDD/PCDF	[ng TEQ/m ³ ind]	24,1	10,3	— ^{***)}	15,9
Vochtgehalte	[g/m ³ ind]	112	110	103	98

^{*)} niet gemeten om proeftechnische redenen

^{**)} natchemisch bemonsterd

^{***)} behoort niet tot meetprogramma

De componenten O₂, CO₂, CO, C_xH_y, NO_x, SO₂ en de temperatuur zijn per meetdag gedurende 10 uur continu registrerend gemeten. De gemiddelde waarden hiervan zijn per verbrandingsproef in tabel 5.2 weergegeven. Storingen in de bedrijfsvoering zijn niet in deze gemiddelde waarden meegenomen, om de onderlinge vergelijkbaarheid van de verbrandingsproeven te verbeteren. In bijlage B zijn van deze componenten diagrammen opgenomen die de concentraties als functie van de tijd weergeven.

Uit de diagrammen blijkt dat op 19 november rond 16.00 uur de installatie in storing was. De gemiddelden die naast de diagrammen zijn vermeld komen niet altijd overeen met de gemiddelden die in de tabellen van bijlage B zijn vermeld. De gemiddelden van de tabellen zijn in dat geval gecorrigeerd voor de storingen.

In de diagrammen zijn de wisselingen van de meetplaats (voor en na de wasser) voor de continu registrerende apparatuur aangegeven.

De waarden die in tabel 5.2 zijn vermeld van stof, HCl, HF en SO₂, zijn gemiddelden van de 6 een uursbepalingen, die per verbrandingsproef zijn uitgevoerd. Een specificatie van deze metingen is in bijlage B weergegeven.

Voor de bepaling van het zinkgehalte is de gemiddelde waarde van het zinkgehalte weergegeven dat op de eerste dag en op de tweede dag van de verbrandingsproef is bepaald (monstername totaal circa 3 uur).

De weergegeven PCDD- en PCDF-concentraties zijn de gemiddelde waarden van het PCDD- en PCDF-gehalte dat op de eerste dag en op de tweede dag is bepaald (monstername van circa 6 uur). Nadere details over de dioxine monsternames, de toegepaste analysemethoden en de analyseresultaten zijn opgenomen in respectievelijk bijlage B, C en D. Uit de dioxinegetallen in bijlage B blijkt dat de er weinig verschil optrad in de dioxinegehalten, gemeten op de eerste dag en gemeten op de tweede dag.

Uit tabel 5.2 blijkt dat:

- De luchtvermaat bij alle proeven, blijkens de gemeten O₂- en CO₂-gehalten, nagenoeg hetzelfde zijn.
- Het SO₂-gehalte van de rookgassen toeneemt naarmate meer PWB in de fluff is bijgemengd. Dit is geheel te verklaren door het aandeel van de S in het PWB-Granulaat.
- Het HCl-gehalte afneemt met het PWB-aandeel in de fluff. De afname is niet alleen te verklaren door het aandeel van de PWB in de fluff. Mogelijk is door toeval ook minder chloor in de fluff aanwezig geweest.
- De invloed van het aandeel PWB-Granulaat op de aanwezigheid van CO, stof, NO_x, Zn, PCDD/F en HF in de rookgassen na het E-Filter niet eenduidig kan worden aangetoond. Deze waarden zijn per verbrandingsproef verschillend en liggen binnen de normale marges, die ook bij het verbranden van 100% fluff voorkomen.

5.4 Rookgassen in schoorsteenkanaal

De resultaten van de rookgasmetingen tussen de wasser en schoorsteen zijn weergegeven in tabel 5.3. Afgezien van de meetplaats zijn verder de metingen gelijk aan de metingen zoals deze zijn uitgevoerd na het E-filter en zijn de gemiddelden waarden op eenzelfde wijze weergegeven.

Tabel 5.3 Emissies tijdens de vier verbrandingsproeven betrokken op 11% O₂

Component	Eenheid	Verbrandingsproef			
		1	2	3	4
		0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
O ₂	[vol %]	10,7	11,2	10,7	10,9
CO ₂	[vol %]	9,2	8,6	8,7	8,9
CO	[mg/ m ³ ind]	34	40	31	30
C _x H _y	[mg/ m ³ ind]	< 5	< 5	< 5	< 5
NO _x	[mg/ m ³ ind]	302	301	265	234
SO ₂	[mg/ m ³ ind]	208	358	466	598
Temperatuur	[°C]	61	61	60	55
Stof	[mg/m ³ ind]	11,6	9	8	10
Zink	[mg/m ³ ind]	0,8	1,4	1,5	2,5
HCl	[mg/m ³ ind]	39	27	14	70
HF	[mg/m ³ ind]	0,6	0,4	0,5	0,5
SO ₂	[mg/m ³ ind]	198	354	485	667
PCDD/PCDF	[ng TEQ/m ³ ind]	13,3	12,8	*)	17,6
Vochtgehalte	[g/m ³ ind]	185	191	174	176

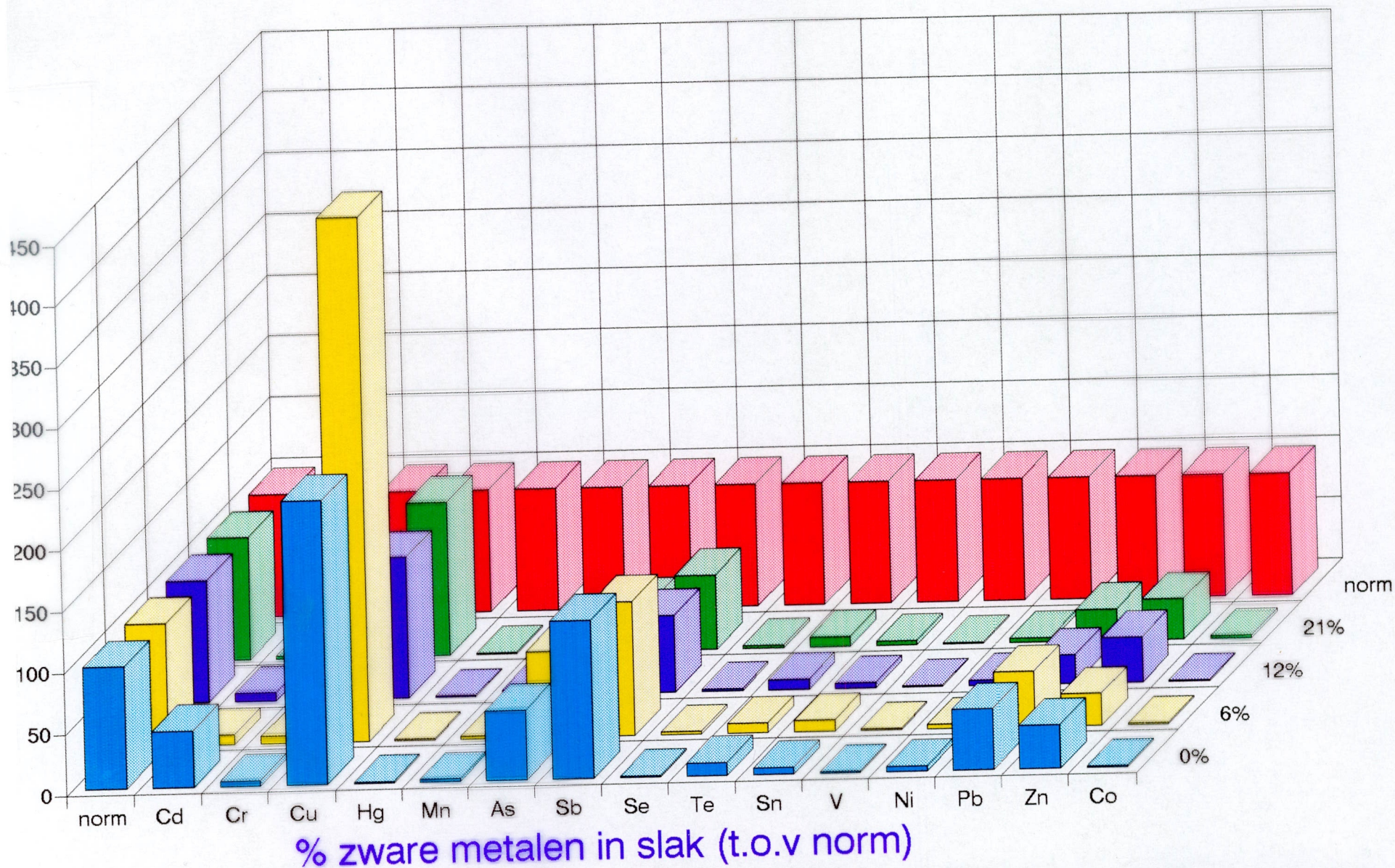
*) niet behorende tot het meetprogramma

Uit tabel 5.3 blijkt dat:

- De luchtvermaat bij alle proeven blijkt de gemeten O₂- en CO₂-gehaltenes nage-nog hetzelfde zijn.
- Het CO-gehalte varieert per verbrandingsproef en is steeds lager dan 50 mg/m³ (RV '89), maar moet toch voor een moderne vuurhaardconcept installatie vrij hoog worden geacht.
- Het SO₂ in de rookgassen neemt volgens verwachting toe naarmate meer PWB in de fluff is bijgemengd.
- Invloed van het aandeel PWB-Granulaat in het brandstofmengsel op het HCl-ge-halte is niet eenduidig vast te stellen. Mogelijk hebben de variaties in het pH-ge-halte van het waswater de werking van de wasser beïnvloed.
- Het H₂O-gehalte varieert vrij sterk, maar opgemerkt dient te worden dat de lucht oververzadigd was en dat variaties in waswatertemperatuur van 1 °C grote gevol-gen voor het vochtgehalte in de rookgassen betekenen (max watergehalte bij 60 °C is circa 161 g/m³ terwijl bij 65 °C een waarde van 212 g/m³ kan worden geno-teerd).
- De aanwezigheid van stof, NO_x, PCDD/F en HF in de rookgassen na het E-Filter lijken niet door het aandeel PWB in de fluff te worden beïnvloed. Deze waarden zijn per verbrandingsproef verschillend.

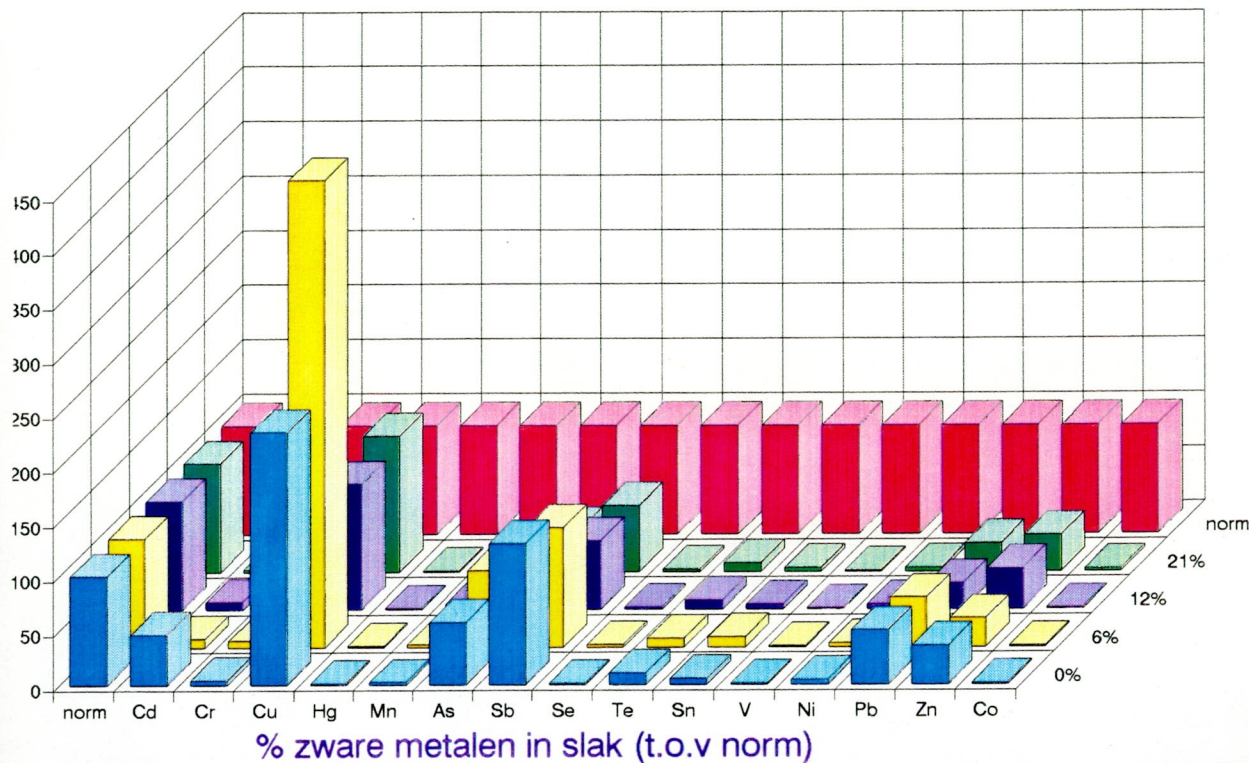
PNEM-PWB projekt

verbrandingsproeven



PNEM-PWB projekt

verbrandingsproeven



5.5 Slakken

Op de verzamelmonsters van de slakken is een groot aantal analyses uitgevoerd. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen chemische en fysische analyses. In figuur 5.4 zijn de resultaten van de zware metaalanalyses in een driedimensionaal staafdiagram weergegeven. In dit figuur zijn de gestelde grenswaarde in de BACA (Besluit Aanwijzing Chemische Afvalstoffen) aan de linkerzijde en de achterzijde weergegeven ('norm'). In de figuur zijn de analyseresultaten uitgedrukt in procenten van de norm. De slakken die geanalyseerd zijn waren niet ontijzerd.

Figuur 5.4 Drie-dimensionaal staafdiagram van de zware metalen in de slakken

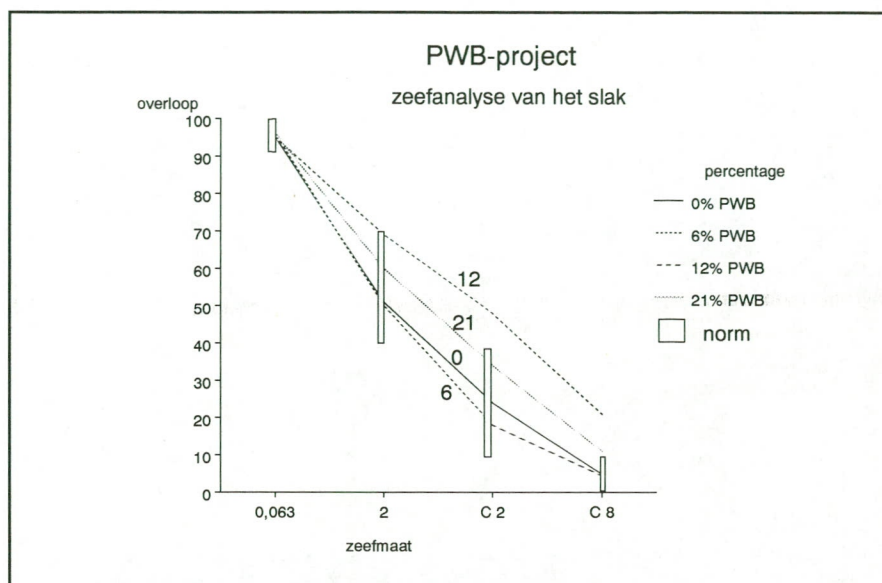
Uit figuur 5.4 blijkt dat de meeste zware metalen in de slakken ruimschoots binnen de in de BACA gestelde grenzen liggen. Deze grenzen worden echter wel overschreden voor koper. Koper blijkt echter voor een groot deel als metallisch koper voor te komen en kon als zodanig niet onder de BACA worden gerekend, zie [8]. Daarnaast vertoonde antimoon bij de eerste verbrandingsproef een lichte overschrijding van de genoemde norm. Het is niet bekend of dit vaker gebeurt.

In tabel 5.4 zijn de gemiddelde waarden van de resultaten van de analyses per verbrandingsproef weergegeven. Ook zijn in deze tabel opgenomen de standaard eisen zoals vermeld in Standaard eisen R.A.W. 1990, proef 17.

Tabel 5.4 Gemiddelde waarden van de slakanalyses per verbrandingsproef

Component	Eenheid	Norm	Verbrandingsproef			
			1	2	3	4
			0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
Cd	[mg/kg]	50	23	3,2	3,2	0,9
Cr	[mg/kg]	5000	232	189	189	173
Cu	[g/kg]	5	11,6	5,8	5,8	6,2
Hg	[mg/kg]	50	<0,1	<0,2	<0,2	<0,1
Mn	[g/kg]	50	0,94	2,1	2,1	0,66
As	[mg/kg]	50	28	16	16	19
Sb	[mg/kg]	50	65	31	31	30
Se	[mg/kg]	50	<0,25	<1	<1	<0,1
Te	[mg/kg]	50	4,9-2,9	<4	<4	<4
Sn	[mg/kg]	5000	281	185	185	137
V	[mg/kg]	5000	49	24	24	25
Ni	[mg/kg]	5000	186	195	195	144
Pb	[g/kg]	5	2,5	1,2	1,2	1,3
Zn	[g/kg]	20	17,0	7,2	7,2	6,5
Co	[mg/kg]	5000	19	46	46	69
ijzerhoudende bestanddelen	%(massa)	5	1,8	3	7,3	7,8
verbrijzelingsfactor		0,65	0,67	0,68	0,68	0,69
gloeiverlies	%(massa)	6	3	3,3	5,6	6,2
verteerbaar koolstof	%(massa)		1,1	1,2	1,7	1,8
vochtgehalte	%(massa)		20,5	20,1	18,8	15,8

In figuur 5.5 zijn in een diagram de deeltjesgrootte verdeling weergegeven van de slakken, die bij de vier verbrandingsproeven zijn geproduceerd. In de rechthoeken in dit figuur zijn de grenswaarden aangegeven (minimum en maximum waarde), die voor vier zeefmaten zijn gesteld.



Figuur 5.5 Deeltjesgrootteverdeling van de vier slakkenmonsters

Uit figuur 5.5 blijkt, dat bij de slakken geproduceerd bij de derde (12% PWB) en vierde (21% PWB) verbrandingsproef, de gestelde grenswaarden voor de grote zeefmaten (C22.4 en C8) worden overschreden. Door het materiaal te zeven kan de deeltjesgrootteverdeling worden aangepast, zodanig dat wel aan de gestelde grenswaarden kan worden voldaan. In tabel 5.5 zijn de analyseresultaten getalsmatig weergegeven. Tevens zijn in deze tabel de maximum en minimum waarde vermeld.

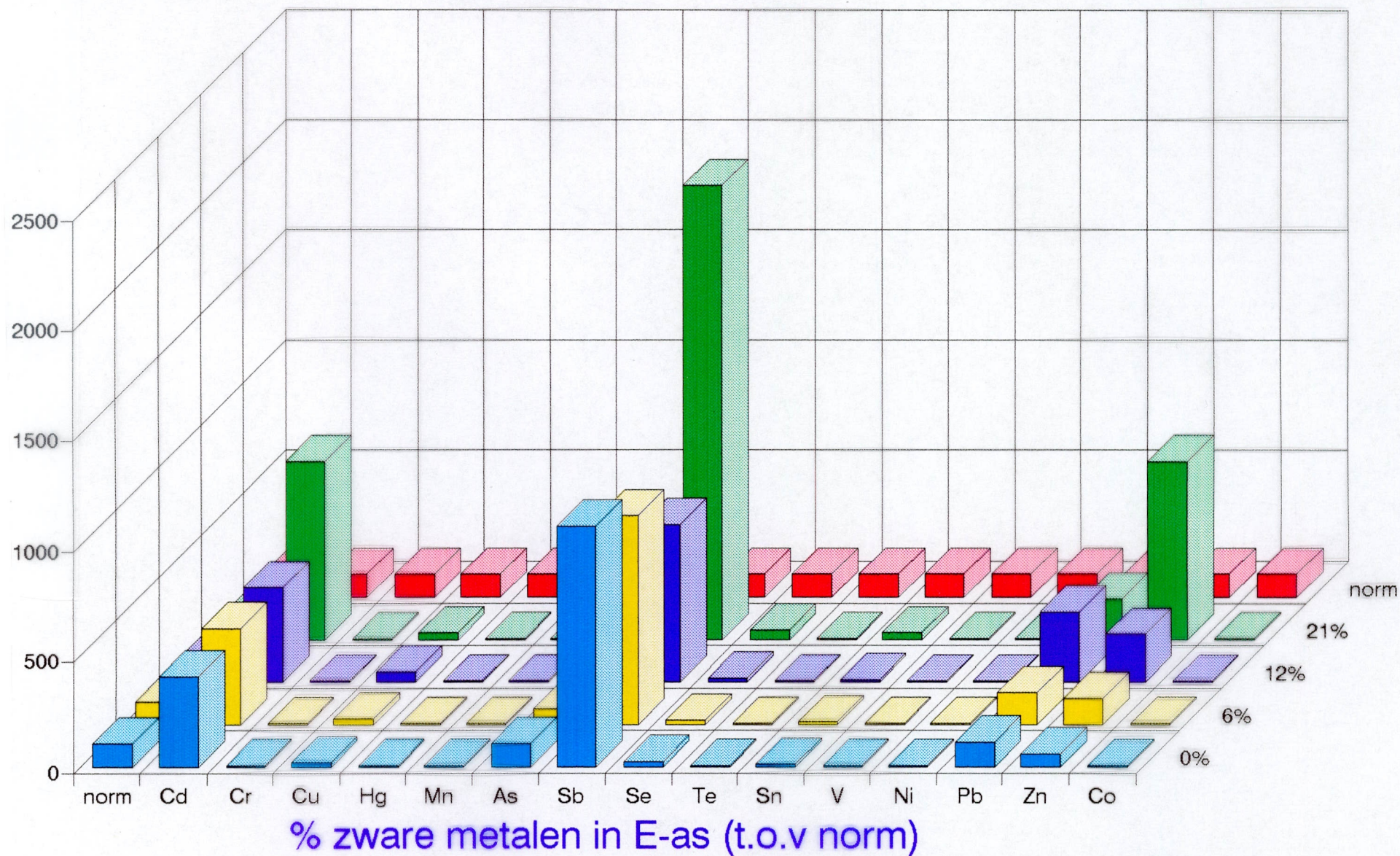
Tabel 5.5 Deeltjesgrootteverdeling van de slak

Zeefmaat [mm]	Max.	Min.	Verbrandingsproef			
			1	2	3	4
			0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
C 22,4	0	10	4,9	4,4	21	11
C8	10	40	24	18	48	33,5
2	40	70	51	50	69	60
0,063	92	100	95	96	95	96

Uit de tabellen 5.4 en 5.5 en figuur 5.5 kan worden geconcludeerd, dat naarmate er meer PWB-Granulaat in de fluff is toegevoegd de slak grover wordt van samenstelling en het gloeiverlies van de slak toeneemt. Een gloeiverlies van 3% die bij proef 1 is bepaald, moet echter als vrij hoog worden gezien. Dit laatste wordt ook door het proces worden beïnvloed. Een langere verblijftijd en een hogere temperatuur van de slak op het derde (laatste) rooster zal het gloeiverlies van de slak doen verlagen. Nagegaan zal moeten worden of dit in de praktijk mogelijk is.

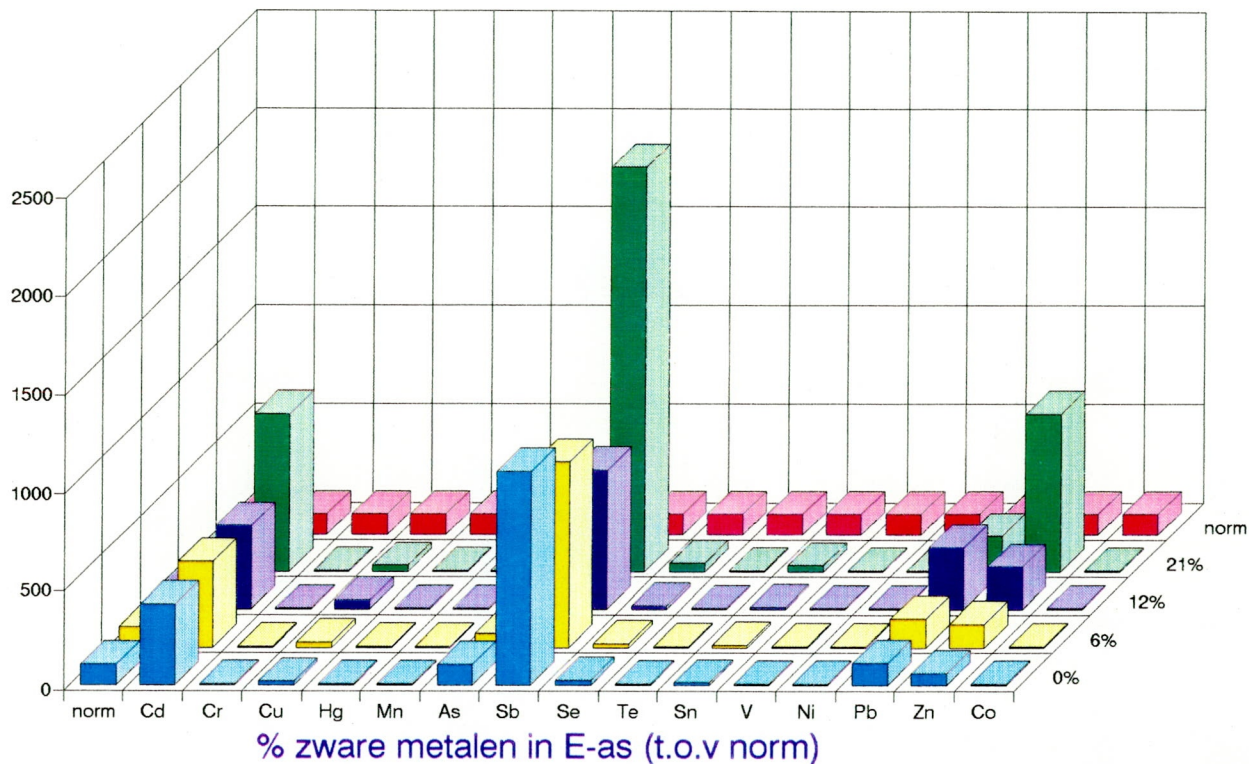
PNEM-PWB projekt

verbrandingsproeven



PNEM-PWB projekt

verbrandingsproeven



5.6 Ketel en E-as

Op de verzamelmonsters van de ketel en E-as is een groot aantal analyses uitgevoerd. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in chemische en fysische analyses. In figuur 5.6 zijn de resultaten van de zware metaalanalyses in een drie-dimensionaal staafdiagram weergegeven. In dit figuur zijn de grenswaarden zoals in de BACA (Besluit Aanwijzing Chemische Afvalstoffen) vermeld aan de linkerzijde en de achterzijde weergegeven ('norm'), zie [6]. In de figuur zijn de analyseresultaten uitgedrukt in procenten van deze norm. Opgemerkt dient te worden dat E-as per definitie als chemisch afval wordt beschouwd.

Figuur 5.6 Drie-dimensionaal staafdiagram van de zware metalen in de Ketel- en E-as

Uit figuur 5.6 blijkt dat een aantal zware metalen in de ketel- en E-as boven de in de BACA vermelde grenzen liggen. Deze zijn Cd, As, Sb, Pb en Zn.

In tabel 5.6 zijn de gemiddelde waarden van de resultaten van de analyses per verbrandingsproef weergegeven. Ook de grenswaarden zoals vermeld in de BACA zijn in deze tabel vermeld.

Tabel 5.6 Gemiddelde waarden van de analyseresultaten op Ketel- en E-as per verbrandingsproef

Component	Eenheid	Norm	Verbrandingsproef			
			1	2	3	4 ^{*)}
			0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
Cd	[mg/kg]	50	205	216	215	401
Cr	[mg/kg]	5000	233	204	168	121
Cu	[g/kg]	5	0,9	1,0	2,0	1,6
Hg	[mg/kg]	50	0,4-0,3	0,8	0,28-0,23	1,7
Mn	[g/kg]	50	1,2	0,6	0,9	0,4
As	[mg/kg]	50	51	34	31	59
Sb	[mg/kg]	50	547	471	356	1030
Se	[mg/kg]	50	13	9	6,9	22
Te	[mg/kg]	50	2,7-2,2	<1	<1	22
Sn	[mg/kg]	5000	515	604	577	1650
V	[mg/kg]	5000	54	39	39	19
Ni	[mg/kg]	5000	89	66	61	43
Pb	[g/kg]	5	5,5	7,2	15,7	9,1
Zn	[g/kg]	20	11	23	43	161
Co	[mg/kg]	5000	22	74	178	278
ijzerhoudende bestanddelen	%(massa)		1,1	1,4	12,6	18,1
gloeiverlies	%(massa)		1,9	1,6	2,9	5,3
verteerbaar koolstof	%(massa)		0,9	0,8	1,1	1,2

^{*)} alleen E-filter-as

De analyseresultaten van de Ketel- en E-as zijn nader gespecificeerd in bijlage B. In hoofdstuk 6.5 zijn de zware metalen geëvalueerd.

5.7 Waswater

In tabel 5.7 zijn de resultaten weergegeven van de analyses, die op de waswatermonsters zijn uitgevoerd.

Tabel 5.7 Resultaten waswateranalyses

Component	Eenheid	Percentage PWB [%]			
		0	6	12	21
pH	[µg/l]	5,82	5,62	3,60	3,13
Cd	[mg/l]	140	203	110	44
Zn	[µg/l]	6,3	23	17	12
Ni	[µg/l]	14	16	16	8,0
Cr	[µg/l]	33	43	33	19
Cd	[µg/l]	433	419	354	267

Uit tabel 5.7 blijkt dat er grote verschillen optreden in bijna alle analyses. Mogelijk is er een samenhang met de variaties in de gemeten HCl-concentraties in de rookgassen. Waarschijnlijk is dit te wijten aan een slecht druppelpatroon in de wasser en/of slecht-functioneren van de druppelvanger.

5.8 Effluent

In tabel 5.8 zijn de resultaten weergegeven van de analyses, die op de effluent monsters zijn uitgevoerd.

Tabel 5.8 Resultaten analyses op de effluent monsters

Component	Eenheid	Percentage PWB [%]			
		0	6	12	21
pH		7,11	6,94	7,48	7,34
Cd	[µg/l]	1,10	0,75	0,92	0,31
Zn	[mg/l]	0,15	0,43	0,14	0,34
Ni	[µg/l]	6,9	5,0	3,9	6,4
Cr	[µg/l]	4,5	4,9	6,5	4,1
Hg	[µg/l]	12	5,3	2,7	2,3

Ook de analyseresultaten van het effluent tonen, net als in het voorgaande hoofdstuk met het waswater grote verschillen. Ook deze waarden zullen door de leverancier (ABB-Energieopwekking) worden beoordeeld, zie [7].

5.9 PWB-Granulaat

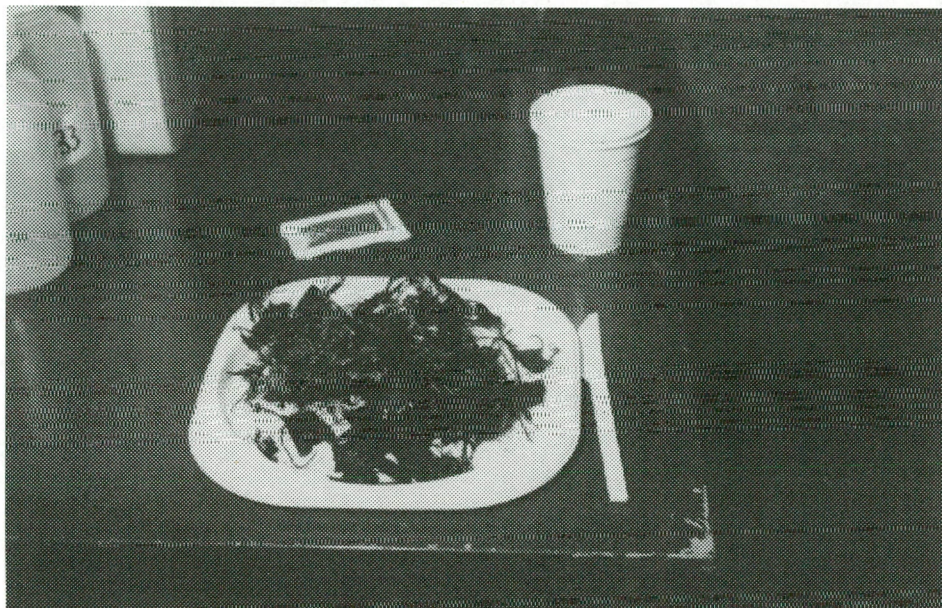
Er zijn twee monsters van het PWB-Granulaat geanalyseerd. In tabel 5.9 zijn de analyseresultaten weergegeven.

Tabel 5.9 Analyseresultaten PWB-granulaat

Analyse	Eenheid	Monster 1	Monster 2
vocht	[%]	8,8	7,81
as	[%]	25,77	26,01
zwavel	[%]	1,23	1,24
verbrandingswarmte	[MJ/kg]	25,8	26,1
stookwaarde	[MJ/kg]	24,5	24,7
koolstof	[%]	59,1	59,2
waterstof	[%]	5,74	5,97
stikstof	[%]	0,32	0,26
zuurstof	[%]	5,36	4,94
chloor	[%]	0,062	0,063
fluor	[%]	0,002	0,002
ijzer	[%]	16,13	17,83
zink	[%]	1,1	1,01

Uit de tabel blijkt dat de analyses resultaten van de twee monsters goed met elkaar overeenstemmen.

In figuur 5.7 is een foto opgenomen van het PWB-Granulaat.



Figuur 5.7 Foto van het PWB-Granulaat

Duidelijk is in figuur 5.7 te zien dat het PWB-Granulaat is opgebouwd uit metalen draden (ijzer) met een lengte tot circa 4 cm met rubberachtige blokjes ter grootte van 1 à 2 cm. De blokjes zijn veelal met elkaar verbonden door de ijzeren draden. In de praktijk bleek met het rooster van de PNEM-installatie geen problemen op te treden als vastlopen en dergelijke. De ijzerdraadjes waren duidelijk in de slak terug te vinden.

6 Evaluatie

6.1 Berekening rookgasdebiet

In tabel 6.1 is een overzicht gegeven van de berekening van het rookgasdebiet tijdens de vier uitgevoerde proeven

Tabel 6.1 Berekening rookgasdebiet in kg/h van de vier verbrandingsproeven

	Proefnr.			
	1	2	3	4
	0% PWB 100% fluff	6% PWB	12% PWB	21% PWB
Ingaand				
Lucht	29100	31200	31200	30700
Brandstof mengsel	4316	4251	4069	3822
Totaal	33416	35451	35269	34522
Uitgaand				
Slakken	612	607	575	544
Vliegas	74	74	74	74
Berekend				
Rookgas	32.700	34.800	34.600	33.900
Gemeten				
Rookgas	32.800	38.500	38.500	37.900

In deze tabel zijn de volgende massastromen als volgt gedefinieerd:

Lucht

Door de wacht werd elk uur het luchtdebiet op een waarnemingsstaat genoteerd. De tabel 6.1 vermelde hoeveelheden is de gemiddelde waarde over de gehele periode. Als periode is de tijdsduur van de gehele verbrandingsproef genomen, dus inclusief de storingen in het proces, die bij sommige proeven zijn voorgekomen. Uit de tabel blijkt, dat de gemiddelde hoeveelheid lucht bij proef 1 het laagst is. Dit wordt veroorzaakt door de tijdelijk lagere belasting van de ketel tijdens deze verbrandingsproef in verband met een tijdelijke beperking in de stoomafzet.

Brandstofmengsel

Deze waarde is bepaald aan de hand van de wegingen van de door ICOVA aangeleverde containers met het te verbranden brandstofmengsel en de tijd, die benodigd was om de brandstof te verbranden. De brandstof-doorzet is dus een gemiddelde

waarde over de gehele proef, inclusief het inregelen van het proces. Uit de tabel blijkt een afname van de doorzet bij een hoger aandeel PWB in de brandstof (proef 1 t/m 4).

Slakken

Deze waarde is bepaald aan de hand van de gewichten en de tijd waarin de slakken zijn geproduceerd.

Uit de tabel blijkt een vermindering van de slakproductie bij een toename van het PWB-aandeel in de fluff.

Vliegas

Deze waarde is een jaargemiddelde van de E-as en ketel-as, zoals deze is berekend door de PNEM.

Zoals uit de getallen in de tabel blijkt zijn hiervoor dezelfde waarden aangehouden bij de vier verbrandingsproeven.

Berekende rookgashoeveelheid

Deze waarde is bepaald aan de massa's van de ingaande stromen verminderd met die van de slakken en vliegas. In tabel 6.1 zijn voor het rookgasdebiet afgeronde getallen gebruikt.

Gemeten rookgashoeveelheid

In tabel 6.1 zijn de gemeten rookgasdebieten vermeld. Het rookgasdebiet is meestal tweemaal gemeten per verbrandingsproef (zie bijlage B). In de tabel zijn de gemiddelden van de rookgasdebietmetingen vermeld.

De berekende rookgashoeveelheid blijkt nauwelijks te veranderen bij een toename van het PWB-aandeel in de fluff. Dit is een gevolg van de verbrandingsluchthoeveelheid, die ook bij een hoger aandeel PWB in de fluff op ongeveer dezelfde waarde kon blijven ingesteld.

De verschillen in de gemeten en de berekende rookgasdebieten zijn maximaal circa 10%, hetgeen binnen de nauwkeurigheid van een debiet meting ligt.

6.2 Berekening van de stookwaarde

In tabel 6.2 is een berekening van de stookwaarde weergegeven bij de vier verbrandingsproeven.

Tabel 6.2 Berekening stookwaarde bij de vier verbrandingsproeven

	Proefnr.			
	1	2	3	4
	0% PWB 100% fluff	6% PWB	12% PWB	21% PWB
Uitgaand in kW				
Rookgas	2064	2266	2279	2326
Slakken	170	169	160	151
Straling	129	133	135	136
Vliegas	21	21	21	21
Stoom	12890	13263	13474	13630
Totaal	15300	15900	16100	16300
Ingaand in kW				
Lucht	108	184	173	138
Voedingswater	2381	2409	2437	2472
Berekend				
Brandstof- mengsel in kW	12810	13307	13490	13691
Stookwaarde in MJ/kg	10,7	11,3	11,9	12,9

Bij de berekening van de warmteinhoud van de in- en uitgaande stromen zoals weer-
gegeven in tabel 6.2 is uitgegaan van:

Rookgas

Voor de berekening van de warmte inhoud van het rookgas is uitgegaan van de waarden uit tabel 6.1 (berekende hoeveelheid rookgas) de soortelijke warmte van het rookgas en de temperatuur. Deze gegevens staan in bijlage B vermeld.

Slakken

Voor de berekening van de warmte inhoud van de slakken is uitgegaan de hoeveelheden slakken, die in tabel 6.1 zijn vermeld de soortelijke warmte en de temperatuur van de slakken. Deze laatste twee waarden zijn geschatte waarden.

Straling

Voor warmte verliezen door straling is 1% van de warmte inhoud van de stoom in de tabel ingevuld.

Vliegas

Het warmte verlies door het vliegas is berekend uit de vliegasproductie (zie tabel 6.1) de temperatuur en de soortelijke warmte van vliegas. Deze waarden zijn voor alle proeven hetzelfde genomen.

Stoom

De warmte inhoud van de stoom is berekend aan de hand van de enthalpie uit stoom-tabel en de gemeten stoomproductie. De stoomproductie is bepaald uit de tellerstanden van het ketelvoedingswater (deze nauwkeuriger dan die van de stoom) voor en na de verbrandingsproeven, die door het bedieningspersoneel zijn opgeschreven. Dit betekent dat eventuele storingen zijn meegenomen.

Lucht

De warmte inhoud van de lucht is berekend aan de hand van de gegevens van tabel 6.1, de soortelijke warmte van de lucht en de luchttemperatuur.

Ketelvoedingswater

De warmte inhoud hiervan is berekend aan de hand van de tellerstanden van de hoeveelheid ketelvoedingswater voor en na de verbrandingsproeven, de temperatuur en de enthalpie.

De berekeningen in tabel 6.2 bevestigen de verwachting dat stookwaarde van de brandstof toeneemt naarmate het aandeel PWB in het brandstofmengsel toeneemt.

In tabel 6.3 is een overzicht gegeven van de resultaten van de verschillende methodes om de stookwaarde van de bij de vier verbrandingsproeven verbrande brandstofmengsel te bepalen.

Tabel 6.3 Vergelijk berekende stookwaarden in MJ/kg met geanalyseerde stookwaarde

	Proefnr.			
	1	2	3	4
	0% PWB 100% fluff	6% PWB	12% PWB	21% PWB
Warmte balans	10,7	11,3	11,9	12,9
Berekening uit mengverhouding	10,7	11,5	12,4	13,6
Analyse	12,1	9,8	12,2	13,6

De eerste methode is die van een warmte balans van de gehele installatie. Deze stookwaarden zijn gemiddelden over een langere periode (circa 64 uur) en kunnen als reële waarden worden beschouwd.

Een andere maar eenvoudige rekenmethode (Berekening uit mengverhouding) is die waarbij wordt uitgegaan van de stookwaarde van de fluff (10,7 MJ/kg, uit tabel 6.2) en die van het PWB-Granulaat (24,6 MJ/kg, uit analyse twee monsters tabel 5.9). Uitgaande van de mengverhouding aan PWB-Granulaat en fluff kan de stookwaarde van het brandstofmengsel worden berekend. Deze methode kan gezien worden als een methode om momentaan de stookwaarde te berekenen.

Tenslotte is de stookwaarde rechtstreeks bepaald door middel van analyse van de verkregen mengmonsters. De getallen afkomstig van de analyse van het brandstofmeng-

sel moeten als de minst betrouwbare worden beschouwd, aangezien de monsternamen van brandstof altijd onzekerheden met zich meebrengt.

6.3 SO₂-balans

In tabel 6.4 is een berekening van het zwavelgehalte in de fluff tijdens de vier verbrandingsproeven weergegeven.

Tabel 6.4 SO₂ in kg/h van de vier verbrandingsproeven

	Proefnr.			
	1	2	3	4
	0% PWB 100% fluff	6% PWB	12% PWB	21% PWB
SO ₂ in rookgas	5,9	10,5	15,7	18,2
SO ₂ uit PWB	0	4,4	9,1	14,6
Berekend				
SO ₂ uit fluff in kg/h	5,9	6,1	6,5	3,6
S in fluff in %	0,20	0,23	0,27	0,18

Bij deze zwavelbalans is uitgegaan van het volgende:

Rookgas

Het SO₂ in kg/h is berekend uit de massa rookgas (na E-Filter) zoals berekend in tabel 6.1, de gemeten concentratie SO₂ in de rookgassen, zoals vermeld tabel 5.2 en het vochtgehalte van de rookgassen, zoals vermeld in tabel 5.2

PWB

Bij de berekening van het SO₂-gehalte in het PWB-Granulaat is uitgegaan van 1,23% S in het granulaat. Dit getal is ontleend aan de analyses, die op twee monsters van de verbrande PWB-Granulaat hebben plaats gevonden. Deze analyses zijn vermeld in bijlage B.

Slakken en vlieggas

Bij de SO₂-berekeningen is er van uitgegaan dat de slakken en de vliegassen geen zwavel bevatten. Hierop hebben ook geen analyses plaatsgevonden.

Beschouwing van de SO₂-berekening

Bij de opzet van de tabel is uitgegaan van het gemeten SO₂ in het rookgas en het S-gehalte van het PWB-Granulaat om het zwavelgehalte in de fluff te berekenen. Het zwavelgehalte van de verbrande fluff blijkt met uitzondering van verbrandingsproef 3 circa 0,2% te zijn. Bij proef 3 is het S-gehalte in de fluff duidelijk hoger dan bij de andere proeven het geval was. Bij verbranding van zo'n fluff met 0,27% S zal in de

ongereinigde rookgassen circa 650 mg/m³ worden gevormd. Dit is waarschijnlijk een vrij hoge waarde voor fluff. Hoewel het zwavelgehalte in het PWB-Granulaat ook kan fluctueren lijkt de conclusie gerechtvaardigd, dat het zwavelgehalte van de fluff tijdens de verbrandingsproeven niet constant is geweest.

6.4 Evaluatie PCDD/PCDF

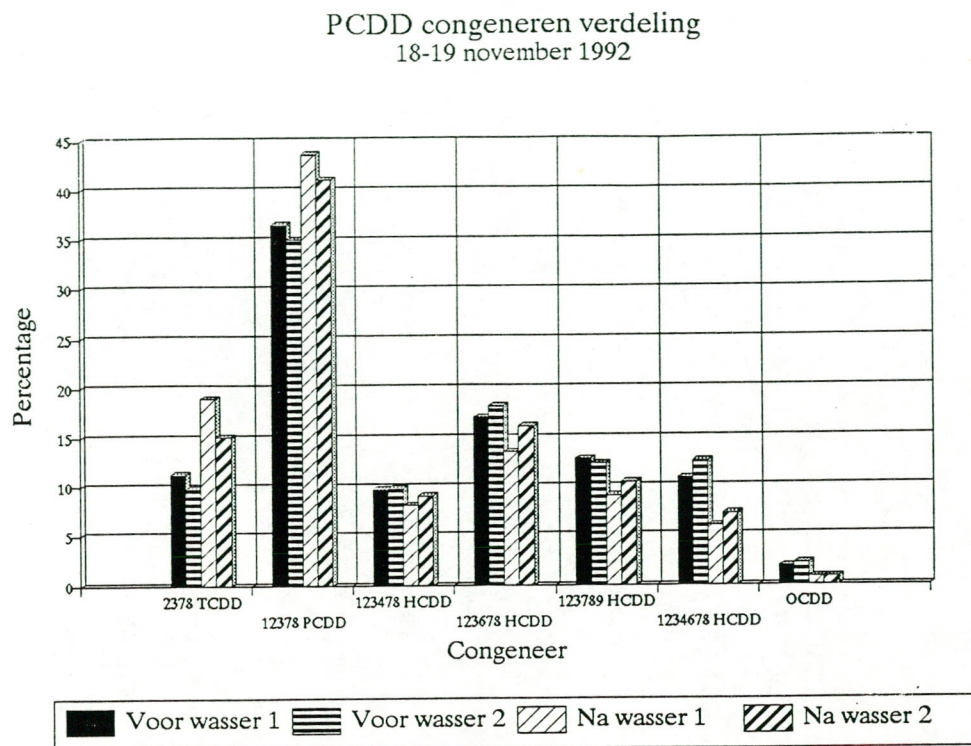
In tabel 6.5 is een overzicht gemaakt van de PCDD/F-gehaltenes, die voor de wasser (na E-Filter) en na de wasser (schoorsteen) zijn gemeten.

Tabel 6.5 Resultaten PCDD/PCDF-metingen

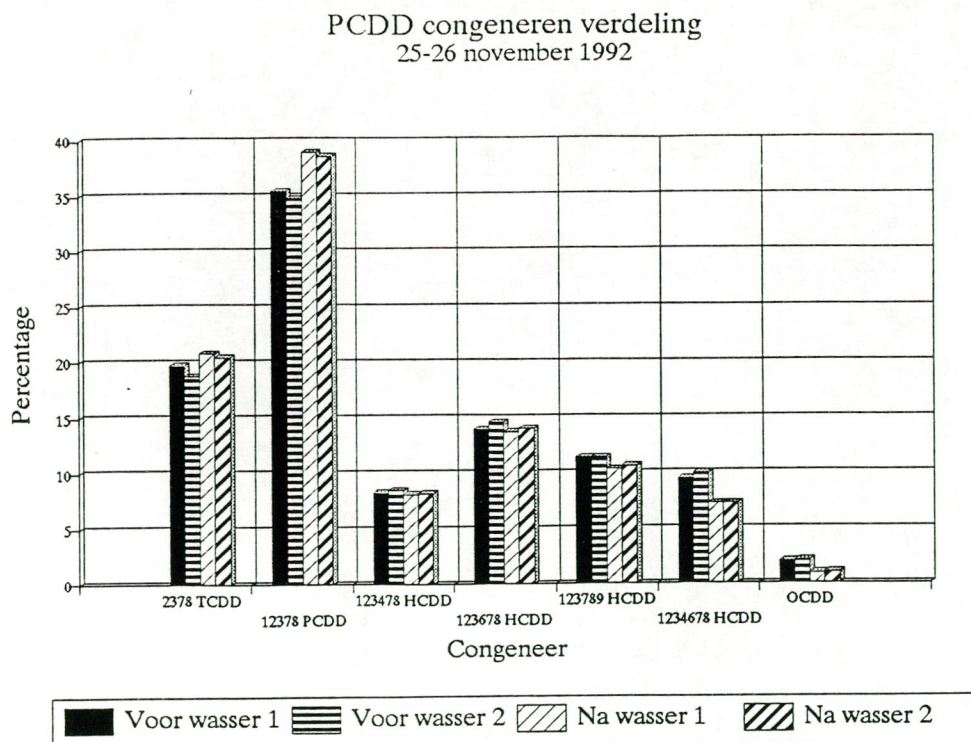
	Verbrandingsproef		
	1 0% PWB	2 6% PWB	4 21% PWB
Na E-filter	ng TEQ /m ³ ind	ng TEQ /m ³ ind	ng TEQ /m ³ ind
gehalte in rookgassen	26,1	10,3	16,5
gehalte bij 11% O ₂	24,1	10,3	15,9
Schoorsteen	ng TEQ /m ³ ind	ng TEQ /m ³ ind	ng TEQ /m ³ ind
gehalte in rookgassen	13,7	12,5	18,1
gehalte bij 11% O ₂	13,3	12,8	17,9

Uit tabel 6.5 blijkt dat de dioxine-concentraties van de rookgassen per verbrandingsproef enigszins verschillend zijn. Er lijkt geen relatie te zijn met het percentage PWB-Granulaat, dat aan de fluff is toegevoegd. Opmerkelijk zijn de verschillen voor en na de wasser. Bij verbrandingsproef 2 en 4 treedt een verhoging in de concentratie op na de wasser terwijl bij verbrandingsproef 1 juist een behoorlijke verlaging optreedt.

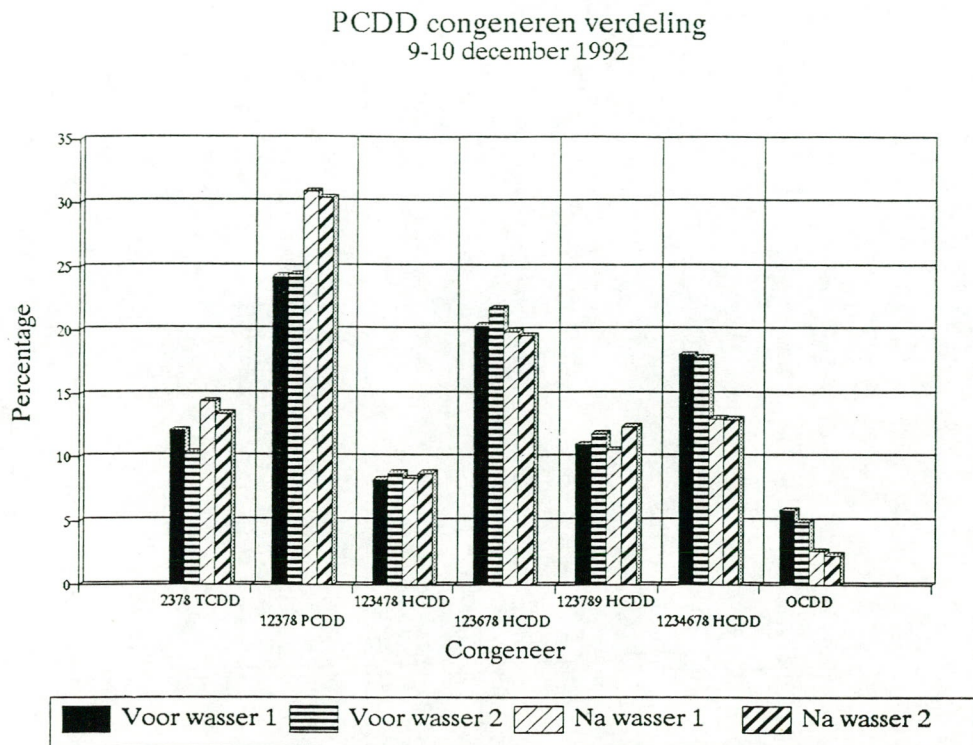
In bijlage B zijn de resultaten van de dioxinemetingen nader gespecificeerd. Daaruit blijkt onder andere dat de duplo monsternames goed met elkaar overeenkomen. In de figuren 6.5 tot en met 6.6 zijn in staafdiagrammen de congenerenverdelingen weergegeven van de dioxinen en furanen, die voor en na de wasser zijn gemeten.



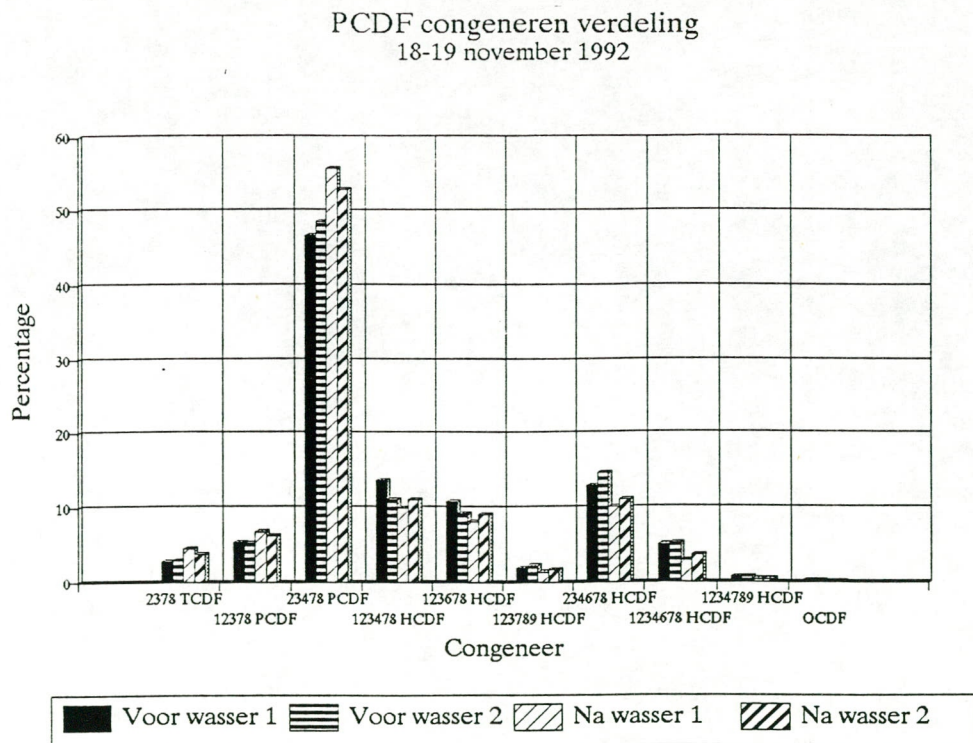
Figuur 6.1 Congenerenverdeling van de dioxinen voor en na de wasser (0% PWB)



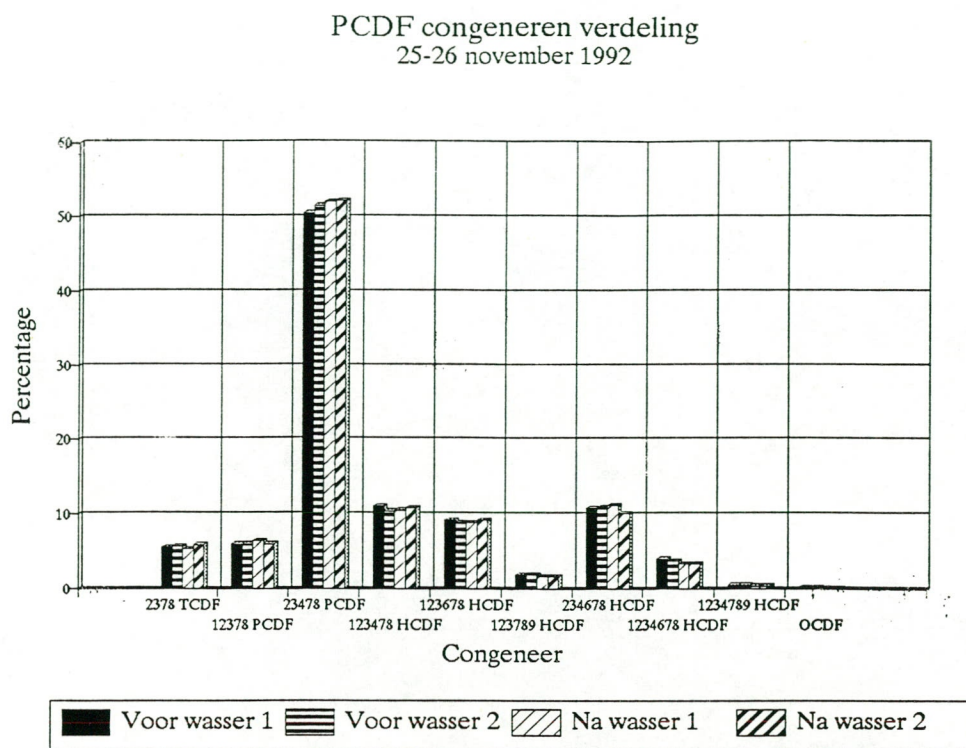
Figuur 6.2 Congenerenverdeling van de dioxinen voor en na de wasser (6% PWB)



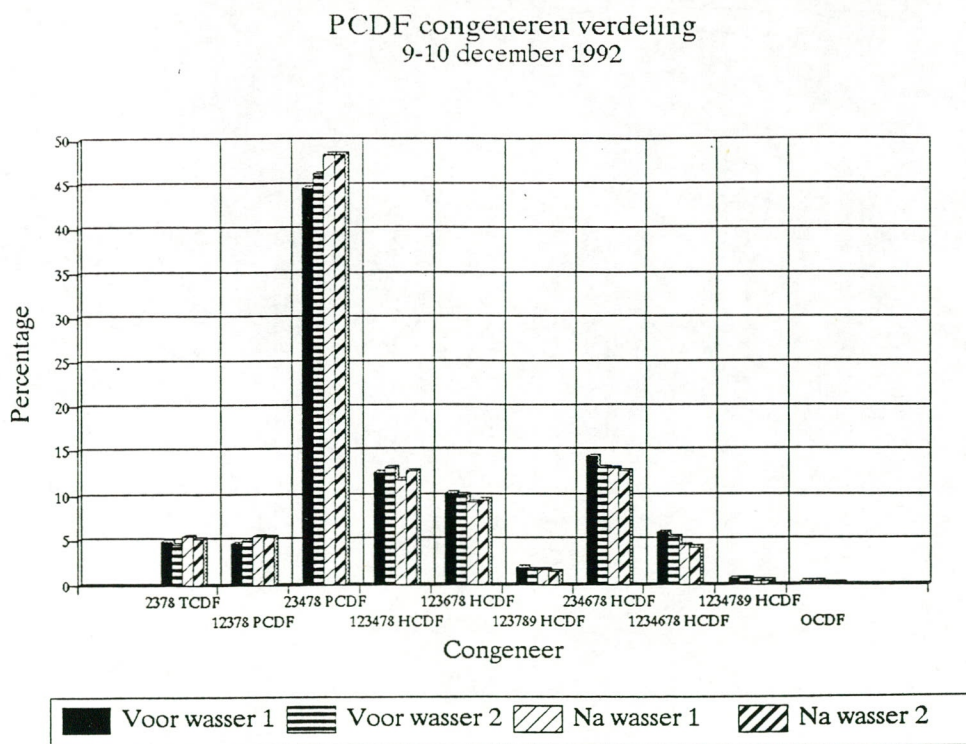
Figuur 6.3 Congenerenverdeling van de dioxinen voor en na de wasser (21% PWB)



Figuur 6.4 Congenerenverdeling van de furanen voor en na de wasser (0% PWB)



Figuur 6.5 Congenerenverdeling van de furanen voor en na de wasser (6% PWB)



Figuur 6.6 Congenerenverdeling van de furanen voor en na de wasser (21% PWB)

Uit de congeneren verdelingen van de figuren 6.1 tot en met 6.6 is enigszins een 'dechloreringseffect' te zien van de rookgassen in de wasser. Dit wil zeggen dat procentueel meer laag gechloreerde dioxinen en furanen (tri's en tetra's) na de wasser in de rookgassen aanwezig zijn dan er voor. Deze effecten treden op bij alle proeven. Bovendien blijken de 'profielen' van de congeneerverdelingen bij alle proeven goed met elkaar overeen te komen. Een hoger PWB-aandeel in de fluff heeft dus geen effect op de congeneren verdeling.

Bij 0% PWB lijkt de invloed van de wasser op de PCDD/F-gehalten in de rookgassen groter dan bij 6 en 21% PWB. De beschikbare informatie is te beperkt om hieraan harde conclusies te verbinden.

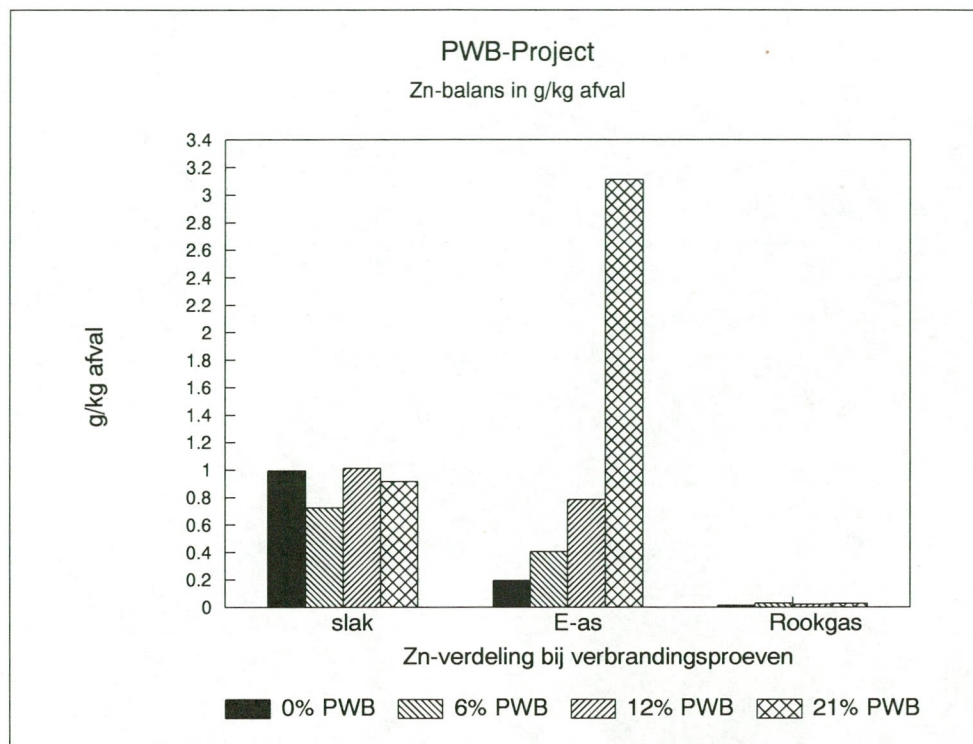
6.5 Evaluatie zware metalen

In tabel 6.6 is de som aan zware metalen weergegeven in ketel- en E-as en slakken per ton brandstof.

Tabel 6.6 Som zware metalen in slakken Ketel- en E-as per ton brandstof

		Per ton brandstof			
		0%	6%	12%	21%
Cd	[mg/kg]brandstof	7	4	4	8
Cr	[mg/kg]brandstof	37	43	29	27
Cu	[g/kg]brandstof	2	3	1	1
Hg	[mg/kg]brandstof	0,02	0,04	0,03	0,05
Mn	[g/kg]brandstof	0,15	0,12	0,31	0,10
As	[mg/kg]brandstof	5	6	3	4
Sb	[mg/kg]brandstof	19	16	11	24
Se	[mg/kg]brandstof	0,25	0,30	0,69	0,43
Te	[mg/kg]brandstof	0,74	0,59	0,58	0,59
Sn	[mg/kg]brandstof	49	74	36	51
V	[mg/kg]brandstof	8	2	4	4
Ni	[mg/kg]brandstof	28	27	28	21
Pb	[g/kg]brandstof	0,44	0,44	0,45	0,36
Zn	[g/kg]brandstof	1	1	2	4
Co	[mg/kg]brandstof	3	5	10	15

Uit tabel 6.7 blijkt, dat de metalen Co en Zn omgerekend per kg brandstofmengsel toenemen in ketel-as, E-as en slakken, naarmate meer PWB in de fluff is bijgemengd. Uit de tabel blijken geen duidelijke tendensen voor de andere metalen. De schommelingen in deze waarde vallen binnen de schommelingen die ook in de fluff voorkomen. Opgemerkt dient te worden dat, behalve zink, de metalen in de rookgassen niet zijn gemeten. Daarom kan het totaal aan verwerkte metalen in de tabel niet worden gepresenteerd. In figuur 6.7 is een staafdiagram opgenomen, waarin de verdeling van Zn over het proces per proef is gepresenteerd.



Figuur 6.7 Verdeling van Zink over de diverse verbrandingsresiduen en rookgas

Uit figuur 6.7 blijkt dat de meeste zink bij verbranding in het ketel- en E-as en de slakken wordt terug gevonden. Opvallend is dat in de ketel en de E-as de hoeveelheid zink toeneemt, naar mate het aandeel PWB in de fluff groter is. Dit effect is te verklaren door de aanwezigheid van zink in PWB-Granulaat, dat blijkbaar grotendeels door het E-Filter wordt afgevangen, zie ook [4].

7 Conclusies

PWB

Gebleken is dat op de wijze waarop de PWB is opgemengd met de fluff een goede menging van beide afvalprodukten kan worden verkregen.

Bijmengen van PWB-Granulaat zoals in onderhavig onderzoek is geproduceerd heeft de volgende invloed op de fluff:

- 1e Verhoging van de stookwaarde;
- 2e Verhoging van het zwavelgehalte;
- 3e Verhoging van het ijzer- en zinkgehalte.

Gebleken is dat de stookwaarde van het PWB-Granulaat circa 25 MJ/kg bedraagt hetgeen lager is dan wat in het algemeen in de literatuur wordt gevonden. In de praktijk variëren deze waarden. Dit wordt daarnaast veroorzaakt door de aanwezigheid van ijzer (circa 20%) in het PWB-Granulaat.

PNEM-Installatie

- Uit de verbrandingsproeven is gebleken dat de PNEM-installatie geschikt is om mengsels fluff en PWB-Granulaat te verbranden. In verband met de samenstelling en toepassing van de slakken is het aan te bevelen hoogstens circa 20% PWB-Granulaat toe te voegen aan de fluff.
- Uit de temperatuurregistraties van de roosterstaaftemperaturen en ovenwandconstructies is gebleken dat als gevolg van toevoeging van het PWB-Granulaat (hogere stookwaarde) periodiek en plaatselijk hogere temperaturen kunnen optreden. Deze temperaturen bleken tijdens de proef in de praktijk geen problemen voor de oven en het rooster op te leveren.
- Bij toevoeging van PWB-Granulaat aan fluff is een (beperkte) aanpassing van de instelling van de afvalverbrandingsinstallatie noodzakelijk voor het handhaven van een optimale procesvoering.

■ Opmerking

Vanwege de korte duur van de proeven dienen de bovenvermelde conclusies met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Met een langeduurproef kan meer zekerheid worden verkregen over de bedrijfsvoering en standtijd van de installatie.

Verbrandingsresiduen

Uit de slakanalyses blijkt:

- Dat de slakken voldoen aan de eisen 'Besluit Aanwijzing Chemische Afvalstoffen' (BACA) van het ministerie van VROM, waarin grenswaarden voor de zware metalen worden gesteld. Een effect als gevolg van het bijmengen van PWB-Granulaat aan de fluff kon niet eenduidig worden vastgesteld.
- Dat de slakken niet altijd aan de eisen voor hergebruik in de wegenbouw (R.A.W. 1990) voldoen. Een toename van het aandeel PWB-Granulaat aan de fluff veroorzaakt een toename van het onverbrand en van ijzerhoudende bestanddelen in de slakken. Daarnaast werd geconstateerd dat de korrelgrootteverdeling wat grover van aard werd. Mogelijk kan deze invloed door opwerking van de slak of stooktechnische maatregelen worden teruggebracht.
- Dat de geproduceerde hoeveelheid slakken per ton brandstof niet worden beïnvloed door een toename van het PWB-Granulaat in de brandstof.

Uit de analyses van de ketel- en E-as blijkt:

- De metalen Cd, As, Sb, Pb en Zn zijn in hogere concentraties aanwezig dan in de BACA is vermeld. Een toename van de concentraties als gevolg van het bijmengen van PWB-Granulaat aan de fluff kon alleen voor de metalen Zn en Co worden vastgesteld.
- Dat een toename van het aandeel PWB-Granulaat in de fluff een verhoging van het gehalte onverbrand en het aandeel ijzerhoudend bestanddelen geeft.

Rookgassen

Toevoeging van PWB-Granulaat aan de fluff heeft de volgende effecten op de samenstelling van de rookgassen na E-Filter:

- Het SO₂ in de rookgassen neemt volgens verwachting toe naarmate meer PWB in de fluff is bijgemengd.
- De gehalten aan NO_x, Zn en PCDD/F in de rookgassen na het E-Filter lijken niet door het aandeel PWB in de fluff te worden beïnvloed. Deze waarden zijn per verbrandingsproef verschillend en liggen binnen de marges, die normaal optreden bij de verbranding van fluff. Het CO en stof lijkt enigszins te worden beïnvloed door het aanwezige PWB in de brandstof.
- Het HCl-gehalte neemt af met het toenemen van het PWB-aandeel in de fluff.

Het CO-gehalte varieert per verbrandingsproef en is steeds lager dan 50 mg/m³ (RV '89 en Besluit Luchtemissies Afvalverbranding), maar moet toch voor een modern vuurhaardconcept vrij hoog worden geacht.

Een duidelijke invloed van het aandeel van het PWB-Granulaat in het brandstofmengsel op dioxinevorming kon niet worden vastgesteld.

■ Opmerking

De toename van de SO₂-gehalten in de rookgassen door PWB-Granulaat kan worden teniet gedaan door toepassing van een loogwasser en behoeft daarom geen probleem te vormen.

Algemene conclusie

De verbandingsproeven hebben laten zien dat co-verbranding fluff en pwb-granulaat mogelijk is. Vanwege de relatief korte beproevingsduur is het aan te bevelen om in de praktijk een zogenaamde lange duur proefverbranding in een commerciële AVI uit te voeren. Een dergelijke proef zou zeker één jaar moeten duren. In eerste instantie zou moeten worden uitgaan van een brandstofmengsel met niet meer dan circa 10% van het totale mengsel (bij een stookwaarde van het pwb-granulaat van circa 25 GJ/ton).

8 **Literatuur**

- [1] DIN 1942.
Abnahme versuche an Dampferzeugern', DIN 1942 (1979).
- [2] VGB-Kraftwerktechnik.
Die Anwendung de DIN 1942 'Abnahmeversuche an Dampferzeugern' auf
Mullverbrennungsanlagen mit Dampferzeugern
(artikel Heft 9, september 1986).
- [3] BLA / Besluit Luchtemissies afvalverbranding van 21 februari 1993,
vermeld in Staatsbald van het Koninklijk der Nederlanden, jaargang 93 nr. 36.
- [4] Evaluatie van de co-verbranding van personenwagenbanden-granulaat.
WS&P, concept maart 1993.
- [5] Stookproefplan voor PWB-granulaat bij PNEM-granulaat T&O, Energie
diensten Philips, versie 3, september 1992 - het ministerie van VROM/WS&P.
- [6] KIWA., beoordelingsrichtlijn voor AVI-slakken (Komo-keur) 1988.
- [7] Fläkt ABB, bijlage bij [4]
- [8] Onderzoek naar de specificatie van koper en AVI-slakken.
R 319376 - 01/RGL, november 1991.

9 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Ministerie van VROM
Directie Afvalstoffen
Afdeling Specifieke afvalstoffen
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

Namen en functies van de medewerkers
Ing. R.C. v.d. Errelen
Ing. B.J. Gerrits
Ing. W.F.M. Hesseling
J.P.A. van Heteren
Ing. H.J. Koch
Ing. E.R. Smit
J.E. Timmer
A.E.A. van Velde

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
AC Delft,
Gordinne,
MiT-Apeldoorn

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
november 1992 - juni 1993

Ondertekening

Ing. W.F.M. Hesseling
onderzoekleider

Goedgekeurd door

J.J. de Koning
werkgroep leider

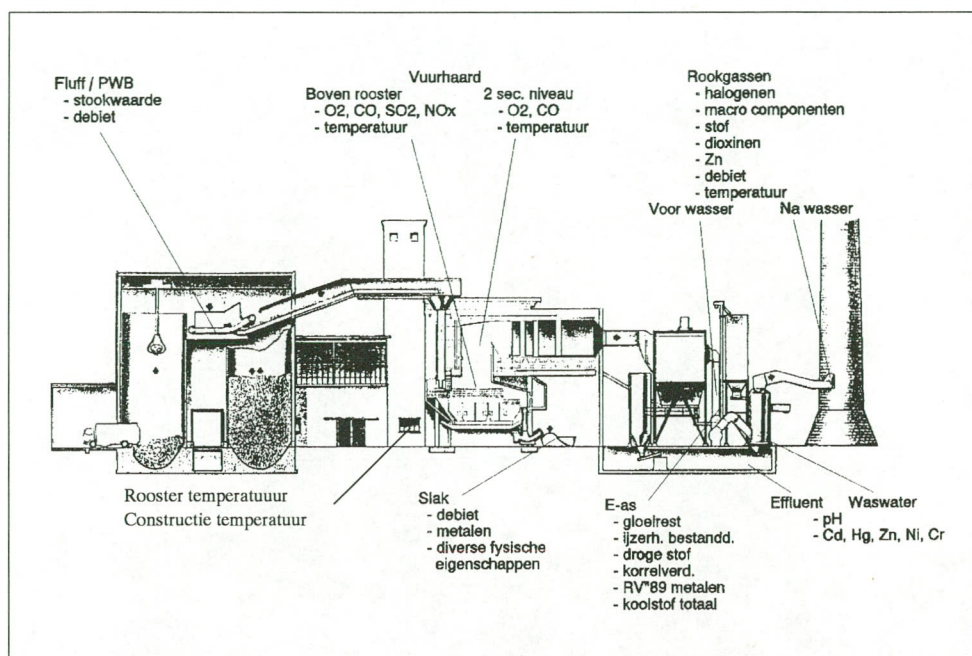
A

Bijlage A Bedrijfsgegevens

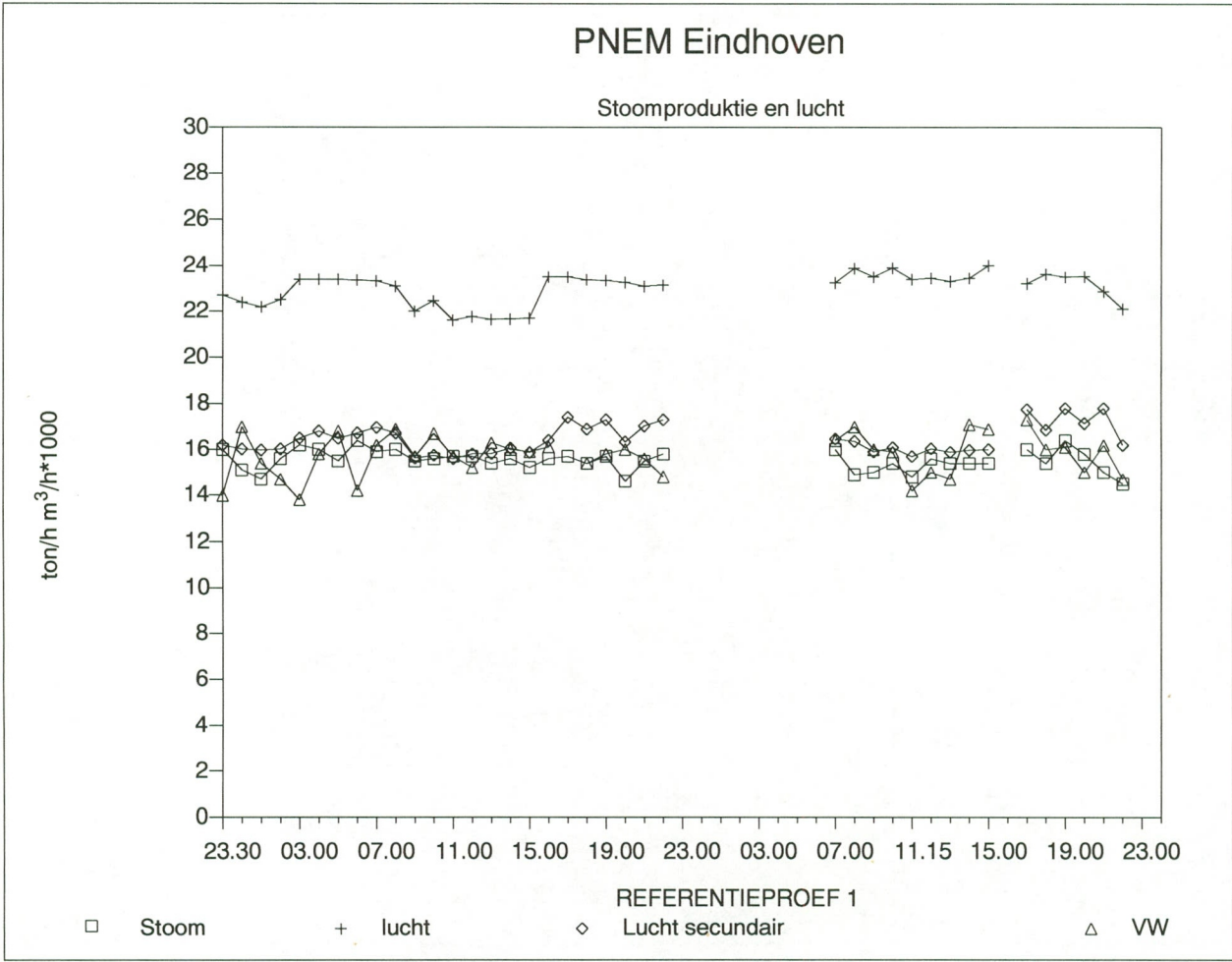
- A.1 Figuur doorsnede afvalverbrandingsinstallatie en schema
rookgasreinigingsinstallatieBijlage A-3
- A.2 Diagram bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
stoomproductie 0% PWB.....Bijlage A-4
- A.3 Bedrijfsgegevens 23-26 november 1992,
stoomproductie 6% PWB.....Bijlage A-5
- A.4 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
stoomproductie 12% PWB.....Bijlage A-6
- A.5 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
stoomproductie 21% PWB.....Bijlage A-7
- A.6 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
luchttoevoer vuurhaard 0% PWB.....Bijlage A-8
- A.7 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
luchttoevoer vuurhaard 6% PWB.....Bijlage A-9
- A.8 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
luchttoevoer vuurhaard 12% PWB.....Bijlage A-10
- A.9 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
luchttoevoer vuurhaard 21% PWB.....Bijlage A-11
- A.10 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging 0% PWBBijlage A-12
- A.11 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging 6% PWBBijlage A-13
- A.12 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging 12% PWBBijlage A-14
- A.13 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging 21% PWBBijlage A-15
- A.14 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 0% PWBBijlage A-16
- A.15 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 6% PWBBijlage A-17
- A.16 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 12% PWBBijlage A-18

- A.17 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 21% PWB..... Bijlage A-19
- A.18 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 0% PWB..... Bijlage A-20
- A.19 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 6% PWB..... Bijlage A-21
- A.20 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 12% PWB..... Bijlage A-22
- A.21 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 21% PWB..... Bijlage A-23
- A.22 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
vuurhaardtemperaturen 0% PWB Bijlage A-24
- A.23 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
vuurhaardtemperaturen 6% PWB Bijlage A-25
- A.24 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
vuurhaardtemperaturen 12% PWB Bijlage A-26
- A.25 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
vuurhaardtemperaturen 21% PWB Bijlage A-27

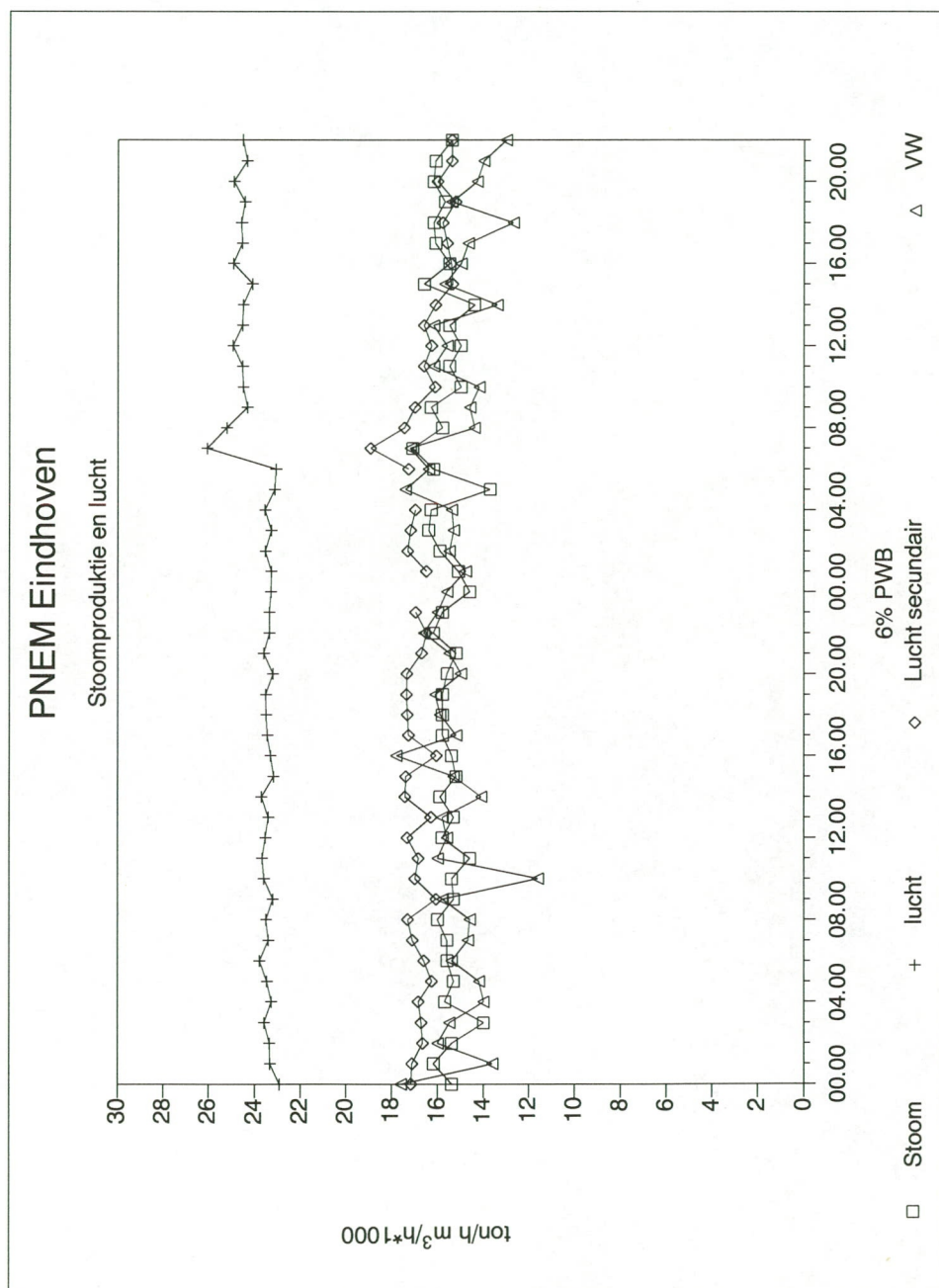
A.1 **Figuur doorsnede afvalverbrandingsinstallatie en schema rookgasreinigingsinstallatie**



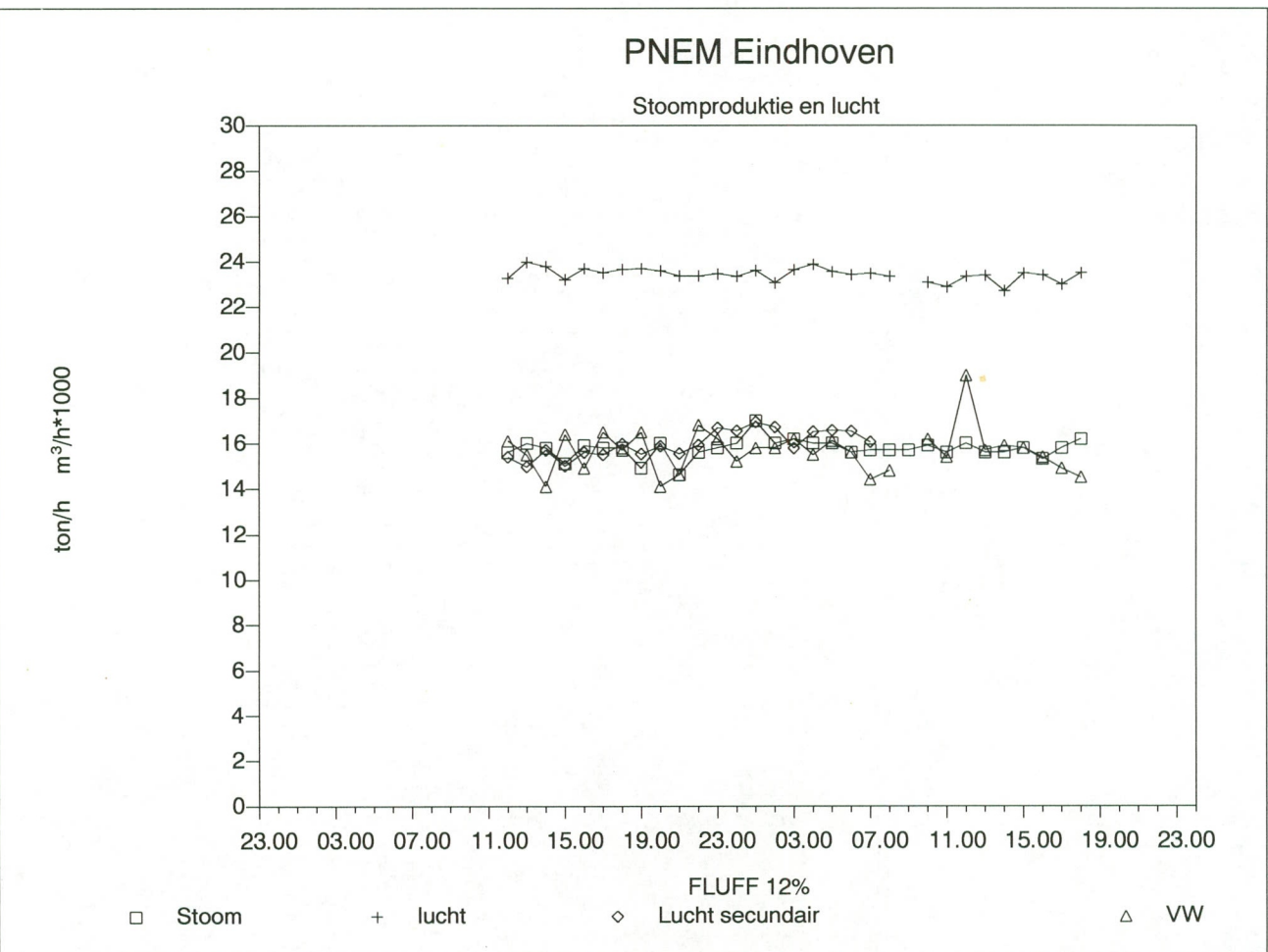
**A.2 Diagram bedrijfsgegevens 17 - 19 november 1992,
stoomproductie 0% PWB**



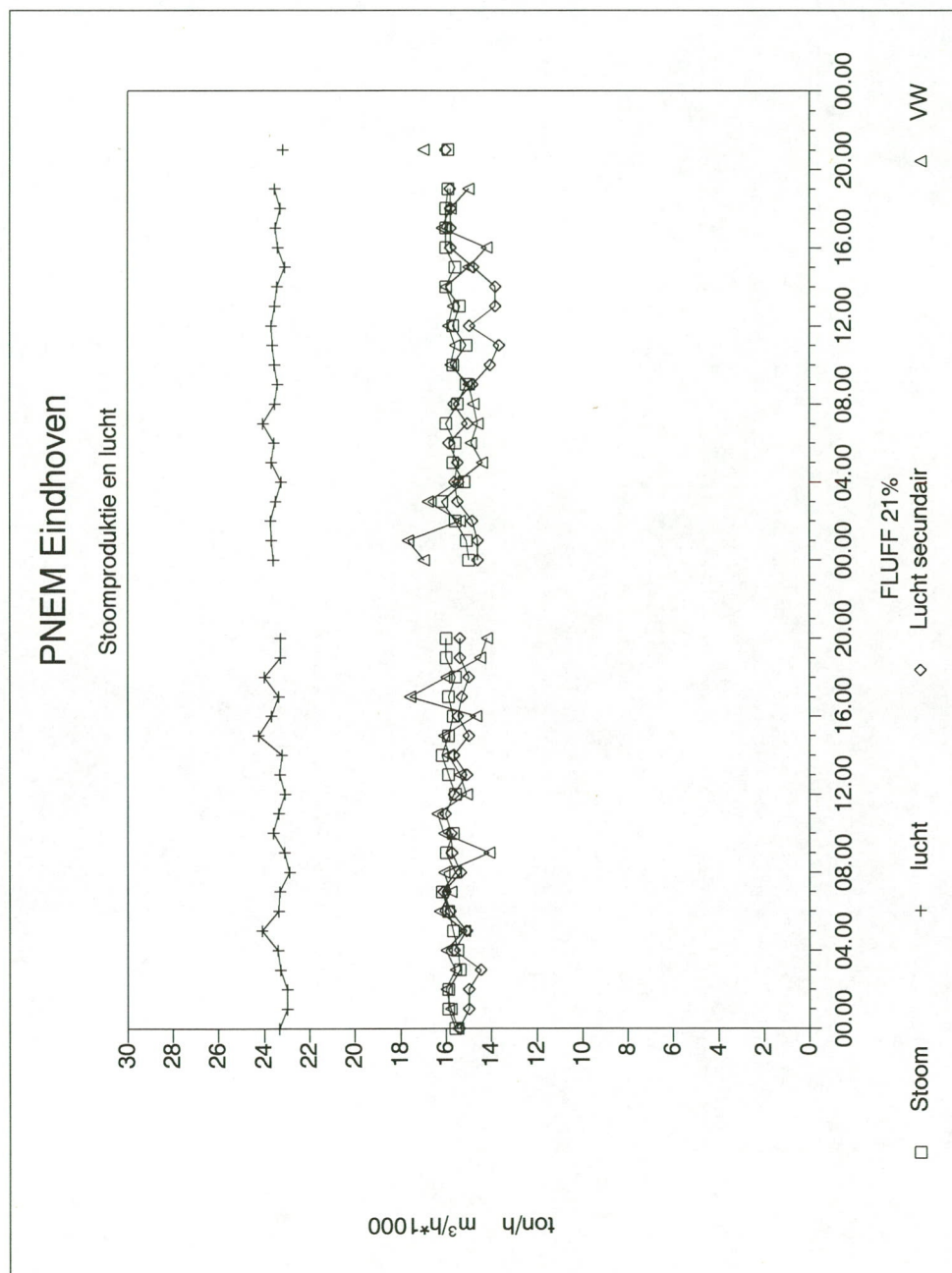
A.3 Bedrijfsgegevens 23-26 november 1992, stoomproductie 6% PWB



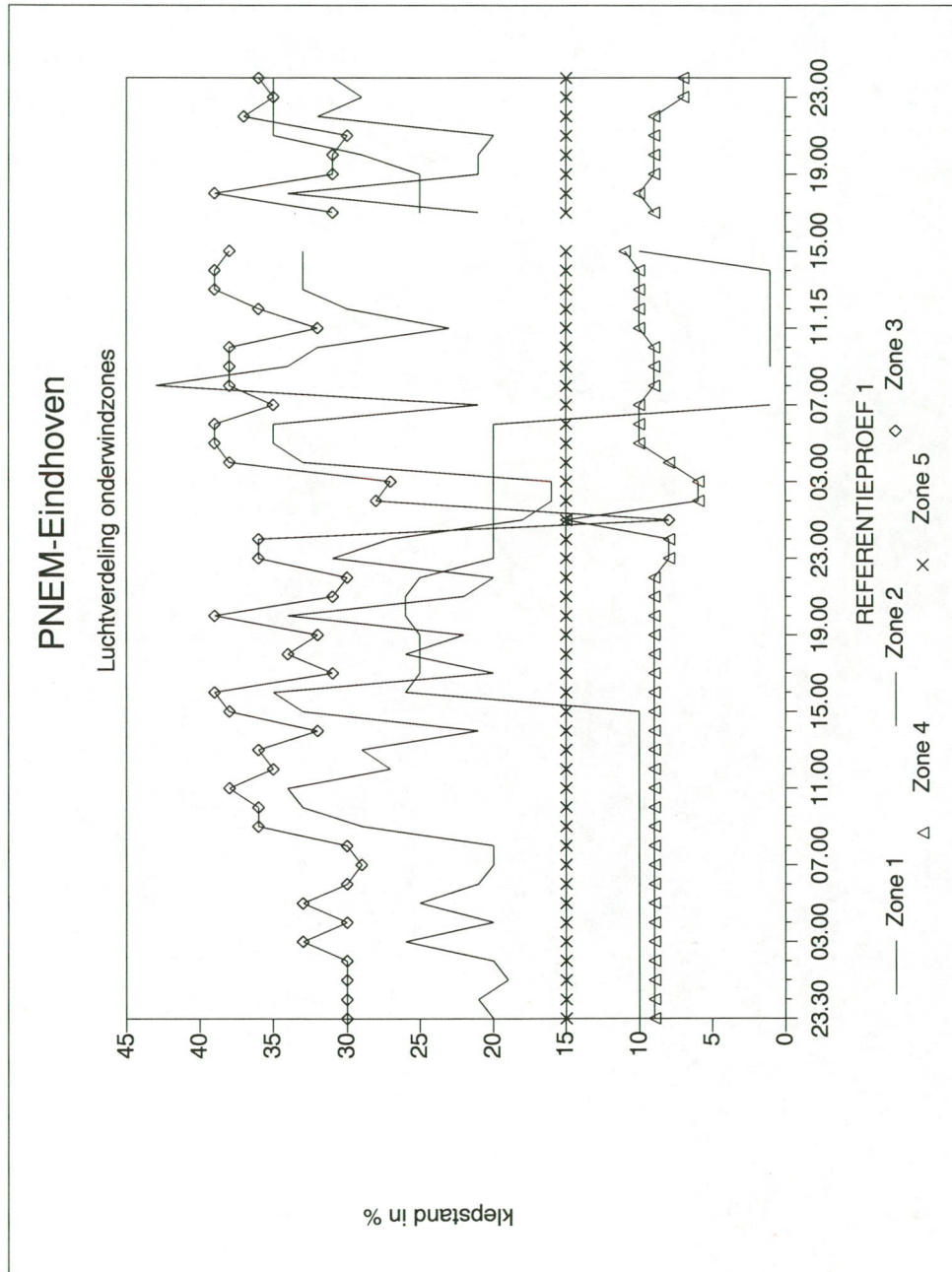
A.4 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992, stoomproductie 12% PWB



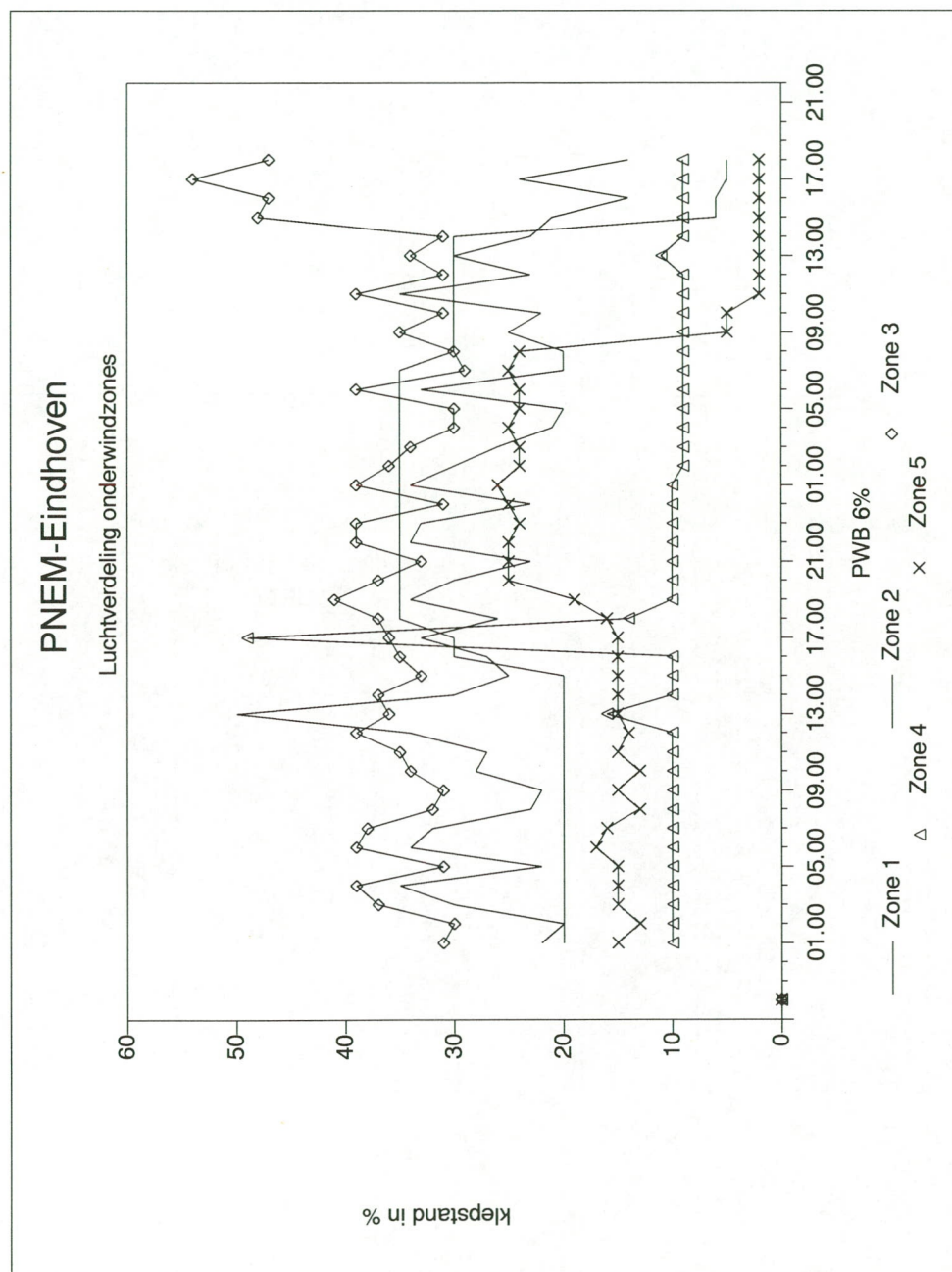
A.5 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992, stoomproductie 21% PWB



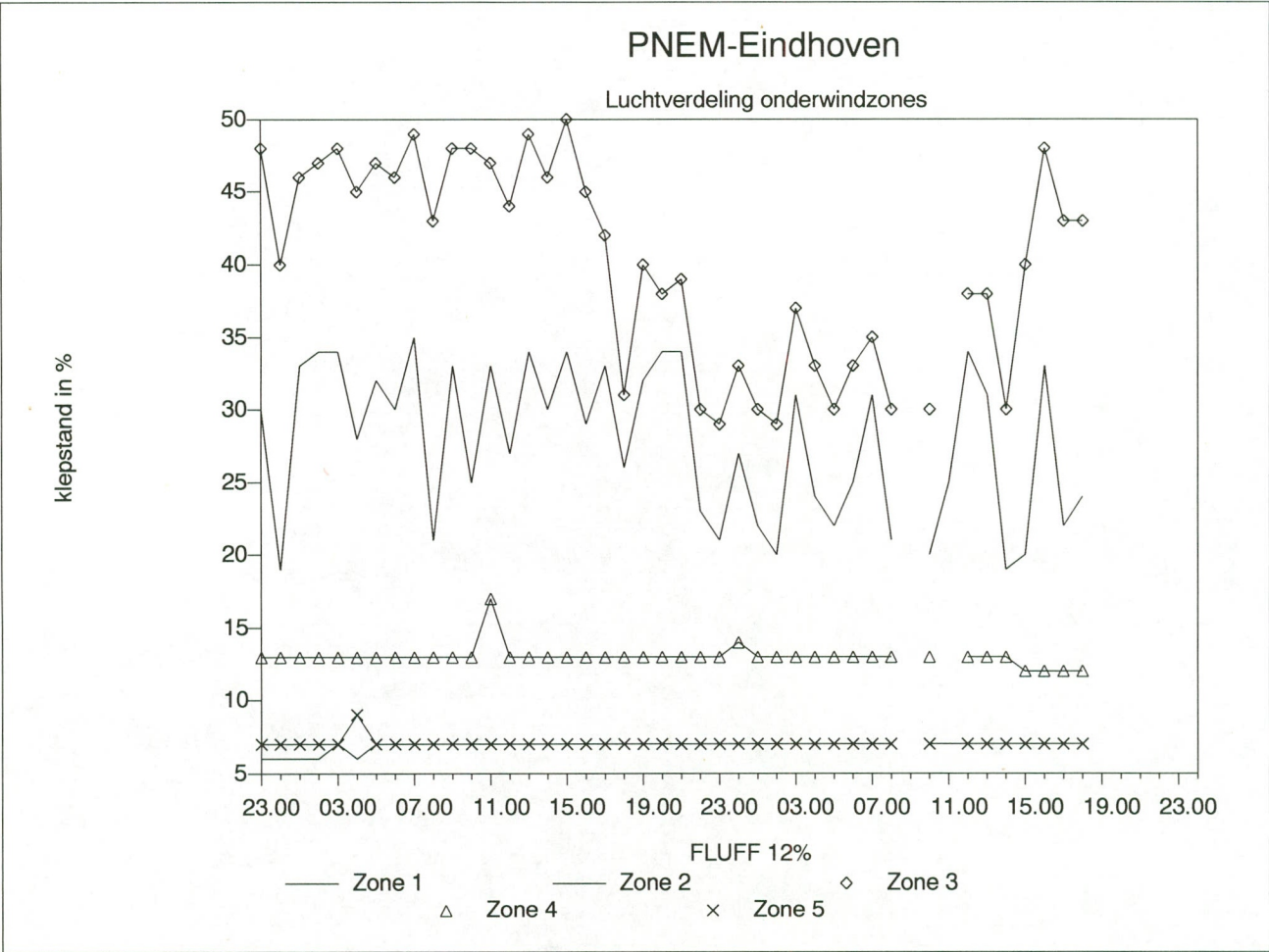
A.6 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992, luchttoevoer vuurhaard 0% PWB



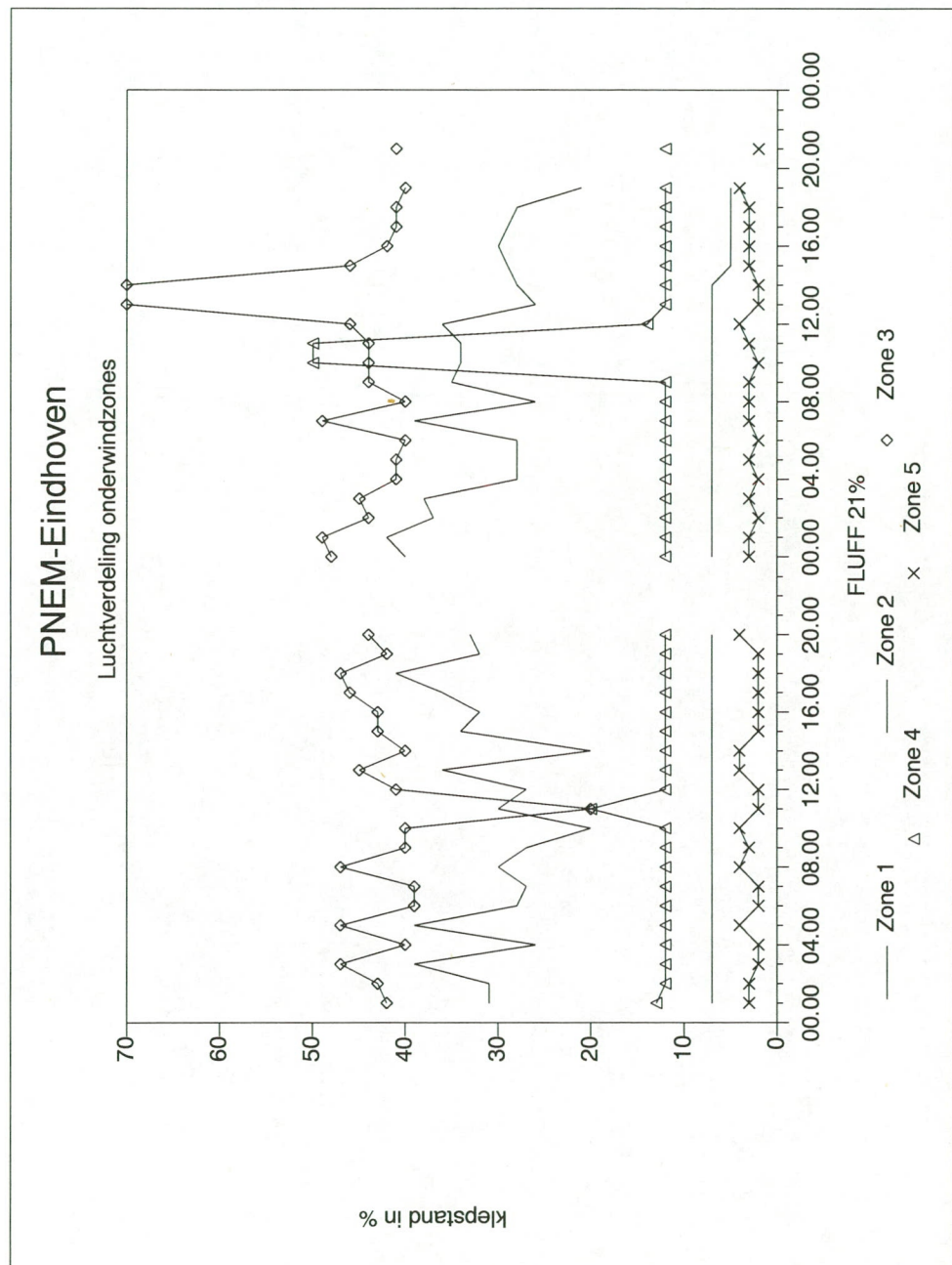
A.7 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992, luchttoevoer vuurhaard 6% PWB



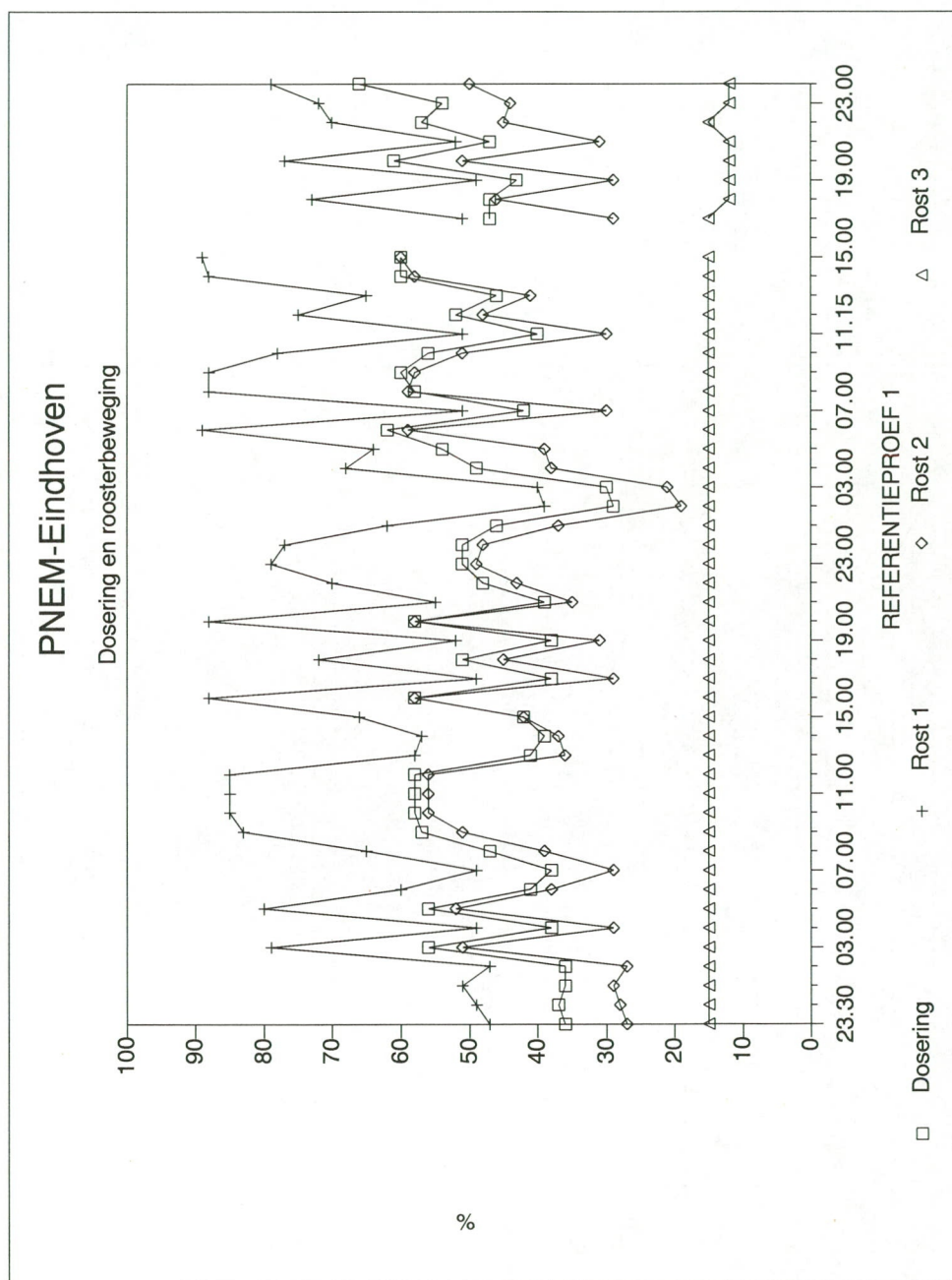
**A.8 Bedrijfsgegevens 1 - 3 december 1992,
 luchttoevoer vuurhaard 12% PWB**



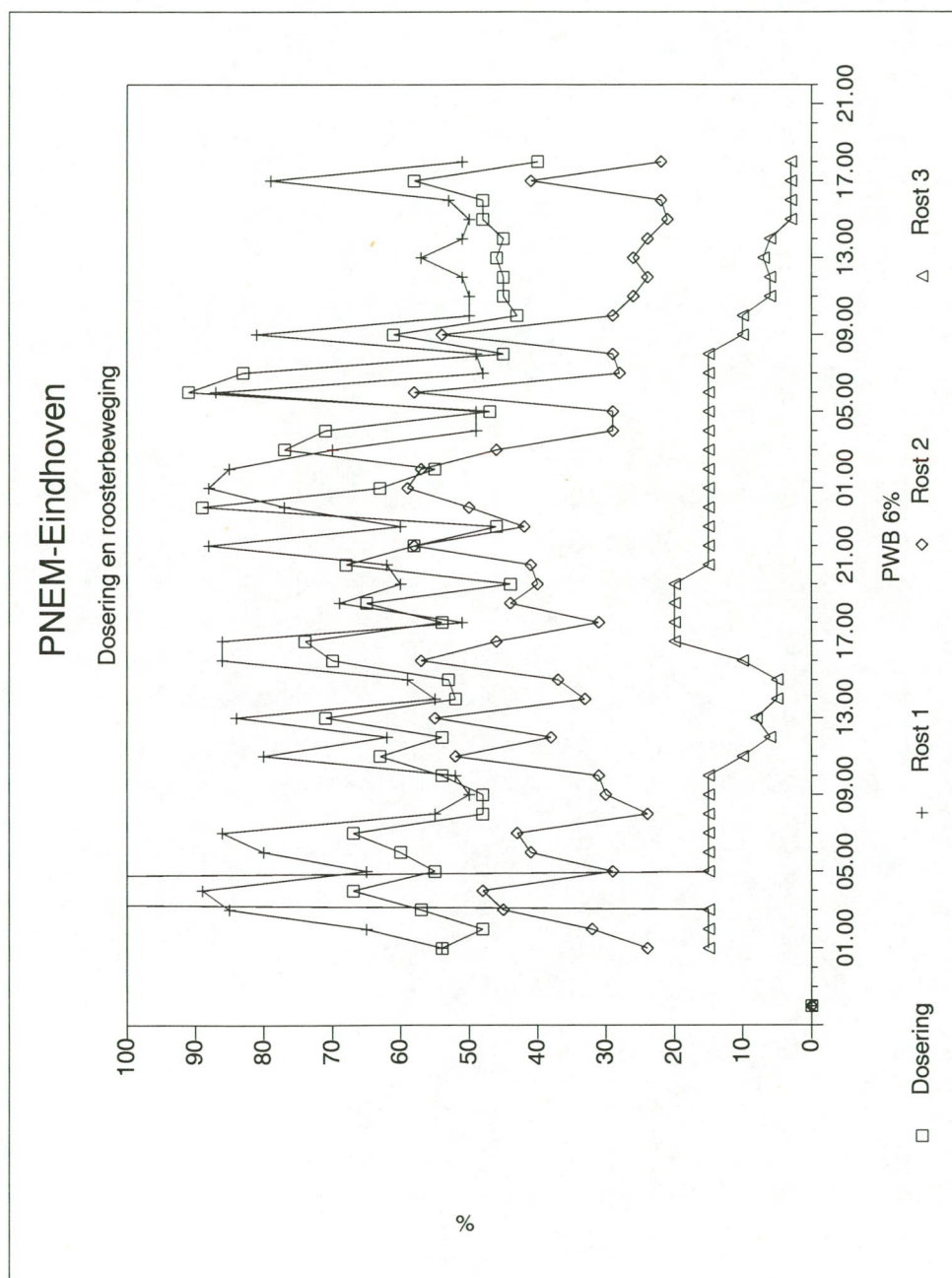
A.9 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992, luchttoevoer vuurhaard 21% PWB



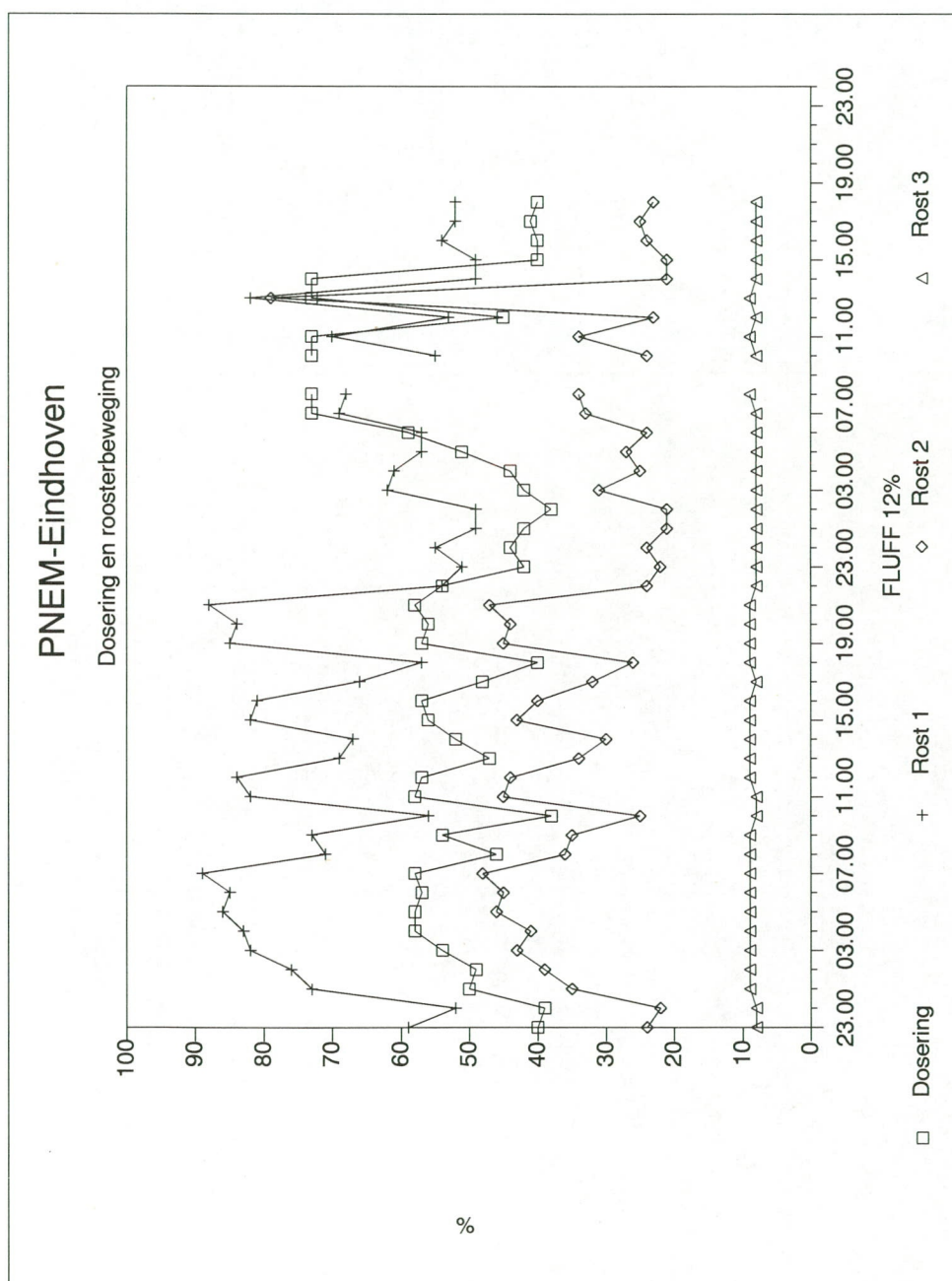
**A.10 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging
0% PWB**



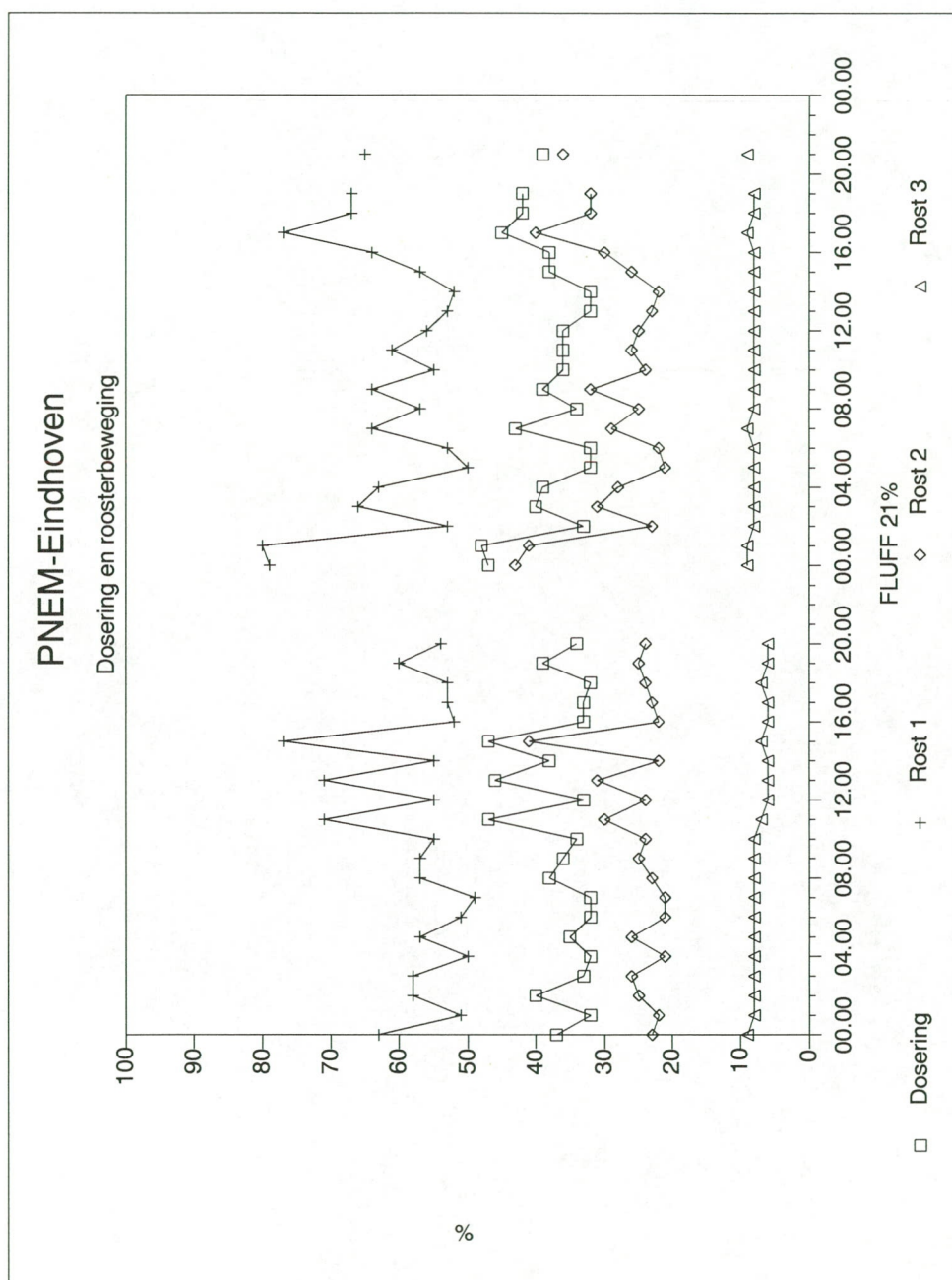
**A.11 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging
6% PWB**



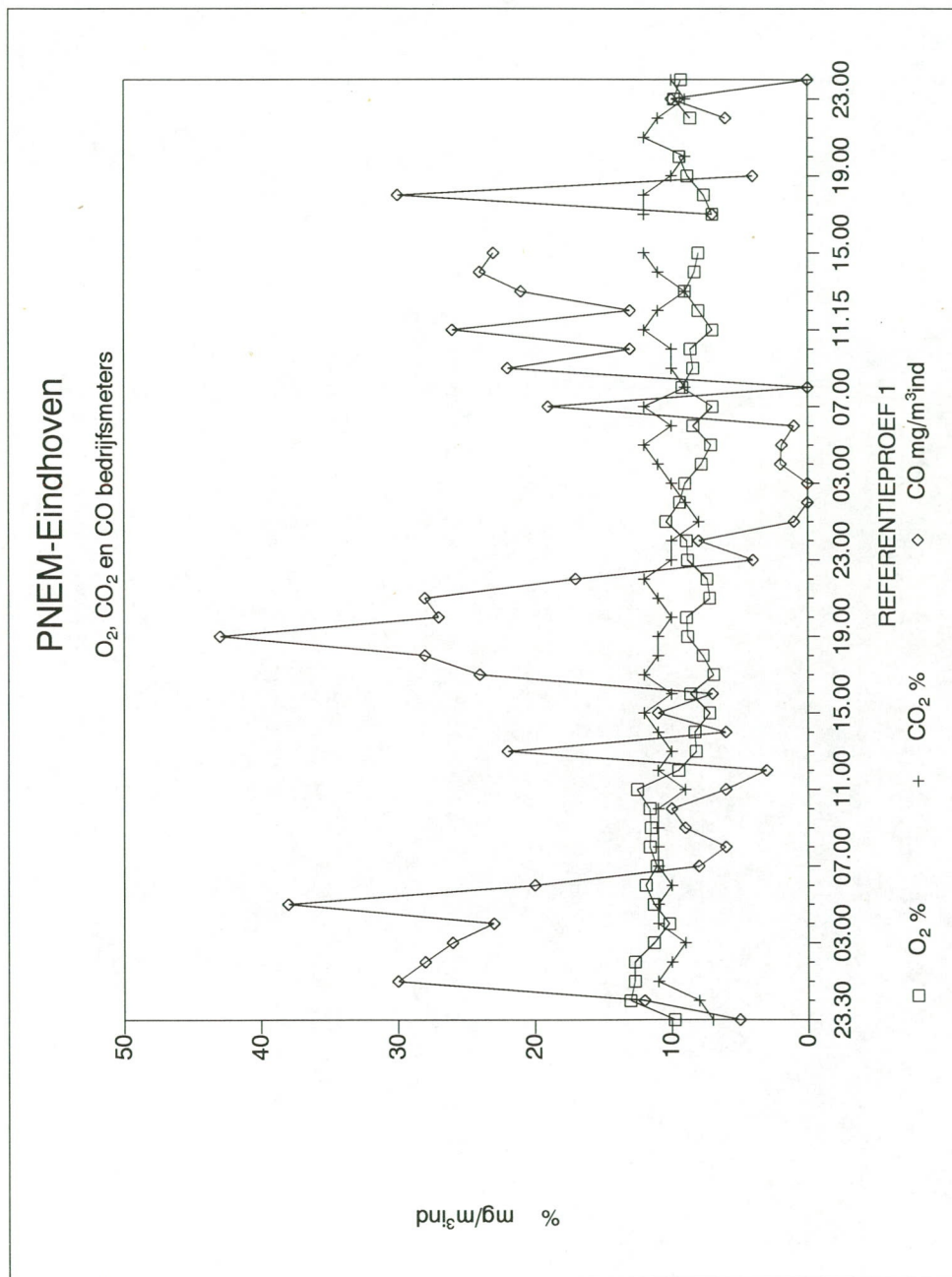
**A.12 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging
12% PWB**



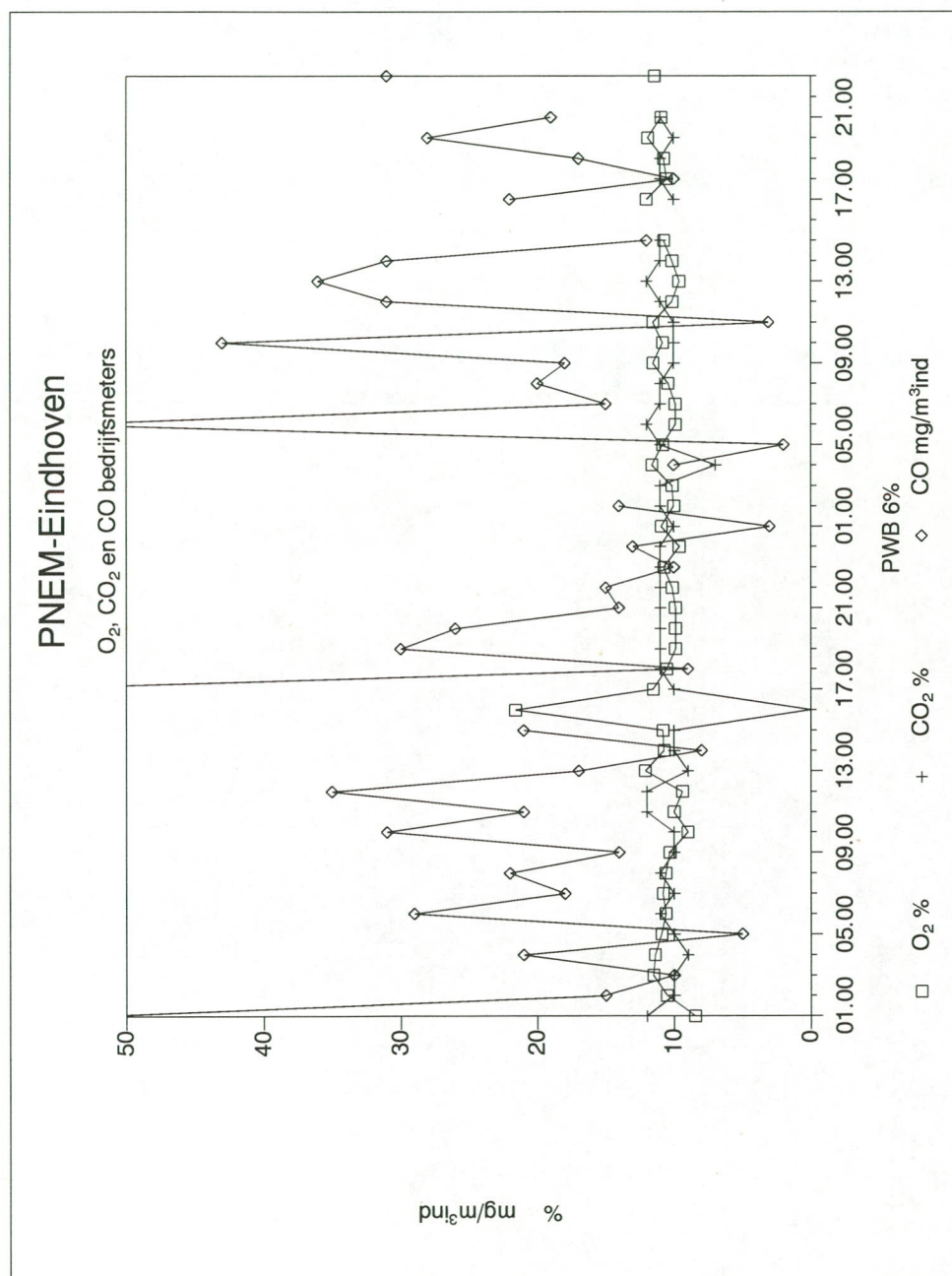
**A.13 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
relatieve doseerhoeveelheid en roosterbeweging
21% PWB**



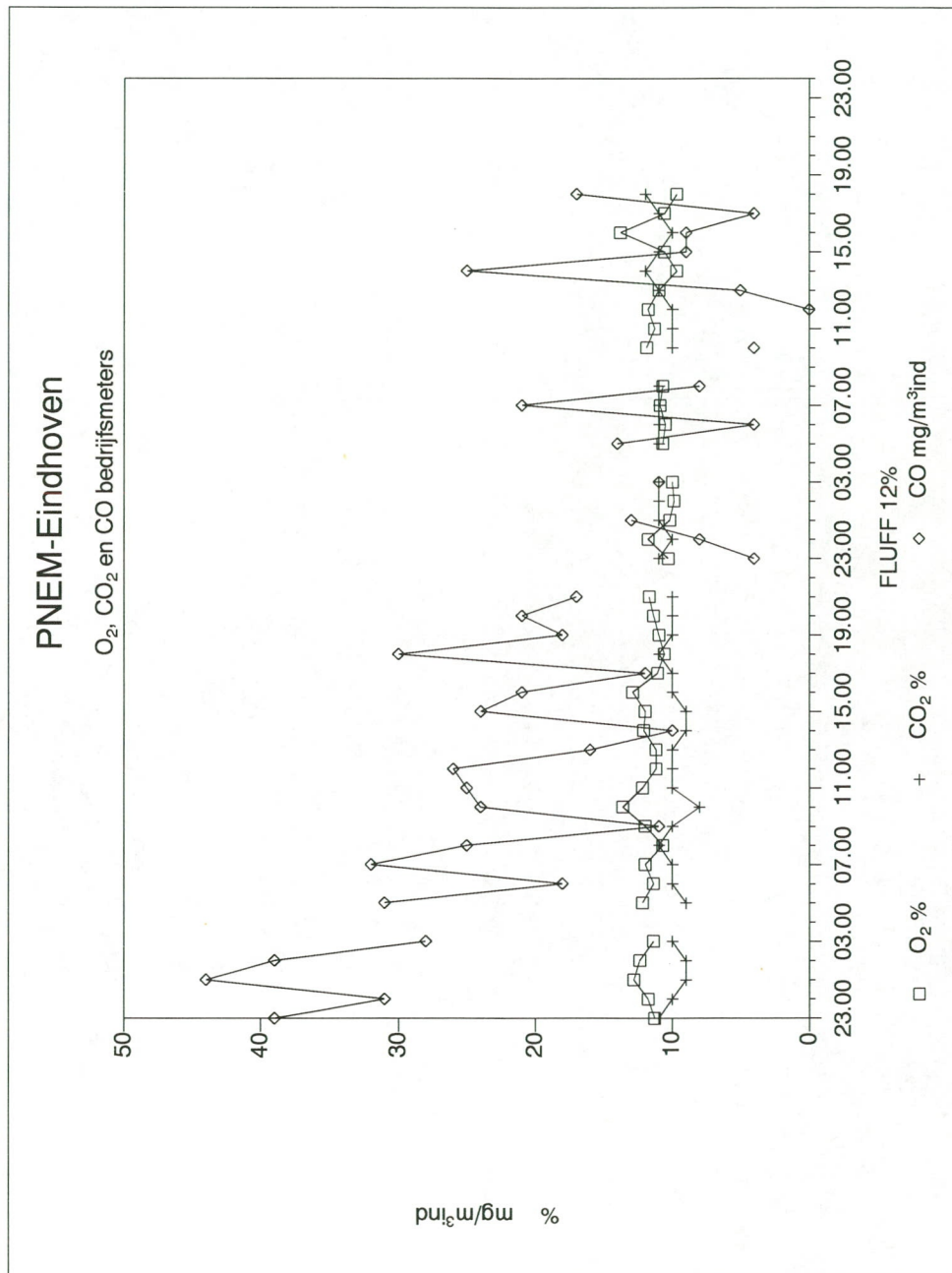
**A.14 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 0% PWB**



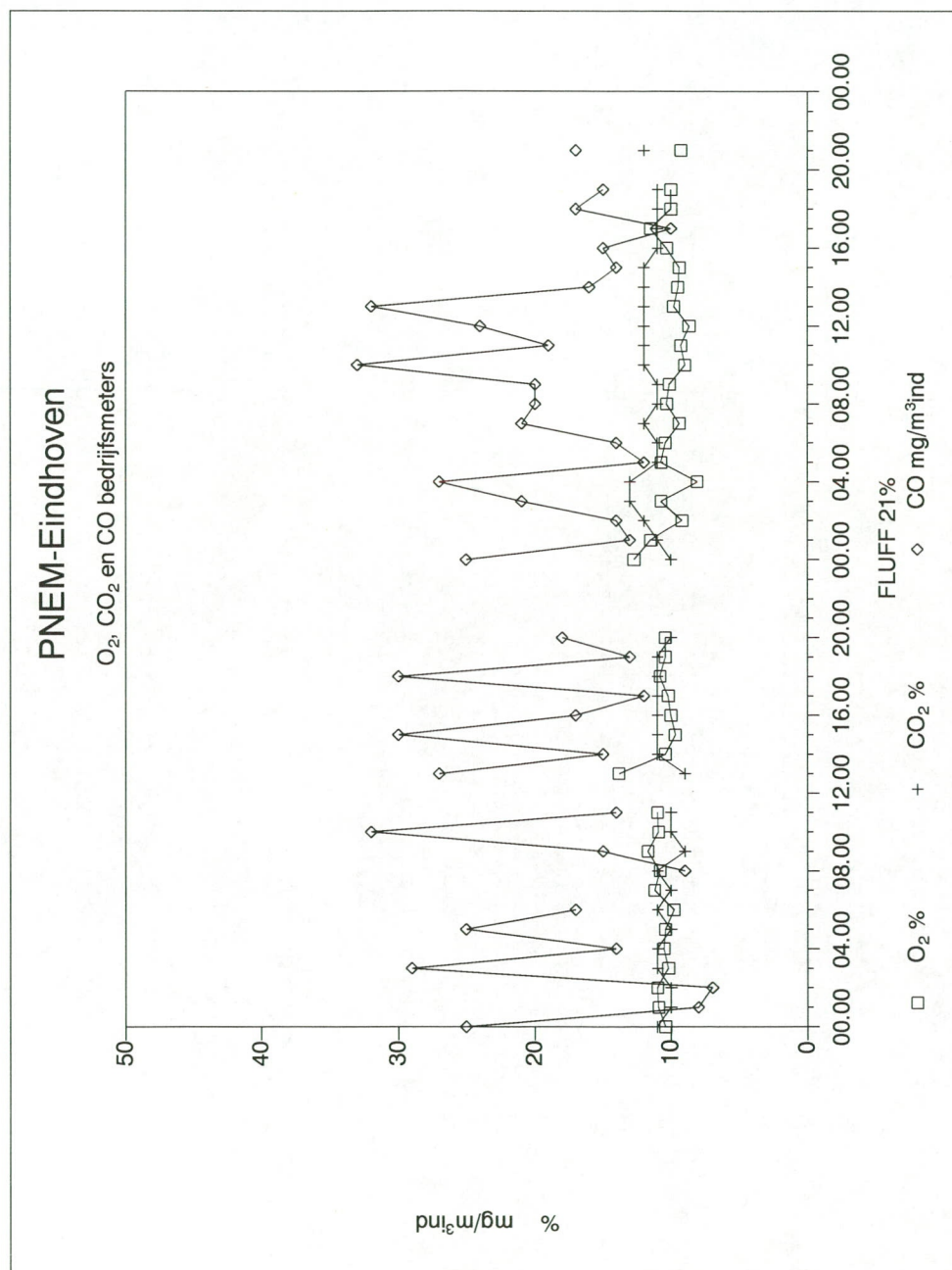
**A.15 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 6% PWB**



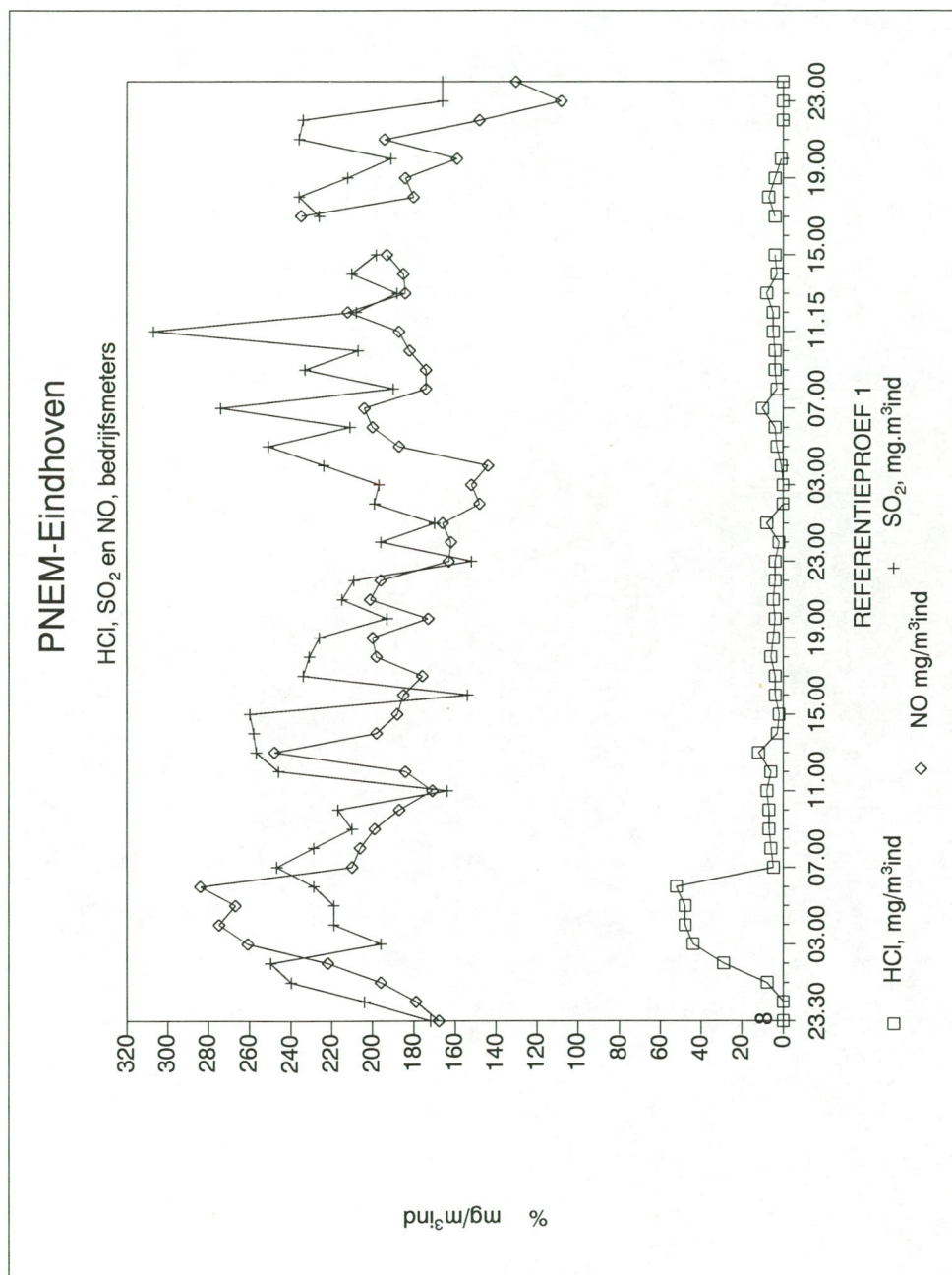
**A.16 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 12% PWB**



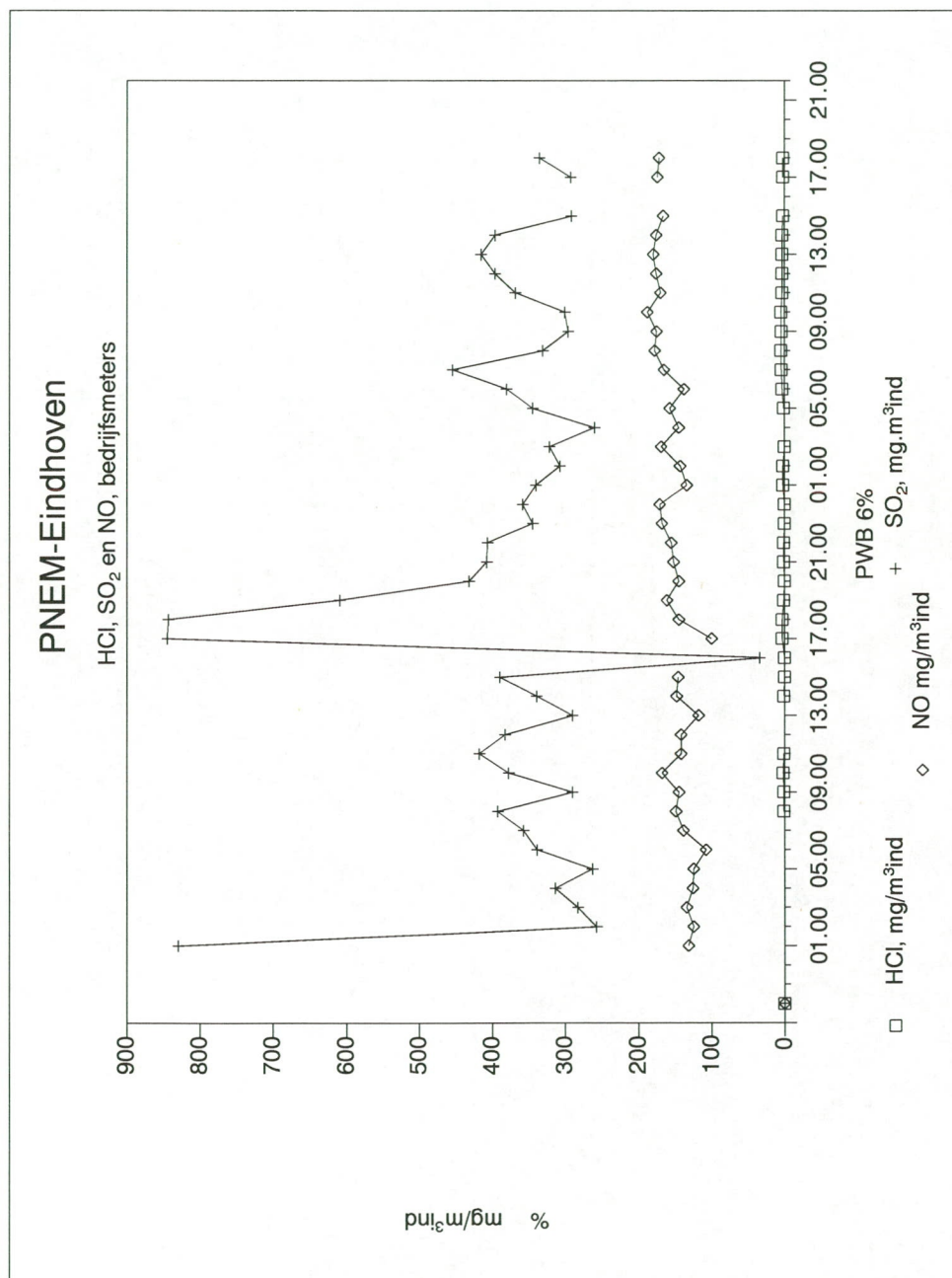
**A.17 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
O₂-, CO₂- en CO-gehalten van de rookgassen 21% PWB**



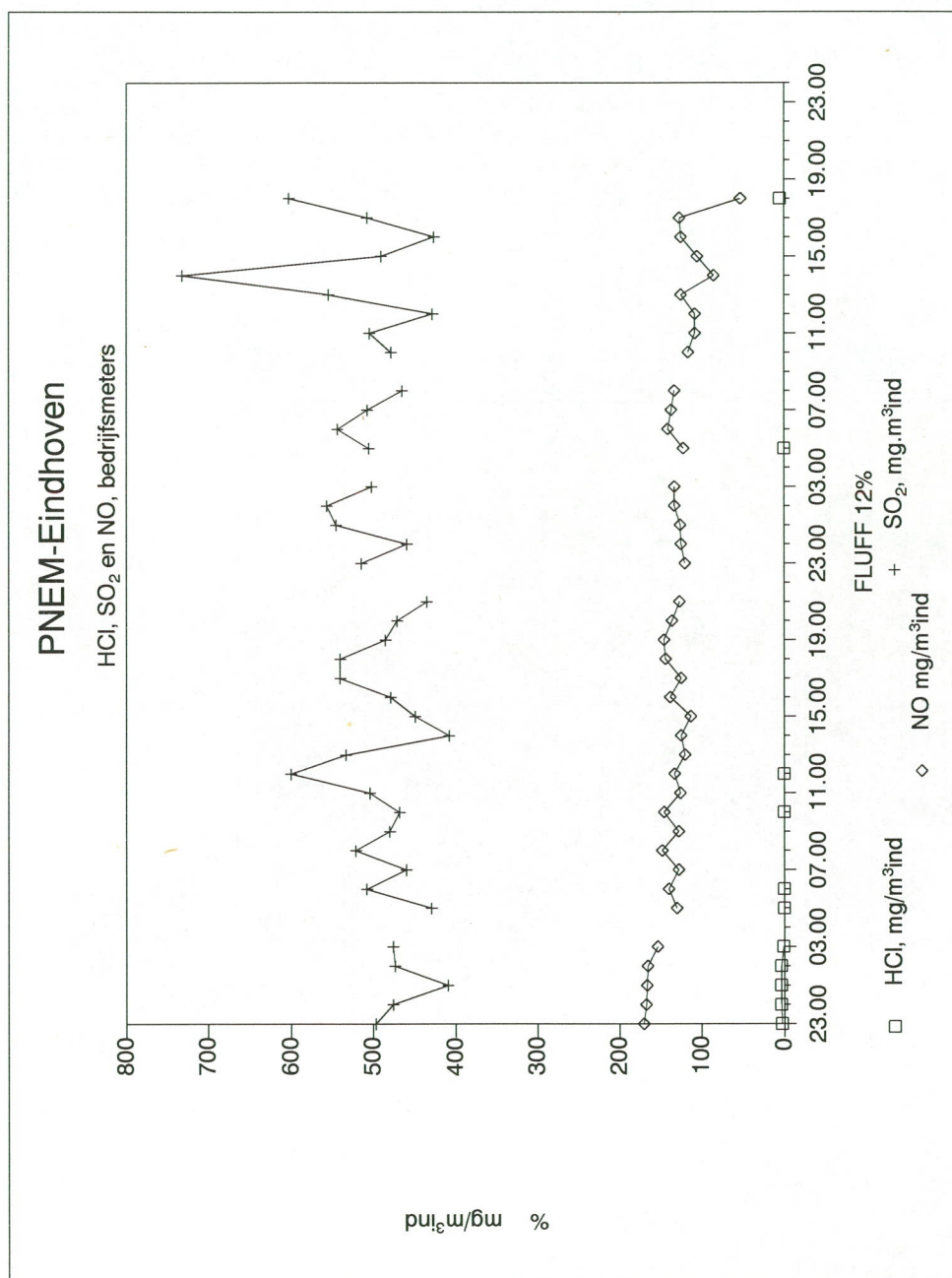
**A.18 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 0% PWB**



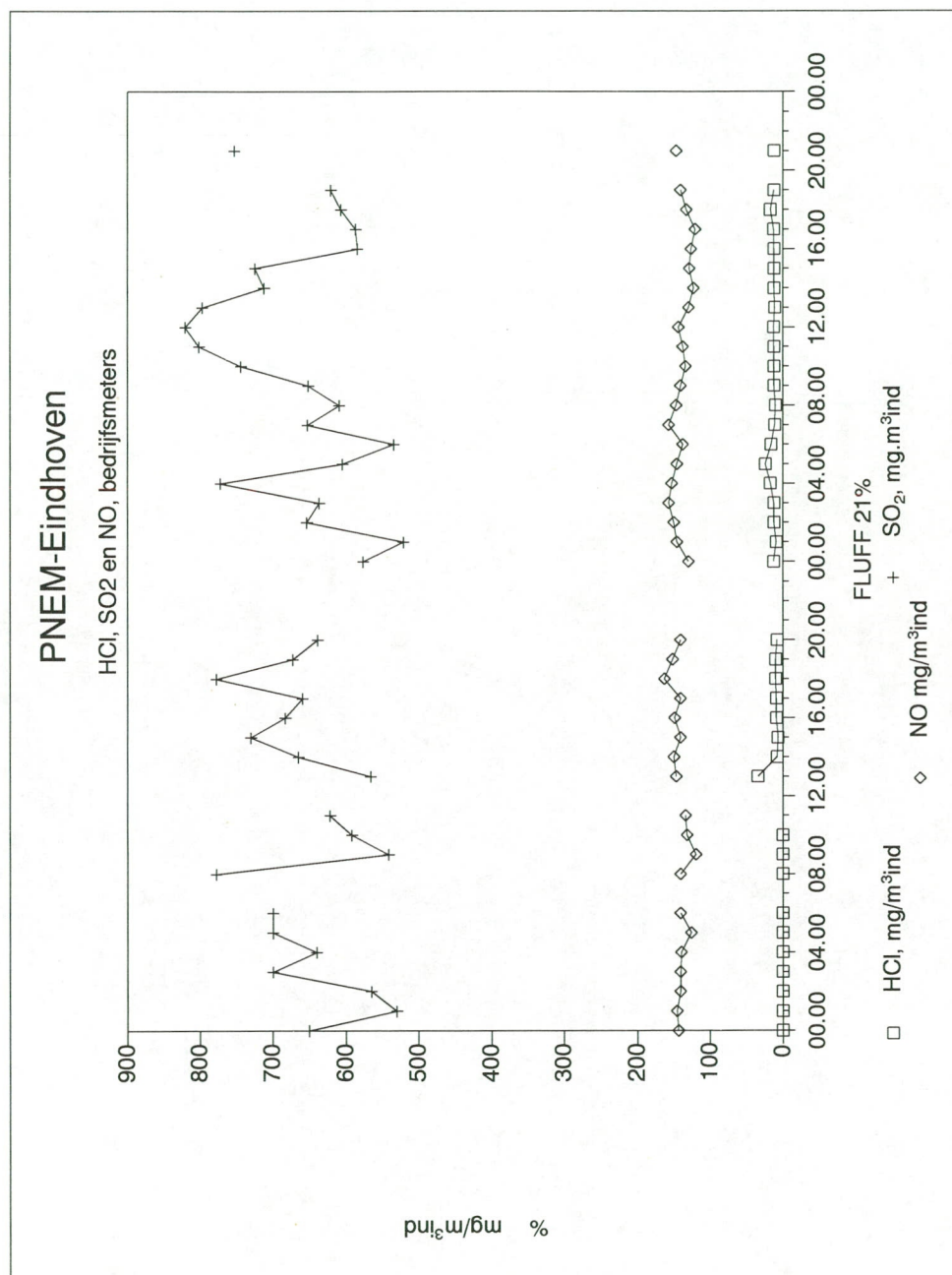
**A.19 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 6% PWB**



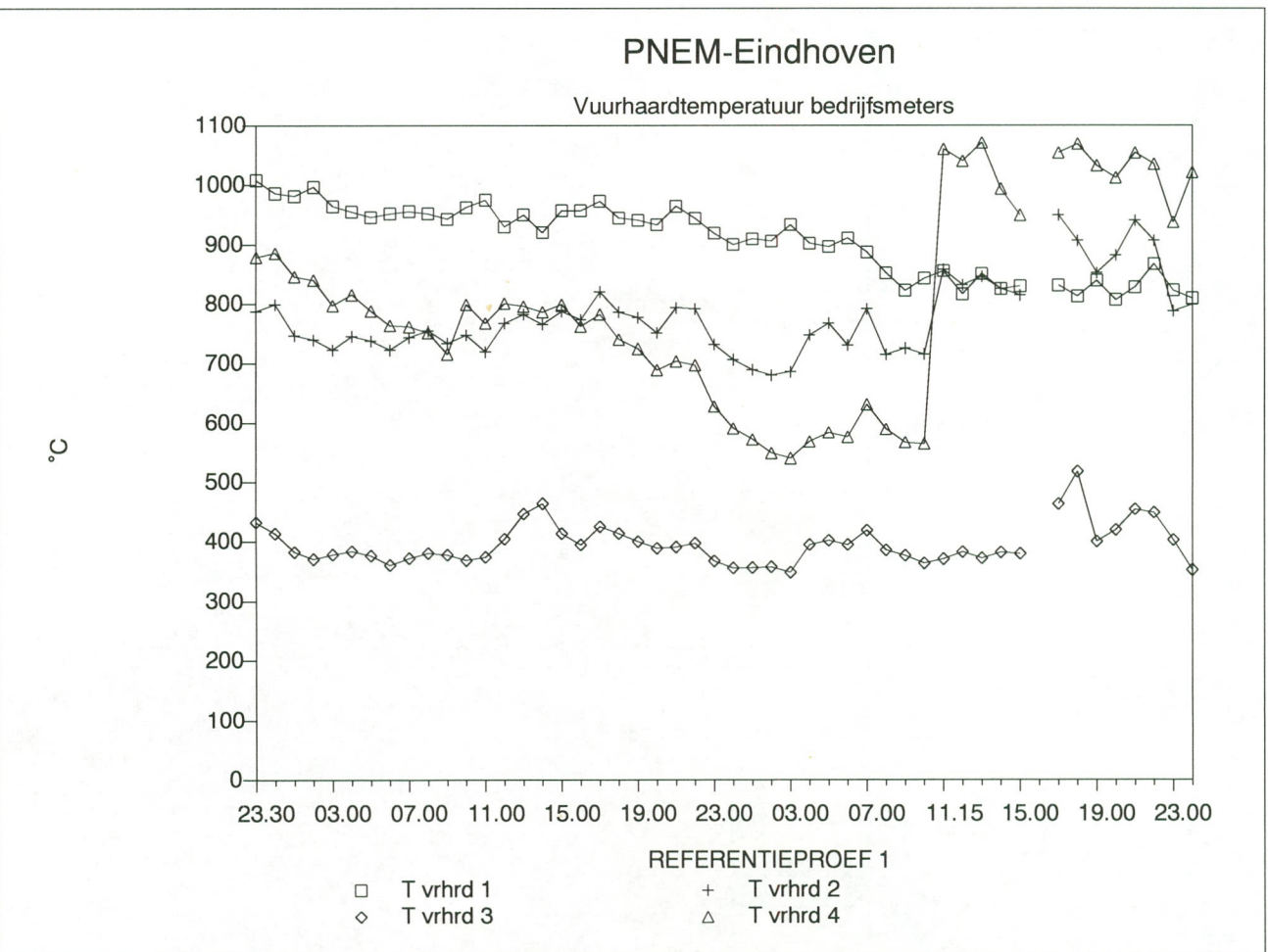
**A.20 Bedrijfsgegevens 1-3 december 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 12% PWB**



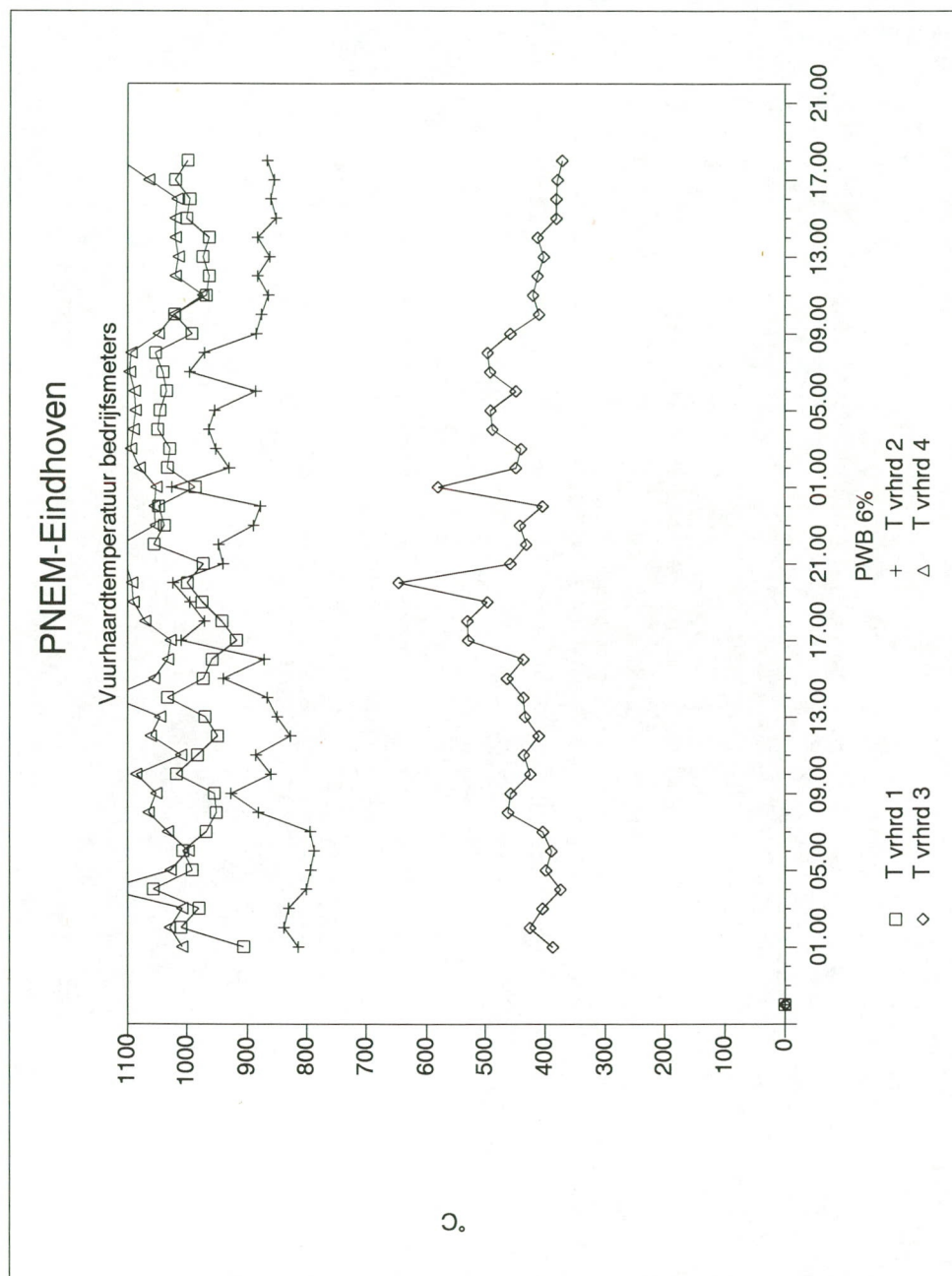
**A.21 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992,
HCl, SO₂- en NO-gehalten van de rookgassen 21% PWB**



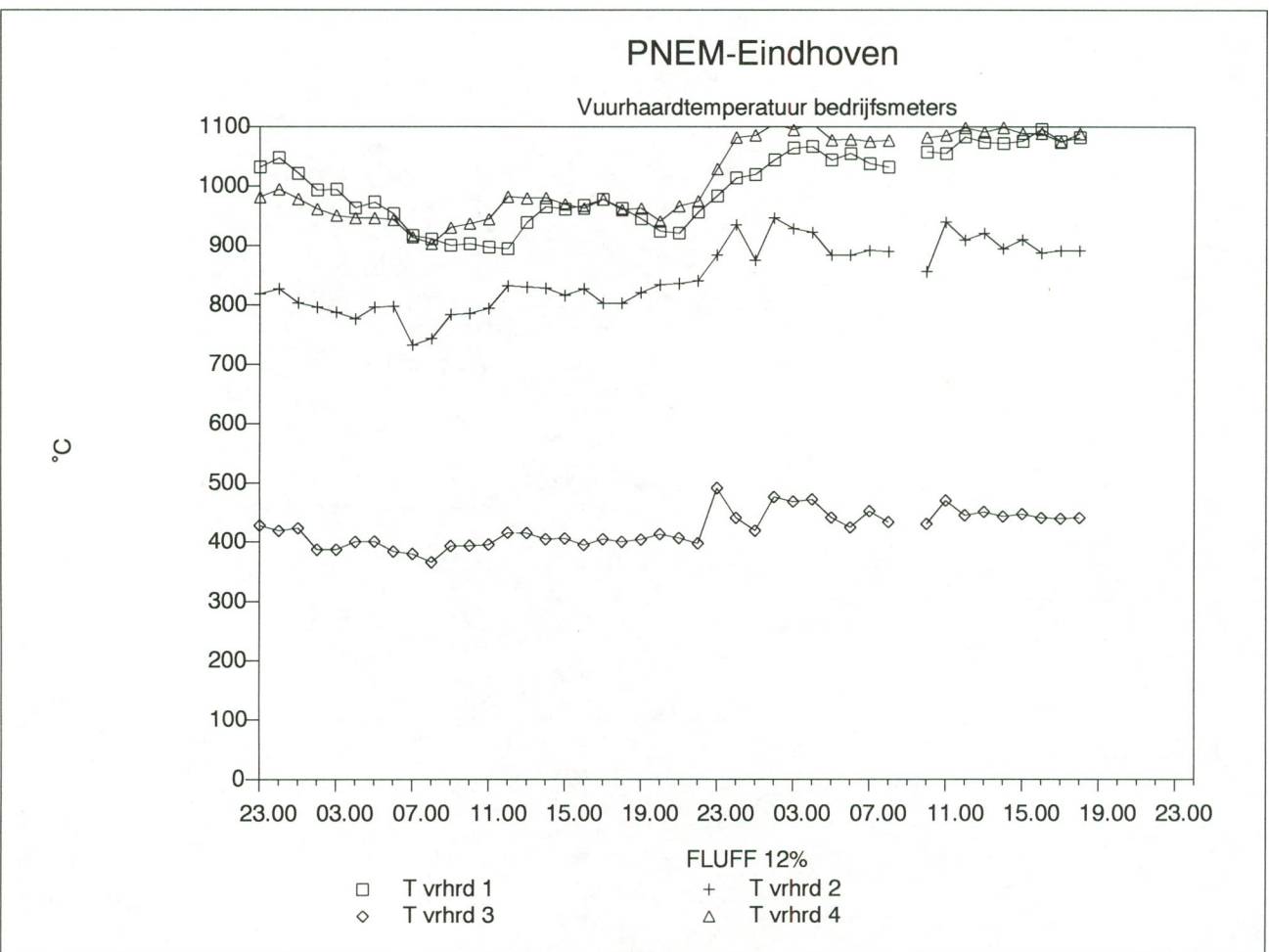
**A.22 Bedrijfsgegevens 17-19 november 1992,
vuurhaardtemperaturen 0% PWB**



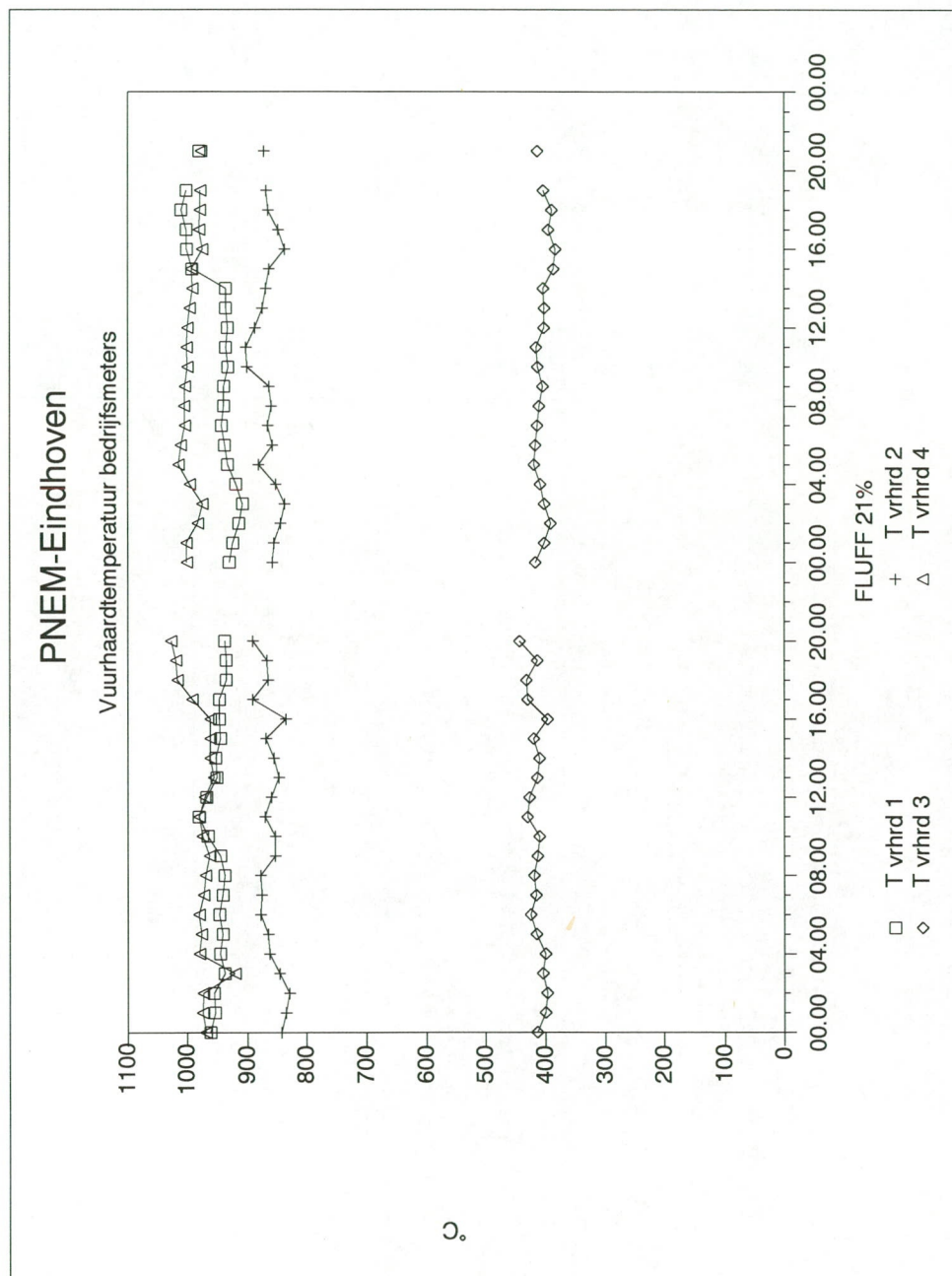
A.23 Bedrijfsgegevens 24-26 november 1992, vuurhaardtemperaturen 6% PWB



A.24 Bedrijfsgegevens 1 - 3 december 1992, vuurhaardtemperaturen 12% PWB



A.25 Bedrijfsgegevens 8-10 december 1992, vuurhaardtemperaturen 21% PWB



B

Bijlage B Meetgegevens

B.1	Bedrijfsgegevens	Bijlage B-3
B.1.1	Tabel bedrijfsgegevens, gemiddeld per verbrandingsproef.....	Bijlage B-3
B.2	Brandstof	Bijlage B-4
B.2.1	Tabel samenstelling PWB granulaat	Bijlage B-4
B.2.2	Tabel analyses brandstofmengsels	Bijlage B-4
B.3	Oven	Bijlage B-5
B.3.1	Schema meetplaatsen	Bijlage B-5
B.3.2	Tabel gemiddelde temperaturen [°C]	Bijlage B-6
B.3.3	Diagram verloop temperaturen proef 1	Bijlage B-7
B.3.4	Diagram verloop temperaturen proef 2	Bijlage B-8
B.3.5	Diagram verloop temperaturen proef 3	Bijlage B-9
B.3.6	Diagram verloop temperaturen proef 4	Bijlage B-10
B.4	Rookgassen na E-Filter	Bijlage B-11
B.4.1	Stofmetingen.....	Bijlage B-11
B.4.2	Zinkmetingen.....	Bijlage B-13
B.4.3	Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden.....	Bijlage B-14
B.4.4	PCDD/F.....	Bijlage B-16
B.4.5	Macrocomponenten	Bijlage B-16
B.4.6	Debietmetingen.....	Bijlage B-17
B.5	Rookgassen in schoorsteenkanaal	Bijlage B-24
B.5.1	Stofmetingen.....	Bijlage B-24
B.5.2	Zinkmetingen.....	Bijlage B-26
B.5.3	Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden.....	Bijlage B-27
B.5.4	PCDD/F.....	Bijlage B-29
B.5.5	Macrocomponenten	Bijlage B-29
B.6	E-as & slak	Bijlage B-30
B.6.1	Tabel specificatie resultaten fysische slakanalyses	Bijlage B-30
B.6.2	Tabel specificatie resultaten analyses zware metalen, 0% PWB.....	Bijlage B-31
B.6.3	Tabel specificatie analyseresultaten zware metalen, 6% PWB.....	Bijlage B-32
B.6.4	Tabel analyseresultaten zware metalen, 12% PWB	Bijlage B-33
B.6.5	Tabel specificatie analyseresultaten zware metalen, 21% PWB.....	Bijlage B-34
B.6.6	Tabel specificatie fysische analyses E-as	Bijlage B-35
B.6.7	Tabel specificatie chemische analyses E-as [%]	Bijlage B-36

B.1 Bedrijfsgegevens

B.1.1 Tabel bedrijfsgegevens, gemiddeld per verbrandingsproef

		Percentage PWB			
	Eenheid	0%	6%	12%	21%
Stoom					
Stoomproductie teller	[ton/h]	14,9	15,1	15,3	15,5
Stoomproductie	[ton/h]	15,5	15,6	15,8	15,7
Stoomdruk	[Bar]	19,1	19,0	19,1	19,2
Stoomtemperatuur	[°C]	339	362	368	364
Hoeveelheid VW	[ton/h]	15,8	15,2	15,7	15,6
Temperatuur VW	[°C]	139	143	148	144
Lucht flow					
Totaal	[m³/h*1000]	23,0	23,8	23,4	23,5
Secundair+platen	[m³/h*1000]	16,5	16,7	15,9	15,2
Zone 1	[%]	14	24	7	7
Zone 2	[%]	26	26	27	31
Zone 3	[%]	34	38	37	44
Zone 4	[%]	9	11	13	14
Zone 5	[%]	15	14	7	3
Emissie					
O ₂	[%]	9,3	10,6	11,1	10,4
CO ₂	[%]	10,6	10,4	10,5	11,0
CO	[mg/m³]	18	21	14	19
HCl	[mg/m³]	10,0	2,1	5,0	9,5
SO ₂	[mg/m³]	221	385	509	660
NO	[mg/m³]	199	153	122	141
NO _x , als NO ₂	[mg/m³]	305	235	188	216
Stof	[mg/m³]	31	35	28	36
Oven					
Dosering	[%]	48	57	53	37
Roostersnelheid 1	[%]	67	66	64	60
Roostersnelheid 2	[%]	42	38	32	27
Roostersnelheid 3	[%]	15	20	8	8
Temperatuur 1	[°C]	912	991	1015	950
Temperatuur 2	[°C]	792	891	874	863
Temperatuur 3	[°C]	402	435	433	410
Temperatuur 4 (2 sec)	[°C]	831	1052	1042	985
Druk vuurhaard	[mBar]	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2

B.1.1 Tabel bedrijfsgegevens, gemiddeld per verbrandingsproef (vervolg)

	Eenheid	Percentage PWB			
		0%	6%	12%	21%
Diverse Temperaturen					
Na ketel	[°C]	203	207	208	215
Na water	[°C]	48	48	46	46
Buitenlucht	[°C]	5,5	10,3	9,0	3,6
Massa's					
Doorzet	[kg/h]	4316	4251	4069	3822
Stookwaarde	[MJ/kg]	10,6	11,3	11,9	12,9
Rookgasdebiet	[m³/h]	25000	?	?	?
Slak	[kg/h]	612	607	570	544
Slakproductie	[kg/ton]	142	143	140	142

B.2 Brandstof

B.2.1 Tabel samenstelling PWB granulaat

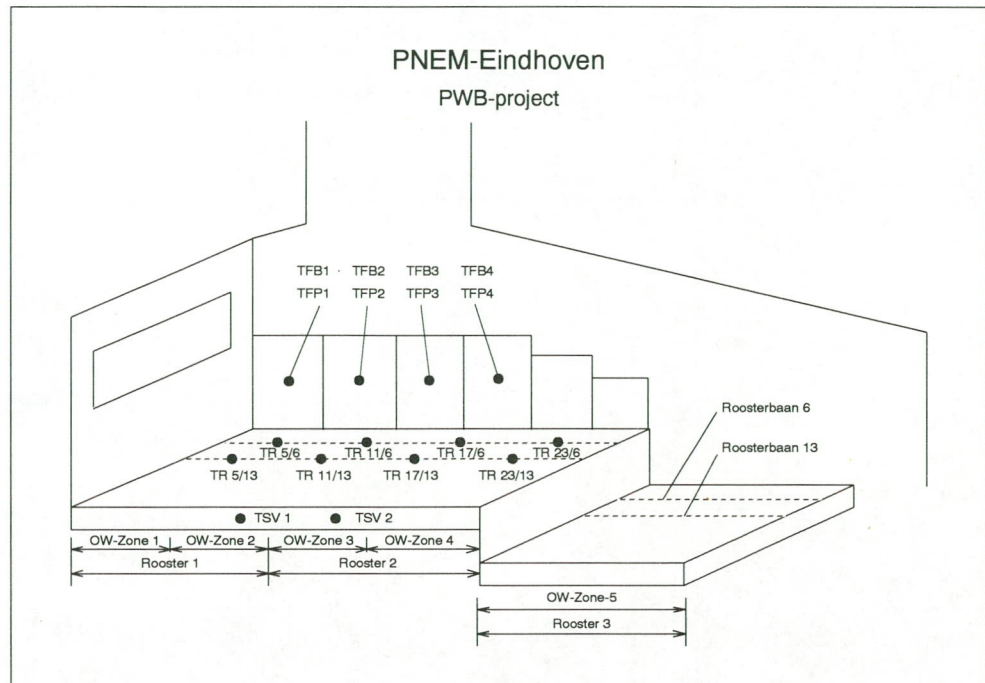
Analyse	Eenheid	Monster 1	Monster 2
vocht	[%]	8,8	7,81
as	[%]	25,77	26,01
zwavel	[%]	1,23	1,24
verbrandingswarmte	[MJ/kg]	25,8	26,1
stookwaarde	[MJ/kg]	24,5	24,7
koolstof	[%]	59,1	59,2
waterstof	[%]	5,74	5,97
stikstof	[%]	0,32	0,26
zuurstof	[%]	5,36	4,94
chloor	[%]	0,062	0,063
fluor	[%]	0,002	0,002
ijzer	[%]	16,13	17,83
zink	[%]	1,1	1,01

B.2.2 Tabel analyses brandstofmengsels (PWB en fluff)

	Eenheid	Percentage PWB			
		0%	6%	12%	21%
vocht	[massa %]	23,34	31,04	28,66	24,84
waterstof	[massa %]	4,94	4,36	4,55	5,16
verbrandingswarmte	[cal/g]	3265	2747	3300	3635
stookwaarde	[cal/g]	2884	2356	2915	3259

B.3 Oven

B.3.1 Schema meetplaatsen

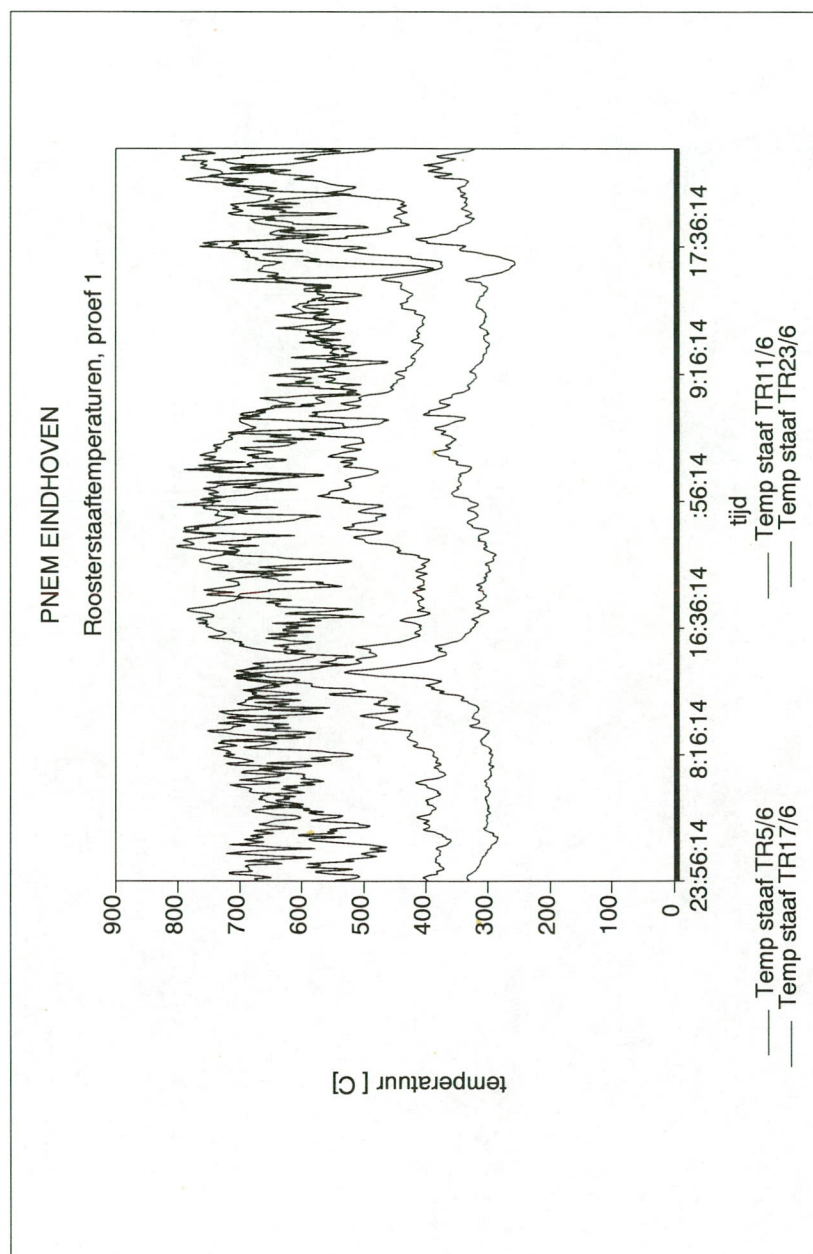


B.3.2 Tabel gemiddelde temperaturen [°C]

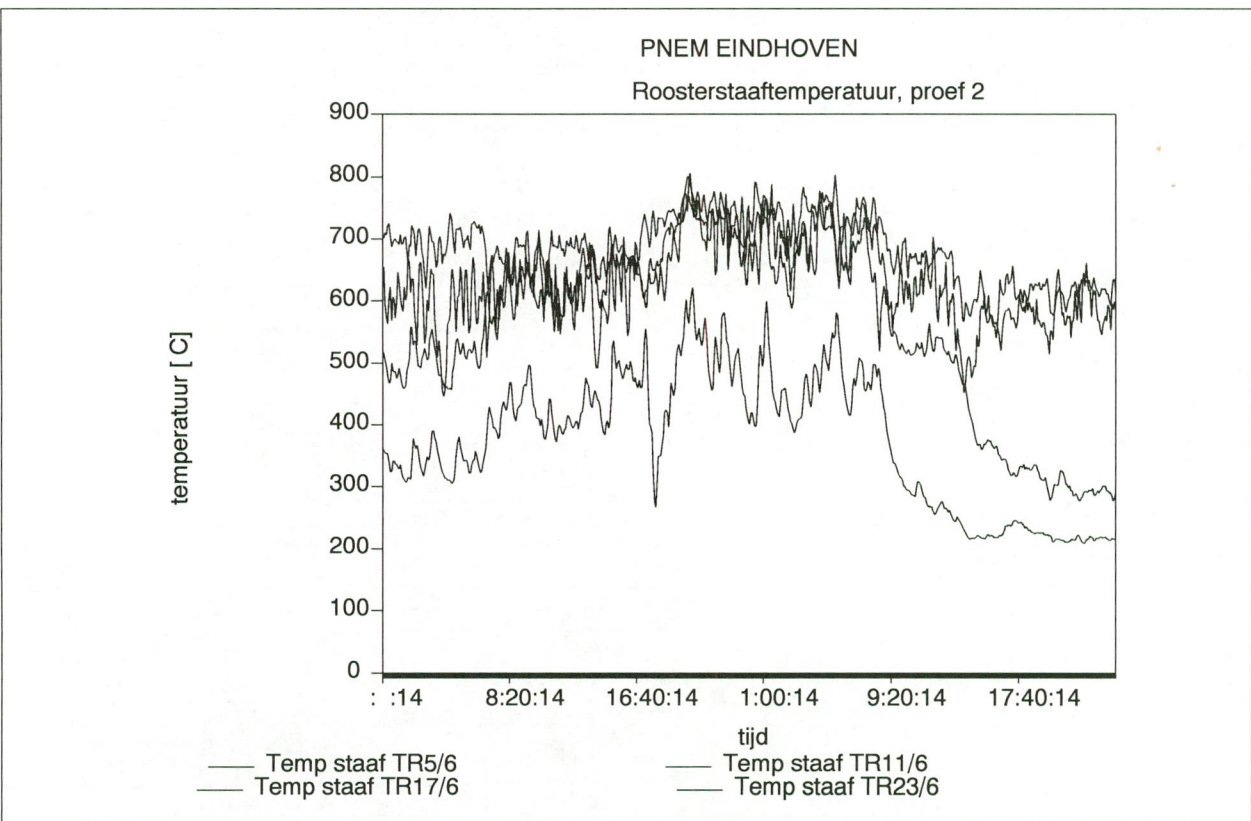
Temperatuur roosterstaven (gemiddeld over 48 uur)				
Meetplaats ¹⁾	Verbrandingsproef			
	0% PWB	6% PWB	12% PWB	21% PWB
roosterstaven				
TR 5/6	676 [68]	676 [52]	703 [36]	729 [66]
TR 11/6	616 [71]	633 [67]	685 [64]	641 [64]
TR 17/6	461 [71]	565 [149]	554 [102]	412 [80]
TR 23/6	330 [37]	375 [109]	408 [67]	305 [61]
TR 5/13	673 [44]	651 [44]	666 [20]	667 [47]
TR 11/13	672 [42]	646 [39]	674 [51]	671 [72]
TR 17/13	696 [33]	655 [34]	602 [31]	617 [36]
TR 23/13	688 [47]	671 [78]	740 [37]	717 [78]
zijsluitplaten				
TSV 1	481 [41]	548 [44]	532 [25]	458 [36]
TSV 2	439 [42]	384 [115]	336 [82]	221 [21]
platen				
TFP 1	472 [41]	505 [48]	533 [46]	538 [70]
TFP 2	611 [130]	415 [90]	396 [83]	477 [64]
TFP 3	671 [44]	650 [33]	586 [21]	580 [68]
TFP 4	554 [45]	551 [53]	514 [26]	465 [52]
platen (constructie)				
TFB 1	137 [21]	157 [25]	184 [31]	189 [27]
TFB 2	204 [47]	129 [24]	113 [28]	120 [15]
TFB 3	311 [28]	289 [24]	229 [12]	229 [25]
TFB 4	235 [25]	231 [35]	198 [15]	168 [17]

¹⁾ Zie bijlage B; B.3.1
[..] Standaard deviatie

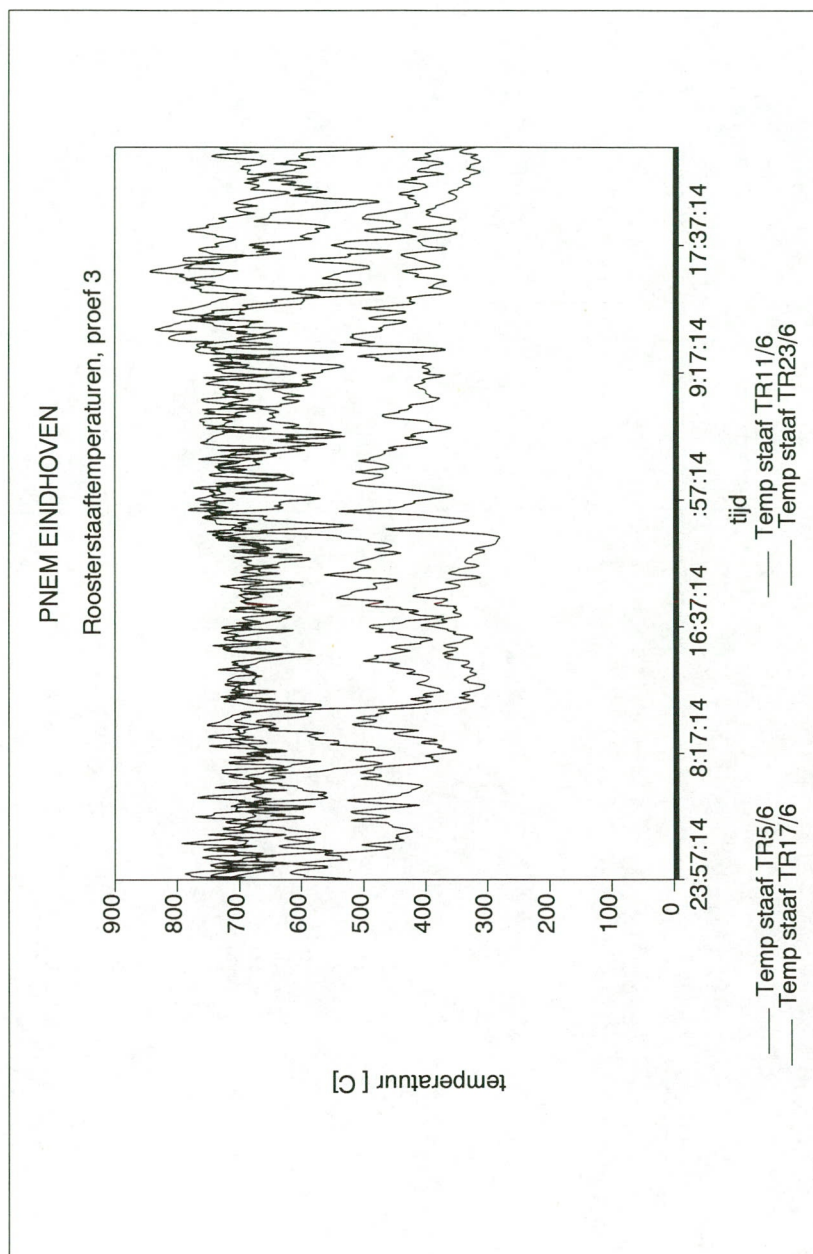
B.3.3 Diagram verloop temperaturen proef 1

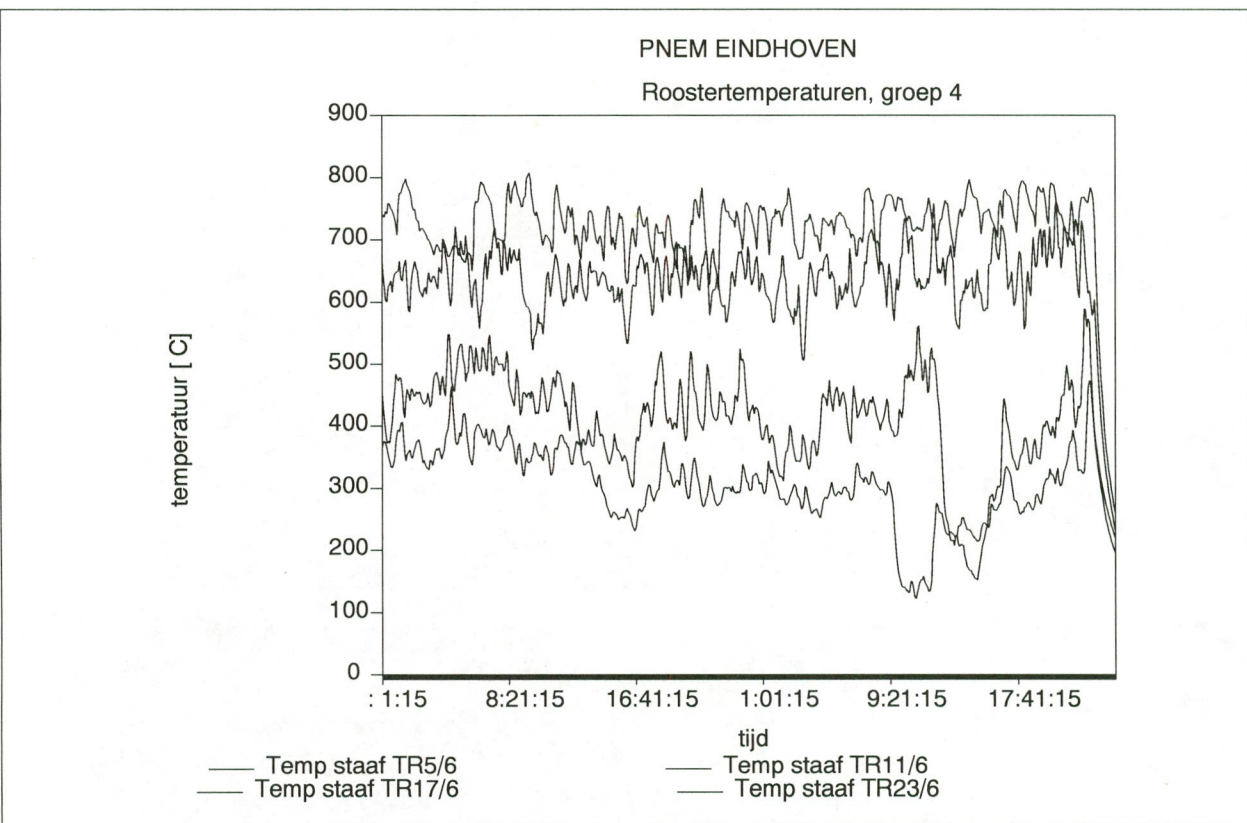


B.3.4 Diagram verloop temperaturen proef 2



B.3.5 Diagram verloop temperaturen proef 3



B.3.6 Diagram verloop temperaturen proef 4

B.4 Rookgassen na E-Filter

B.4.1 Stofmetingen

B.4.1.1 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 1, 0% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 18 en 19 november 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
14.47	15.56	1,796	38	21	19	122
17.15	18.20	1,533	37	24	21	118
10.02	11.17	1,938	174	90	78	122
14.00	15.00	1,503	54	36	31	120
16.20	17.35	1,754	41	24	22	76
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	40	36	112

B.4.1.2 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 2, 6% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 25 en 26 november 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
11.20	12.20	1,618	78	48	43	99
14.10	15.10	1,512	48	32	28	117
16.02	17.02	1,420	41	29	25	105
10.14	11.35	1,787	61	34	30	106
14.10	15.10	1,600	38	23	21	120
15.45	16.55	1,750	66	38	33	111
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	34	30	110

B.4.1.3 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 3, 12% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 2 en 3 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
11.00	12.00	1,496	34	23	20	98
13.52	14.52	1,555	23	15	13	104
15.50	16.50	1,510	43	29	25	103
9.40	10.40	1,454	26	18	16	113
12.06	13.06	1,502	33	22	20	97
14.02	15.02	1,464	22	15	14	102
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	20	18	103

B.4.1.4 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 4, 21% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 9 en 10 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
9.55	10.55	1,641	34	21	18	95
12.00	13.00	1,565	23	14	13	96
14.00	15.00	1,687	23	14	12	92
9.30	10.30	1,590	28	17	16	103
11.00	12.00	1,603	24	15	13	101
14.55	15.55	1,629	24	15	13	103
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	16	14	98

B.4.2 Zinkmetingen

B.4.2.1 Tabel specificatie zinkmetingen

Datum	Tijd		Afgezogen volume [m³ ind]	Zinkhoeveelheid		Concentratie in rookgas [mg/m³ ind]
	van	tot		Stof [mg]	Vloeistof [mg]	
Verbrandingsproef 1, 0% PWB						
18/11	14.47	15.56	1,80	6,3	0,99	2,19
	17.15	18.20	1,53			
19/11	16.20	17.35	1,75	3,6	0,15	2,14
Verbrandingsproef 2, 6% PWB						
25/11	11.20	12.20	1,62	21,0	0,99	4,83
	14.10	15.10	1,51			
	16.02	17.02	1,42			
26/11	10.14	11.35	1,78	23,0	0,58	4,59
	14.10	15.10	1,60			
	15.45	16.55	1,75			
Verbrandingsproef 3, 12% PWB						
2/12	11.00	12.00	1,50	15,0	0,37	3,37
	13.52	14.52	1,55			
	15.50	16.50	1,51			
3/12	9.40	10.40	1,45	12,0	0,29	2,78
	12.06	13.06	1,50			
	14.02	15.02	1,46			
Verbrandingsproef 4, 21% PWB						
9/12	9.55	10.55	1,64	20,0	0,28	4,14
	12.00	13.00	1,57			
	14.00	15.00	1,69			
10/12	9.30	10.30	1,59	18,0	0,26	3,79
	11.00	12.00	1,60			
	14.55	13.55	1,63			

B.4.3 Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

B.4.3.1 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 1, 0% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 18 en 19 november 1992

Tijd van tot	Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x ¹⁾ mg/m ³ ind
15.05 16.05	0,200	750	8,7	126	285
16.20 17.25	0,371	723	6,1	111	218
10.10 11.10	0,044	500	3,8	143	295
12.10 13.10	0,247	979	7,6	122	267
14.00 15.00	0,253	1024	6,5	117	257
15.08 15.25	0,066	949	7,4	123	286
gemiddeld	n.v.t.	850	6,9	119	255

¹⁾ berekend als SO₂

B.4.3.2 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 2, 6% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 25 en 26 november 1992

Tijd van tot	Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x ¹⁾ mg/m ³ ind
12.14 13.30	0,323	577	2,9	107	388
14.10 15.10	0,227	676	4,8	113	423
15.30 16.30	0,246	718	5,1	117	444
11.10 12.30	0,302	606	5,2	106	399
12.50 13.55	0,264	801	7,3	125	507
14.10 15.10	0,245	730	8,0	124	400
gemiddeld	n.v.t.	678	5,4	115	425

¹⁾ berekend als SO₂

B.4.3.3 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 3, 12% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 2 en 3 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x ¹⁾ mg/m ³ ind
van	tot					
10.02	10.02	0,229	431	4,2	103	656
13.25	13.25	0,265	593	5,7	101	633
15.18	15.18	0,246	645	7,2	115	638
9.58	9.58	0,247	541	7,7	102	642
11.11	11.11	0,267	648	9,3	107	647
12.57	12.57	0,251	622	8,8	101	600
gemiddeld		n.v.t.	583	7,2	105	636

¹⁾ berekend als SO₂

B.4.3.4 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 4, 21% PWB

Plaats: na E-Filter

Datum: 9 en 10 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x ¹⁾ mg/m ³ ind
van	tot					
9.55	10.55	0,289	313	1,2	91	654
12.00	13.00	0,313	447	5,3	96	710
14.00	15.00	0,312	409	5,3	96	755
9.30	10.30	0,295	393	4,0	99	812
11.00	12.00	0,313	371	6,2	98	748
12.55	13.55	0,302	422	7,7	106	844
gemiddeld		n.v.t.	394	5,0	98	754

¹⁾ berekend als SO₂

B.4.4 PCDD/F

B.4.4.1 Tabel PCDD/F

Meetplaats: na E-Filter

percentage PWB		0%		6%		21%	
monstername datum		18/11/'92	19/11/'92	25/11/'92	26/11/'92	9/12/'92	10/12/'92
monstername periode		12.00-18.05	9.10-14.45	9.15-16.00	9.25-15.55	9.30-16.00	9.00-15.35
afgez. volume	[m ³ ind]	18,3	21,5	18,3	16,0	16,0	19,4
O ₂ gehalte	[vol %,droog]	10,8	10,8	11,0	11,0	10,6	10,6
PCDD/PCDF per filter	[ng TEQ]	498,3	534,0	170,0	181,0	254,2	331,8
gehalte van de rookgassen	[ng TEQ/m ³ ind]	27,3	24,9	9,3	11,3	15,9	17,1
gehalte van de rookgassen bij 11% O ₂	[ng TEQ/m ³ ind]	26,7	21,4	9,3	11,3	15,3	16,5

B.4.5 Macrocomponenten

B.4.5.1 Tabel meetresultaten¹⁾ per meetdag

Meetplaats: na E-Filter

Component	Eenheid	Proef 1		Proef 2		Proef 3		Proef 4	
		18/1	19/11	25/11	26/11	02/12	03/12	09/12	10/12
O ₂	[vol %]	10,4	11,1	10,9	11	10,9	10,6	10,7	10,4
CO ₂	[vol %]	-	-	-	-	8,4	8,9	8,9	9,1
CO	[mg/m ³ ind]	26,3	-	32	-	41	28	33	38
C _x H _y	[mg/m ³ ind]	-	-	-	< 5	< 5	-	< 5	< 5
NO _x	[mg/m ³ ind]	-	-	-	-	279	253	317	245
SO ₂	[mg/m ³ ind]	-	-	-	400	568	584	660	830
Temperatuur	[°C]	202,9	207,3	210,8	212,9	216	213	220	221

¹⁾ Gecorrigeerd voor bedrijfsstoringen

B.4.6 Debietmetingen

B.4.6.1 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 Meetplaats: Na E-Filter
 Datum: 18 november 1992
 Proef: 1, 0% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A	B
Snelheid [m/s act]	Snelheid [m/s act]	
10	9,0	8,4
20	9,4	8,7
30	9,9	9,3
40	10,1	9,4
50	10,4	10,0
60	9,7	9,3
70	10,6	9,0
80	10,1	8,7
90	9,0	7,7
100	6,6	6,6
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	8,2
	[m/s inv]	4,7
	[m/s ind]	4,2
debiet	[m ³ /h act]	35.600
	[m ³ /h inv]	20.300
	[m ³ /h ind]	18.100
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	201

B.4.6.2 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 Meetplaats: Na E-Filter
 Datum: 24 november 1992
 Proef: 2, 6% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A	B
	Snelheid [m/s act]	Snelheid [m/s act]
10	13,3	13,9
20	14,1	14,1
30	14,2	14,0
40	14,4	14,0
50	13,9	13,2
60	13,8	13,4
70	12,9	13,6
80	12,9	13,2
90	13,8	13,3
100	12,7	12,7
105	12,3	11,7
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	13,4
	[m/s inv]	7,6
	[m/s ind]	6,6
debiet	[m ³ /h act]	53.100
	[m ³ /h inv]	30.000
	[m ³ /h ind]	26.200
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	210

B.4.6.3 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 Meetplaats: Na E-Filter
 Datum: 26 november 1992
 Proef: 2, 6% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A	B
	Snelheid [m/s act]	Snelheid [m/s act]
10	12,6	12,7
20	13,6	13,5
30	14,1	14,5
40	14,3	14,3
50	14,1	14,1
60	14,5	14,3
70	14,3	14,5
80	14,3	14,1
90	14,3	13,9
100	13,2	13,1
105	10,4	10,4
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	13,5
	[m/s inv]	7,6
	[m/s ind]	6,7
debiet	[m ³ /h act]	53.500
	[m ³ /h inv]	30.200
	[m ³ /h ind]	26.700
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	210

B.4.6.4 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 meetplaats: Na E-Filter
 datum: 2 december 1992
 proef: 3, 12% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A	B
	Snelheid [m/s act]	Snelheid [m/s act]
10	12,9	13,0
20	13,9	14,0
30	14,1	14,1
40	14,1	14,5
50	14,3	14,3
60	14,3	14,4
70	14,1	14,1
80	13,9	14,5
90	13,7	13,6
100	13,0	13,2
105	12,4	11,9
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	13,5
	[m/s inv]	7,3
	[m/s ind]	6,5
debiet	[m ³ /h act]	58.700
	[m ³ /h inv]	31.800
	[m ³ /h ind]	28.300
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	222

B.4.6.5 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 Meetplaats: Na E-Filter
 Datum: 3 december 1992
 Proef: 3, 12% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A Snelheid [m/s act]	B Snelheid [m/s act]
10	11,7	12,6
20	12,4	13,0
30	13,0	13,2
40	13,5	12,6
50	14,1	13,7
60	13,5	13,5
70	12,8	13,0
80	12,8	13,5
90	12,8	13,2
100	12,4	12,8
105	11,9	11,9
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	12,8
	[m/s inv]	6,9
	[m/s ind]	6,2
debiet	[m ³ /h act]	55.600
	[m ³ /h inv]	30.100
	[m ³ /h ind]	26.800
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	222

B.4.6.6 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 Meetplaats: Na E-Filter
 Datum: 9 december 1992
 Proef: 4, 21% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A	B
	Snelheid [m/s act]	Snelheid [m/s act]
10	11,8	13,1
20	12,7	13,5
30	12,9	13,7
40	13,3	13,7
50	13,3	13,1
60	13,1	12,4
70	12,7	12,2
80	12,7	12,4
90	12,2	12,0
100	11,8	11,8
105	8,8	7,4
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	12,2
	[m/s inv]	6,8
	[m/s ind]	6,1
debiet	[m ³ /h act]	53.300
	[m ³ /h inv]	29.500
	[m ³ /h ind]	26.400
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	220

B.4.6.7 Tabel debietmeting

Bedrijf: PNEM Eindhoven
 Meetplaats: Na E-Filter
 Datum: 10 december 1992
 Proef: 4, 21% PWB

Insteekdiepte [cm]	Meetas	
	A	B
	Snelheid [m/s act]	Snelheid [m/s act]
10	12,4	11,5
20	12,8	12,2
30	13,2	12,6
40	13,2	12,8
50	13,2	12,8
60	12,9	12,8
70	13,0	12,8
80	12,5	12,6
90	11,7	12,4
100	11,5	11,8
105	9,4	11,2
Rekenkundige gemiddelden		
snelheid	[m/s act]	12,2
	[m/s inv]	6,8
	[m/s ind]	6,1
debiet	[m ³ /h act]	53.300
	[m ³ /h inv]	29.700
	[m ³ /h ind]	26.600
Rookgaskanaal		
diepte	[m]	1,1
breedte	[m]	1,1
oppervlakte	[m ²]	1,21
temperatuur	[°C]	221

B.5 Rookgassen in schoorsteenkanaal

B.5.1 Stofmetingen

B.5.1.1 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 1, 0% PWB
 Plaats: schoorsteenkanaal
 Datum: 18 en 19 november 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
15.24	15.56	0,808	13	16	14	167
17.15	18.00	0,892	10	11	10	136
10.02	11.17	1,838	20	11	9	151
14.00	15.00	1,416	20	14	12	163
16.40	17.35	1,375	14	10	8	176
gemiddeld				12	10	159

B.5.1.2 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 2, 6% PWB
 plaats: schoorsteenkanaal
 Datum: 25 en 26 november 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
11.20	12.20	1,325	1)	1)	1)	153
14.10	15.10	1,297	18	14	11	184
16.03	17.03	1,236	12	10	8	193
10.14	11.35	1,708	15	9	7	182
14.10	15.10	1,344	10	8	6	196
15.45	16.45	1,770	6	4	3	184
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	9	7	182

¹⁾ Stofmeting niet bepaald

B.5.1.3 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 3, 12% PWB

Plaats: schoorsteenkanaal

Datum: 2 en 3 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
11.00	12.00	1,348	12	9	8	168
13.52	14.52	1,405	7	5	4	172
15.50	16.50	1,453	17	12	10	204
9.40	10.40	1,437	10	7	6	168
	13.06	1,413	10	7	6	175
12.06	15.02	1,161	11	9	8	170
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	8	7	176

B.5.1.4 Tabel stofmeting

Verbrandingsproef: 4, 21% PWB

Plaats: schoorsteenkanaal

Datum: 9 en 10 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	Stof- hoeveelheid mg	Stofgehalte		Vocht- gehalte g/m ³ ind
van	tot			mg/m ³ ind	mg/m ³ inv	
9.55	10.55	1,353	19	14	11	166
12.00	13.00	1,797	15	8	7	128
14.00	15.00	1,689	16	10	8	163
9.30	10.30	1,536	19	12	10	177
11.02	12.02	1,544	13	8	7	125
12.55	13.55	1,500	18	12	10	171
gemiddeld		n.v.t.	n.v.t.	10	9	155

B.5.2 Zinkmetingen

B.5.2.1 Tabel specificatie zinkmeting

Datum/ proef	Tijd		Afgezogen volume [m³ ind]	Zinkhoeveelheid		Concentratie in rookgas [mg/m³ ind]
	van	tot		Stof [mg]	Vloeistof [mg]	
Verbrandingsproef 1, 0% PWB						
18/11	15.24	15.56	0,81	1,37	0,16	0,90
	17.15	18.20	0,89			
19/11	16.20	17.35	1,38	0,77	0,26	0,74
Verbrandingsproef 2, 6% PWB						
25/11	11.20	12.20	1,33	5,8	0,23	1,56
	14.10	15.10	1,30			
	16.02	17.02	1,24			
26/11	10.14	11.35	1,71	4,7	1,38	1,26
	14.10	15.10	1,34			
	15.45	16.55	1,77			
Verbrandingsproef 3, 12% PWB						
2/12	11.00	12.00	1,35	6,4	0,28	1,59
	13.52	14.52	1,41			
	15.50	16.50	1,45			
3/12	9.40	10.40	1,44	6,1	0,18	1,57
	12.06	13.06	1,41			
	14.02	15.02	1,16			
Verbrandingsproef 4, 21% PWB						
9/12	9.55	10.55	1,35	12,0	0,12	2,50
	12.00	13.00	1,80			
	14.00	15.00	1,69			
10/12	9.30	10.30	1,54	12,0	0,13	2,65
	11.00	12.00	1,54			
	14.55	13.55	1,50			

B.5.3 Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

B.5.3.1 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 1, 0% PWB
 Plaats: schoorsteenkanaal
 Datum: 18 en 19 november 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x mg/m ³ ind
van	tot					
15.05	16.07	0,225	78	0,3	165	190
16.20	17.25	0,321	45	0,6	184	179
10.10	11.10	0,289	15	0,5	182	235
12.10	13.10	0,303	23	0,6	188	209
14.00	15.00	0,315	28	0,6	194	218
15.08	15.25	0,085	118	1,0	202	158
gemiddeld		n.v.t.	40	0,6	185	204

B.5.3.2 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 2, 6% PWB
 Plaats: schoorsteenkanaal
 Datum: 15 en 26 november 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x mg/m ³ ind
van	tot					
12.14	13.30	0,388	24	0,4	182	311
14.10	15.10	0,316	29	0,5	190	401
15.30	16.30	0,283	17	0,4	190	339
11.40	12.40	0,252	31	0,2	188	323
12.48	13.55	0,300	26	0,5	203	422
14.10	13.30	0,295	35	0,6	193	333
gemiddeld		n.v.t.	27	0,4	191	354

B.5.3.3 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 3, 12% PWB
 Plaats: schoorsteenkanaal
 Datum: 2 en 3 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x mg/m ³ ind
van	tot					
10.02	10.02	0,252	18	0,4	168	503
13.25	13.25	0,288	11	0,5	179	489
15.18	15.18	0,290	20	0,6	179	509
9.58	9.58	0,277	17	0,5	169	530
11.11	11.11	0,293	9	0,6	171	478
12.57	12.57	0,292	8	0,5	175	493
gemiddeld		n.v.t.	14	0,5	174	500

B.5.3.4 Tabel Chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

Verbrandingsproef: 4, 21% PWB
 Plaats: schoorsteenkanaal
 Datum: 9 en 10 december 1992

Tijd		Afgezogen- volume m ³ ind	HCl mg/m ³ ind	HF mg/m ³ ind	H ₂ O g/m ³ ind	SO _x mg/m ³ ind
van	tot					
9.55	10.55	0,302	17	0,3	173	572
12.00	13.00	0,318	17	0,4	169	637
14.00	15.00	0,325	23	0,4	163	661
9.30	10.30	0,338	207	0,8	185	749
11.02	12.02	0,309	103	0,7	181	674
12.55	13.55	0,319	45	0,7	181	742
gemiddeld		n.v.t.	70	0,5	176	674

B.5.4 PCDD/F

B.5.4.1 Tabel PCDD/F

Plaats: schoorsteenkanaal

percentage PWB		0%		6%		21%	
monstername datum		18/11/'92	19/11/'92	25/11/'92	26/11/'92	9/12/'92	10/12/'92
monstername periode		12.00-18.05	9.10-15.45	9.15-16.00	9.25-15.55	9.30-15.35	9.00-15.35
afgez. volume	[m ³ ind]	18,6	24,3	17,8	13,3	11,5	19,3
O ₂ gehalte	[vol %,droog]	11,0	11,0	11,2	11,2	10,9	10,9
PCDD/PCDF per filter	[ng TEQ]	300,2	274,9	168,0	208,5	229,0	313,7
gehalte van de rookgassen	[ng TEQ/m ³ ind]	16,1	11,3	9,4	15,7	19,9	16,2
gehalte van de rookgassen bij 11% O ₂	[ng TEQ/m ³ ind]	16,1	11,3	9,6	16,0	19,7	16,1

B.5.5 Macrocomponenten

B.5.5.1 Tabel meetresultaten¹⁾ per meetdag

Plaats: schoorsteenkanaal

Component	Eenheid	Proef 1		Proef 2		Proef 3		Proef 4	
		18/1	19/11	25/11	26/11	02/12	03/12	09/12	10/12
O ₂	[vol %]	10,6	11,2	11	11,3	10,8	10,6	11	10,8
CO ₂	[vol %]	9,2	8,5	8,7	8,5	8,4	8,9	-	8,9
CO	[mg/m ³ ind]	32,2	32,2	41,9	37,9	37,8	27	28	32
C _x H _y	[mg/m ³ ind]	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	-	< 5
NO _x	[mg/m ³ ind]	301	309	303	298	292	254-	-	236
SO ₂	[mg/m ³ ind]	216	199	429	287	462	497-	-	604
Temperatuur	[°C]	60,6	60,7	61,3	61,3	59,5	59,4	55	55

¹⁾ gecorrigeerd voor bedrijfsstoringen

B.6 E-as & slak

B.6.1 Tabel specificatie resultaten fysische slakanalyses

Zeefmaat	Eenheid	Norm		0% PWB		6% PWB		12% PWB		21% PWB	
		max.	min.	18 nov.	19 nov.	25 nov.	26 nov.	2 dec.	3 dec.	9 dec.	10 dec.
				0	0,0	1,1	0,00	0,59	10,7	1,5	1,8
C 31,5	[mm]			0,8	2,4	3,3	1,21	5,95	17,6	5,2	5,3
C 22,4	[mm]	0	10	2,8	6,9	4,9	3,83	14,01	28,0	12,2	9,6
C 16	[mm]			7,3	14,9	7,7	6,54	21,27	38,2	20,7	14,7
C 8	[mm]	10	40	17,6	29,4	18,0	18,67	39,13	56,2	38,9	28,0
4	[mm]			30,7	34,9	27,2	30,04	49,18	64,2	49,4	37,6
2	[mm]	40	70	50,8	50,1	44,8	54,54	63,75	74,2	64,3	56,1
1	[mm]			65,3	64,7	60,5	68,97	73,77	80,95	75,1	70,9
0,5	[mm]			76,2	75,6	73,3	80,19	81,23	85,7	83,2	81,4
0,25	[mm]			85,0	83,9	83,9	88,70	87,32	89,9	88,8	88,5
0,125	[mm]			91,7	90,2	91,5	94,04	92,09	93,1	93,1	93,2
0,063	[mm]	92	100	95,4	93,6	95,3	96,41	94,64	95,3	95,4	95,6
<0,063	[mm]			100	100	100	100	100	100	100	100
ijzerhoudende bestanddelen	[%]	5		1,8	1,8	2,7	3,2	7,1	7,5	8,0	7,5
verbrijzelingsfactor	[%]		0,65	0,67	0,67	0,69	0,67	0,67	0,69	0,69	0,68
gloeiverlies	[%]	6		1,9	4,1	3,3	3,3	6,0	5,2	7,0	5,4
verteerbaar koolstof	[%]	2		0,9	1,3	1,2	1,2	1,8	1,6	2,0	1,6
vochtgehalte	[%]		-	18,7	22,3	19,5	20,7	17,5	20,0	15,7	15,8

B.6.2 Tabel specificatie resultaten analyses zware metalen, 0% PWB

				18-11 '92			19-11 '92		
Component	Eenheid	Norm	Gem.	Monster 1			Monster 2		
Resultaten slak analyse									
Cd	[mg/kg]	50	23	28	21	30	19	20	21
Cr	[mg/kg]	5000	232	217	244	211	188	195	334
Cu	[g/kg]	5	11,6	9,4	6,4	10,0	16,0	18,0	10,0
Hg	[mg/kg]	50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Mn	[g/kg]	50	0,94	0,87	0,87	0,82	0,95	1,02	1,08
As	[mg/kg]	50	28	13	17	7	39	51	43
Sb	[mg/kg]	5065	71	72	75	69	48	54	
Se	[mg/kg]	50	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Te	[mg/kg]	50	4,9-2,9	7,2	5,6	4,7	<4	<4	<4
Sn	[mg/kg]	5000	281	199	201	189	560	320	216
V	[mg/kg]	5000	49	56	50	52	41	51	45
Ni	[mg/kg]	5000	186	141	175	142	237	246	177
Pb	[g/kg]	5	2,5	3,0	1,8	1,8	2,4	4,5	1,4
Zn	[g/kg]	20	7,0	3,7	12,0	4,8	7,3	3,3	11,0
Co	[mg/kg]	5000	19	21	18	21	18	17	18
Resultaten E-as + ketelas analyse									
Cd	[mg/kg]	50	205	238	279	248	156	157	154
Cr	[mg/kg]	5000	233	263	251	252	213	206	210
Cu	[g/kg]	5	0,9	0,95	1,07	1,05	0,79	0,8	0,78
Hg	[mg/kg]	50	0,4-0,3	<0,2	<0,2	<0,2	0,48	0,56	0,58
Mn	[g/kg]	50	1,2	1,3	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1
As	[mg/kg]	50	51	60	65	61	39	41	42
Sb	[mg/kg]	50	547	834	672	670	360	376	369
Se	[mg/kg]	50	13	18	16	13	9,5	10	9,6
Te	[mg/kg]	50	2,7-2,2	4	5,7	3,6	<1	<1	<1
Sn	[mg/kg]	5000	515	583	584	561	462	413	487
V	[mg/kg]	5000	54	64	67	64	41	47	41
Ni	[mg/kg]	5000	89	100	116	113	66	71	68
Pb	[g/kg]	5	5,5	6,1	6,8	6,2	4,5	4,6	4,5
Zn	[g/kg]	20	11	12	14	14	9,1	9,3	9,4
Co	[mg/kg]	5000	22	23	22	22	20	22	20

B.6.3 Tabel specificatie analyseresultaten zware metalen, 6% PWB

				25-11 '92			26-11 '92		
Component	Eenheid	Norm	Gem.	Monster 1			Monster 2		
Resultaten slak analyse									
Cd	[mg/kg]	50	3,9	5,0	5,2	5,0	2,1	2,7	3,1
Cr	[mg/kg]	5000	277	237	201	228	641	189	166
Cu	[g/kg]	5	21,5	58,0	15,0	11,0	11,0	6,9	27,0
Hg	[mg/kg]	50	0.2-0.1	0,21	<0.2	0,27	0,21	<0.2	<0.2
Mn	[g/kg]	50	0,78	0,77	0,80	0,81	0,77	0,79	0,75
As	[mg/kg]	50	35	53	44	71	23	10	8,9
Sb	[mg/kg]	50	55	46	66	56	89	34	36
Se	[mg/kg]	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Te	[mg/kg]	50	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Sn	[mg/kg]	5000	444	144	203	235	307	237	1540
V	[mg/kg]	5000	11	15	14	13	8,2	8,4	8,9
Ni	[mg/kg]	5000	178	153	128	92	89	190	415
Pb	[g/kg]	5	2,2	1,7	2,3	1,5	3	1,9	2,9
Zn	[g/kg]	20	5,1	5,5	4,6	5,5	3,8	4,7	6,3
Co	[mg/kg]	5000	26	25	27	31	23	23	24
Resultaten E-as + ketelas analyse									
Cd	[mg/kg]	50	216	215	211	211	215	241	202
Cr	[mg/kg]	5000	204	225	235	221	187	177	178
Cu	[g/kg]	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
Hg	[mg/kg]	50	0,8	0,6	1,0	1,5	0,6	0,8	0,5
Mn	[g/kg]	50	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
As	[mg/kg]	50	34	44	39	38	30	24	29
Sb	[mg/kg]	50	471	504	493	492	429	459	450
Se	[mg/kg]	50	9	13	13	12	6	4	4,5
Te	[mg/kg]	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	[mg/kg]	5000	604	686	699	703	525	503	505
V	[mg/kg]	5000	39	48	40	38	40	28	38
Ni	[mg/kg]	5000	66	67	64	65	67	66	67
Pb	[g/kg]	5	7,2	5,6	5,6	6	8,7	9,7	7,3
Zn	[g/kg]	20	23	24	24	24	23	23	22
Co	[mg/kg]	5000	74	77	77	75	71	70	72

B.6.4 Tabel analyseresultaten zware metalen, 12% PWB

				2-12 '92			3-12 '92		
Component	Eenheid	Norm	Gem.	Monster 1			Monster 2		
Resultaten slak analyse									
Cd	[mg/kg]		50	3,2	4,2	3,4	4,5	2,3	2,6
Cr	[mg/kg]		5000	189	129	132	130	179	352
Cu	[g/kg]		5	5,8	5,6	5,8	6,7	5,6	5,7
Hg	[mg/kg]		50	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,2
Mn	[g/kg]		50	2,1	1,08	1,11	0,96	2,7	3,0
As	[mg/kg]		50	16	11	19	12	16	20
Sb	[mg/kg]		50	31	31	35	25	36	34
Se	[mg/kg]		50	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Te	[mg/kg]		50	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Sn	[mg/kg]		5000	185	235	285	112	158	185
V	[mg/kg]		5000	24	7,8	7,9	7,4	42	39
Ni	[mg/kg]		5000	195	97	112	93	175	154
Pb	[g/kg]		5	1,2	1,0	1,5	1,0	1,8	1,0
Zn	[g/kg]		20	7,2	6,8	8,0	9,1	6,6	7,1
Co	[mg/kg]		5000	46	42	41	41	51	51
Resultaten E-as + ketelas analyse									
Cd	[mg/kg]		50	215	190	202	203	204	283
Cr	[mg/kg]		5000	168	170	178	179	159	157
Cu	[g/kg]		5	2,0	2	2,1	2,2	1,9	2
Hg	[mg/kg]		50	0,28-0,23	0,1	0,1	0,1	0,41	0,47
Mn	[g/kg]		50	0,9	0,5	0,6	0,6	1,3	1,2
As	[mg/kg]		50	31	31	31	31	28	37
Sb	[mg/kg]		50	356	360	402	403	294	330
Se	[mg/kg]		50	6,9	8,7	9,2	9,1	4,9	4,8
Te	[mg/kg]		50	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	[mg/kg]		5000	577	614	649	637	513	549
V	[mg/kg]		5000	39	30	42	37	42	39
Ni	[mg/kg]		5000	61	59	60	58	62	59
Pb	[g/kg]		5	15,7	12,0	13,0	13,0	12,0	32,0
Zn	[g/kg]		20	43	45	46	46	41	41
Co	[mg/kg]		5000	178	145	169	178	203	177

B.6.5 Tabel specificatie analyseresultaten zware metalen, 21% PWB

				11-12 '92			12-12 '92		
Component	Eenheid	Norm	Gem.	Monster 1			Monster 2		
Resultaten slak analyse									
Cd	[mg/kg]	50	0,9	1,2	1,0	1,0	0,7	0,6	0,7
Cr	[mg/kg]	5000	173	196	195	199	151	168	127
Cu	[g/kg]	5	6,2	8,6	6,7	7,9	3,1	4,4	6,6
Hg	[mg/kg]	50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Mn	[g/kg]	50	0,66	0,67	0,71	0,76	0,57	0,69	0,58
As	[mg/kg]	50	19	14	20	25	15	23	17
Sb	[mg/kg]	50	30	50	25	39	24	22	21
Se	[mg/kg]	50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Te	[mg/kg]	50	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Sn	[mg/kg]	5000	137	227	137	174	97	84	102
V	[mg/kg]	5000	25	27	26	25	23	25	23
Ni	[mg/kg]	5000	144	134	180	227	97	133	95
Pb	[g/kg]	5	1,3	1,77	0,98	2,2	0,63	0,96	1,06
Zn	[g/kg]	20	6,5	8,6	6,8	7,1	5,0	6,0	5,2
Co	[mg/kg]	5000	69	73	82	72	60	64	62
Resultaten E-as analyse									
Cd	[mg/kg]	50	401	431	388	385			
Cr	[mg/kg]	5000	121	122	115	125			
Cu	[g/kg]	5	1,6	1,7	1,6	1,6			
Hg	[mg/kg]	50	1,7	1,6	1,9	1,7			
Mn	[g/kg]	50	0,4	0,4	0,4	0,4			
As	[mg/kg]	50	59	58	57	61			
Sb	[mg/kg]	50	1030	1060	1000	1030			
Se	[mg/kg]	50	22	25	20	20			
Te	[mg/kg]	50	22	25	20	20			
Sn	[mg/kg]	5000	1650	1700	1650	1600			
V	[mg/kg]	5000	19	20	19	19			
Ni	[mg/kg]	5000	43	42	42	44			
Pb	[g/kg]	5	9,1	9,7	9,0	8,5			
Zn	[g/kg]	20	161	162	170	150			
Co	[mg/kg]	5000	278	276	274	285			

B.6.6 Tabel specificatie fysische analyses E-as

zeefmaat [µm]	Percentage PWB						
	0%		6%		12%		21%
	18 nov. % ¹⁾	19 nov. % ¹⁾	25 nov. % ¹⁾	26 nov. % ¹⁾	2 dec. % ¹⁾	3 dec. % ¹⁾	9-10 dec. % ¹⁾
125,0	45,7	58,7	46,6	50,3	41,5	51,1	52,3
180,0-148,72	59,9	72,0	64,6	66,6	59,0	65,2	60,2
148,72-122,87	60,1	72,4	65,7	66,9	59,2	65,5	65,7
122,87-101,52	60,9	73,6	66,1	67,8	60,1	66,8	68,7
101,52-83,87	62,2	72,3	67,9	69,3	61,5	68,3	71,4
83,87-69,30	64,2	77,3	70,4	71,5	63,5	70,4	74,3
69,30-57,25	66,9	79,6	73,4	74,0	66,4	73,1	77,1
57,25-47,30	69,9	82,3	76,7	77,0	69,7	76,1	80,4
47,30-39,08	73,4	84,7	80,1	80,4	72,5	79,1	83,5
39,08-32,29	77,1	87,1	83,3	79,7	76,8	81,9	86,4
32,29-26,68	80,6	89,3	86,2	85,8	80,1	84,5	88,9
26,68-22,06	83,8	91,2	88,7	88,3	83,2	86,8	90,5
22,06-18,21	86,6	92,8	91,8	90,3	86,0	88,8	92,7
18,21-15,06	89,0	94,2	92,5	92,0	88,3	90,5	94,1
15,06-12,43	90,9	95,2	93,8	93,4	90,3	91,9	95,2
12,43-10,27	92,4	96,0	94,9	94,4	91,9	93,1	96,1
10,27-8,48	93,5	96,7	95,7	95,2	93,2	94,4	96,7
8,48-7,01	94,5	97,2	96,3	95,9	94,3	94,9	97,4
7,01-5,79	95,3	97,6	96,9	96,7	95,1	95,6	97,9
5,79-4,79	96,0	97,9	97,3	96,9	95,9	96,2	98,3
4,79-4,96	96,5	98,5	97,7	97,4	96,6	96,7	98,6
4,96-3,27	97,1	98,5	98,1	97,8	97,2	97,1	98,9
3,27-2,70	96,7	98,8	98,4	98,1	97,5	97,6	99,1
2,70-2,23	97,9	98,9	98,6	98,4	98,1	97,9	99,3
2,23-1,84	98,2	99,1	98,8	98,6	98,3	98,2	99,4
1,84-1,52	98,3	99,2	98,9	98,7	98,5	98,3	99,4
1,52-1,26	98,5	99,2	99,0	98,9	98,7	98,5	99,5
1,26-1,04	98,7	99,4	99,2	99,0	98,9	98,8	99,5
1,04-0,88	99,0	99,5	99,3	99,2	99,1	99,0	99,6
0,88-0,71	99,4	99,7	99,6	99,4	99,4	99,4	99,8
0,71-0,59	99,7	99,9	99,8	99,8	99,7	99,7	99,9
0,59-0,48	99,9	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9	100,0
0,48-0,20	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ massa procent, droog

B.6.7 Tabel specificatie chemische analyses E-as [%]

Component	Percentage PWB						
	0%		6%		12%		21%
	18 nov. % ¹⁾	19 nov. % ¹⁾	25 nov. % ¹⁾	26 nov. % ¹⁾	2 dec. % ¹⁾	3 dec. % ¹⁾	9-10 dec. % ¹⁾
ijzerhoudende bestanddelen	0,9	1,4	1,2	1,6	9,1	16,2	18,1
gloeiverlies	2,3	1,5	1,9	1,4	2,9	3,0	5,3
verteerbaar-koolstof	1,0	0,8	0,9	0,8	1,1	1,1	1,2

¹⁾ massa procent, droog

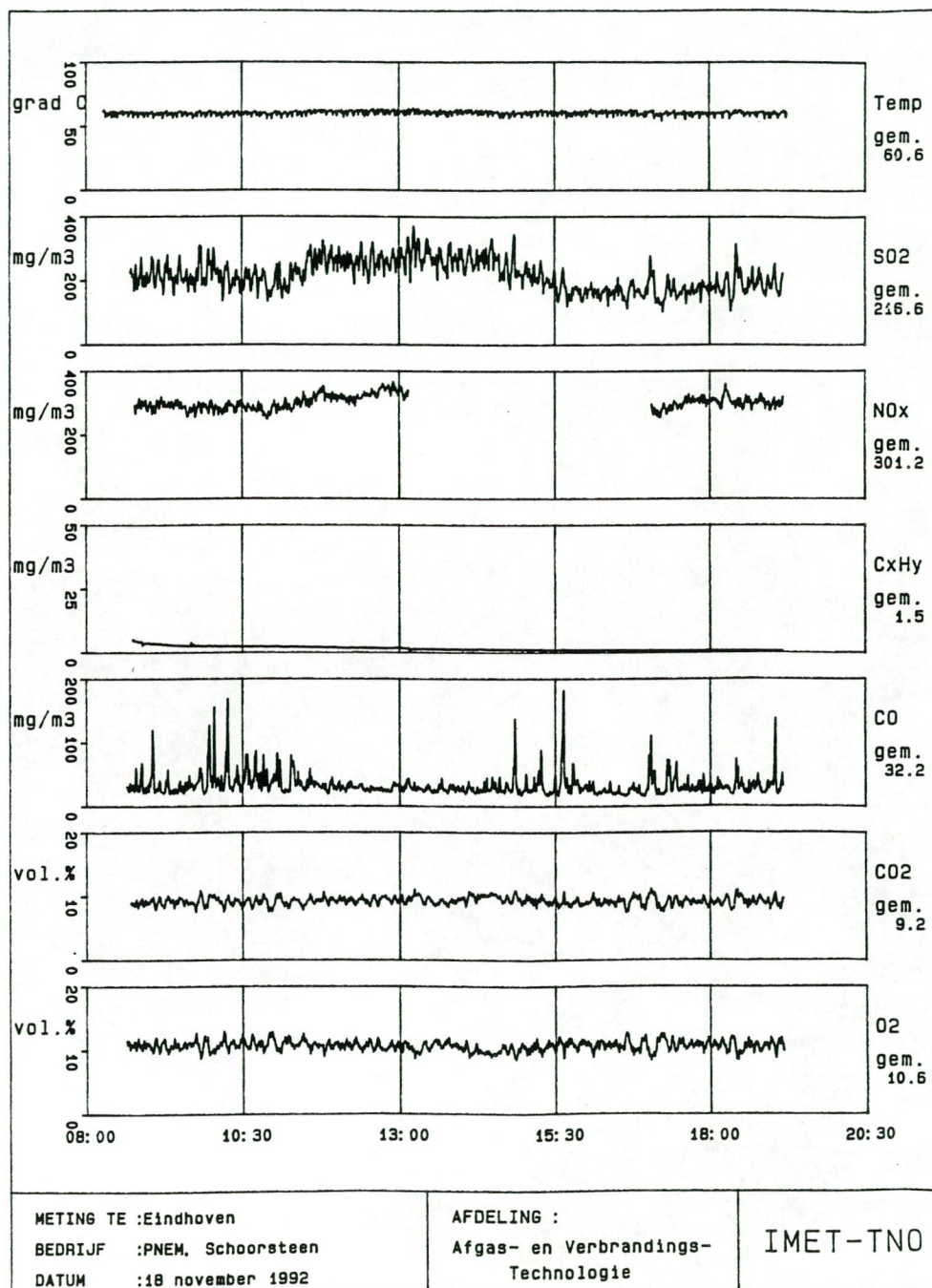
C

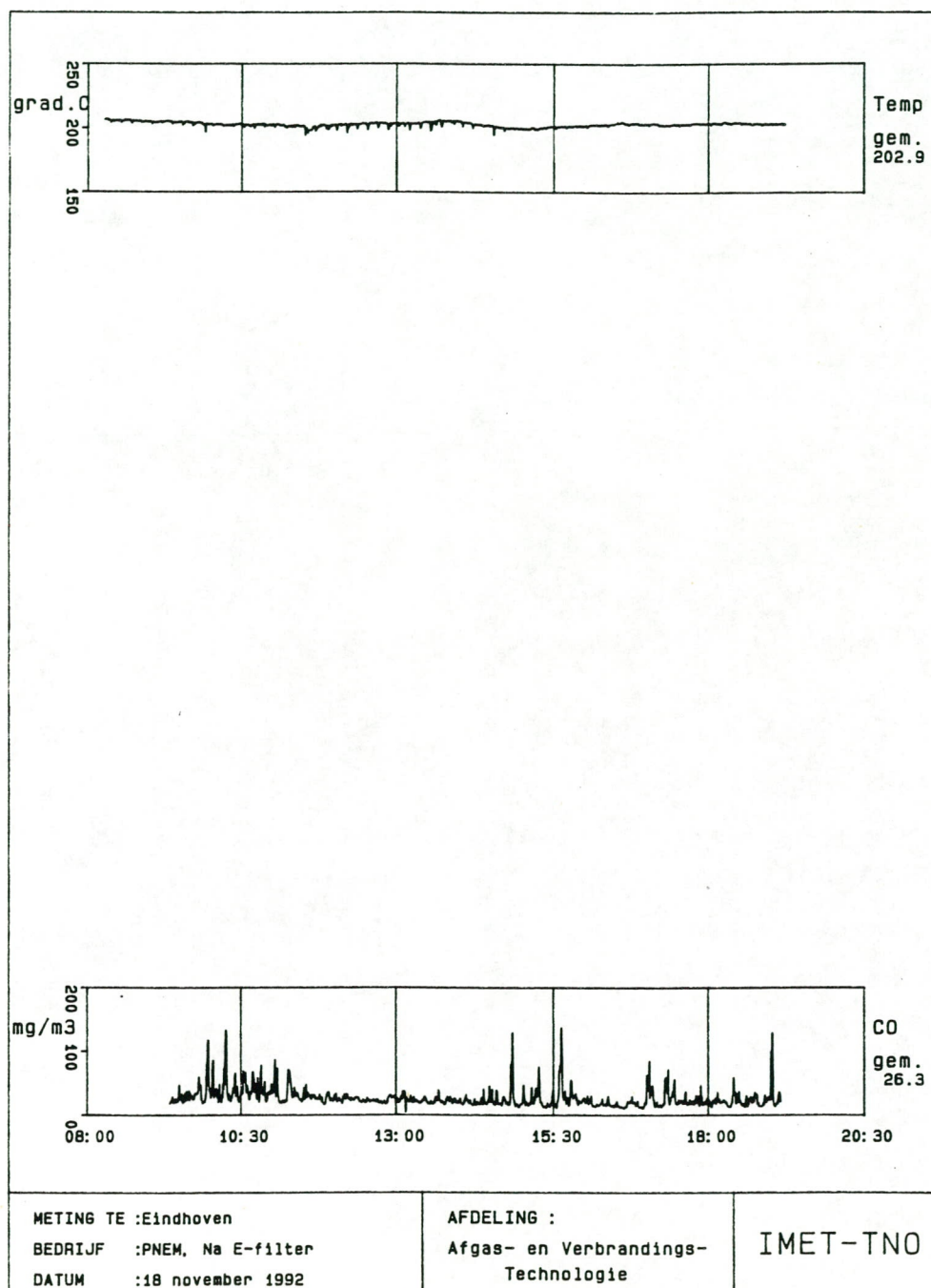
Bijlage C Diagrammen verloop CO, O₂, NO_x, CO₂, C_xH_y, SO₂ en temperatuur na E-filter en in schoorsteen

C.1	Diagrammen 0% PWB.....	Bijlage C-3
C.1	Diagrammen 0% PWB.....	Bijlage C-4
C.1	Diagrammen 0% PWB.....	Bijlage C-5
C.1	Diagrammen 0% PWB.....	Bijlage C-6
C.2	Diagrammen 6% PWB.....	Bijlage C-7
C.2	Diagrammen 6% PWB.....	Bijlage C-8
C.2	Diagrammen 6% PWB.....	Bijlage C-9
C.2	Diagrammen 6% PWB.....	Bijlage C-10
C.3	Diagrammen 12% PWB.....	Bijlage C-11
C.3	Diagrammen 12% PWB.....	Bijlage C-12
C.3	Diagrammen 12% PWB.....	Bijlage C-13
C.3	Diagrammen 12% PWB.....	Bijlage C-14
C.4	Diagrammen 21% PWB.....	Bijlage C-15
C.4	Diagrammen 21% PWB.....	Bijlage C-16
C.4	Diagrammen 21% PWB.....	Bijlage C-17
C.4	Diagrammen 21% PWB.....	Bijlage C-18

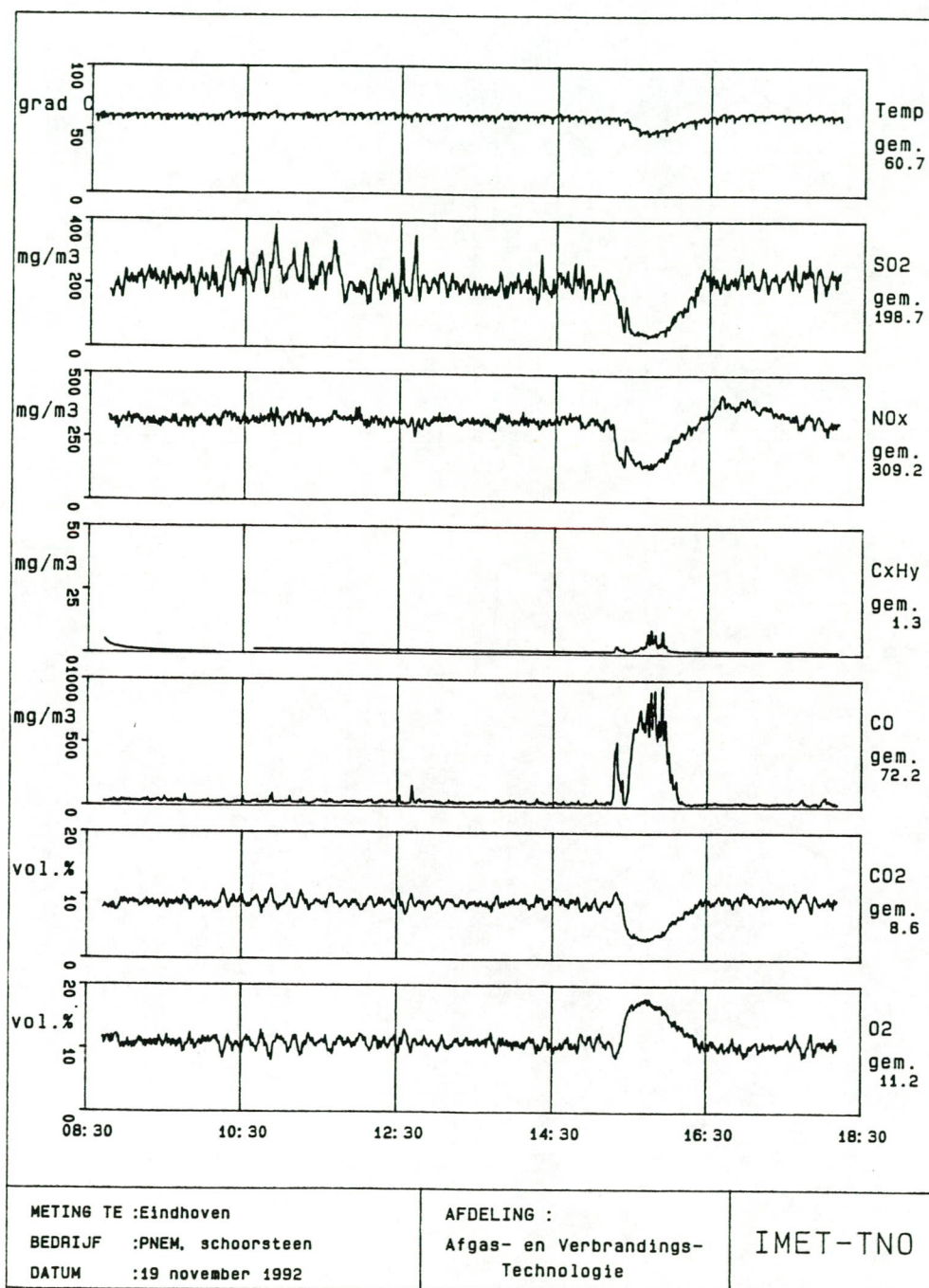
Onderzoek CO-verbranding personenwagenbanden granulaat met fluff bij de PNEM te Eindhoven

C.1 Diagrammen 0% PWB

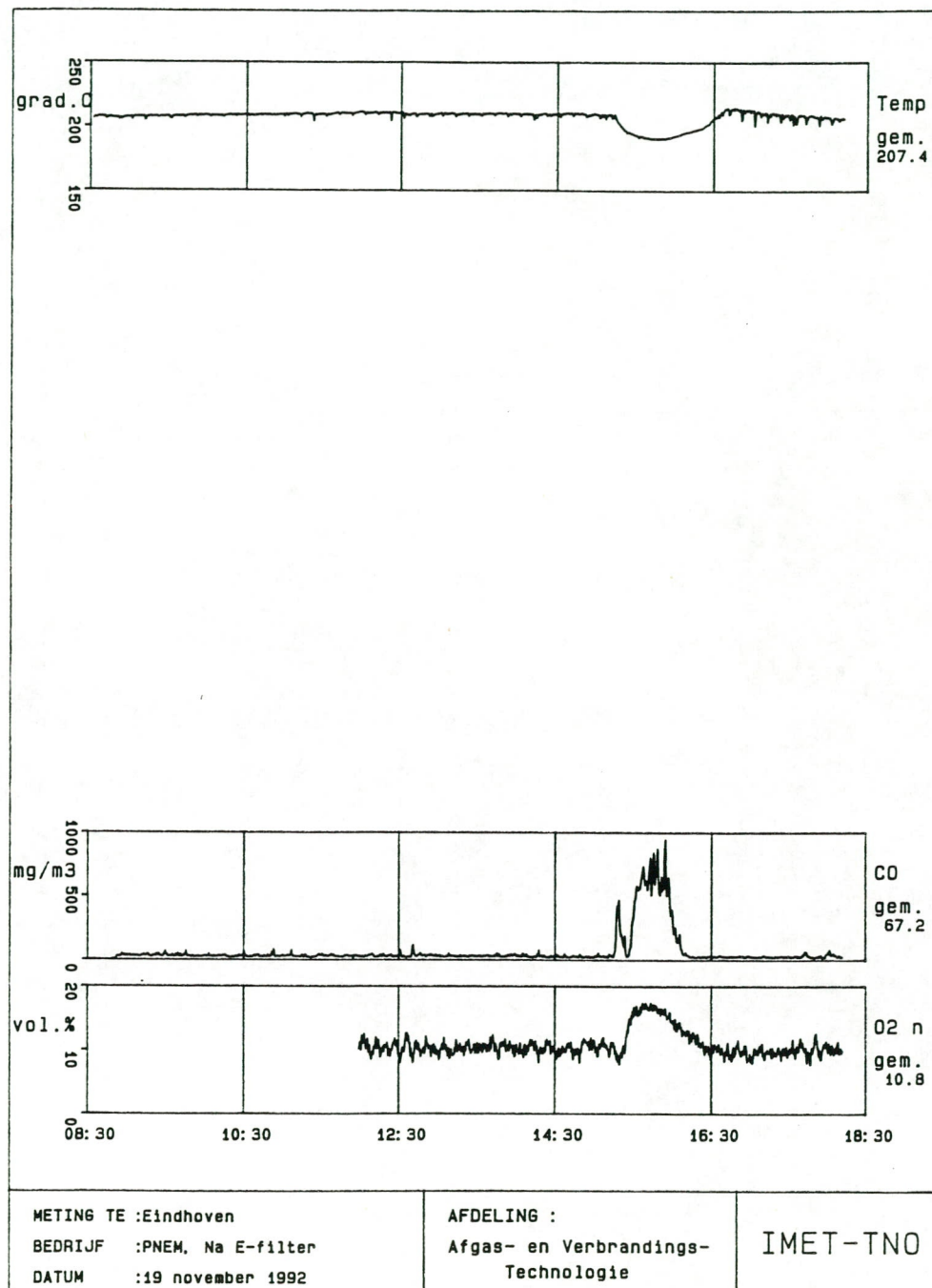


C.1 Diagrammen 0% PWB

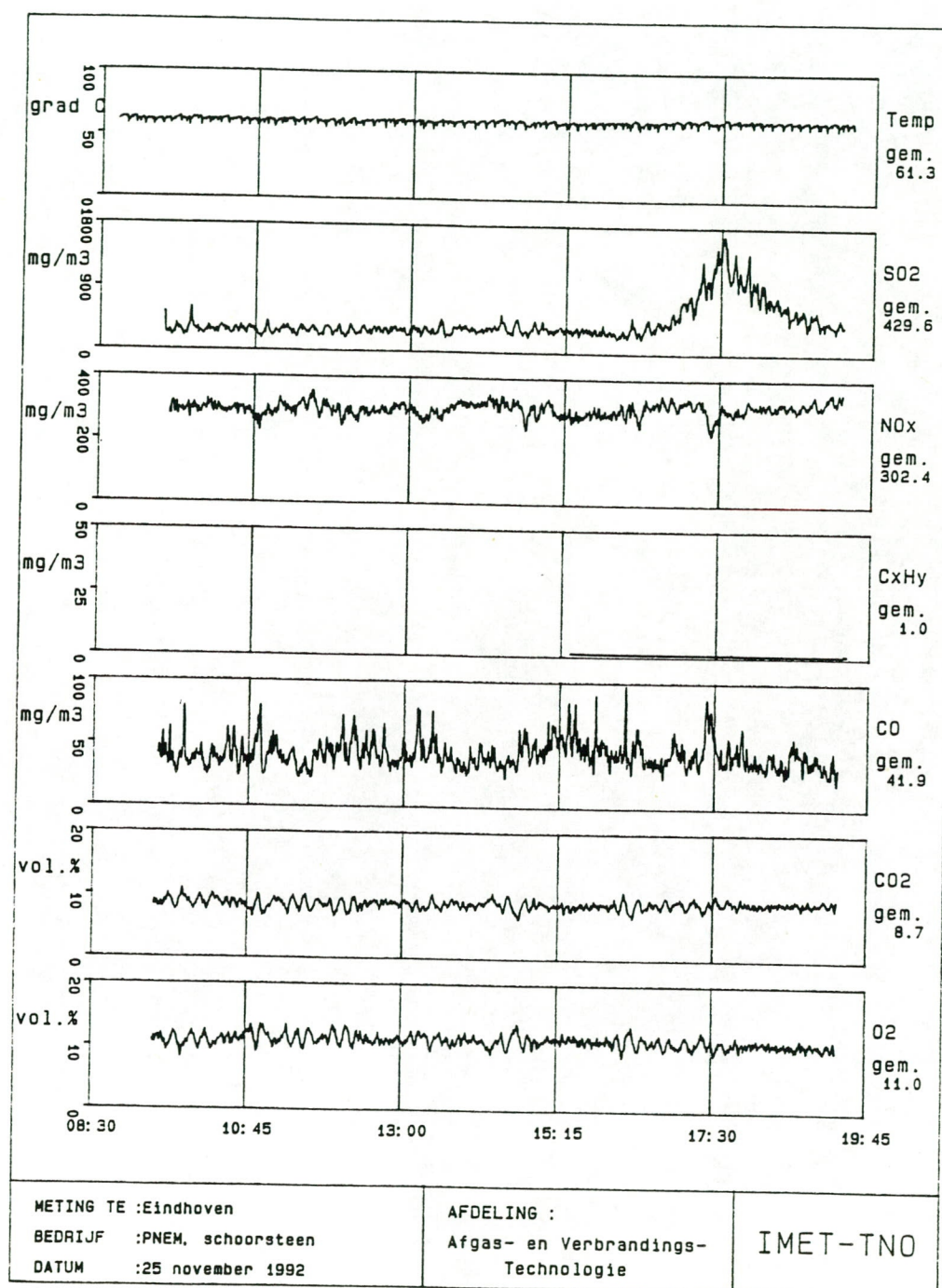
C.1 Diagrammen 0% PWB



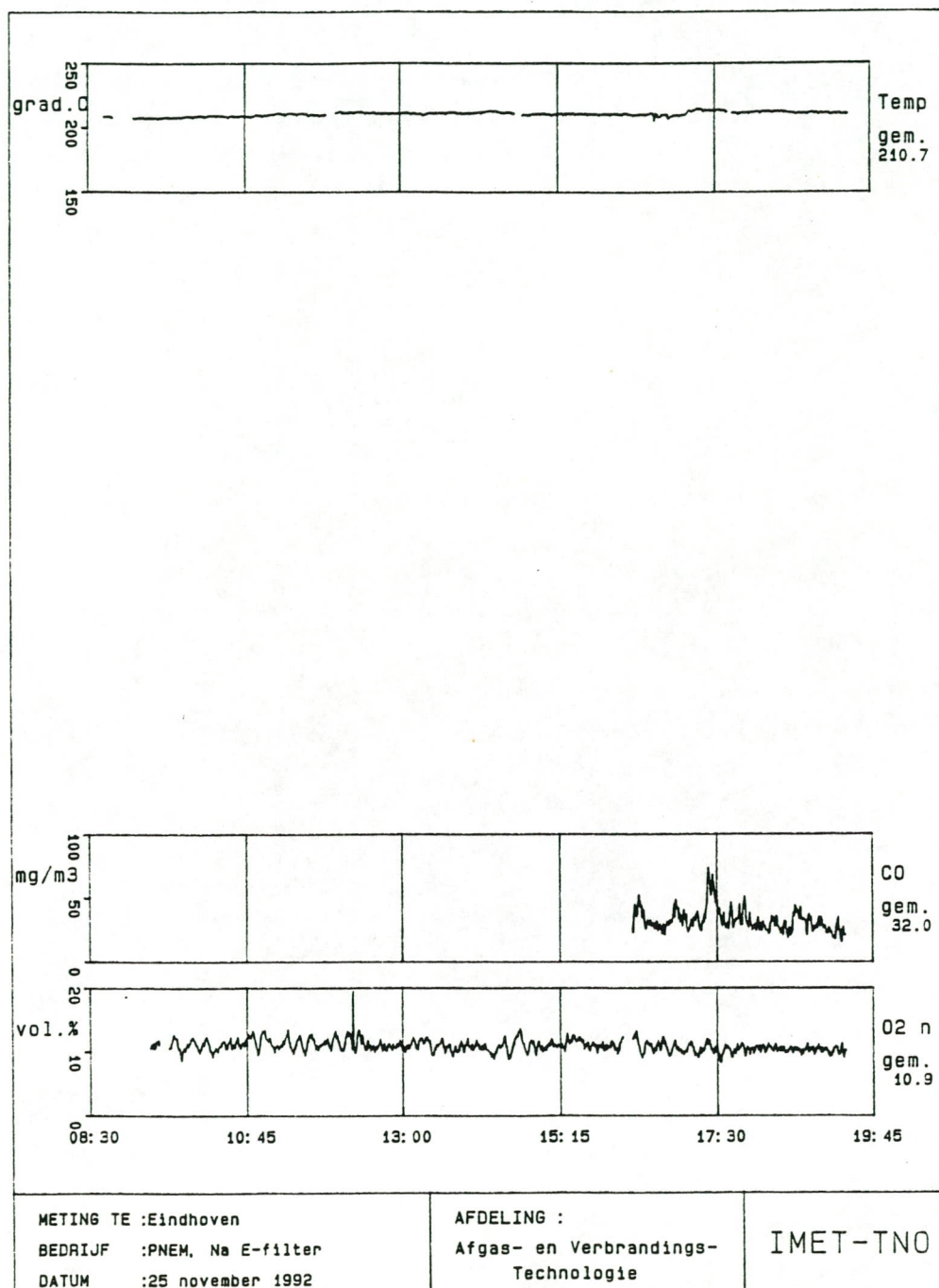
C.1 Diagrammen 0% PWB

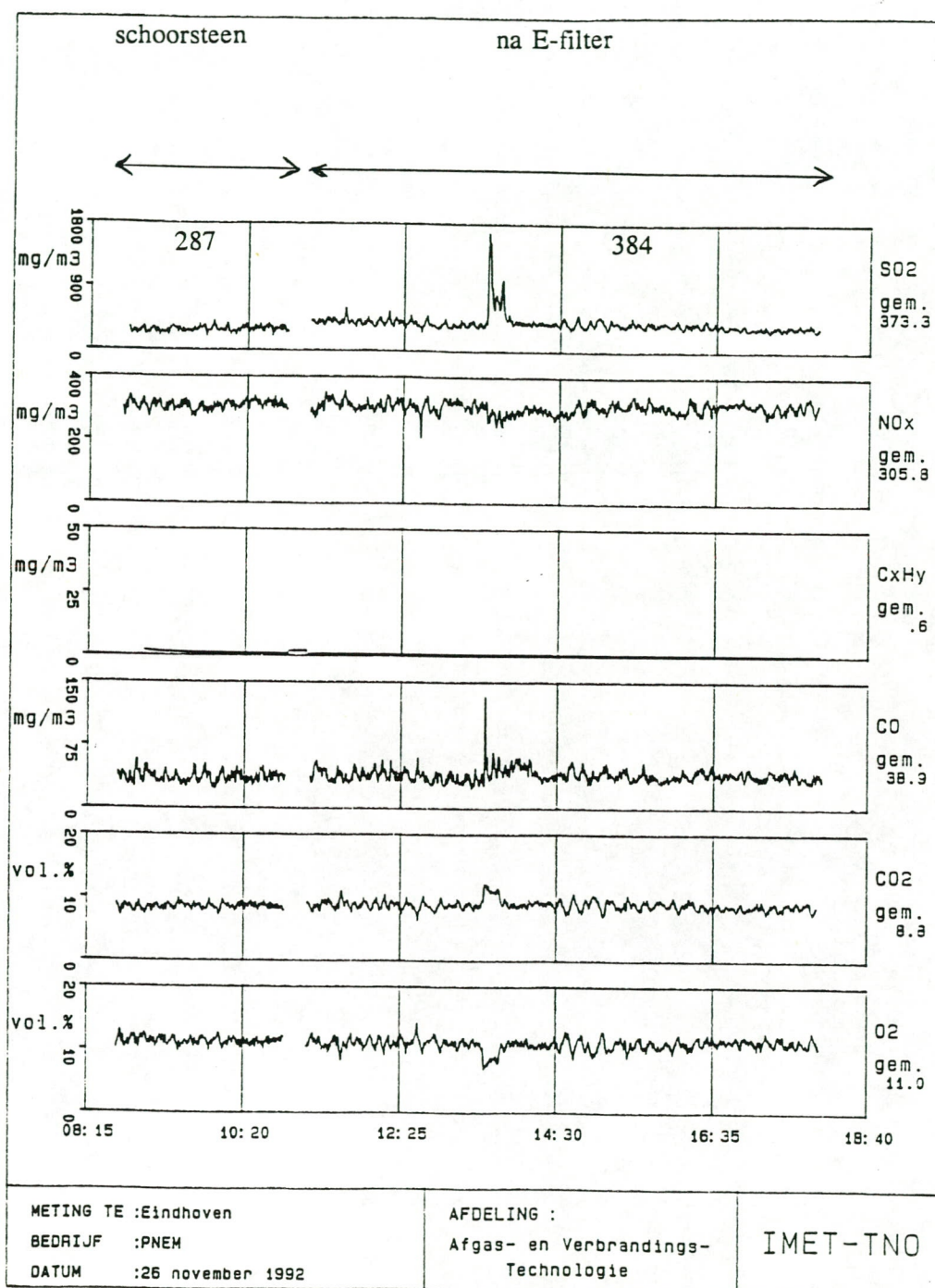


C.2 Diagrammen 6% PWB

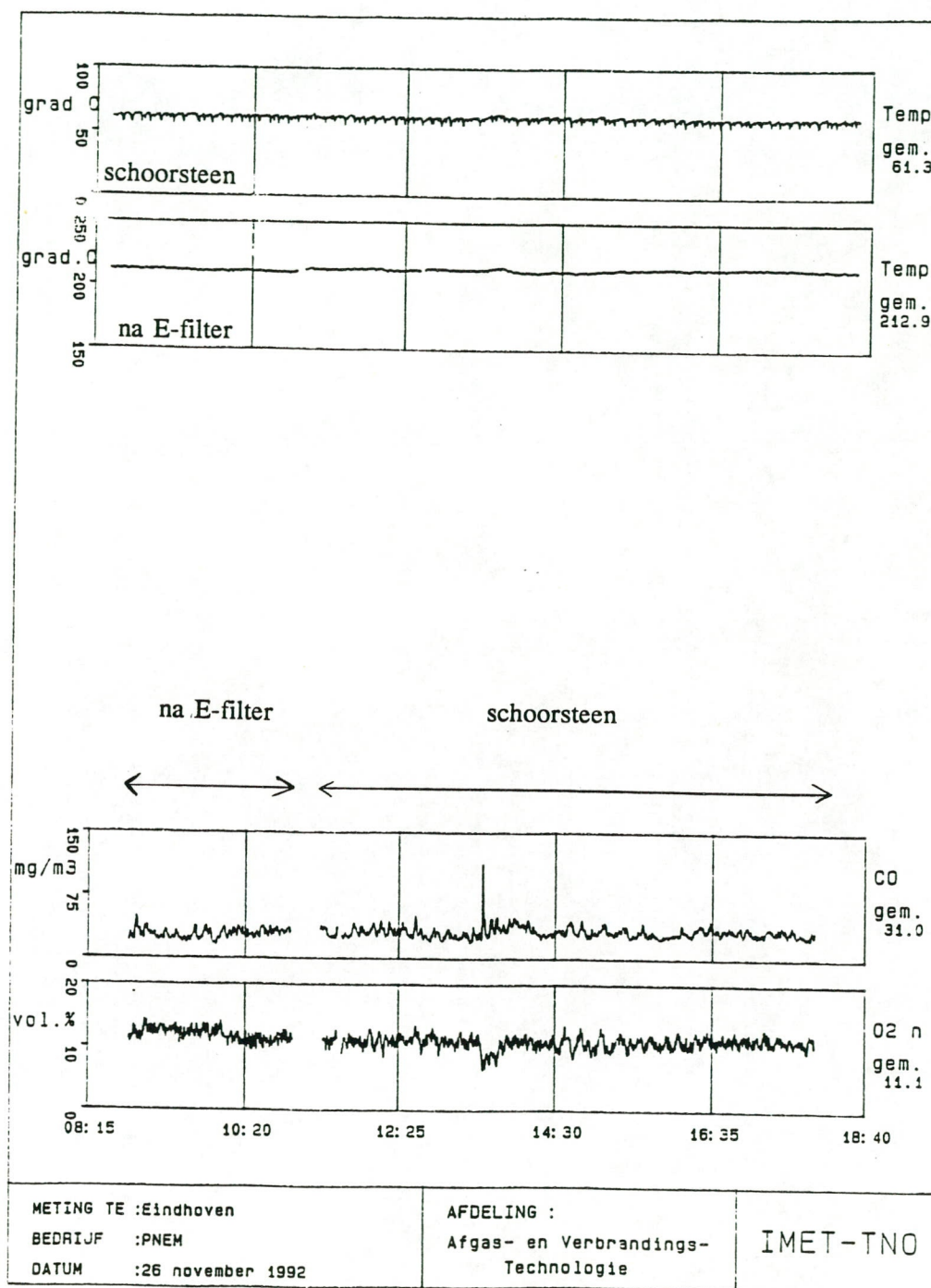


C.2 Diagrammen 6% PWB

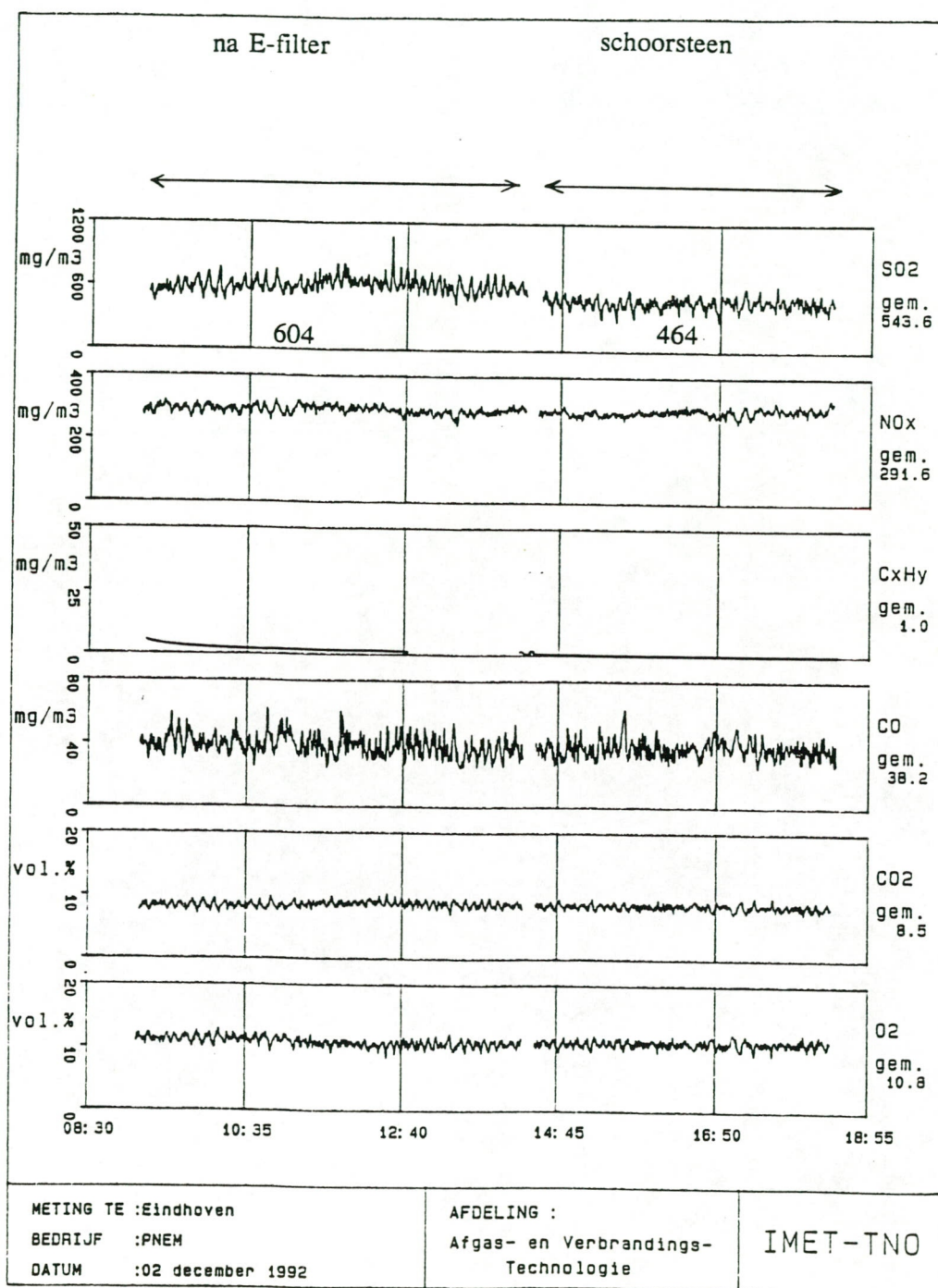




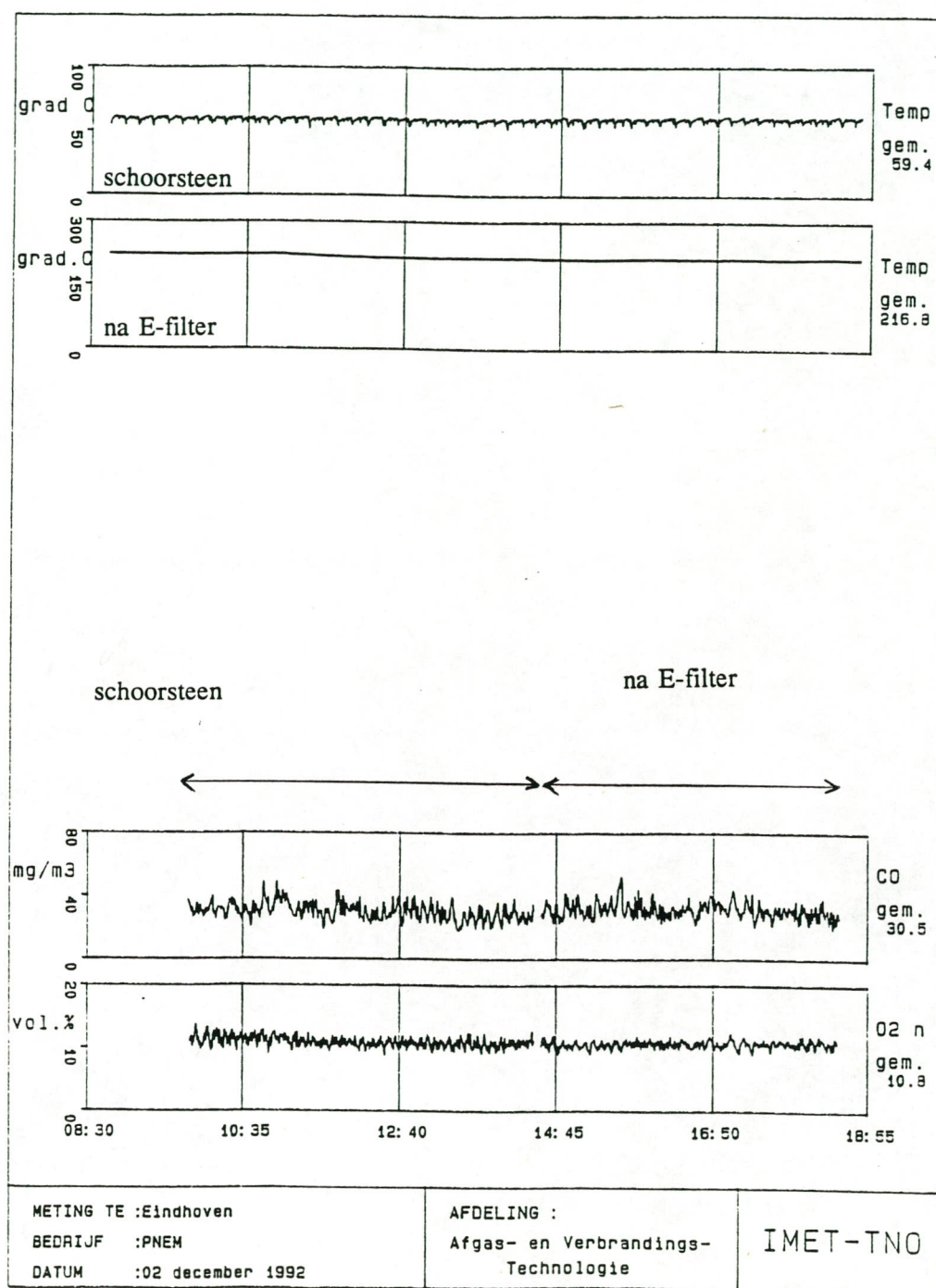
C.2 Diagrammen 6% PWB



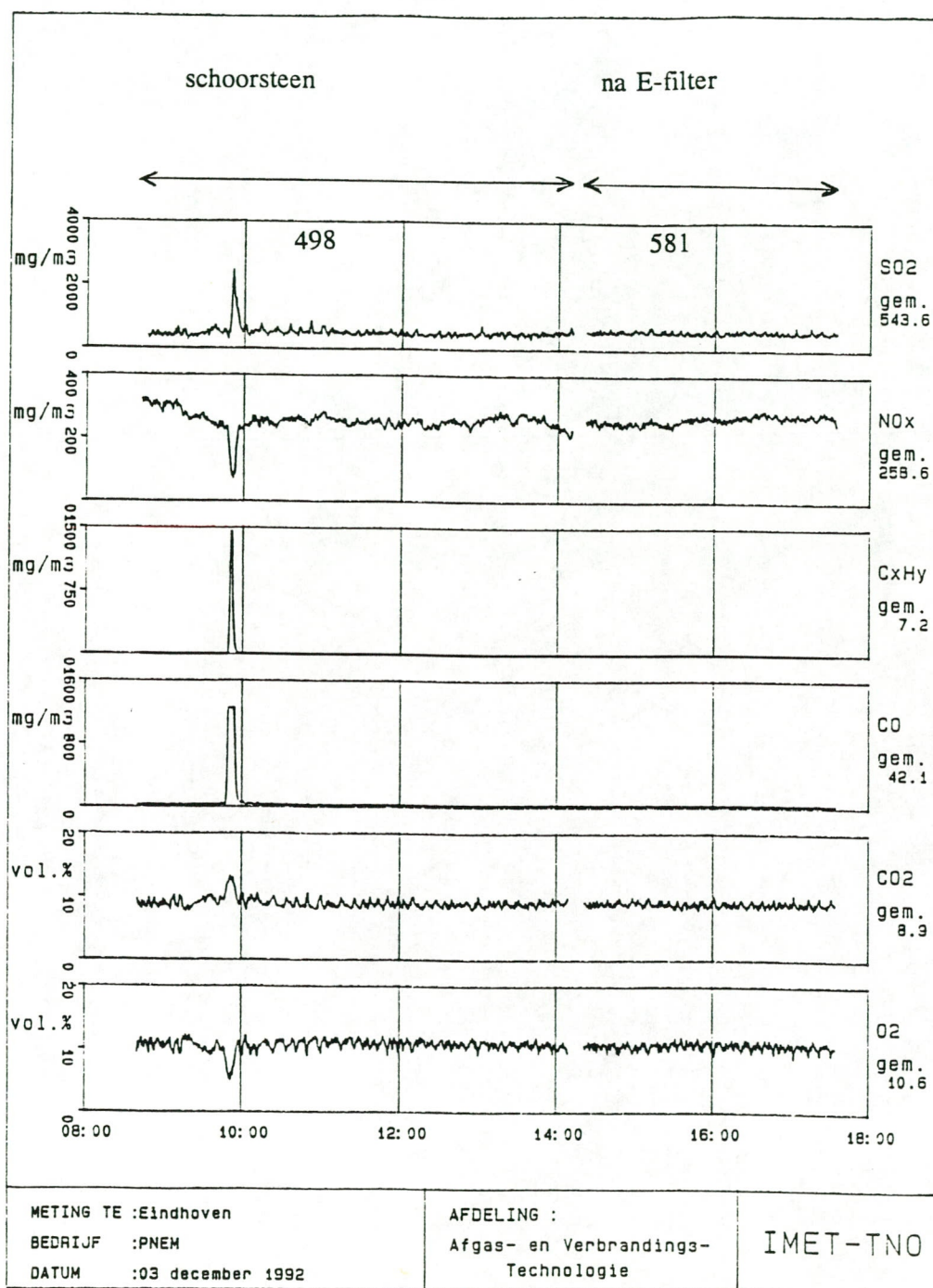
C.3 Diagrammen 12% PWB



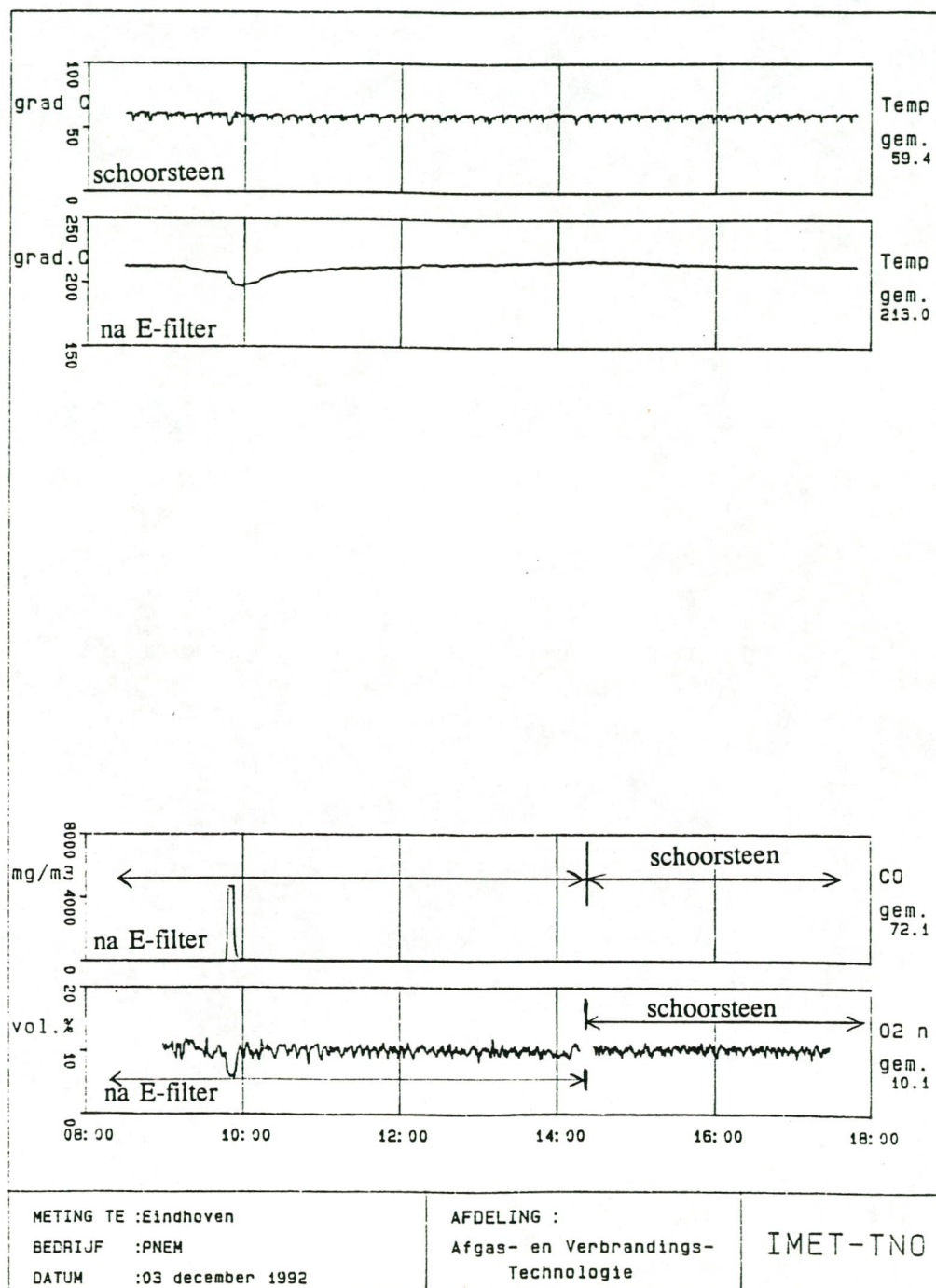
C.3 Diagrammen 12% PWB



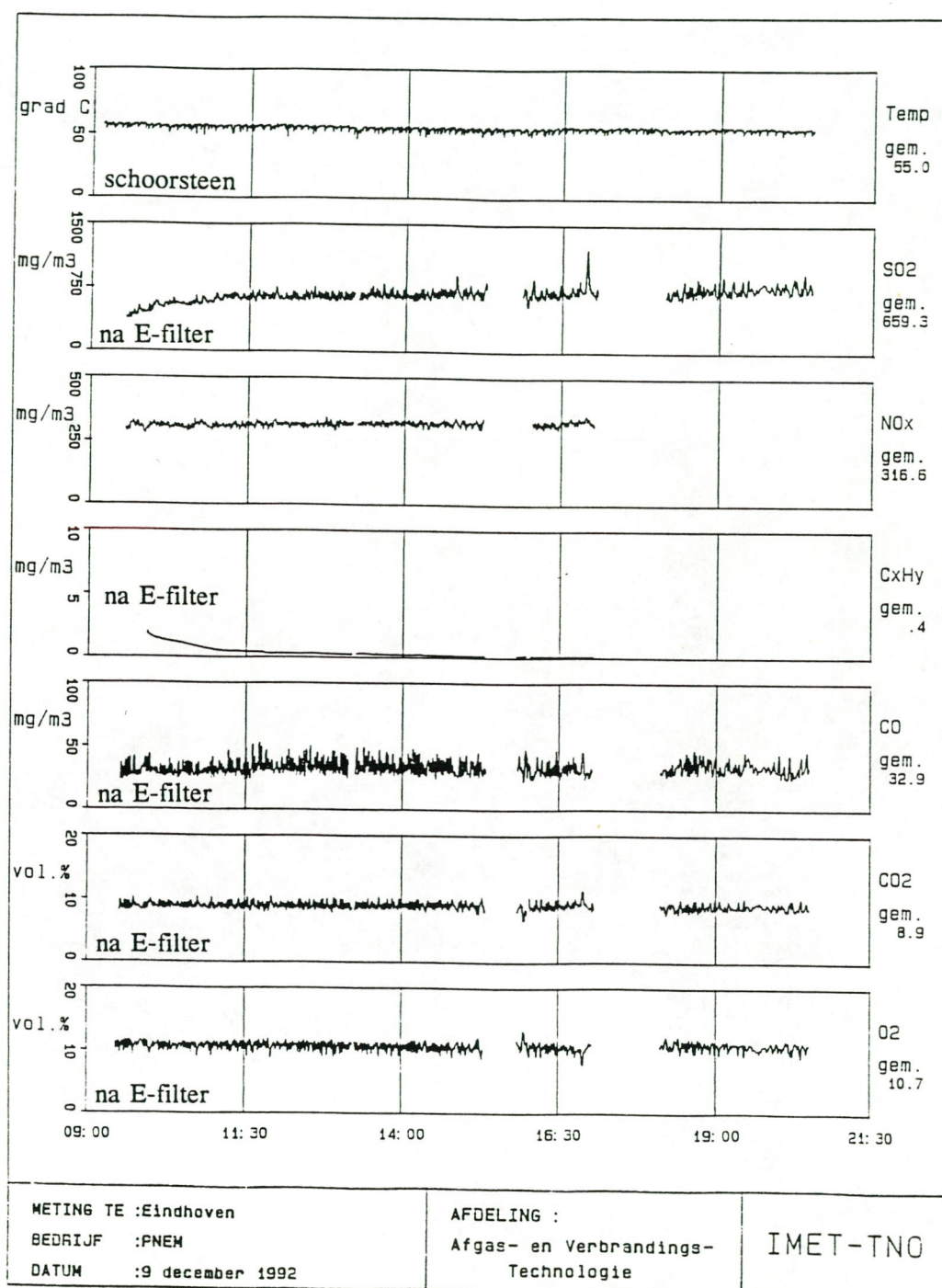
C.3 Diagrammen 12% PWB

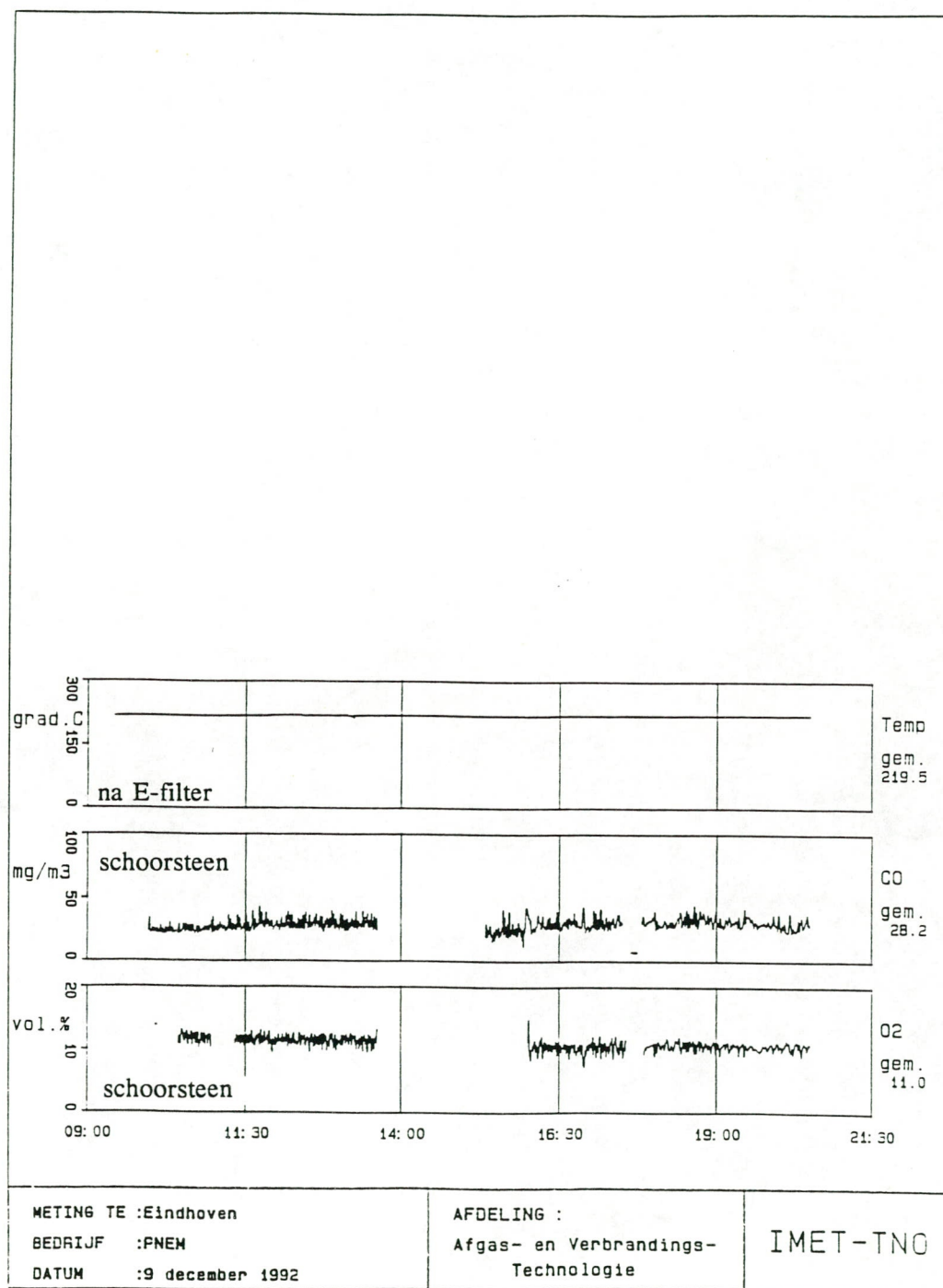


C.3 Diagrammen 12% PWB

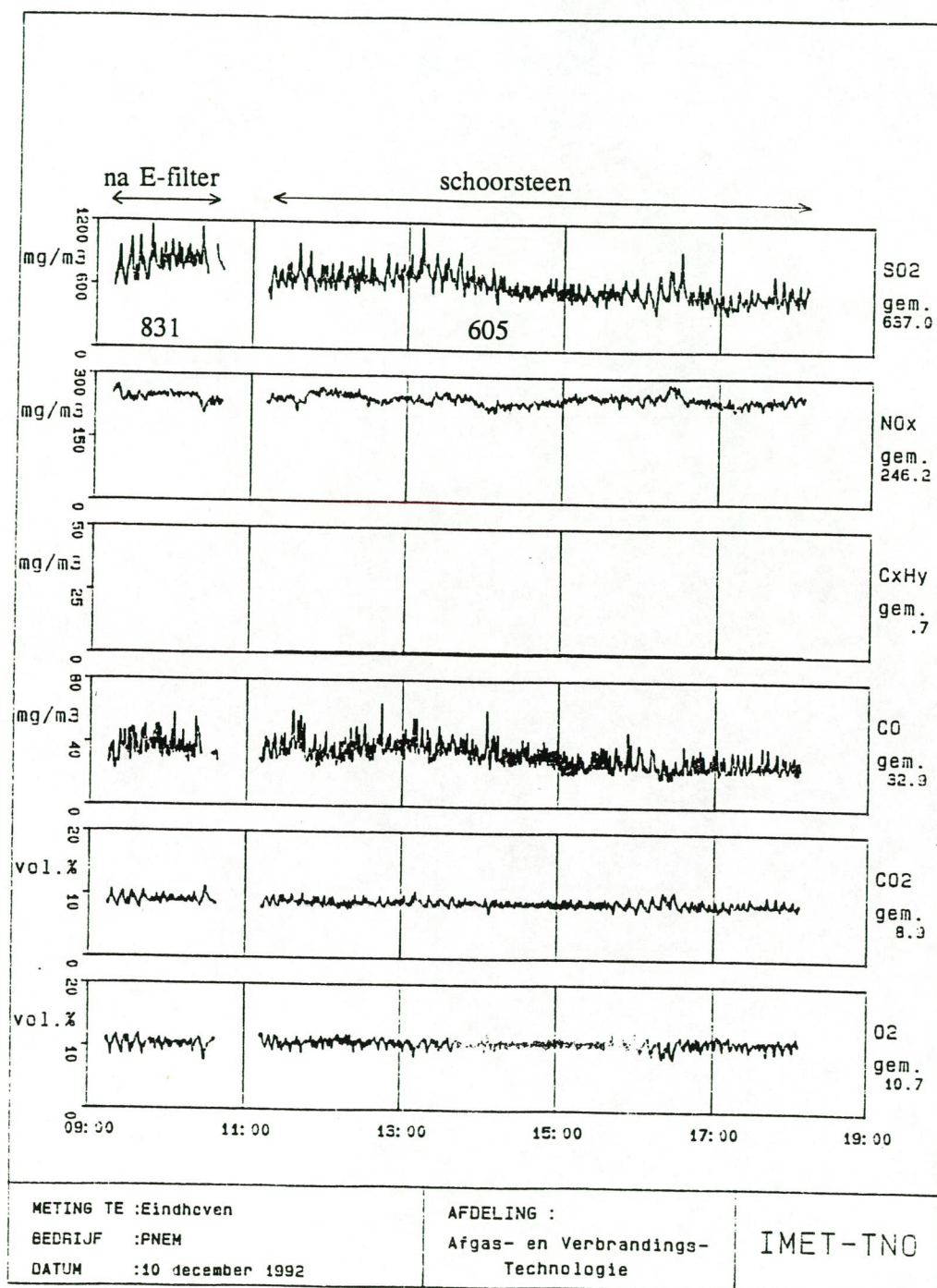


C.4 Diagrammen 21% PWB

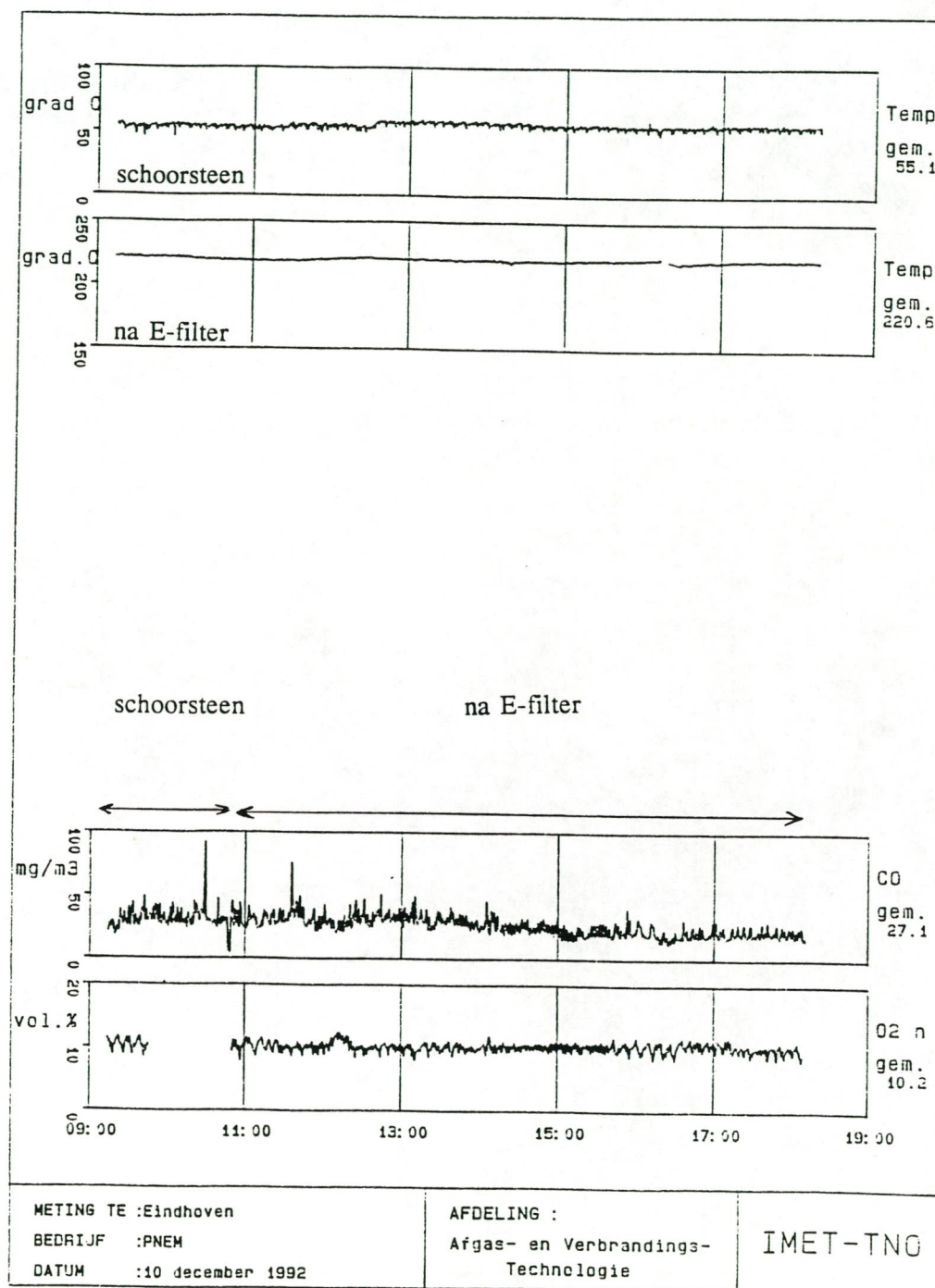


C.4 Diagrammen 21% PWB

C.4 Diagrammen 21% PWB



C.4 Diagrammen 21% PWB



d

Bijlage D Meet- en monsternamemethoden

D.1	O ₂ , CO ₂ , CO, C _x H _y , NO _x , SO ₂ , T (meetauto)	Bijlage D-3
D.2	Rookgasdebiet en gehalte aan H ₂ O, stof en zink	Bijlage D-4
D.3	Bepaling van het gehalte aan chloriden/fluoriden en zwaveloxiden	Bijlage D-6
D.4	Hg-gehalte	Bijlage D-7
D.5	E-as & slak monsternamemethode	Bijlage D-8
D.6	E-as & slak opwerking en analyses	Bijlage D-9
D.7	Bepaling PCDD/PCDF-gehalte	Bijlage D-12

D.1 O₂, CO₂, CO, C_xH_y, NO_x, SO₂, T (meetauto)

De bemonsterde rookgassen worden door een temperatuur geregelde teflonleiding (≥ 180 °C) naar de meetauto gevoerd. In de meetauto wordt het waterdampdeel uitgevroren en worden de gedroogde gassen naar de meetinstrumenten geleid.

De volgende continu registrerende meetapparatuur staat in de meetwagen opgesteld:

zuurstof	O ₂	Taylor Servomex type 570A 0-100%, paramagnetisch
kooldioxyde	CO ₂	Binos model 100 0-20%, infrarood (zie VDI 2459, blad 6)
koolmonoxyde	CO	Beckman model 880 0-1000 ppm, infrarood (zie VDI 2459, blad 6)
koolwaterstoffen	C _x H _y	Ratfisch model RS55 0-10000 ppm, vlamionisatie, brandstof H ₂ /He mengsel (zie VDI 3481, blad 1, 3)
stikstofoxyden	NO _x	Beckman model 951 0-2500 ppm, chemiluminescent (zie NEN 2039)
zwaveldioxyde	SO ₂	Binos model 1004 0-1000 ppm, ultra violette absorptie (zie ISO/DP 7935)
temperatuur	°C	Chromel-Alumel thermokoppel type K, DIN 73710, IPTS 1986, 0-1200 °C

De rookgasanalyse-apparatuur wordt op locatie voordat de metingen beginnen geju-steerd met behulp van gecalibreerde ijkgasen.

Data-acquisitie

De inzameling van de meetsignalen geschiedt met behulp van een HP 7852 data acquisition/controlunit. De verwerking met een HP 9133 computereenheid met rand-apparatuur.

D.2 Rookgasdebiet en gehalte aan H₂O, stof en zink

Bij aanvang van de meetdag wordt na het E-filter de snelheidsverdeling van het rookgas in het kanaal bepaald. Deze snelheidsverdeling wordt vastgesteld met behulp van een pitotbuis volgens Prandtl en een micro-manometer. In combinatie met de afmetingen van het rookgaskanaal en gecorrigeerd voor standaard condities kan het rookgasdebiet worden bepaald.

Per meetdag worden zes stofmonsters van de rookgassen verzameld. Drie stofmonsters na het E-filter en drie tussen de wasser en de schoorsteen. Het stofmonster wordt gedurende één uur via een netwerkmeter verzameld overeenkomstig NPR 2788.

Voor het verzamelen van een stofmonster wordt gebruikt gemaakt van de volgende componenten:

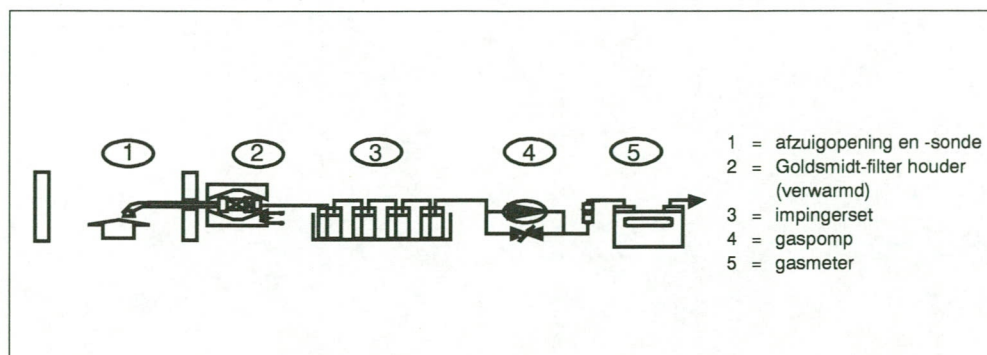
- filter bestaande uit een kwartswoldieptefilter en micro-kwartsvlakfilter;
- impingers gevuld met salpeterzuur of silicagel;
- afzuigset bestaande uit pomp, flowregelaar, druk-, temperatuur- en volumemeter.

Uit de rookgasstroom wordt isokinetisch een deelstroom afgezogen. Deze laat het grove stof in het kwartswoldieptefilter en het zeer fijne stof op het glasvezelvlakfilter achter. De ontstofte deelstroom wordt vervolgens door een aantal in smeltend ijs geplaatste Greenburg-Smith impingers ontvochtigd. De zich in de rookgassen bevindende zware metalen (uitgezonderd Hg) worden in de impinger vloeistoffen uitgewassen.

Als impingervloeistof is HNO₃ (0,1 molair) gebruikt. Het in de rookgassen aanwezige vocht condenseert in de impingervloeistoffen. In de laatste impinger gevuld met silicagel worden de rookgassen gedroogd.

Het afgezogen rookgasvolume wordt met een droge gasmeter bepaald. Door weging van de filters voor en na de meting kan de hoeveelheid afgescheiden stof worden bepaald. Uit het quotiënt van de stofhoeveelheden en de afgezogen hoeveelheid droge rookgassen wordt het stofgehalte berekend. Uit het quotiënt van het in de impingers afgevangen water en de afgezogen hoeveelheid rookgassen kan het waterdampgehalte worden berekend.

Bij het uitvoeren van de stofmetingen in het rookgaskanaal na het elektrofilter bevinden het kwartswoldieptefilter en glasvezelvlakfilter zich in het kanaal (zie figuur 1). In het rookgaskanaal tussen de wasser en de schoorsteen heerst een relatieve vochtigheid van ongeveer 100% bij 60 °C. In plaats van meten met de filters in het rookgaskanaal te meten is op deze meetplaats gekozen voor filterplaatsing buiten het kanaal. De filters worden in een verwarmd blok op een temperatuur van ca 150 °C gehouden zodat condensatie van de rookgasstroom in het filter kan worden voorkomen.



Figuur 1 Schema monsternameset voor stof

Na afloop van de metingen worden de aldus verkregen stof- en impingermonsters in het chemisch laboratorium ontsloten en samengevoegd en met behulp van AAS geanalyseerd op het gehalte Zn (NEN 6443).

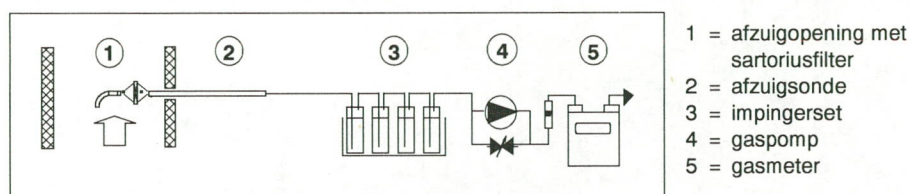
D.3 Bepaling van het gehalte van chloriden, fluoriden en zwaveloxiden

De monsternamen voor de bepaling van de concentratie van de rookgascomponenten Cl^- en F^- worden met behulp van - in smeltend ijs geplaatste - midgetimpingers verricht.

Steekproefsgewijs worden rookgassen via een kwartsvezelvlakfilter door de vier in serie geplaatste impingers geleid. Bij de metingen was het filter in het rookgaskanaal geplaatst (figuur 2).

Met behulp van de gasmeter worden de afgezogen rookgashoeveelheden gemeten. De zich in de rookgassen bevindende chloriden, fluoriden en zwaveloxiden worden in de impingervloeistoffen uitgewassen.

Als impingervloeistoffen zijn waterstofperoxide (3%) en natronloog (0,1 molair) gebruikt. Het in de rookgassen aanwezige vocht condenseert in de impingervloeistoffen. In de laatste impinger gevuld met silicagel worden de rookgassen gedroogd. Door terugweging van de vloeistoffen en het silicagel is het watergehalte van de rookgassen bepaald. In de figuur 2 is in een schema de meetopstelling weergegeven.



Figuur 2 Schema monsternameset voor kwik, Cl^- en F^-

Na afloop van de monsternamen worden de aldus verkregen impingermonsters in het chemisch laboratorium geanalyseerd. De daarbij gebruikte analysemethoden zijn:

- het fluoride-gehalte volgens NEN 3104;
- het chloride-gehalte volgens NEN 6660/ionchromatografie;
- het zwaveloxide-gehalte volgens NEN 6660/ionchromatografie.

D.4 Hg-gehalte

De monstername ten behoeve van de bepaling van het Hg-gehalte is analoog aan die voor Cl^- en F^- , met dien verstande dat als impingervloeistof een mengsel van KMnO_4 (0,35 m) en H_2SO_4 (14 m) wordt gebruikt (zie figuur 2).

Na afloop van de monstername worden de impingervloeistoffen in het chemisch laboratorium geanalyseerd op het Hg-gehalte met behulp van AAS (atomaire absorptie spectrometrie) volgens NEN 6449.

D.5 E-as & slak monstername

De monstername van E-as heeft plaats gevonden aan de buffertank voor de grote opslagsilo. Hier is elk uur een hoeveelheid van 0,25 liter afgetapt en opgeslagen in een glazen pot. Op het einde van de meetdag is zo een monster van ca 2 liter verzameld. Dit monster is verstuurd naar het analytisch chemisch laboratorium van TNO-Apeldoorn voor het uitvoeren van analyses. Bij verbrandingsproef 4 is E-as bemonsterd zonder ketel as.

De slakmonstername vindt steekproefsgewijs plaats uit een container. De container wordt uitsluitend gevuld met slak van de oven waaraan de metingen plaats vinden. De monstername vindt plaats uit een kuil die in de aanwezige slakkenberg is gemaakt. De nieuwe slak die van de transportband afvalt komt in de kuil terecht. Wanneer de kuil gevuld is kan het slakmonster worden genomen. Het voordeel van bovenstaande werkwijze is dat het slakmonster representatiever is dan bij het bemonsteren op een berg slak waar een automatische selectie op deeltjesgrootte plaats vindt.

De steekproef monsters hebben een grootte van 20 kg per keer en voor een dag meten was het verzamelmonster ca 160 kg. Dit verzamelmonster werd op verschillende componenten geanalyseerd.

Tabel B.1.1 Gebruikte analysemethoden

Soort	Meetmethode
gloeirest	EAWAG-V 4002
ijzerhoudende bestanddelen	intern voorschrift
droge stof	proef 5 standaard RAW 1990
korrelverdeling slak en E-as > 0.063 mm	proef 6.1 standaard RAW 1990
E-as < 0.063 mm	intern voorschrift TNO-IGMB
koolstof totaal	EAWAG-V 4004
verbrijzelingsfactor RV '89 metalen ¹⁾	proef 17 standaard RAW 1990
Cd	NEN 6458
Cr	NEN 6448
Cu	NEN 6451
Hg ²⁾	NEN 6449
Mn	NEN 6461
As	NEN 6457
Sb	NEN 6433
Se	NEN 6434
Te	Hydride.AAS
Sn	ET.AAS
V	NEN 6463
Ni	NEN 6456
Pb	NEN 6453
Zn	NEN 6443
Co	ISO 8288

¹⁾ Ontsluitmethode NEN 6465

²⁾ Ontsluitmethode NEN 6449

D.6 E-as & slak opwerking en analyses

Beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden voor het opwerken van de E-as en de slak tot analyse monsters.

E-as

1. De aangevoerde E-as is met behulp van een roterende achtvaks verdeler in het geheel verdeeld tot een achttal deelmonsters.
2. Eén van deze deelmonsters wordt nogmaals met behulp van de roterende achtvaks verdeler verdeeld in acht gelijke deelmonsters.
3. Van deze acht deelmonsters zijn er drie apart gehouden die gebruikt worden voor de korrelgrootteverdeling.
4. Eén deelmonster is nogmaals verdeeld in acht gelijke deelmonsters. Eén van deze monsters is naar AC gebracht voor chemische analyse, drie andere zijn gebruikt voor de bepaling van het vochtgehalte en het gloeiverlies.

Korrelverdeling E-as

Van de drie apart gehouden deelmonsters zijn de korrelverdelingen bepaald, gedeeltelijk met zeven, gedeeltelijk met behulp van een Malvern Mastersizer.

Bij het zeven is een tweetal zeven gebruikt (125 en 90 micrometer) die in afnemende maaswijdte op elkaar zijn geplaatst, en geplaatst zijn op een bodem. Het monster wordt op de bovenste zeef gebracht (125) en de stapel zeven wordt op de trilmachine geplaatst. Vervolgens wordt gedurende 20 à 30 minuten getrild. Na deze tijd wordt de stapel zeven van de machine gehaald en worden de zeven en bodem met daarop de zeeffractie gewogen. De fractie op de bodem wordt bewaard en later geanalyseerd met de Malvern Mastersizer. Na het verwijderen van de zeeffractie worden de zeven teruggewogen. Uit de gevonden gewichten van de zeeffracties en de analysesresultaten van de Malvern Mastersizer worden de korrelgrootteverdelingen, uitgedrukt in percentages, berekend.

Slak

Het aangevoerde slakmonster (± 160 kg, in 8 delen van 20 kg) wordt eerst samengevoegd en goed gehomogeniseerd door te mengen in een menger of door omscheppen. Van het gehomogeniseerde monster worden vier monsters verkregen door uitkruisen. Van deze vier monsters worden de twee monsters die diagonaal tegenover elkaar liggen samengevoegd. Deze worden opnieuw gehomogeniseerd en door middel van uitkruisen worden in totaal 8 deelmonsters verkregen (twee maal vier deelmonsters).

Van deze deelmonsters wordt er 1 afgezeefd op 16 mm. Het grove deel wordt apart gehouden en het fijne deel wordt met een asymmetrische zesvaks verdeler verdeeld. Deze fracties (resp. $2 \times 1/4$, $2 \times 1/6$ en $2 \times 1/12$) worden gewogen, en naar rato wordt het grove deel handmatig toegevoegd. Vervolgens worden deze fracties gedroogd in een droogstoof waarbij door verschilweging voor en na drogen het vochtgehalte wordt bepaald. Twee fracties van respectievelijk $1/6$ en $1/12$ worden samengevoegd tot een fractie van $1/4$. Van de drie fracties van $1/4$ worden de korrelgrootteverdelingen bepaald en het ijzerhoudend gehalte. Eén fractie ($1/12$) wordt gebruikt voor het bepalen van het gloeiverlies in triplo. De laatste fractie van $1/6$ wordt met behulp van een kaakbreker verkleind tot zo fijn mogelijke deeltjes.

Vervolgens wordt de verkleinde fractie met behulp van een roterende symmetrische zesvakverdelers verdeeld in een zestal deelmonsters. Van deze zes deelmonsters wordt 1 deelmonster verdeeld met de achttakverdelers tot 8 deelmonsters. Van deze 8 deelmonsters worden er 4 samen genomen en opnieuw verdeeld in 8 deelmonsters. Dit wordt eveneens gedaan met de resterende 4 deelmonsters. Het resultaat is een zestiental deelmonsters, welke alle zestien naar AC gebracht worden voor analyse. Bij AC worden hieruit selectief een paar monsters getrokken welke worden geanalyseerd.

De overige zeven deelmonsters, verkregen uit het uitkruisen worden samengevoegd en gezeefd over 30 en 10 mm. De fractie tussen 30 en 10 mm wordt opgevangen en gedroogd in de droogstoof. Na het drogen wordt nogmaals gezeefd, nu op 16 en 10 mm. De fractie tussen 16 en 10 mm wordt gebruikt voor de bepaling van de verbrijzelingsfactor.

Korrelgrootteverdeling Slak

Van de drie apart gehouden en gedroogde fracties uit de asymmetrische verdeler zijn de korrelgrootteverdelingen bepaald door middel van zeven.

Eerst is het gehele monster gezeefd op de zeven met maaswijdte 45, 31,5, 22,4, 16 en 8 mm. De rest werd opgevangen in de bodem. Deze rest is vervolgens gezeefd over zeven met maaswijdte 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 en 0,063 millimeter. Op basis van het gewicht van op de zeven achtergebleven materiaal is een korrelverdeling berekend, uitgedrukt in percentages.

Bepaling gloeiverlies

Voor de bepaling van het gloeiverlies wordt een droog monster van het te bepalen materiaal gewogen in een reeds gewogen porseleinen schaal. Vervolgens wordt het schaal in een oven geplaatst en gedurende 2 uur bij 550 °C gegloeid, waarna het schaal uit de oven wordt gehaald en afgekoeld in een stoof tot ± 100 °C. Hierna wordt het schaal met gegloeid monster teruggewogen. Het gewichtsverlies in procenten uitgedrukt is het gloeiverlies.

Bepaling ijzerhoudende bestanddelen

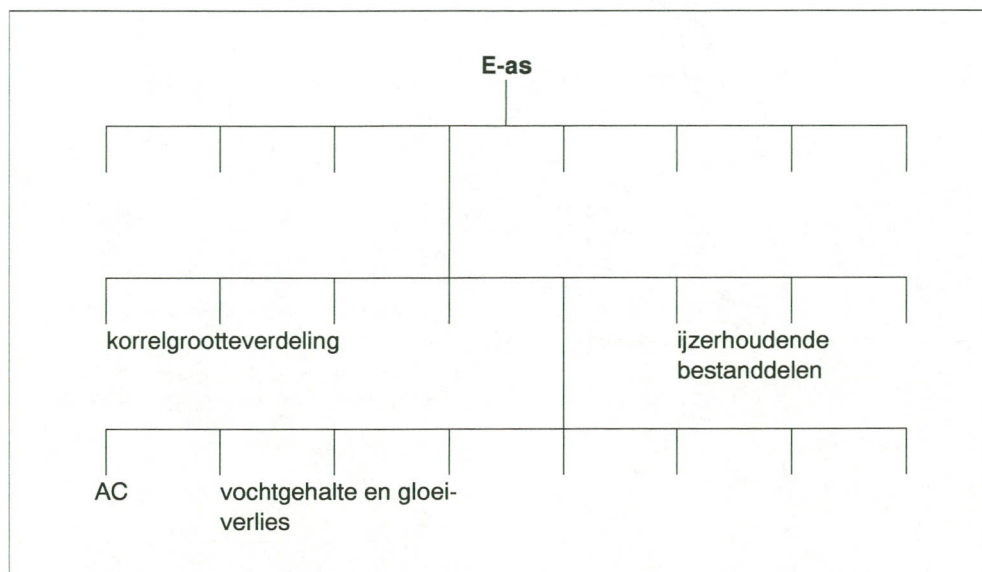
Voor de bepaling van het gehalte aan ijzerhoudende bestanddelen zijn geen adequate voorschriften voorhanden.

Na het bepalen van de korrelverdeling wordt van het materiaal op zeef C 8 het gehalte aan ijzer bepaald.

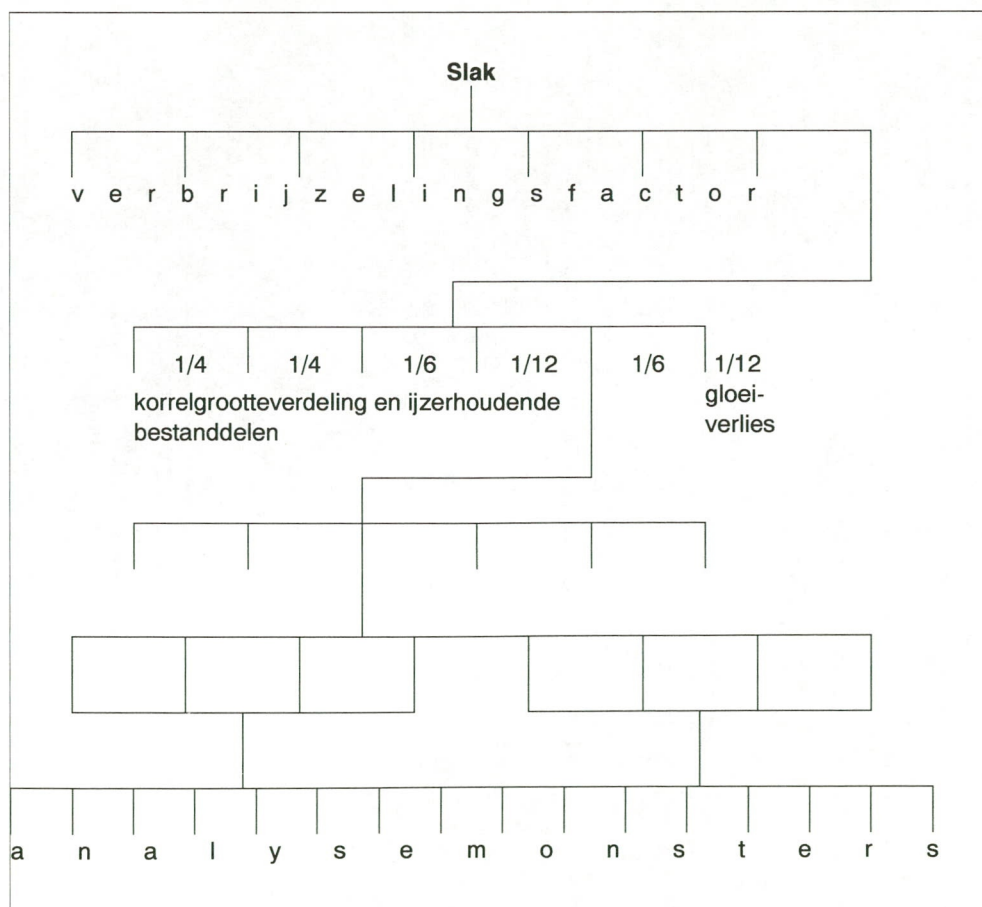
Met een magneet worden de ijzerhoudende delen verwijderd en daarna gewogen. Met behulp van een kaakbreker wordt het totale materiaal (op zeef C 8) verkleind tot materiaal door zeef C 8, waarna afzeving plaatsvindt over de zeef 2 mm.

Van het materiaal op zeef 2 mm wordt opnieuw het gehalte aan ijzer bepaald ter controle van het percentage op C8.

Voor de vliegafzuiging zal een ongezeefd deelmonster van 250 gram genomen worden waarvan in 1 stap het gehalte aan ijzer wordt bepaald.



Schema E-as



Schema Slak

3

Onderzoek CO-verbranding personenwagenbanden granulaat met fluff bij de PNEM te Eindhoven

Bijlage E Analyserapport Dioxinemonsters



d 93/01769

TNO-rapport

Instituut voor Milieu- en Energietechnologie
Afdeling AVT
t.a.v. de heer W. Hesseling
Postbus 342
7300 AH APELDOORN

Onderwerp:

Het gehalte aan PCDD/F van twaalf
Ströhleinfilter/PUF-combinaties bemonsterd in het
kader van het project 'verbranding autobanden'.

Rapportnr. : TR 93/0027
Opdrachtnr. : 51890
Rapportdatum : 22-01-93
Aantal pagina's : 10

INHOUD:

1. Monsters
2. Gevraagd onderzoek
3. Uitvoering
4. Resultaten

Alle rechten voorbehouden.

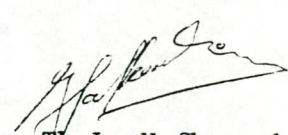
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.

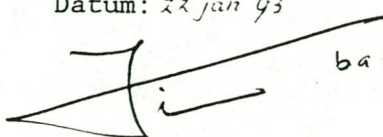
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Uitgebracht door:
Afdeling Analytische Chemie


Dr. Th.L. Hafkenscheid
(Contactpersoon)

Datum: 22 jan '93


Dr. Ir. E.W.B. de Leer
(Hoofd)

Datum: 25 jan. '93

ba J.M. Timmer

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Milieu en Energie stelt zich ten doel om, gebaseerd op
de noodzaak van een duurzame ontwikkeling van de
maatschappij, door middel van onderzoek en advisering bij te
dragen aan een goed milieubeheer, een verantwoord
energiegebruik en een doelmatig beheer en gebruik van de
ondergrondse natuurlijke hulpbronnen.



Ingeschreven in het STERLAB-register voor laboratoria
onder no. 26 voor gebieden zoals nader omschreven
in de erkenning.

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank
en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

1. Monsters

Datum ontvangst:

De monsters zijn op 20-11, 3-12 en 15-12-1992 in goede orde ontvangen.

Bemonstering:

Bemonstering is verricht door medewerkers van de afdeling AVT (IMET-TNO).

Omschrijving:

Twaalf monsters Ströhleinfiler en twaalf bijbehorende monsters PUF.

De monsters zijn als volgt gecodeerd:

<u>klant-code</u>	<u>AC-code</u>
MEV/92/1340	IMW-AC/CD-3585
MEV/92/1341	IMW-AC/CD-3586
MEV/92/1342	IMW-AC/CD-3587
MEV/92/1343	IMW-AC/CD-3588
MEV/92/1361	IMW-AC/CD-3589
MEV/92/1362	IMW-AC/CD-3590
MEV/92/1363	IMW-AC/CD-3591
MEV/92/1364	IMW-AC/CD-3592
MEV/92/1389	IMW-AC/CD-3647
MEV/92/1390	IMW-AC/CD-3648
MEV/92/1391	IMW-AC/CD-3649
MEV/92/1392	IMW-AC/CD-3650
MEV/92/1427	IMW-AC/CD-3651
MEV/92/1428	IMW-AC/CD-3652
MEV/92/1429	IMW-AC/CD-3653
MEV/92/1430	IMW-AC/CD-3654
MEV/92/1591	IMW-AC/CD-3807
MEV/92/1592	IMW-AC/CD-3808
MEV/92/1593	IMW-AC/CD-3809
MEV/92/1594	IMW-AC/CD-3810
MEV/92/1625	IMW-AC/CD-3811
MEV/92/1626	IMW-AC/CD-3812
MEV/92/1627	IMW-AC/CD-3813
MEV/92/1628	IMW-AC/CD-3814



2. Gevraagd onderzoek

Bij de verbranding van afval en bepaalde productieprocessen kunnen onvolledige verbrandings- c.q. nevenprodukten ontstaan. Een toxicologisch belangrijk geachte groep verbindingen die hiertoe behoren zijn de polychloordibenzo-p-dioxinen (PCDD) en de polychloordibenzofuranen (PCDF). Van deze groep, die 210 congenen omvat, worden er slechts 17 toxisch relevant geacht. Deze hebben als gemeenschappelijk kenmerk dat de 2-,3-,7- en 8- positie in het molecuul met een chlooratoom gesubstitueerd zijn.

Om een vergelijking tussen de verschillende congenen van de groep te kunnen maken heeft men toxiciteitsequivalentie factoren (TEF) vastgesteld, genormaliseerd naar de meest schadelijke congener, 2,3,7,8-tetrachloordibenzodioxine (T4CDD). Wanneer men de absolute hoeveelheid PCDD/F vermenigvuldigt met deze TEF dan verkrijgt men de toxiciteitsequivalentie hoeveelheid (TEQ, 'toxicity equivalent quantity'), uitgedrukt in equivalente hoeveelheden 2,3,7,8-TCDD.

In het onderzoek wordt om een analyse gevraagd van de 17 2,3,7,8-PCDD/F in absolute hoeveelheden. De analyse moet plaatsvinden met behulp van capillaire gaschromatografie in combinatie met hoge resolutie massaspectrometrie. De resulterende hoeveelheden zullen tevens worden uitgedrukt in afzonderlijke TEQ, waaruit het totaal TEQ van het monster zal worden berekend.

3. Uitvoering

Aan het Ströhleinfilter is een mengsel van koolstof-13 gemerkte PCDD/F als interne standaard toegevoegd. Hierna is het ontsloten met zoutzuur. Na droging is het filter geëxtraheerd met tolueen m.b.v. een Soxhletextractie. Het bijbehorende monster PUF is separaat geëxtraheerd met het filter-extract, eveneens via een Soxhletextractie. Het zo verkregen extract is ingedampt en afzonderlijk opgenomen in 25 ml hexaan/dichloormethaan.

Hierna is 50 % van het extract in behandeling genomen.

Het extract is achtereenvolgens geleid over een aantal kolommen, t.w. een actieve koolstofkolom, een z.g. multi-layer kolom en een aluminiumoxide kolom. Na deze behandelingen is aan het verkregen eind-extract een z.g. injectiestandaard toegevoegd, ter correctie van monstervolume en onnauwkeurigheden in de injectie van een deel van het monster in de gaschromatograaf.

Analyse vond plaats m.b.v. een gaschromatograaf, voorzien van een polaire capillaire fused-silica kolom, in combinatie met een hoge resolutie massaspectrometer in de zogenaamde 'selected ion monitoring' mode, bij een massaspectrometrische resolutie van ca. 8.000.

Aan de hand van interne en externe standaarden zijn de terugwinstpercentages van de interne standaarden bepaald, evenals het gehalte aan PCDD/F in het monster.

4. Resultaten

In onderstaande tabel staan de analyseresultaten vermeld.

De volledige GC-scheiding van alle 210 gechloreerde dioxine en dibenzofuraan congenen is met de huidige stand van de techniek niet mogelijk. De waarde voor 12378-P5CDF kan zijn verhoogd door een bijdrage van 12348-P5CDF. De gerapporteerde TEQ-waarde van deze congener is dus een maximumwaarde.

Door ontleding van octachloordibenzofuraan op polaire GC-kolommen is deze verbinding niet altijd goed te bepalen.



Tabel

Resultaten van de PCDD/F analyse. De in de tabel vermelde waarden, zowel 'tot. ng' als de 'TEQ's, hoeven niet meer gecorrigeerd te worden voor de recovery. De opgegeven totaal TEQ- waarde is de sommatie van de individuele TEQ, berekend op basis van de niet-afgeronde individuele waarden.

Monstercode : CD3585-6

MEV 92/1340-41

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	12,93	1,000	12,93	104
12378 P5CDD	83,13	0,500	41,57	86
123478 H6CDD	110,47	0,100	11,05	95
123678 H6CDD	193,98	0,100	19,40	
123789 H6CDD	145,37	0,100	14,54	91
1234678 H7CDD	1242,09	0,010	12,42	94
12346789 O8CDD	2062,21	0,001	2,06	92
2378 T4CDF	107,57	0,100	10,76	93
12378 P5CDF	408,36	0,050	20,42	
23478 P5CDF	359,47	0,500	179,73	91
123478 H6CDF	522,73	0,100	52,27	
123678 H6CDF	417,04	0,100	41,70	97
123789 H6CDF	73,38	0,100	7,34	108
234678 H6CDF	497,82	0,100	49,78	
1234678 H7CDF	1945,69	0,010	19,46	90
1234789 H7CDF	222,90	0,010	2,23	95
12346789 O8CDF	665,59	0,001	0,67	n.d.
Totaal max.	9070,74		498,32	
Totaal min.	9070,74		498,32	



Monstercode : CD3587-8

MEV 92/1342-43

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	12,03	1,000	12,03	95
12378 P5CDD	55,23	0,500	27,62	89
123478 H6CDD	51,42	0,100	5,14	97
123678 H6CDD	85,87	0,100	8,59	
123789 H6CDD	57,26	0,100	5,73	88
1234678 H7CDD	380,18	0,010	3,80	85
12346789 O8CDD	511,39	0,001	0,51	81
2378 T4CDF	105,53	0,100	10,55	93
12378 P5CDF	317,18	0,050	15,86	
23478 P5CDF	264,50	0,500	132,25	92
123478 H6CDF	237,86	0,100	23,79	
123678 H6CDF	192,26	0,100	19,23	118
123789 H6CDF	33,40	0,100	3,34	90
234678 H6CDF	240,26	0,100	24,03	
1234678 H7CDF	690,27	0,010	6,90	96
1234789 H7CDF	69,34	0,010	0,69	81
12346789 O8CDF	178,33	0,001	0,18	0
Totaal:	3482,31		300,23	

Monstercode : CD3589-90

MEV 92/1361-62

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	9,02	1,000	9,02	105
12378 P5CDD	48,94	0,500	24,47	96
123478 H6CDD	54,28	0,100	5,43	105
123678 H6CDD	96,21	0,100	9,62	
123789 H6CDD	62,49	0,100	6,25	101
1234678 H7CDD	432,27	0,010	4,32	96
12346789 O8CDD	495,82	0,001	0,50	90
2378 T4CDF	79,86	0,100	7,99	100
12378 P5CDF	262,59	0,050	13,13	
23478 P5CDF	228,48	0,500	114,24	104
123478 H6CDF	239,59	0,100	23,96	
123678 H6CDF	196,86	0,100	19,69	126
123789 H6CDF	35,73	0,100	3,57	107
234678 H6CDF	240,05	0,100	24,01	
1234678 H7CDF	774,82	0,010	7,75	109
1234789 H7CDF	76,63	0,010	0,77	93
12346789 O8CDF	180,10	0,001	0,18	n.d.
Totaal:	3513,74		274,88	



Monstercode : CD3591-2
MEV 92/1363-64

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	12,94	1,000	12,94	103
12378 P5CDD	92,23	0,500	46,11	93
123478 H6CDD	129,66	0,100	12,97	104
123678 H6CDD	239,99	0,100	24,00	
123789 H6CDD	163,13	0,100	16,31	100
1234678 H7CDD	1662,95	0,010	16,63	95
12346789 O8CDD	2930,75	0,001	2,93	86
2378 T4CDF	115,54	0,100	11,55	100
12378 P5CDF	410,95	0,050	20,55	
23478 P5CDF	391,46	0,500	195,73	105
123478 H6CDF	449,09	0,100	44,91	
123678 H6CDF	373,64	0,100	37,36	132
123789 H6CDF	90,30	0,100	9,03	104
234678 H6CDF	590,09	0,100	59,01	
1234678 H7CDF	2052,32	0,010	20,52	110
1234789 H7CDF	276,98	0,010	2,77	92
12346789 O8CDF	929,35	0,001	0,93	0
Totaal:	10911,35		534,25	

Monstercode : CD3647-8
MEV 92/1389-90

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	7,81	1,000	7,81	100
12378 P5CDD	28,17	0,500	14,08	90
123478 H6CDD	32,73	0,100	3,27	110
123678 H6CDD	55,36	0,100	5,54	
123789 H6CDD	45,15	0,100	4,51	104
1234678 H7CDD	375,18	0,010	3,75	114
12346789 O8CDD	758,70	0,001	0,76	135
2378 T4CDF	71,15	0,100	7,12	94
12378 P5CDF	153,47	0,050	7,67	
23478 P5CDF	130,11	0,500	65,06	108
123478 H6CDF	142,04	0,100	14,20	
123678 H6CDF	119,57	0,100	11,96	124
123789 H6CDF	24,42	0,100	2,44	120
234678 H6CDF	139,79	0,100	13,98	
1234678 H7CDF	519,15	0,010	5,19	119
1234789 H7CDF	62,88	0,010	0,63	100
12346789 O8CDF	197,20	0,001	0,20	n.d.
Totaal:	2862,89		168,18	



Monstercode : CD3649-50
MEV 92/1391-92

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	7,80	1,000	7,80	103
12378 P5CDD	29,15	0,500	14,58	84
123478 H6CDD	30,43	0,100	3,04	94
123678 H6CDD	51,40	0,100	5,14	
123789 H6CDD	38,68	0,100	3,87	91
1234678 H7CDD	271,08	0,010	2,71	87
12346789 O8CDD	351,33	0,001	0,35	80
2378 T4CDF	70,82	0,100	7,08	97
12378 P5CDF	171,58	0,050	8,58	
23478 P5CDF	138,35	0,500	69,18	99
123478 H6CDF	139,47	0,100	13,95	
123678 H6CDF	118,10	0,100	11,81	112
123789 H6CDF	21,13	0,100	2,11	94
234678 H6CDF	148,87	0,100	14,89	
1234678 H7CDF	433,83	0,010	4,34	94
1234789 H7CDF	45,26	0,010	0,45	76
12346789 O8CDF	101,95	0,001	0,10	n.d.
Totaal:	2169,24		169,97	

Monstercode : CD3651-2
MEV 92/1427-28

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	8,09	1,000	8,09	101
12378 P5CDD	29,93	0,500	14,97	91
123478 H6CDD	36,39	0,100	3,64	108
123678 H6CDD	63,03	0,100	6,30	
123789 H6CDD	49,02	0,100	4,90	106
1234678 H7CDD	431,31	0,010	4,31	116
12346789 O8CDD	888,72	0,001	0,89	143
2378 T4CDF	80,07	0,100	8,01	95
12378 P5CDF	165,41	0,050	8,27	
23478 P5CDF	142,75	0,500	71,38	108
123478 H6CDF	144,25	0,100	14,42	
123678 H6CDF	122,38	0,100	12,24	125
123789 H6CDF	26,98	0,100	2,70	114
234678 H6CDF	152,58	0,100	15,26	
1234678 H7CDF	527,13	0,010	5,27	122
1234789 H7CDF	65,36	0,010	0,65	94
12346789 O8CDF	215,06	0,001	0,22	n.d.
Totaal:	3148,45		181,51	



Monstercode : CD3653-4
MEV 92/1429-30

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	9,64	1,000	9,64	99
12378 P5CDD	36,28	0,500	18,14	97
123478 H6CDD	38,49	0,100	3,85	113
123678 H6CDD	66,12	0,100	6,61	
123789 H6CDD	50,04	0,100	5,00	107
1234678 H7CDD	339,79	0,010	3,40	118
12346789 O8CDD	462,27	0,001	0,46	147
2378 T4CDF	95,46	0,100	9,55	100
12378 P5CDF	193,71	0,050	9,69	
23478 P5CDF	168,83	0,500	84,41	113
123478 H6CDF	175,36	0,100	17,54	
123678 H6CDF	150,49	0,100	15,05	129
123789 H6CDF	26,78	0,100	2,68	131
234678 H6CDF	163,82	0,100	16,38	
1234678 H7CDF	537,84	0,010	5,38	126
1234789 H7CDF	56,82	0,010	0,57	113
12346789 O8CDF	128,28	0,001	0,13	0
Totaal:	2700,00		208,47	

Monstercode : CD3807-8
MEV 92/1591-92

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	7,64	1,000	7,64	99
12378 P5CDD	30,68	0,500	15,34	102
123478 H6CDD	52,25	0,100	5,23	120
123678 H6CDD	128,82	0,100	12,88	
123789 H6CDD	69,65	0,100	6,97	119
1234678 H7CDD	1145,70	0,010	11,46	121
12346789 O8CDD	3709,68	0,001	3,71	118
2378 T4CDF	93,18	0,100	9,32	106
12378 P5CDF	179,28	0,050	8,96	
23478 P5CDF	170,65	0,500	85,32	121
123478 H6CDF	239,30	0,100	23,93	
123678 H6CDF	195,74	0,100	19,57	120
123789 H6CDF	36,88	0,100	3,69	128
234678 H6CDF	274,21	0,100	27,42	
1234678 H7CDF	1106,68	0,010	11,07	121
1234789 H7CDF	113,46	0,010	1,13	118
12346789 O8CDF	576,44	0,001	0,58	n.d.
Totaal	8130,23		254,22	



Monstercode : CD3809-10
MEV 92/1593-94

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	7,16	1,000	7,16	94
12378 P5CDD	30,83	0,500	15,42	94
123478 H6CDD	41,64	0,100	4,16	111
123678 H6CDD	99,31	0,100	9,93	
123789 H6CDD	53,00	0,100	5,30	107
1234678 H7CDD	652,53	0,010	6,53	101
12346789 O8CDD	1322,84	0,001	1,32	108
2378 T4CDF	98,38	0,100	9,84	103
12378 P5CDF	194,62	0,050	9,73	
23478 P5CDF	173,60	0,500	86,80	108
123478 H6CDF	211,06	0,100	21,11	
123678 H6CDF	166,48	0,100	16,65	118
123789 H6CDF	29,70	0,100	2,97	112
234678 H6CDF	232,99	0,100	23,30	
1234678 H7CDF	784,84	0,010	7,85	108
1234789 H7CDF	70,96	0,010	0,71	100
12346789 O8CDF	251,61	0,001	0,25	n.d.
Totaal	4421,54		229,02	

Monstercode : CD3811-12
MEV 92/1625-26

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	9,00	1,000	9,00	98
12378 P5CDD	42,35	0,500	21,18	84
123478 H6CDD	75,97	0,100	7,60	98
123678 H6CDD	189,11	0,100	18,91	
123789 H6CDD	103,06	0,100	10,31	103
1234678 H7CDD	1548,15	0,010	15,48	101
12346789 O8CDD	4304,86	0,001	4,30	123
2378 T4CDF	109,76	0,100	10,98	98
12378 P5CDF	246,04	0,050	12,30	
23478 P5CDF	226,34	0,500	113,17	104
123478 H6CDF	323,29	0,100	32,33	
123678 H6CDF	246,96	0,100	24,70	104
123789 H6CDF	43,04	0,100	4,30	107
234678 H6CDF	320,82	0,100	32,08	
1234678 H7CDF	1307,19	0,010	13,07	100
1234789 H7CDF	146,19	0,010	1,46	93
12346789 O8CDF	620,34	0,001	0,62	n.d.
Totaal	9862,46		331,78	



Monstercode : CD3813-14
MEV 92/1627-28

Congeneer	totaal (ng)	TEF (-)	TEQ (ng)	recovery (%)
2378 T4CDD	9,83	1,000	9,83	99
12378 P5CDD	44,55	0,500	22,27	98
123478 H6CDD	64,54	0,100	6,45	123
123678 H6CDD	143,92	0,100	14,39	
123789 H6CDD	90,76	0,100	9,08	122
1234678 H7CDD	953,79	0,010	9,54	117
12346789 O8CDD	1750,68	0,001	1,75	110
2378 T4CDF	123,08	0,100	12,31	101
12378 P5CDF	256,44	0,050	12,82	
23478 P5CDF	232,83	0,500	116,41	116
123478 H6CDF	305,31	0,100	30,53	
123678 H6CDF	228,15	0,100	22,82	123
123789 H6CDF	36,59	0,100	3,66	119
234678 H6CDF	303,62	0,100	30,36	
1234678 H7CDF	1011,39	0,010	10,11	119
1234789 H7CDF	100,07	0,010	1,00	106
12346789 O8CDF	311,18	0,001	0,31	n.d.
Totaal	5966,73		313,66	



Onderzoek CO-verbranding personenwagenbanden granulaat met fluff bij de PNEM te Eindhoven

Bijlage F Foto's metingen

Zuigpyrometer
in vuurhaard





Monstername bij
schoorsteen

Onderzoek CO-verbranding personenwagenbanden granulaat met fluff bij de PNEM te Eindhoven

Appendix A Vuurhaardmetingen tijdens het PWB-project

APPENDIX A.

VUURHAARDMETINGEN

TIJDENS HET

PWB-PROJEKT

(nov./dec. 1992)

Apeldoorn, augustus 1993.

Edwin Smeulders

Henk Supèr

SAMENVATTING

Door TNO is in overleg met VROM tijdens het PWB-project onderzoek gedaan naar de omstandigheden in de vuurhaard. Daartoe zijn metingen uitgevoerd op twee lokaties in de vuurhaard. Doel hiervan is om de meetgegevens te gebruiken voor validatie van een bij TNO ontwikkeld computer-model van de verbranding van afval en ondersteuning van het PWB-project.

Uit de metingen blijkt dat de procesvoering van de installatie een grote invloed heeft op het verloop van de temperatuur en de gasconcentraties over het rooster. Het vergelijken van de meetresultaten voor modelvalidatie vereist een zo constant mogelijke procesvoering. De interpretatie van de meetgegevens wordt bemoeilijkt doordat de procesomstandigheden tijdens een meting niet constant zijn geweest. Hierdoor verdwijnt soms de samenhang tussen verschillende meetpunten in een serie. De invloed van de procesvoering (zoals secundaire lucht) op de resultaten van de metingen op het 2 sec. niveau blijkt eveneens zeer groot.

Van de vuurhaardmetingen boven het rooster kan gezegd worden dat er een beter inzicht is verkregen in de plaats waar processen als ontgassing/pyrolyse en verbranding van RDF/PWB-mengsel zich afspelen. De algemene conclusie is dat in de eerste 2 à 3 [m] van het rooster voornamelijk ontgassingsprocessen plaats vinden. In het navolgende gedeelte overheersen uitbrandprocessen van de overgebleven vaste materie. De invloed van platenlucht kan in een dergelijk kleine installatie duidelijk in de metingen worden teruggevonden.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	A-1
A VUURHAARDMETINGEN	A-3
A.1 Meetpunten	A-3
A.1.1 Boven het rooster	A-4
A.1.2 eerste trek: 2 sec. niveau	A-5
A.2 Meetapparatuur	A-5
A.3 Meetprogramma:	A-6
A.4 Meetresultaten	A-7
A.4.1 boven het rooster: 0,3 [m] en 1,0 [m]	A-7
A.4.1.1 Verbrandingsproef 1 - 19 nov. 1992	A-8
A.4.1.2 Verbrandingsproef 2 - 25 nov. 1992	A-12
A.4.1.3 Verbrandingsproef 3 - 2 en 3 dec. 1992	A-16
A.4.1.4 Verbrandingsproef 4 - 9 dec. 1992	A-25
A.4.2 eerste trek: 2 sec. niveau	A-30
A.4.2.1 Verbrandingsproef 1 - 19 nov. 1992	A-30
A.4.2.1 Verbrandingsproef 2 - 26 nov. 1992	A-33
A.5 CONCLUSIES	A-37

A VUURHAARDMETINGEN

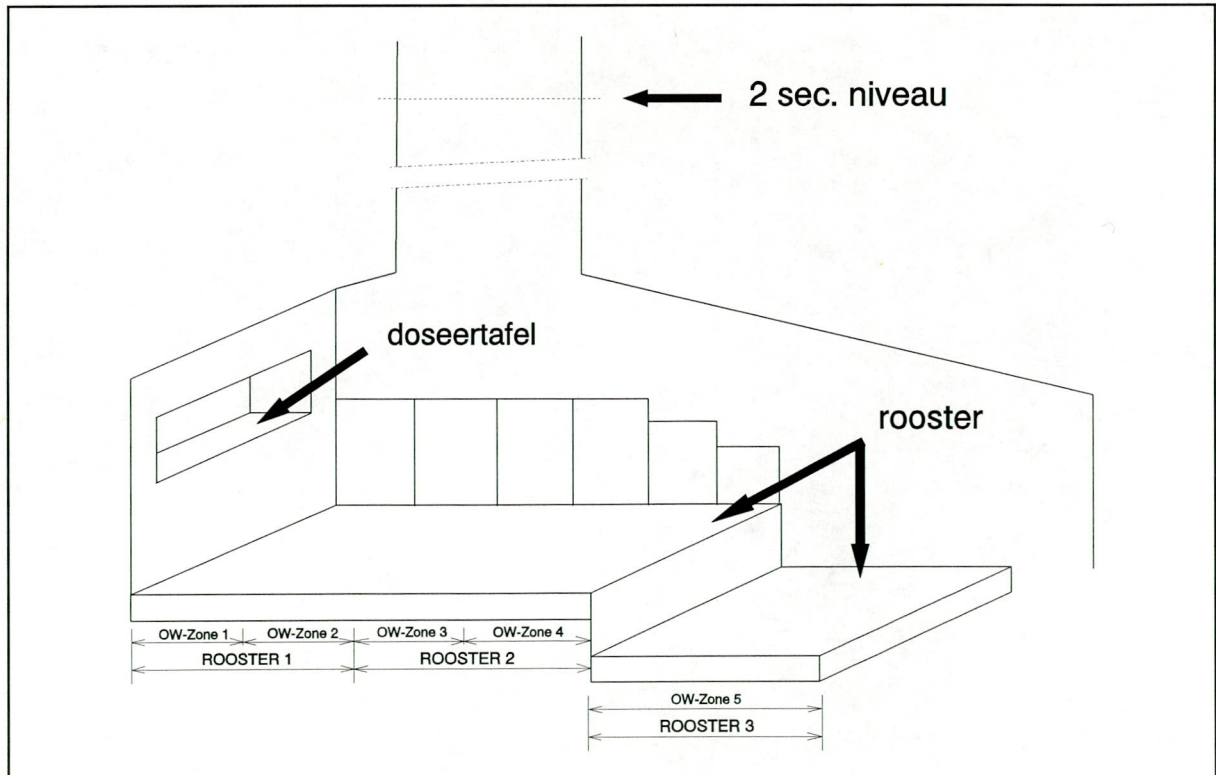
Als aanvulling op het PWB-project werden door TNO metingen uitgevoerd in de vuurhaard van de PNEM-installatie. Naast het bepalen van rookgastemperaturen werden er rookgasmonsters afgezogen waarvan d.m.v. gasanalyse de concentraties van een aantal componenten bepaald werd.

Dit vond plaats op twee lokaties in de vuurhaard: boven het rooster en in de 1^e trek, op het 2 sec. niveau (figuur A.1.1). Gedurende de vier weken die het project in beslag nam is er boven het rooster gemeten. De metingen op het 2 sec. niveau hebben gedurende de eerste twee weken plaatsgevonden. Op beide lokaties is volgens dezelfde methode en met hetzelfde type meetapparatuur gewerkt. Hieronder volgt een korte beschrijving van de metingen.

A.1 Meetpunten

Om aan te geven waar gemeten is, is in figuur A.1.1 een schema van de vuurhaard van de PNEM-installatie afgebeeld. Hierin beweegt de brandstof van de installatie, het RDF/PWB-mengsel, van links naar rechts.

Het (voorschuiף-) rooster bestaat, zoals figuur A.1.1 laat zien, uit de roosters 1 en 2 en een lager gelegen deel, rooster 3. Dit laatste rooster is minder interessant voor het onderzoek, aangezien dit rooster slechts als overloop wordt gebruikt. Daarom hebben de vuurhaardmetingen 'boven het rooster' plaatsgevonden boven de roosters 1 en 2. De totale lengte van de roosters 1 en 2 is 7,2 [m]. Onder de roosters bevinden zich vier onderwind-zones, waarvan de lucht-debietten apart geregeld worden. In figuur A.1.1 is tevens de andere meetlokatie, het 2 sec. niveau, aangegeven.

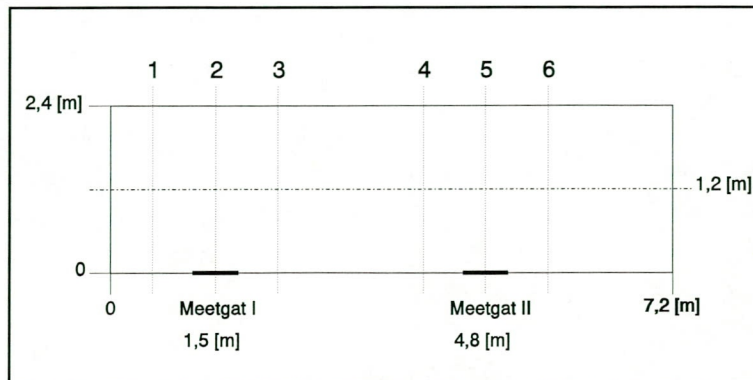


Figuur A.1.1 - De vuurhaard van de PNEM-installatie.

A.1.1 BOVEN HET ROOSTER

Bij de metingen boven het rooster is met zuigpyrometers in twee speciaal daarvoor aangebrachte meetgaten getraverseerd. Een en ander is getoond in figuur A.1.2, waarin een bovenaanzicht van de roosters 1 en 2 gegeven is.

Bij de metingen boven het rooster werd gebruik gemaakt van gehoekte en rechte zuigpyrometers.

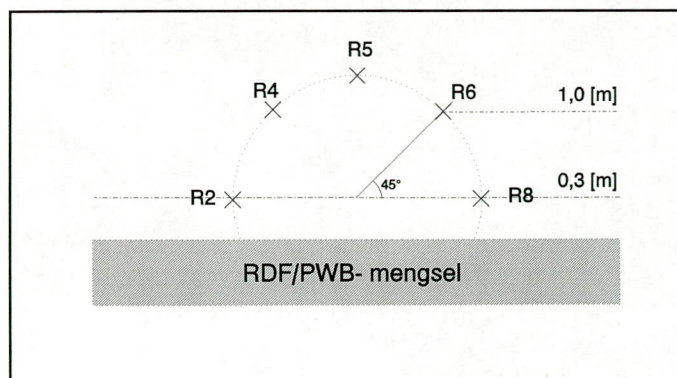


Figuur A.1.2 - Meetpunten boven het rooster.

Met de rechte zuigpyrometer kon een traverse over de breedte van het rooster gemaakt worden (over de assen 2 en 5 uit figuur A.1.2), terwijl met de gehoekte tevens over de lengte getraverseerd kon worden door 'omklappen' (de assen 1, 3, 4 en 6). De radiale lengte van de gehoekte zuigpyrometer is 1,0 [m].

I.v.m. de beperkte lengte van de zuigpyrometer is er slechts tot het midden van het rooster (1,2 [m] van de binnenwand, zie figuur A.1.2) getraverseerd. Toch kan dit een volledig beeld schetsen van de verbranding van RDF/PWB, onder de aanname dat deze verbranding symmetrisch t.o.v. de lengte-as over het midden van het rooster plaatsvindt.

Bij bemonstering op het midden van het rooster dient de insteekdiepte, die gemeten wordt vanaf de buitenwand van de vuurhaard, 1,75 [m] te zijn, rekening houdend met een wanddikte van $\pm 0,55$ [m].

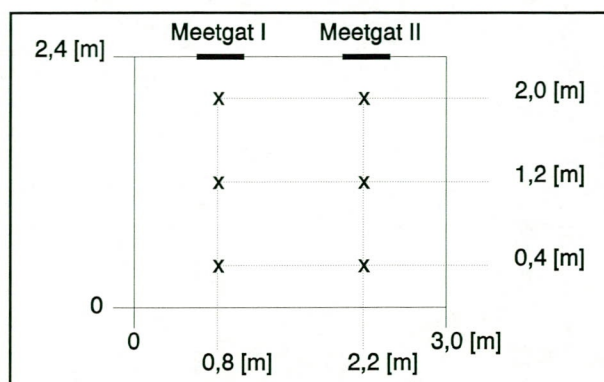


Figuur A.1.3 - Meetpunten van de gehoekte zuigpyrometer.

Met de gehoekte zuigpyrometer was het tevens mogelijk om hoger boven het rooster te meten door deze onder een hoek van 45° of 90° te plaatsen. Hierdoor kan meer inzicht verkregen worden in de wijze van uitbranden van de gasvormige reactieproducten. De meetpunten die bereikt kunnen worden met de gehoekte zuigpyrometer staan afgebeeld in figuur A.1.3. Er is bij de positie-codes die gebruikt worden om het meetpunt aan te geven sprake van de punten R2, R4, R5, R6 en R8 (1, 3, 7 en 9 zijn vervallen). De werkelijke hoogte van het nulniveau boven het afvalniveau wordt geschat op $\pm 0,3$ [m]. In de meetresultaten zullen de meetpunten in de uitbrand-zone aangegeven worden met '1,0 [m]'. Voor de eenvoud van presentatie wordt meetpunt R5, dat zich op ong. 1,3 [m] boven het afval bevindt, ook met '1,0 [m]' aangegeven, omdat dit punt bij de uitbrand-zone hoort.

A.1.2 EERSTE TREK: 2 SEC. NIVEAU

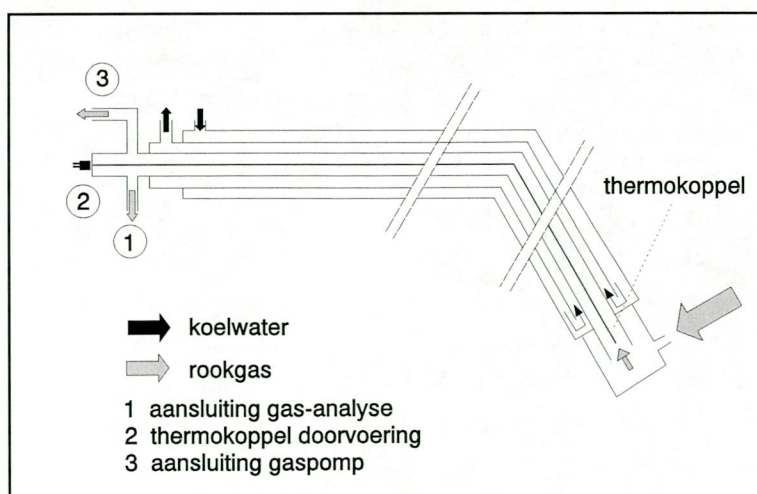
In de vuurhaard bevinden zich op het 2 sec. niveau twee luiken waarin een rechte watergekoelde zuigpyrometer geplaatst werd. In beide meetgaten werd een traverse met zes meetpunten gemaakt (zie hiervoor figuur A.1.4).



Figuur A.2.3 - Meetpunten op het 2 sec. niveau.

A.2 Meetapparatuur

Met een gekoelde zuigpyrometer worden de rookgassen afgezogen, die d.m.v. een verwarmde slang naar de meetauto gevoerd worden. Hier bevindt zich de analyse-apparatuur waarmee verschillende gas-concentraties in de afgezogen rookgassen worden bepaald. Aan de kop van de zuigpyrometer is een thermokoppel bevestigd waarlangs de rookgassen gevoerd worden. Hiervan wordt het signaal eveneens in de meetauto geregistreerd. Bij de metingen tijdens het PWB-project zijn twee typen zuigpyrometers gebruikt: rechte en gehoekte. Hiervan wordt de rechte gekoeld met water of lucht, terwijl de gehoekte zuigpyrometer alleen watergekoeld kan worden toegepast. In figuur A.2.1 is een gehoekte, watergekoelde, zuigpyrometer schematisch weergegeven.



Figuur A.2.1 - Schematische weergave van een gehoekte watergekoelde zuigpyrometer.

De gasanalyse-apparatuur in de meetauto bestaat uit:

- CO-monitor
- CO₂-monitor
- O₂-monitor
- C_xH_y-monitor
- NO_x-monitor
- Multi Componenten Systeem (MCS-100)(HCl, NH₃, SO₂, H₂O)

De meetwaarden van de MCS zijn alleen betrouwbaar als de rookgasmonster-temperatuur overal in het meetsysteem voldoende hoog is. Dat is alleen het geval indien de zuigpyrometer met lucht gekoeld wordt.

A.3 Meetprogramma:

In tabel A.3.I is een overzicht gegeven van de dagen waarop in de vuurhaard boven het rooster, dan wel op het 2 sec. niveau gemeten is.

Tabel A.3.I - Meetdagen vuurhaardmetingen.

PWB-project - Vuurhaardmetingen Overzicht van de meetdagen				
Lokatie	proef 1. 0% PWB	proef 2. 6% PWB	proef 3. 12% PWB	proef 4. 21% PWB
Boven het rooster	18 nov. 19 nov.	25 nov.	2 dec. 3 dec.	9 dec.
2 sec. niveau	19 nov.	26 nov.	-	-

A.4 Meetresultaten

Alle gasanalyses zijn betrokken op $[m_N^3]$ (droog) en teruggerekend naar 11 [vol%] O_2 .

Bij zowel de metingen boven het rooster als die op het 2 sec. niveau is elk meetpunt ± 10 minuten bemonsterd. De te presenteren meetresultaten zijn de gemiddelden over de monstername-periode.

De volgende meetresultaten zijn beschikbaar:

- de temperatuur van de rookgassen.
- de concentraties van O_2 , CO_2 , CO , NO_x , C_xH_y , HCl , NH_3 , SO_2 , H_2O in de rookgassen.

Hiervan wordt de H_2O -concentratie slechts benut om bij de verwerking van de meetwaarden van de MCS deze terug te rekenen naar 'droge' $[m_N^3]$.

Verder moet opgemerkt worden dat de getallen m.b.t. SO_2 minder betrouwbaar zijn i.v.m. problemen in de combinatie meetapparaat/data-acquisitie.

Bij de monsternames bleek dat op as 1 (figuur A.1.2, blz. A-4) niet gemeten kon worden omdat daar een bult RDF/PWB-mengsel, die net van de doseertafel kwam, lag.

De metingen bleven derhalve beperkt tot 5 assen.

A.4.1 BOVEN HET ROOSTER: 0,3 [m] EN 1,0 [m]

De resultaten van de verschillende meetdagen worden niet allemaal weergegeven. Eén van de redenen daarvoor is dat er niet altijd even constant is gestookt zodat de meetresultaten onderling weinig verband hoeven te hebben.

Daarom is ervoor gekozen alleen de meest interessante (d.w.z. waaruit de meest duidelijke conclusies konden worden getrokken) te presenteren.

A.4.1.1 Verbrandingsproef 1 - 19 nov. 1992

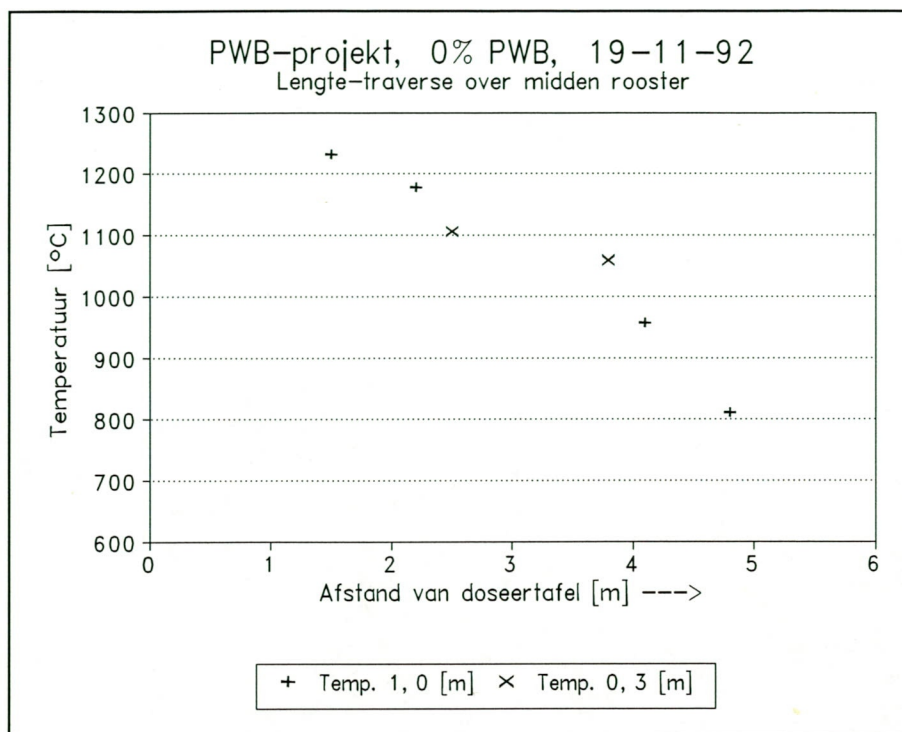
Op de tweede dag van proef 1. is er een traverse gemaakt over het midden van het rooster met een watergekoelde gehoekte zuigpyrometer. Hierbij waren er twee meetpunten vlak boven het rooster (0,3 [m]) en vier wat hoger boven het rooster (1,0 [m]: R4, R5, R6). De meetresultaten staan gepresenteerd in tabel A.4.I. De CO-concentraties met een $\geq$ -teken zijn een ondergrens van de werkelijke gemiddelde CO-concentratie, vanwege het tijdelijk overschrijden van het meetbereik in die meetperiode. In de kolom 'positie' staat een code die als volgt is opgebouwd: de romeinse cijfers I en II slaan op de meetgaten, de 1.75m slaat op de insteekdiepte (1,75 [m] insteekdiepte komt overeen met het midden van het rooster (1,2 [m])) en tenslotte geeft R2..8 de stand van de gehoekte zuigpyrometer aan volgens figuur A.1.3.

De meetresultaten uit tabel A.4.I zijn uitgezet in een aantal grafieken, figuur A.4.1 t/m A.4.3.

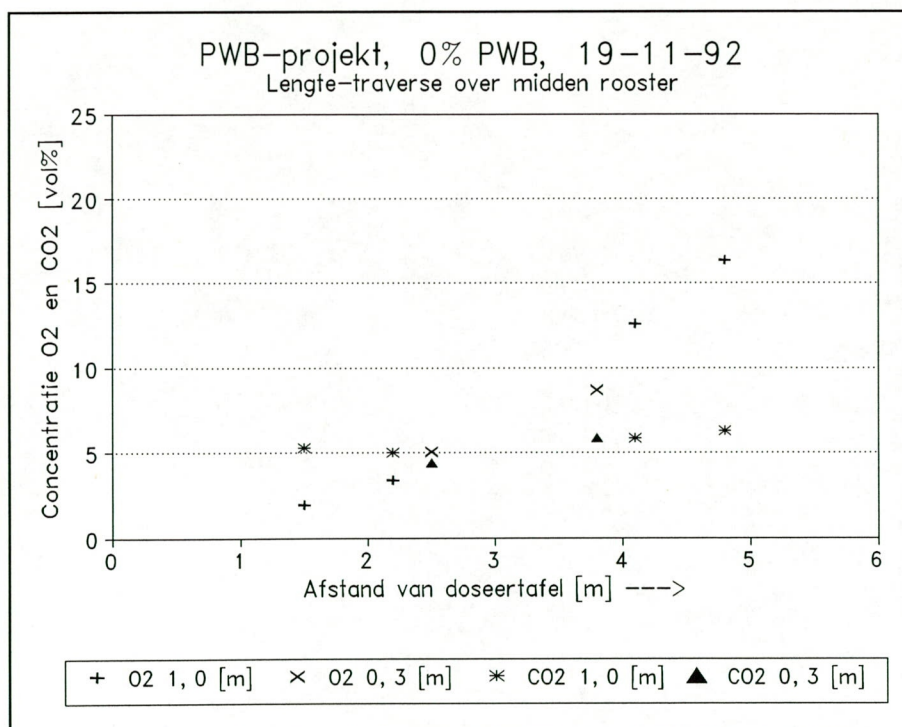
Tabel A.4.I - Meetresultaten van verbrandingsproef 1 (19 nov. '92), betrokken op 11% O₂.

Meetresultaten 19 nov '92 - 0% PWB, betrokken op 11% O ₂ .							
Positie (figuur A.1.3, blz. A-4)	Afstand van doseertafel [m]	CO [vol%]	NO _x [mg/m ³]	O ₂ * [vol%]	C _x H _y [mg/m ³]	CO ₂ [vol%]	Temp. [°C]
I-1.75m R5	1,5	1,4	150	1,9	419	5,3	1232
I-1.75m R6	2,2	$\geq 2,0$	118	3,4	769	5,0	1179
I-1.75m R8	2,5	$\geq 2,0$	84	5,0	277	4,4	1107
II-1.75m R2	3,8	1,8	245	8,7	718	5,8	1060
II-1.75m R4	4,1	0,1	176	12,6	254	5,9	957
II-1.75m R5	4,8	0,3	187	16,4	126	6,3	811

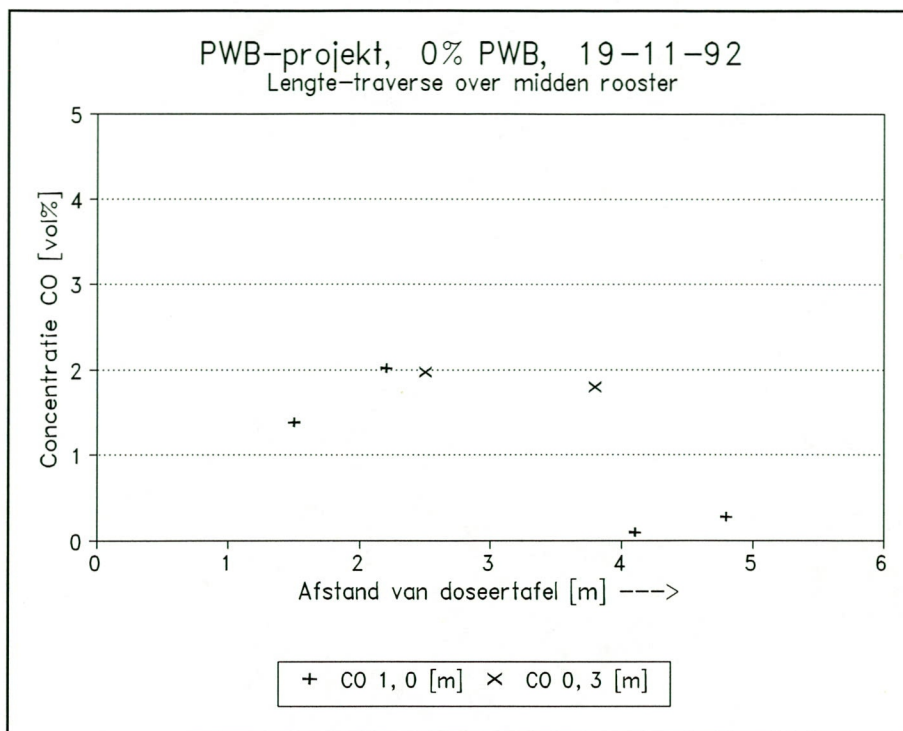
* niet betrokken op 11% O₂.



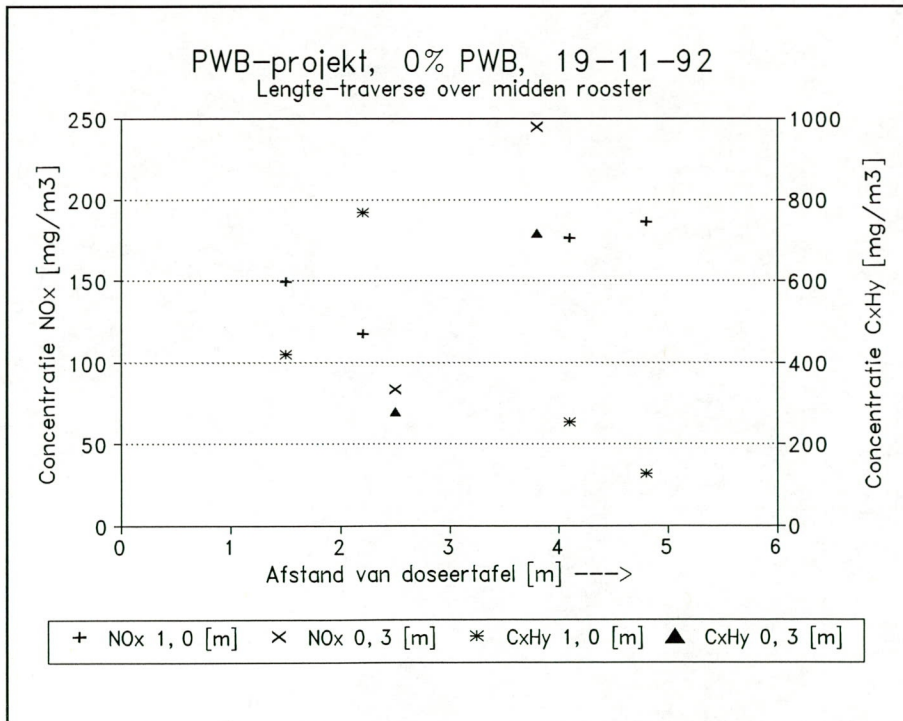
Figuur A.4.1 - Temperatuur-profiel van een lengte-traverse over het midden van het rooster (19 nov. '92).



Figuur A.4.2 - Meetwaarden van CO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, en van O₂-analyse, van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (19 nov. '92).



Figuur A.4.3 - Meetwaarden van CO-analyse, betrokken op 11% O_2 , van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (19 nov. '92).



Figuur A.4.4 - Meetwaarden van NO_x - en C_xH_y -analyse, betrokken op 11% O_2 , van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (19 nov. '92).

Conclusies t.a.v. de meetresultaten. (19 nov. '92)

Aan het temperatuurprofiel (figuur A.4.1) is het verloop van de verbranding over het rooster te zien: gaande in de bewegingsrichting van het rooster neemt de temperatuur af.

Die afname verloopt vlak boven het rooster minder steil dan hoger boven het rooster. Reden hiervoor kan zijn dat in het RDF/PWB-mengsel vooraan voornamelijk pyrolyse (ontgassing) plaatsvindt (gevolg: lagere temperatuur) en daarboven de pyrolysegassen uitbranden (hoge temperatuur). Achteraan het rooster is het RDF/PWB-mengsel reeds volledig ontgast en vindt er verbranding van vaste stof plaats. Daarboven worden de verbrandingsgassen verdund met primaire- en/of platenlucht. Deze laatste bewering wordt gestaafd door het O_2 - en CO-profiel (zie resp. figuur A.4.2 en 3): achteraan is veel O_2 en weinig CO aanwezig.

Figuur A.4.2 vertoont voor de CO_2 -concentratie een vlak verloop.

Figuur A.4.4. toont het verloop van de NO_x - en C_xH_y -concentratie over de lengte van het rooster. Het NO_x -signaal verloopt min of meer tegengesteld aan dat van de temperatuur. Hieruit valt op te maken dat er ondanks de temperatuur weinig thermische NO_x ontstaan is. Bij meetpunt I-1.75m R6 (2,2 [m] van de doseertafel) is een lage concentratie NO_x te zien, tegelijkertijd is er een piek te herkennen in de onvolledig verbrande componenten (CO en C_xH_y). Reden hiervoor is dat de O_2 -concentratie op dat punt erg laag is geweest, en door het hoge CO-gehalte heerst er een reducerende omgeving, met als gevolg: lage NO_x .

Aan het C_xH_y -profiel is te zien hoe het verbrandingsproces verloopt. Vooraan op 1,0 [m] boven het rooster is de concentratie onverbrande koolwaterstoffen (pyrolyseprodukt!) vrij hoog, achteraan is deze een stuk lager. Op 0,3 [m] boven het rooster zijn deze getallen uiteraard hoger. Opvallend zijn de concentraties NO_x - en C_xH_y op meetpunt I-1.75m R2.

Tot slot kan over deze meetdag opgemerkt worden dat visueel vastgesteld is dat het vuur ver naar voren heeft gelegen. De meetresultaten zijn hiermee in overeenstemming.

A.4.1.2 Verbrandingsproef 2 - 25 nov. 1992

Op de eerste dag van proef 2. is weer een traverse gemaakt over het midden van het rooster. Deze keer is behalve met de gehoekte ook met de rechte zuigpyrometer bemonsterd (beiden watergekoeld). Daardoor zijn er in vergelijking met 19 nov. twee meetpunten vlak boven het rooster (0,3 [m]) extra.

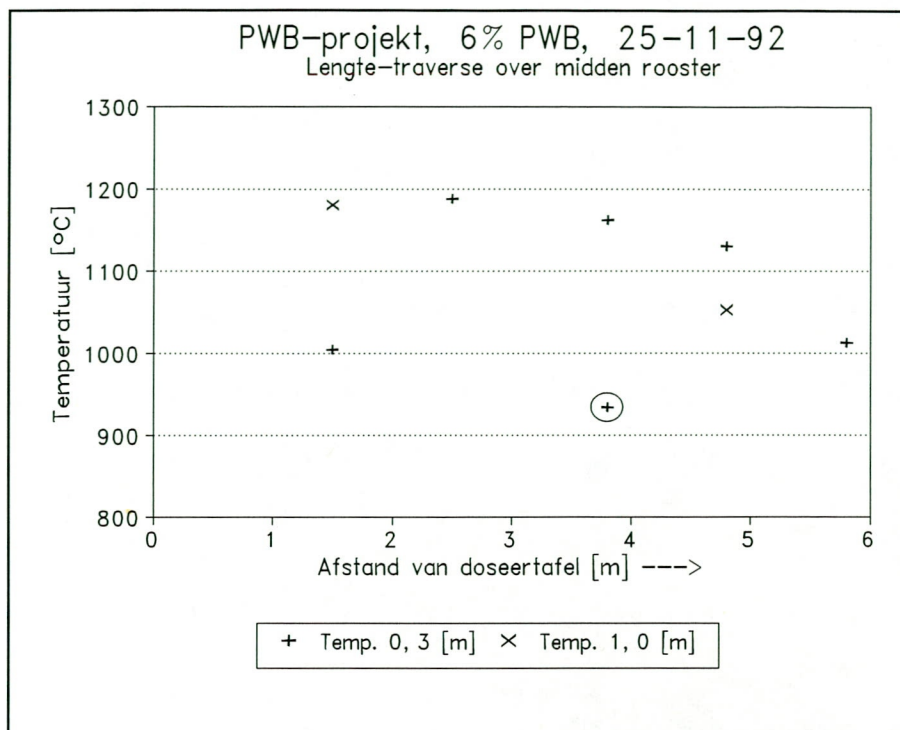
De meetresultaten staan gepresenteerd in tabel A.4.II en de meetresultaten zijn uitgezet in grafieken (figuur A.4.4 t/m A.4.6). Aan de tabel en figuren (gemarkeerd met een cirkel) is een extra meetpunt toegevoegd, waarover in de bespreking van de resultaten enige opmerkingen worden gemaakt.

Van de CO-getallen die in onderstaande tabel met een $\geq$ -teken gemarkeerd zijn, is de ondergrens gegeven (i.v.m. tijdelijk overschrijden van het meetbereik).

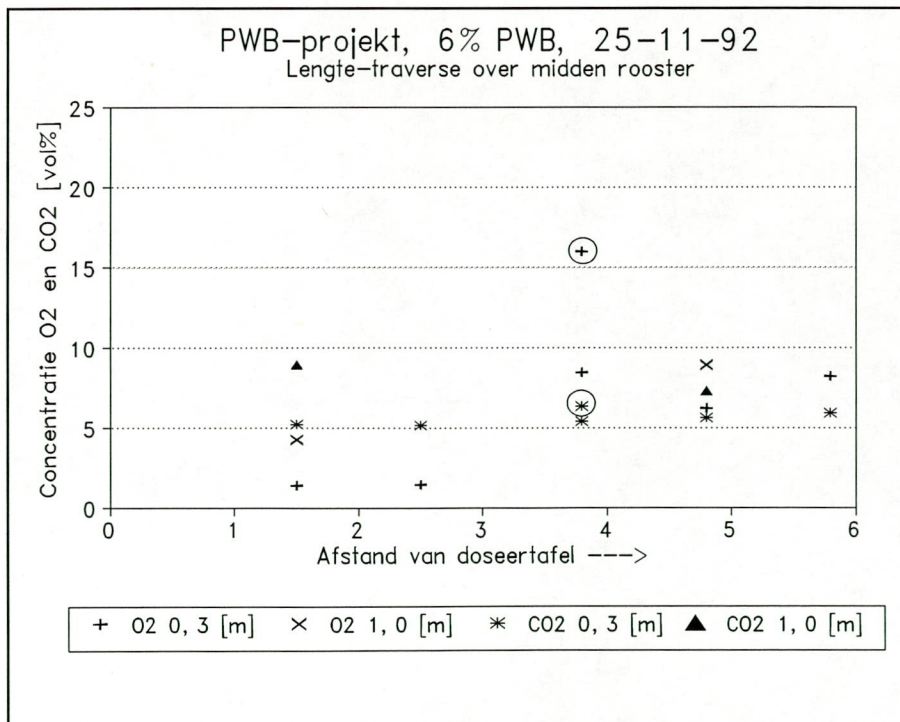
Tabel A.4.II - Meetresultaten van verbrandingsproef 2 (25 nov. '92), betrokken op 11 % O₂.

Meetresultaten 25 nov. '92 - 6 % PWB, betrokken op 11 % O ₂ .							
Positie	Afstand van doseertafel [m]	CO [vol%]	NO _x [mg/m ³]	O ₂ * [vol%]	C _x H _y [mg/m ³]	CO ₂ [vol%]	Temp. [°C]
I-1.75m	1,5	$\geq 2,4$	49	1,4	897	5,2	1004
I-1.75m R8	2,5	$\geq 2,2$	91	1,4	527	5,2	1188
II-1.75m R2	3,8	3,1	69	8,4	714	5,4	1162
II-1.75m	4,8	1,6	222	6,2	353	5,6	1130
II-1.75m R8	5,8	1,5	235	8,2	859	5,9	1012
I-1.75m R5	1,5	0,6	253	4,3	112	8,9	1181
II-1.75m R5	4,8	0,1	223	8,9	73	7,2	1052
II-1.75m R2	3,8	0,5	249	15,9	99	6,3	934

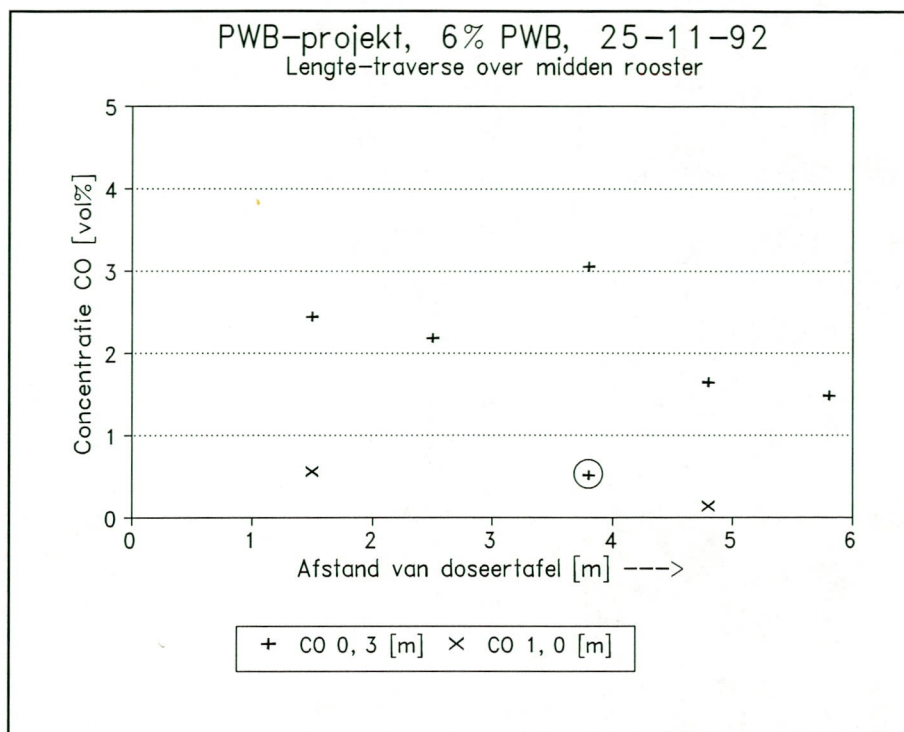
* niet betrokken op 11 % O₂.



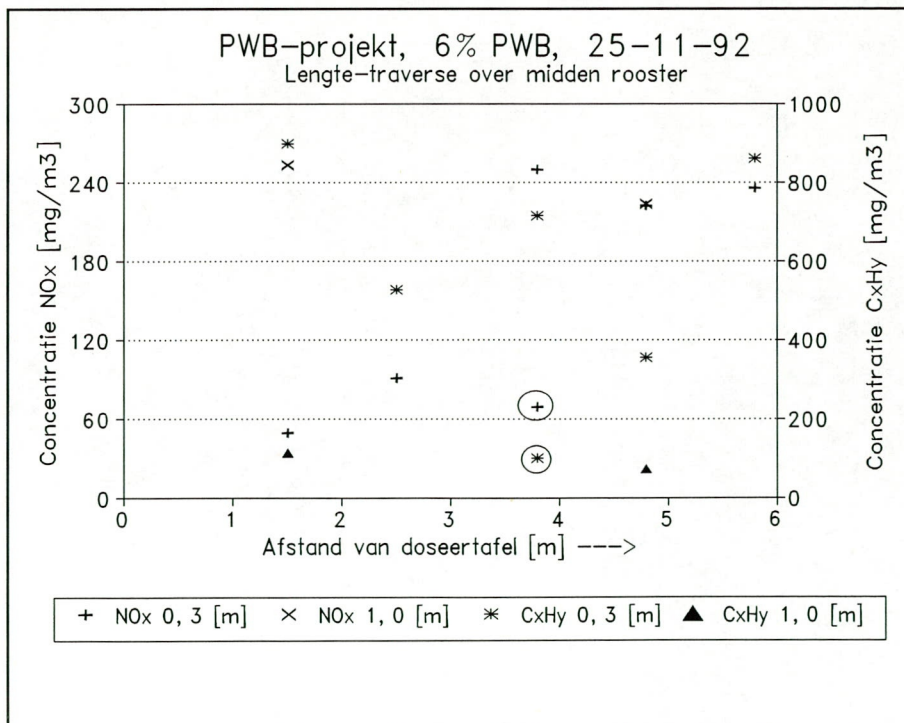
Figuur A.4.5 - Temperatuur-profiel, van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (25 nov. '92).



Figuur A.4.6 - Meetwaarden van CO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, en van O₂-analyse, van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (25 nov. '92).



Figuur A.4.7 - Meetwaarden van CO-analyse, betrokken op 11% O_2 , van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (25 nov. '92).



Figuur A.4.8 - Meetwaarden van NO_x - en C_xH_y -analyse, betrokken op 11% O_2 , van een lengte-traverse boven het midden van het rooster (25 nov. '92).

Conclusies m.b.t. de meetresultaten. (25 nov. 1992)

Het temperatuurprofiel van deze metingen (figuur A.4.5) vertoont een gelijkenis met dat van 19 nov. '92, met dit verschil dat het temperatuur-niveau verder op het rooster hoger ligt. Deze keer was het vuur verdeeld over een grotere lengte van het rooster. Dit is waarschijnlijk een gevolg van wijziging van de instellingen n.a.v. de presentatie van de meetresultaten van proef 1 in de voortgangsbespreking.

De temperatuur vooraan was vrij laag omdat daar pyrolyse plaatsvond of dat het RDF/PWB-mengsel nog niet helemaal droog was. Uit de metingen kan de juiste oorzaak niet worden aangetoond.

Het CO₂-profiel (zie figuur A.4.6) is vrij vlak, net zoals die van de vorige verbrandingsproef. met daarop de metingen op 3,8 [m] van de doseertafel (II-1.75m R2) als uitzondering: veel O₂, weinig CO₂. Ook in figuur A.4.8, waarin het verloop van de NO_x- en C_xH_y-concentratie over de lengte van het rooster te zien is, is deze meting een vreemde eend in de bijt. Dit kan een gevolg zijn van het feit dat dit meetpunt precies op de grens van de 2^e en de 3^e onderwindzone ligt, en dat misschien daardoor storende invloeden geïnduceerd worden.

Het verschil tussen de metingen op 0,3 en 1,0 [m] boven het rooster is duidelijk te zien aan het CO en C_xH_y-profiel (figuur A.4.7 en 8). In die ±0,7 [m] is het grootste gedeelte van de produkten van onvolledige verbranding, die uit het RDF/PWB-mengsel ontwijken, verbrand!

Om te laten zien welke gevolgen de verschillende instellingen hebben op de verbranding op het rooster is een meting van eerder op de dag toegevoegd (gemarkeerd met een cirkel). Dit resultaat valt helemaal uit de boot vergeleken met de rest. Hieruit valt op te maken dat voor de samenhang tussen de verschillende metingen belangrijk is dat de metingen van één traverse binnen een zo kort mogelijk tijdsbestek plaatsvonden, i.v.m. het feit dat de installatie niet constant bedreven werd.

A.4.1.3 Verbrandingsproef 3 - 2 en 3 dec. 1992

Beide dagen van proef 3. is er een traverse in de breedte van het rooster gemaakt in elk van de meetgaten. In de tabellen en grafieken die betrekking hebben tot een breedte-traverse is als referentie gekozen de wand van de vuurhaard waarin zich de meetgaten voor de metingen boven het rooster bevinden. Deze wand wordt 'voor'-wand genoemd.

2 dec. '92: meetgat I.

De meetresultaten van 2 dec. '92 staan gepresenteerd in tabel A.4.III.A. Omdat er deze dag een luchtgekoelde zuigpyrometer gebruikt is zijn ook de meetresultaten die de MCS levert beschikbaar. Deze meetresultaten staan gepresenteerd in tabel A.4.III.B.

De meetresultaten zijn uitgezet in de grafieken in figuur A.4.7 t/m A.4.11. Hierin is onderscheid gemaakt tussen de traverses I, II en III, uitgevoerd op verschillende tijdstippen. Dit verschil is in de legenda's van de grafieken aangegeven.

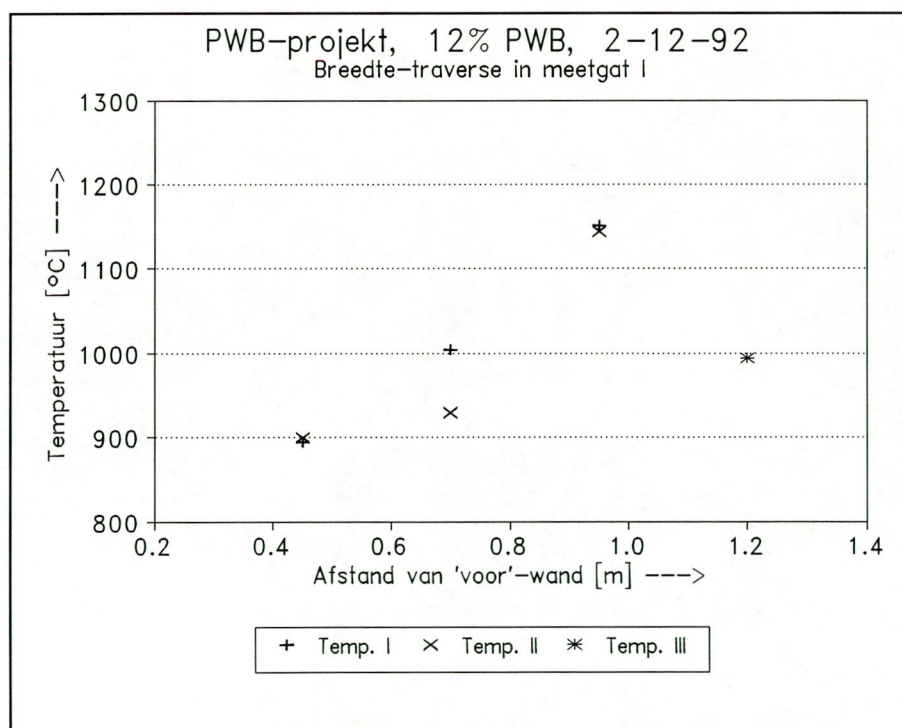
Tabel A.4.III.A - Meetresultaten van Verbrandingsproef 3 (2 dec. '92), betrokken op 11% O₂.

Meetresultaten 2 dec. '92 - 12% PWB, betrokken op 11% O ₂ .							
Traverse in meetgat I	Afstand van 'voor'-wand [m]	CO [vol%]	NO _x [mg/m ³]	O ₂ * [vol%]	C _x H _y [mg/m ³]	CO ₂ [vol%]	Temp. [°C]
I	0,45	0,2	376	15,2	0	8,3	894
I	0,70	0,7	314	12,5	23	8,2	1004
I	0,95	≥ 2,0	161	2,4	295	7,3	1151
II	0,45	0,2	269	17,7	3,6	7,2	900
II	0,70	0,5	285	16,0	0	8,8	929
II	0,95	≥ 2,1	169	2,9	0	7,4	1154
III	1,20	≥ 2,1	118	1,9	776	6,8	995

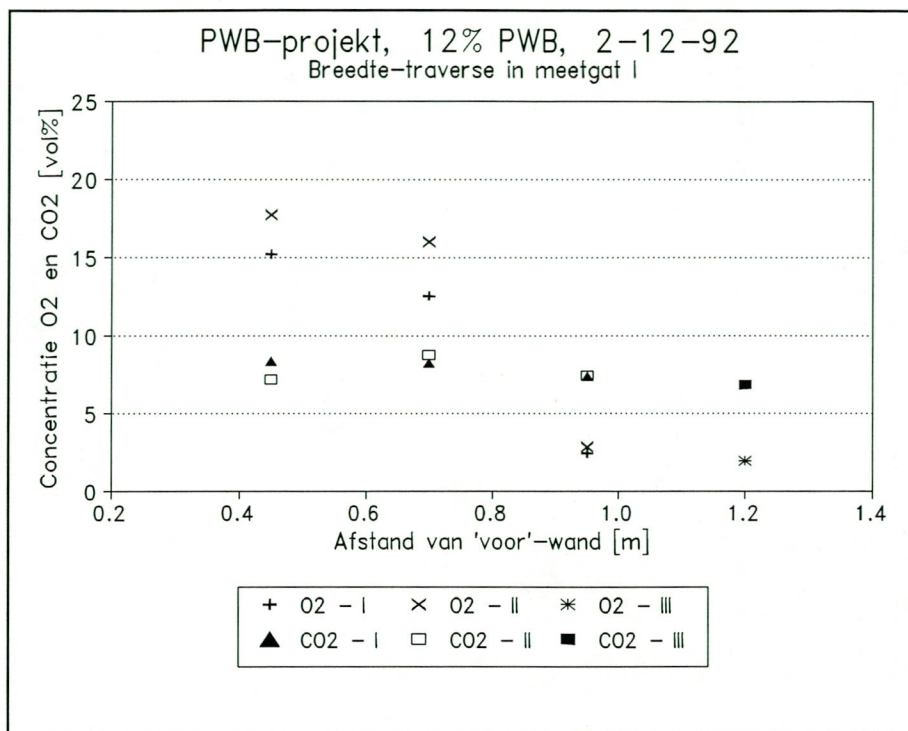
* niet betrokken op 11% O₂.

Tabel A.4.III.B - MCS-metresultaten van verbrandingsproef 3 (2 dec. '92), betrokken op 11% O₂.

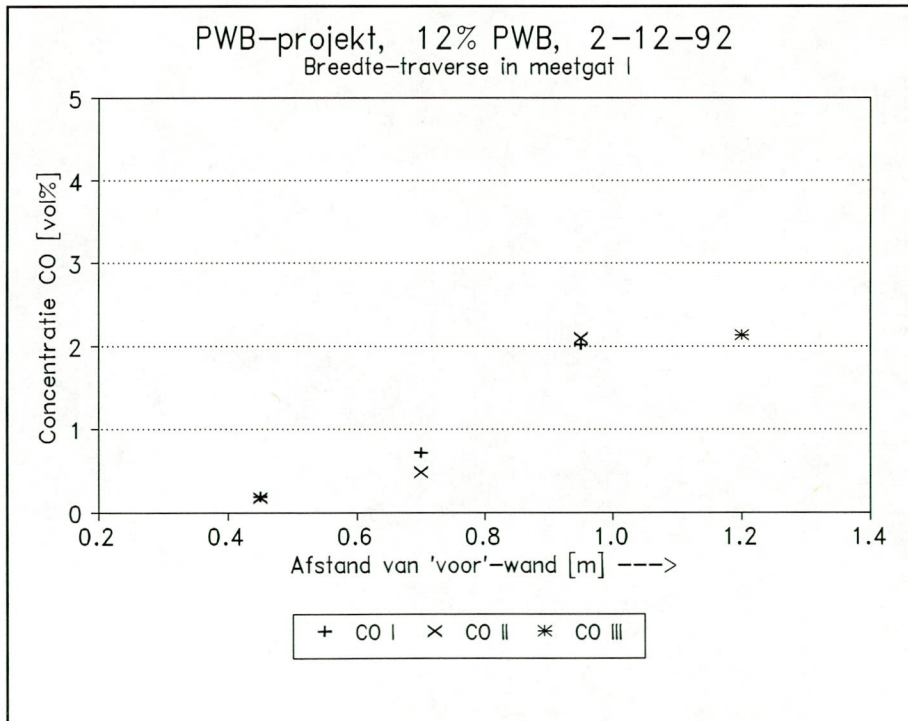
MCS-Metresultaten 2 dec. '92 - 12% PWB, betrokken op 11% O ₂ .				
Traverse in meetgat I	Afstand van 'voor'-wand [m]	HCl [mg/m ³]	NH ₃ [mg/m ³]	SO ₂ [mg/m ³]
I	0,45	2290	0	398
I	0,70	1571	20	428
I	0,95	412	17	301
II	0,45	880	10	244
II	0,70	983	5	273
II	0,95	328	26	282
III	1,20	859	85	549



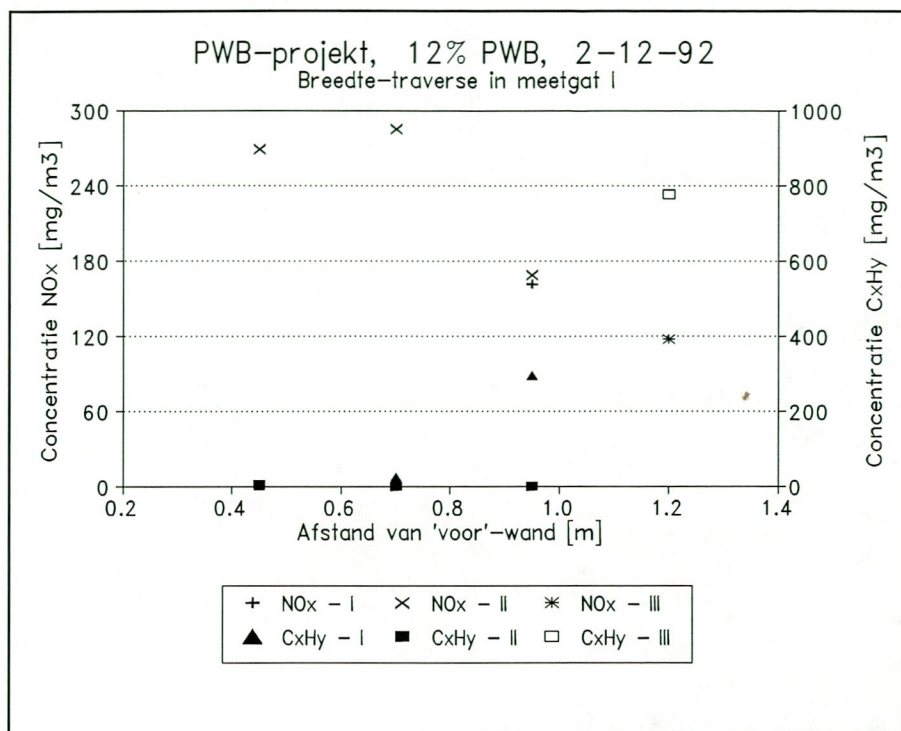
Figuur A.4.9 - Temperatuur-profiel, van breedte-traverses in meetgat I, boven het rooster (2 dec. '92).



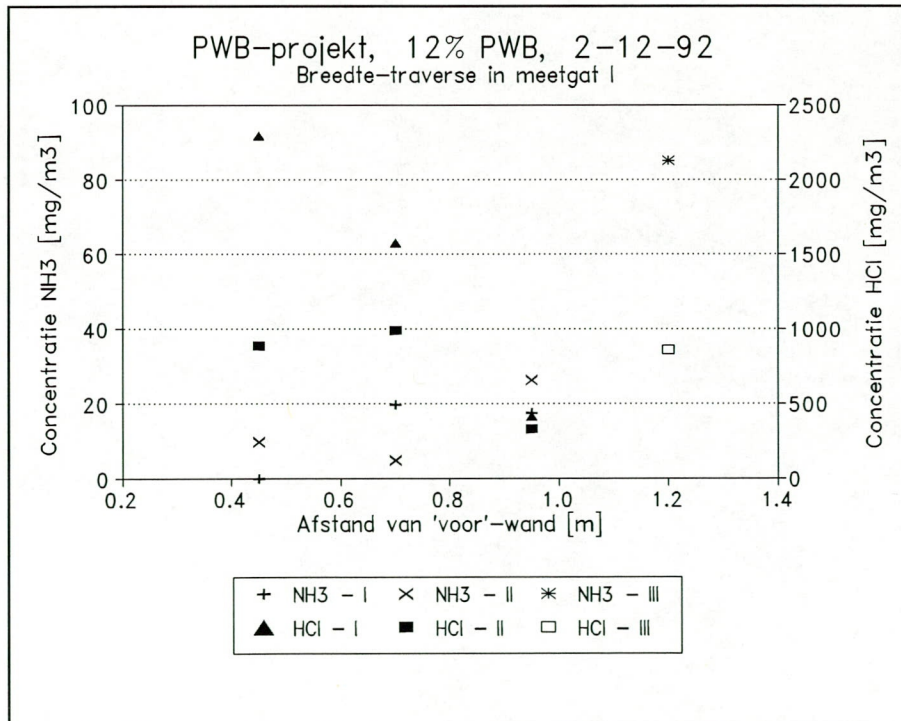
Figuur A.4.10 - Meetwaarden van CO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, en O₂-analyse, van breedte-traverses in meetgat I, boven het rooster (2 dec. '92).



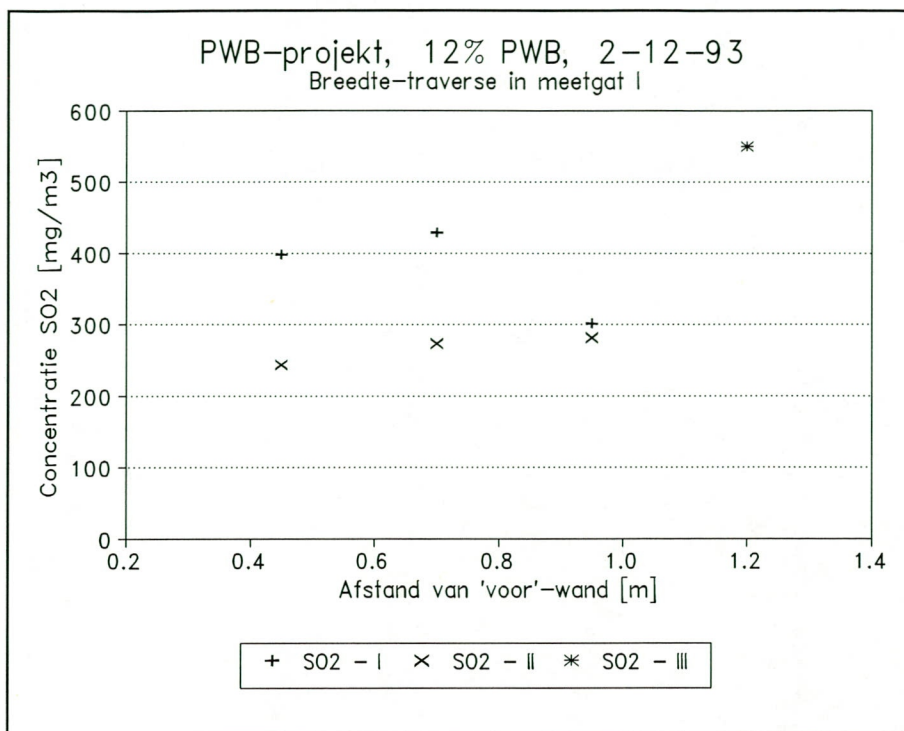
Figuur A.4.11 - Meetwaarden van CO-analyse, betrokken op 11% O₂, van breedte-traverses in meetgat I, boven het rooster (2 dec. '92).



Figuur A.4.12 - Meetwaarden van NO_x - en CxHy -analyse, betrokken op 11% O_2 , van breedte-traverses in meetgat I, boven het rooster (2 dec. '92).



Figuur A.4.13 - Meetwaarden van NH_3 - en HCl -analyse, betrokken op 11% O_2 , van breedte-traverses in meetgat I, boven het rooster (2 dec. '92).



Figuur A.4.14 - Meetwaarden van SO_2 -analyse, betrokken op 11% O_2 , van breedte-traverses in meetgat I, boven het rooster (2 dec. '92).

Conclusies m.b.t. de meetresultaten. (2 dec. 1992)

Bij de resultaten van de metingen in meetgat I is op te merken dat er duidelijke verschillen bestaan tussen de traverses I en II. Deze invloed doet zich vooral gelden dichtbij de wand, waar de invloed van de platenlucht het grootst is. Hieruit blijkt dat de regeling van de installatie grote gevolgen heeft op de condities in de vuurhaard, en dus op de resultaten van de vuurhaardmetingen.

Het temperatuurverloop over de breedte van het rooster (figuur A.4.9) is als volgt: naar het midden gaande neemt de temperatuur toe. Het verwachte maximum van de temperatuur op het midden (1,2 [m]) blijft uit. De oorzaak hiervan kan gezocht worden in het tijdsverschil tussen de meting op het midden en de rest van de metingen.

De O_2 -concentratie neemt naar het midden toe af, het CO_2 -profiel is daaraan weer tegengesteld (zie figuur A.4.10). Ook de CO-concentratie neemt toe, van 0-0,5 [vol%] aan de wand tot ± 2 [vol%] in het midden (figuur A.4.11). Hieruit kan worden opgemaakt dat de verbranding zich rond het midden van het rooster concentreert. Hier zijn de warmteverliezen naar de omgeving en de invloed van de platenlucht het kleinst.

In de buurt van de wand heerst er een luchtvermaat, wat resulteert in een gasmengsel met weinig onverbrande gassen. Dit blijkt uit het feit dat de concentratie van de onverbrande koolwaterstoffen aan de wand vrijwel 0 [mg/m³] is. In het midden is de concentratie hoger.

Dat het RDF/PWB-mengsel aan de wand al uitgebrand is zou kunnen worden opgemaakt uit het SO_2 -profiel (figuur A.4.14), dat naar het midden toe oploopt.

3 dec. '92: meetgat I-R8 en II.

Op de tweede meetdag van verbrandingsproef 3 is er in meetgat II (4,8 [m] van de doseertafel), in de breedte getraverseerd met luchtgekoelde rechte zuigpyrometers, van 0,7 [m] van de wand tot het midden van het rooster, met $\pm 12,5$ [cm] tussen de meetpunten. Later is nog een traverse gemaakt in meetgat I, op positie R8 (2,5 [m] van de doseertafel), met drie meetpunten, dit keer met watergekoelde gehoekte zuigpyrometers ($\rightarrow$ geen MCS-meetresultaten).

De meetresultaten van 3 dec. '92 staan gepresenteerd in tabel A.4.III.A en B, in figuur A.4.15 t/m A.4.20. zijn de grafieken gegeven.

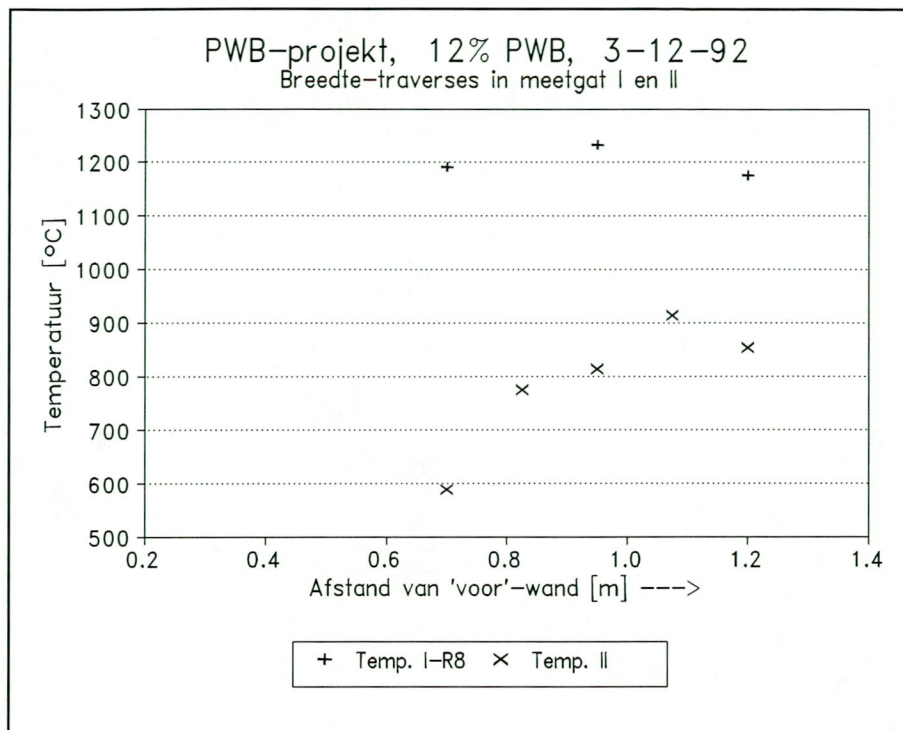
Tabel A.4.IV.A - Meetresultaten van verbrandingsproef 3 (3 dec. '92), betrokken op 11% O₂.

Meetresultaten 3 dec. '92 - 12% PWB, betrokken op 11% O ₂ .							
Positie-code	Afstand van 'voor'-wand [m]	CO [vol%]	NO _x [mg/m ³]	O ₂ * [vol%]	C _x H _y [mg/m ³]	CO ₂ [vol%]	Temp. [°C]
II-1.25m	0,700	0,6	275	18,9	0	9,2	589
II-1.375m	0,825	0,4	343	16,0	13	9,1	775
II-1.50m	0,950	0,4	298	15,2	6	9,1	813
II-1.675m	1,125	0,4	291	13,0	20	8,7	914
II-1.75m	1,200	0,3	276	13,6	3	9,0	853
I-1.25m R8	0,7	2,0	226	6,1	161	7,5	1192
I-1.50m R8	0,95	2,5	124	3,4	181	7,1	1233
I-1.75m R8	1,2	2,4	144	4,8	324	6,9	1175

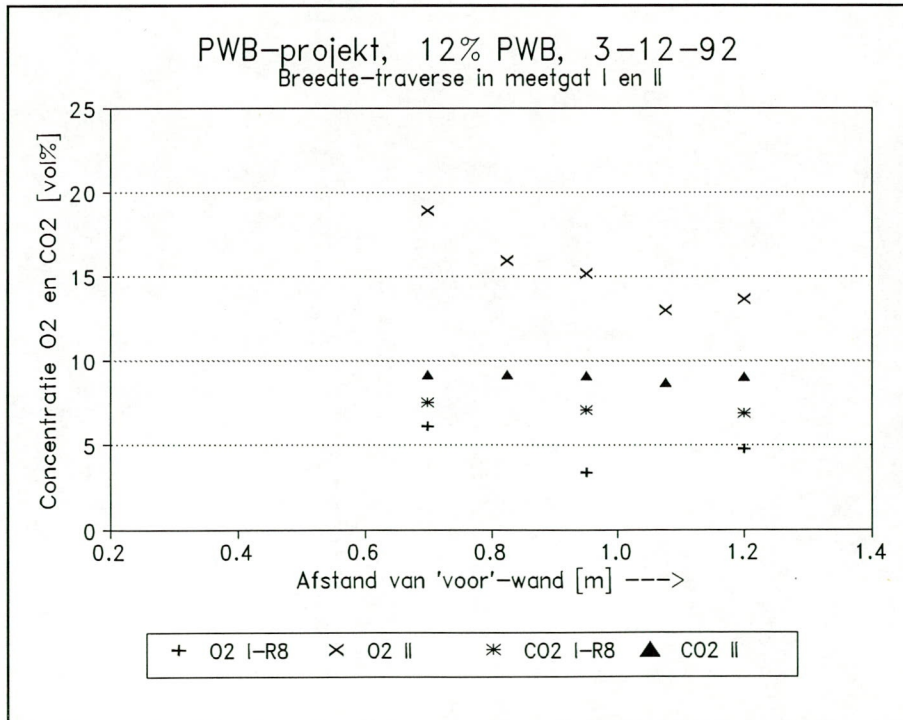
* niet betrokken op 11% O₂.

Tabel A.4.IV.B - MCS-Meetresultaten van verbrandingsproef 3 (3 dec. '92), betrokken op 11% O₂.

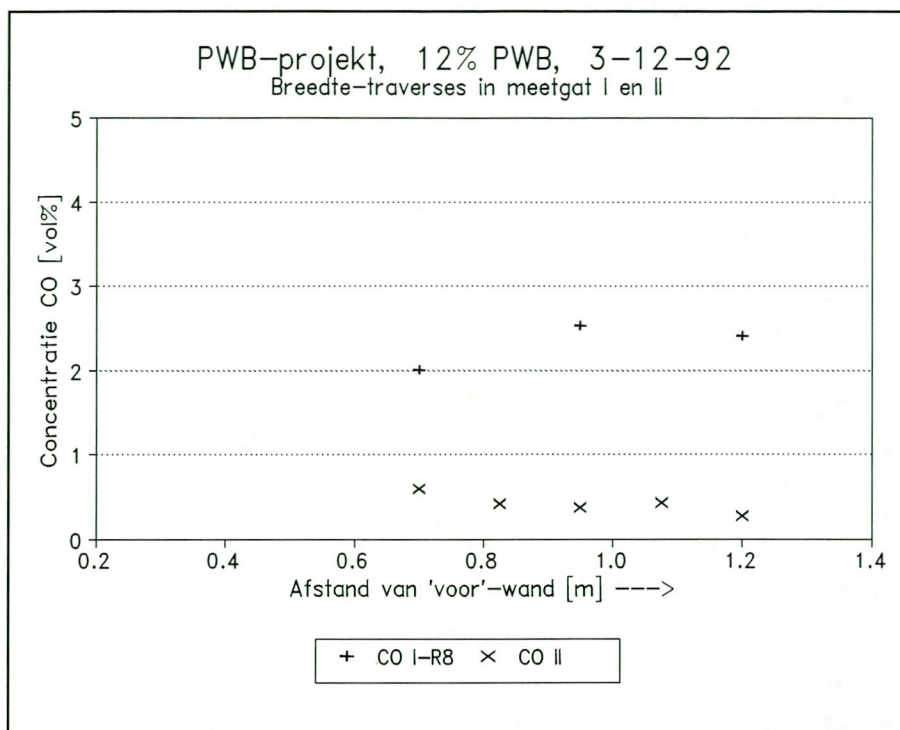
MCS Meetresultaten 3 dec. '92 - 12% PWB, betrokken op 11% O ₂ .				
Positie-code	Afstand van 'voor'-wand [m]	HCl [mg/m ³]	NH ₃ [mg/m ³]	SO ₂ [mg/m ³]
II-1.25m	0,700	1265	55	837
II-1.375m	0,825	516	25	798
II-1.50m	0,950	538	12	739
II-1.675m	1,075	573	9	950
II-1.75m	1,200	578	7	621



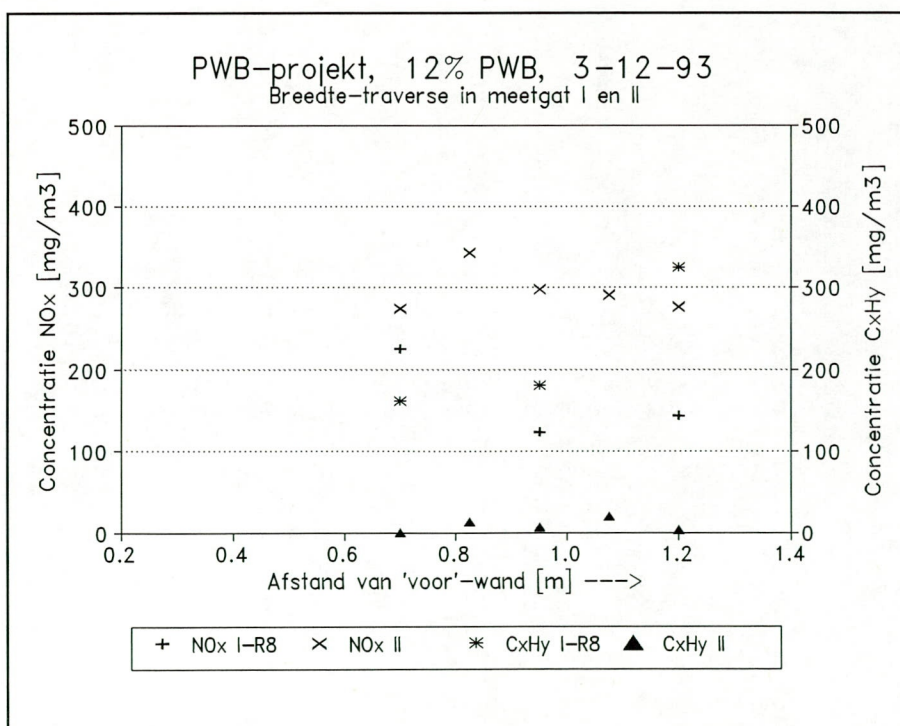
Figuur A.4.15 - Temperatuur-profiel van een breedte-traverse in meetgat I en II, boven het rooster (3 dec. '92).



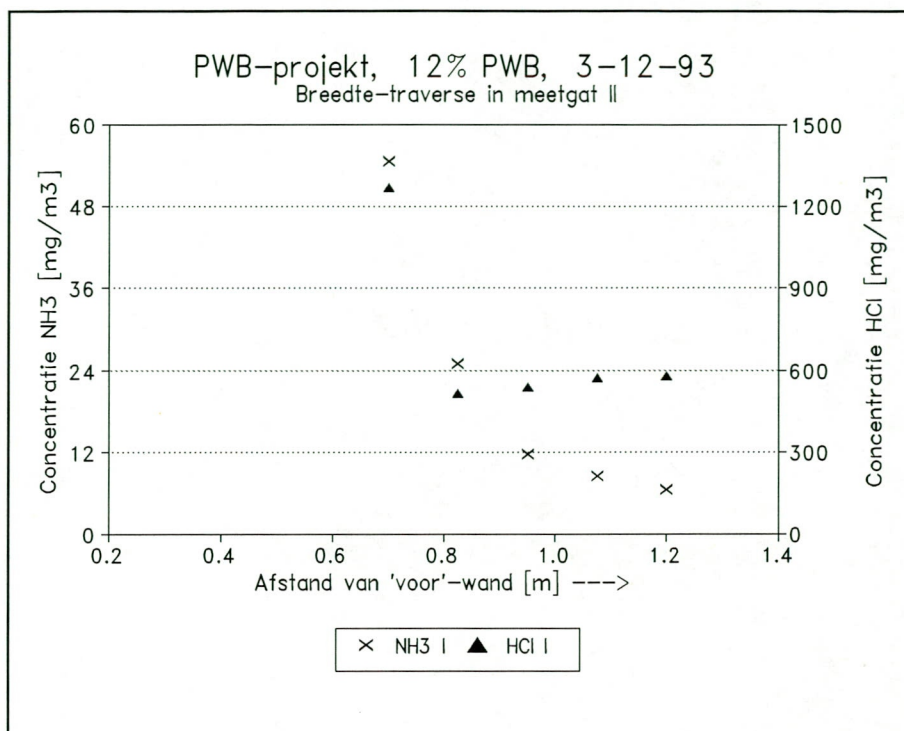
Figuur A.4.16 - Meetwaarden van CO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, en O₂-analyse, van een breedte-traverse in meetgat I en II, boven het rooster (3 dec. '92).



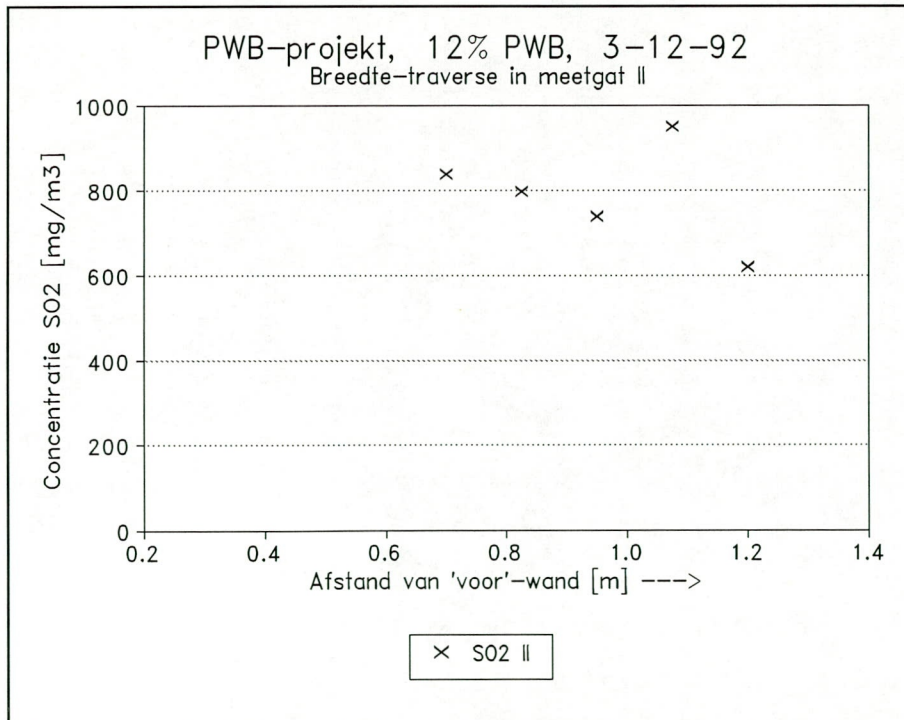
Figuur A.4.17 - Meetwaarden van CO-analyse, betrokken op 11% O₂, van een breedte-traverse in meetgat I en II, boven het rooster (3 dec. '92).



Figuur A.4.18 - Meetwaarden van NO_x- en C_xH_y-analyse, betrokken op 11% O₂, van een breedte-traverse in meetgat I en II, boven het rooster (3 dec. '92).



Figuur A.4.19 - Meetwaarden van NH₃- en HCl-analyse, betrokken op 11% O₂, van een breedte-traverse in meetgat II, boven het rooster (3 dec. '92).



Figuur A.4.20 - Meetwaarden van SO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, van een breedte-traverse in meetgat II, boven het rooster (3 dec. '92).

Conclusies m.b.t. de meetresultaten. (3 dec. 1992)

De conclusies m.b.t. de meetresultaten van deze dag kunnen zich toespitsen op het verschil dat optreedt door de afstand van de doseertafel van een breedte-traverse.

Wat blijkt is dat het RDF/PWB-mengsel ter hoogte van meetgat I-R8 nog aan het ontgassen is, wat blijkt uit hogere concentraties van producten onvolledige verbranding (CO en C_xH_y , figuur A.4.17 en 18) die daar gemeten zijn, terwijl in meetgat II slechts nog verbranding van vaste stof plaatsvindt (de concentraties van CO en C_xH_y zijn zeer laag).

Verder is o.a. aan het temperatuur-profiel (figuur A.4.15) te zien dat deze dag het vuur in een tongvorm over het rooster lag: vooraan (meetgat I-R8) breed, iets verder naar achter (meetgat II) smaller.

Fig A.4.19 en 20 vertonen voor NH_3 en SO_2 een dalende trend in de traverse, terwijl het HCl-niveau licht stijgt. De hoge waarden voor deze componenten op 0,7 [m] afstand van de wand zijn een gevolg van de correctie op 11 [vol%] O_2 . Er dient niet te veel waarde aan gehecht te worden.

A.4.1.4 Verbrandingsproef 4 - 9 dec. 1992

Deze dag is er een traverse in de breedte van het rooster gemaakt, in beide meetgaten.

De meetresultaten van 9 dec. '92 staan gepresenteerd in tabel A.4.V. Omdat er deze dag een luchtgekoelde zuigpyrometer gebruikt is zijn ook de meetresultaten van de MCS beschikbaar.

De meetresultaten zijn uitgezet in de grafieken in figuur A.4.12 t/m A.4.16.

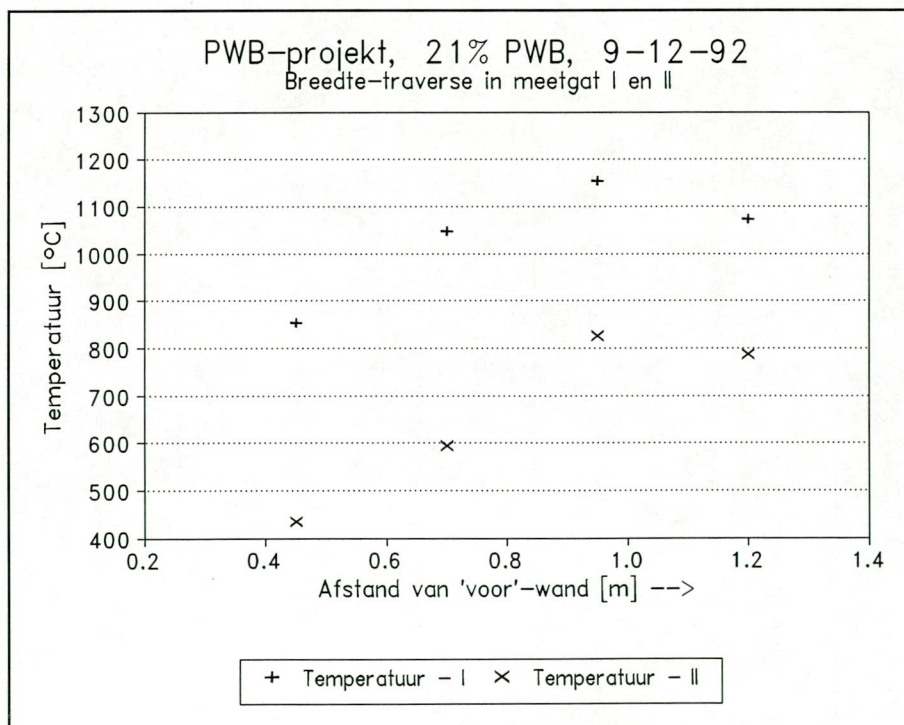
Tabel A.4.V.A - Meetresultaten van verbrandingsproef 4 (9 dec. '92), betrokken op 11% O_2 .

Meetresultaten 9 dec. '92 - 21% PWB, betrokken op 11% O_2 .							
Positie-code	Afstand van 'voor'-wand [m]	CO [vol%]	NO_x [mg/m ³]	O_2^* [vol%]	C_xH_y [mg/m ³]	CO_2 [vol%]	Temp. [°C]
I-1.00m	0,45	1,1	423	16,2	43	9,0	855
I-1.25m	0,70	0,7	480	10,7	98	8,7	1048
I-1.50m	0,95	1,8	229	1,4	368	7,5	1153
I-1.75m	1,20	1,6	111	0,5	439	7,2	1074
II-1.00m	0,45	0,7	174	19,8	14	8,2	436
II-1.25m	0,70	0,5	410	17,7	14	9,7	595
II-1.50m	0,95	0,5	374	14,0	31	9,5	825
II-1.75m	1,2	0,4	280	14,6	13	10,1	789

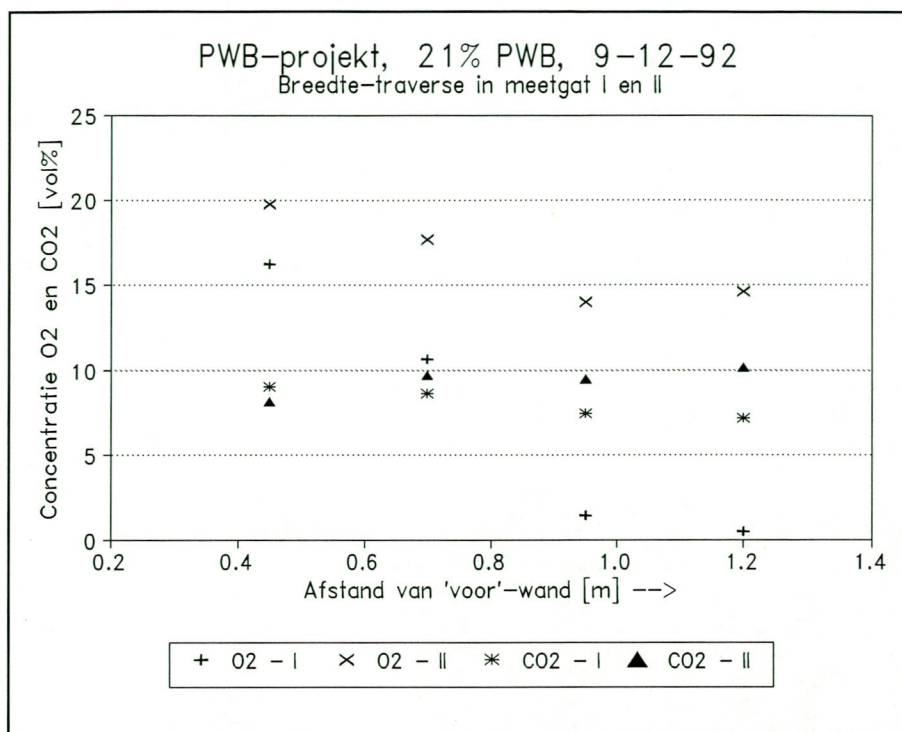
* niet betrokken op 11% O_2 .

Tabel A.4.V.B - MCS-metresultaten van verbrandingsproef 4 (9 dec. '92), betrokken op 11% O₂.

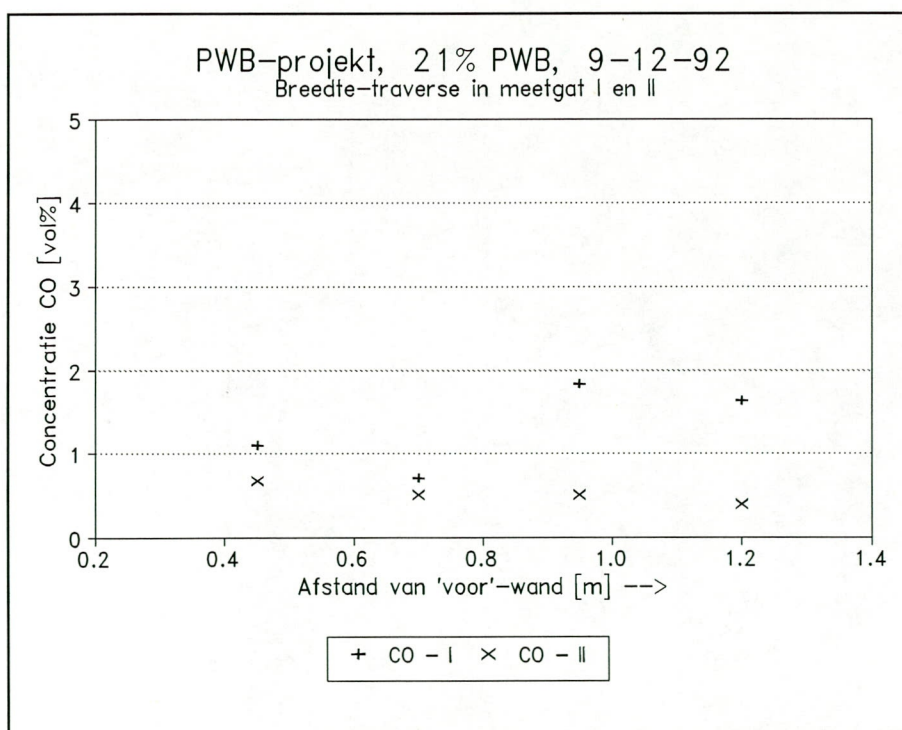
MCS meetresultaten 9 dec. '92 - 21% PWB, betrokken op 11% O ₂ .				
Positie-code	Afstand van 'voor'-wand [m]	HCl [mg/m ³]	NH ₃ [mg/m ³]	SO ₂ [mg/m ³]
I-1.00m	0,45	291	22	823
I-1.25m	0,70	319	0	280
I-1.50m	0,95	371	9	393
I-1.75m	1,20	314	126	371
II-1.00m	0,45	490	0	795
II-1.25m	0,70	337	2	1067
II-1.50m	0,95	102	2	379
II-1.75m	1,20	52	0	651



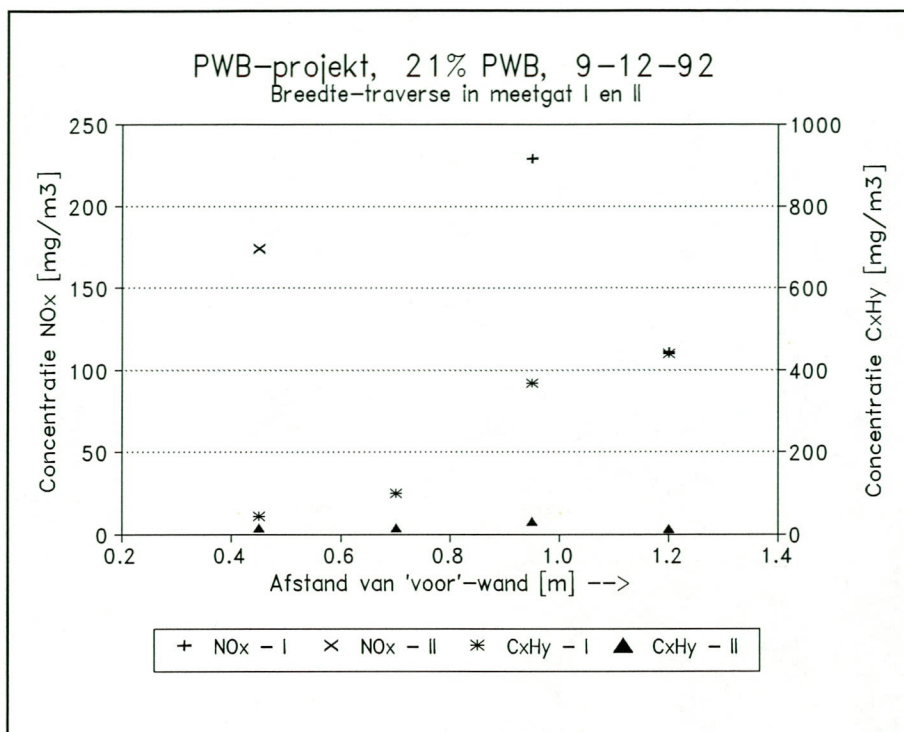
Figuur A.4.21 - Temperatuur-profiel van breedte-traverses over het rooster (9 dec. '92).



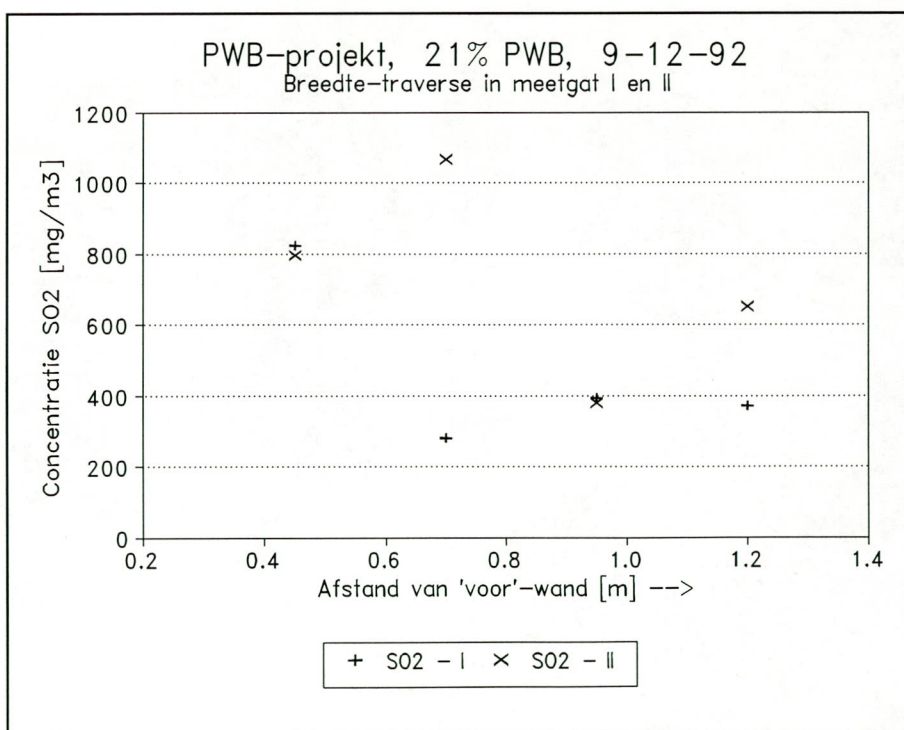
Figuur A.4.22 - Meetwaarden van CO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, en O₂-analyse, van breedte-traverses over het rooster (9 dec. '92).



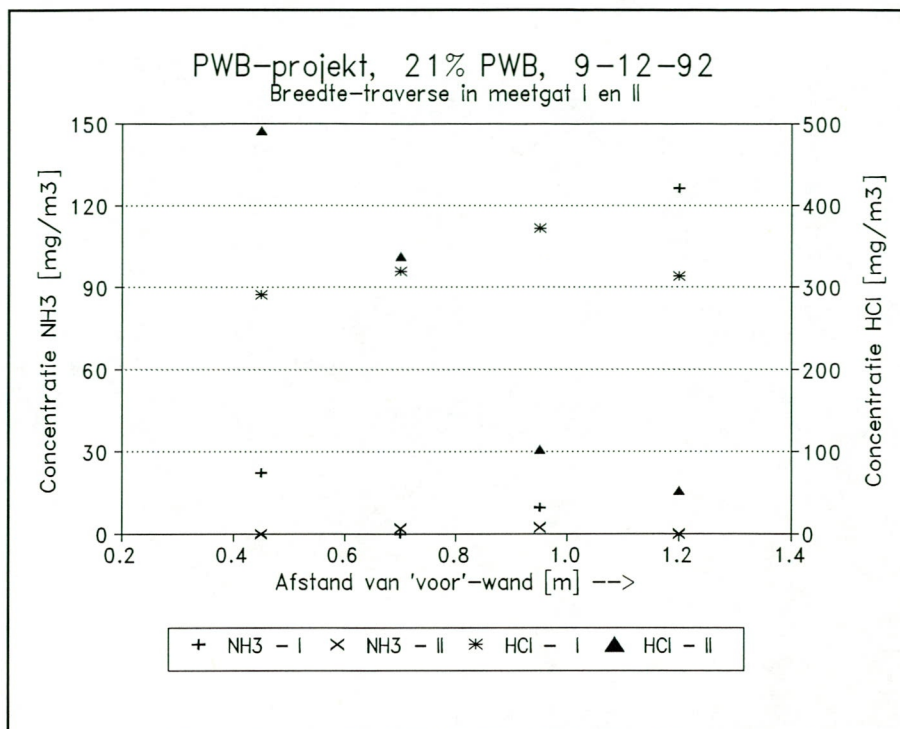
Figuur A.4.23 - Meetwaarden van CO-analyse, betrokken op 11% O₂, van breedte-traverses over het rooster (9 dec. '92).



Figuur A.4.24 - Meetwaarden van NO_x- en C_xH_y-analyse, betrokken op 11% O₂, van breedte-traverses over het rooster (9 dec. '92).



Figuur A.4.25 - Meetwaarden van SO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, van breedte-traverses over het rooster (9 dec. '92).



Figuur A.4.26 - Meetwaarden van NH₃- en HCl, betrokken op 11% O₂, van breedte-traverses over het rooster (9 dec. '92).

Conclusies t.a.v. de meetresultaten 9 dec. '92

Het temperatuur-profiel over de breedte van het rooster (figuur A.4.21) vertoont in beide meetgaten hetzelfde verloop, alleen in meetgat I ligt deze op een hoger niveau. De profielen van de gas-analyses vertonen ook een dergelijk gedrag.

O₂- en CO₂-profielen In de grafiek in figuur A.4.22 is de invloed van de platenlucht goed te zien: in meetgat II, aan de rand van het rooster (op ±0,5 [m] van de wand) is de concentratie O₂ bijna gelijk aan die in lucht: 20 [vol%]. Verder ligt het O₂-niveau in meetgat II (zeker in het midden) een stuk hoger dan in meetgat I.

Juist het tegenovergestelde geldt voor CO en C_xH_y (figuur A.4.23 en 24). De concentratie van CO in meetgat I op het midden van het rooster ligt op ±1,5 [vol%], op de andere plaatsen is voldoende O₂ aanwezig bij voldoende hoge temperatuur om deze pyrolyse-produkten weg te laten reageren.

Door de resultaten van de SO₂-analyse van proef 4 te vergelijken met die van proef 3 valt voorzichtig te onderscheiden dat het integrale SO₂-niveau gestegen is, als gevolg van de hogere dosering PWB-granulaat (deze vergelijking kan alleen voor meetgat II gemaakt worden, omdat hier de problemen met het meetbereik minder groot waren). Helaas valt er verder niet veel uit op te maken.

A.4.2 EERSTE TREK: 2 SEC. NIVEAU

Aan de meetsignalen van de metingen op het 2 sec. niveau is te zien dat de omstandigheden voor de bemonstering hier veel gunstiger zijn dan vlak boven het rooster. Dit o.a. is een gevolg van de betere menging.

Op het 2 sec. niveau is de CO concentratie lager, zodat er geen problemen optraden m.b.t. het meetbereik van de CO-meter. Ook de problemen met het meetbereik van SO₂ waren minder.

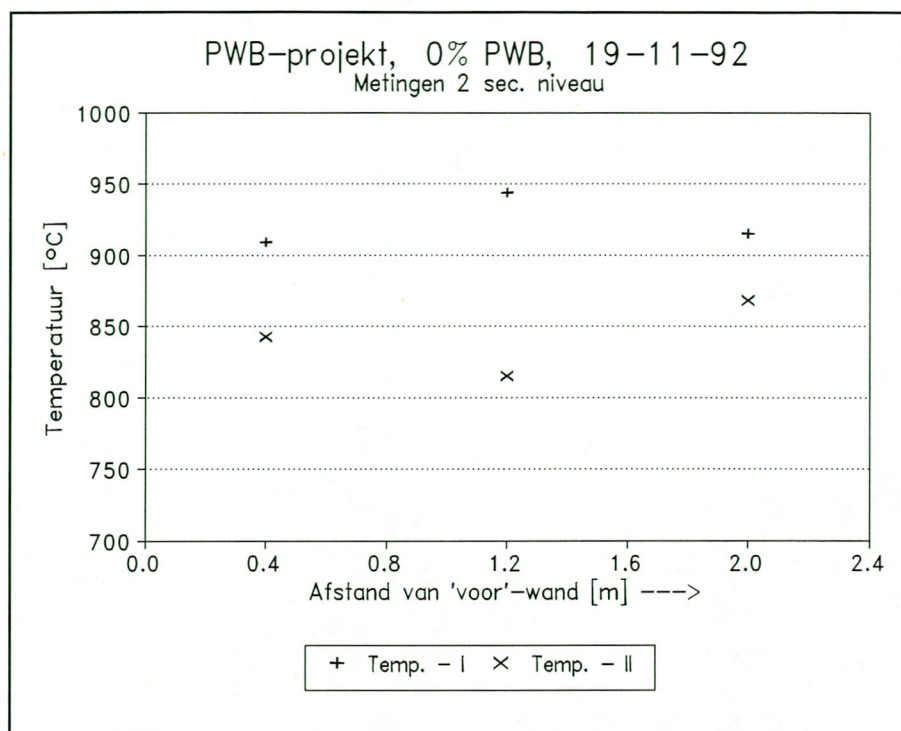
De meetresultaten worden gepresenteerd in de tabellen A.4.VI en A.4.VII, de bijbehorende grafieken bevinden zich in de figuur A.4.22 t/m A.4.27. Omdat de meetluiken op het 2 sec. niveau zich, vergeleken met de meetgaten boven het rooster, aan de andere kant van de installatie bevonden (zie figuur A.1.4), is de oriëntatie van de positie-codes in tabel A.4.VI en A.4.VII andersom in vergelijking met de 'Afstand van af de 'voor'-wand'.

A.4.2.1 Verbrandingsproef 1 - 19 nov. 1992

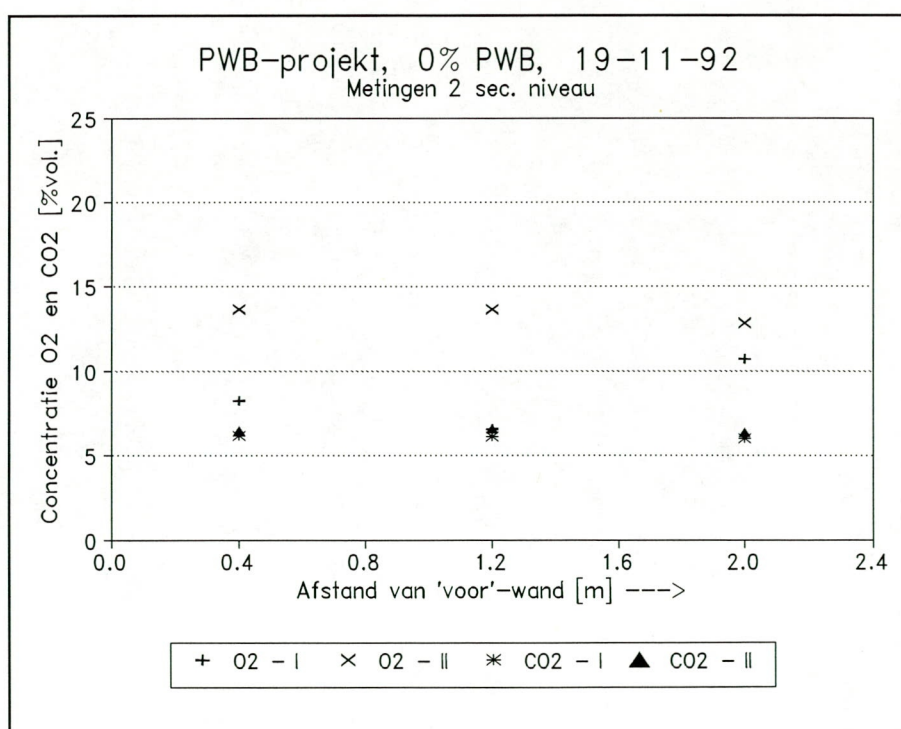
Tabel A.4.VI - Meetresultaten 2 sec. niveau (19 nov. '92), betrokken op 11% O₂.

Meetresultaten 19 nov. '92 - 0% PWB, betrokken op 11% O ₂ .							
Positie-code	Afstand van 'voor'-wand [m]	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]	O ₂ * [vol%]	C _x H _y [mg/m ³]	CO ₂ [vol%]	Temp. [°C]
I-1.00m	2,0	289	320	10,7	12	6,0	915
I-2.00m	1,2	419	310	6,6	6	6,1	944
I-3.00m	0,4	541	366	8,3	8	6,2	909
II-1.00m	2,0	272	360	12,9	10	6,4	868
II-2.00m	41,2	382	361	13,7	11	6,6	815
II-3.00m	0,4	397	369	13,7	12	6,4	843

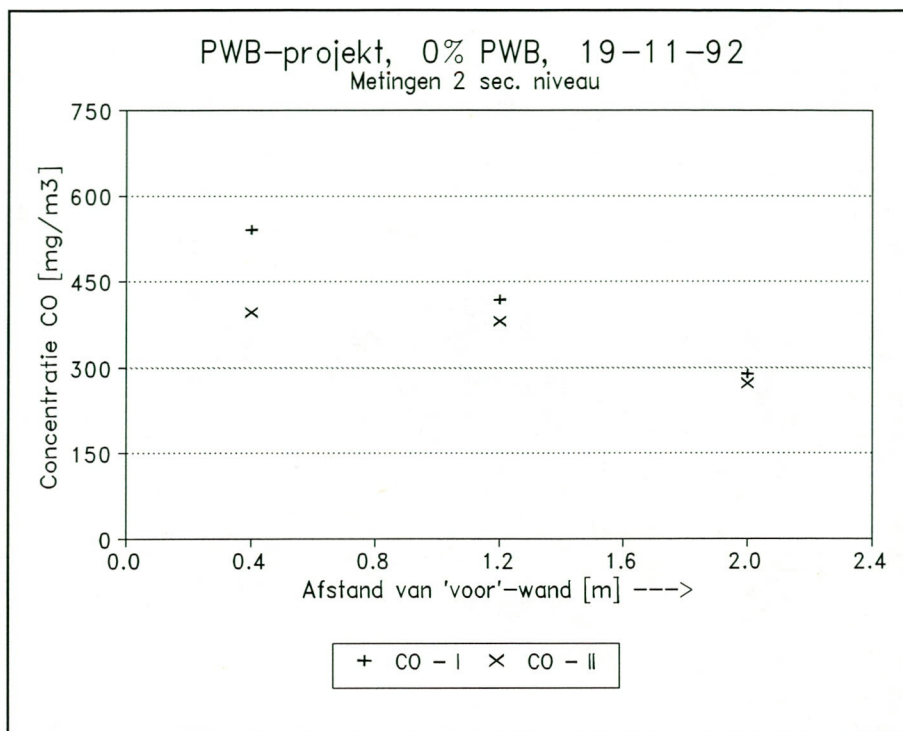
* niet betrokken op 11% O₂.



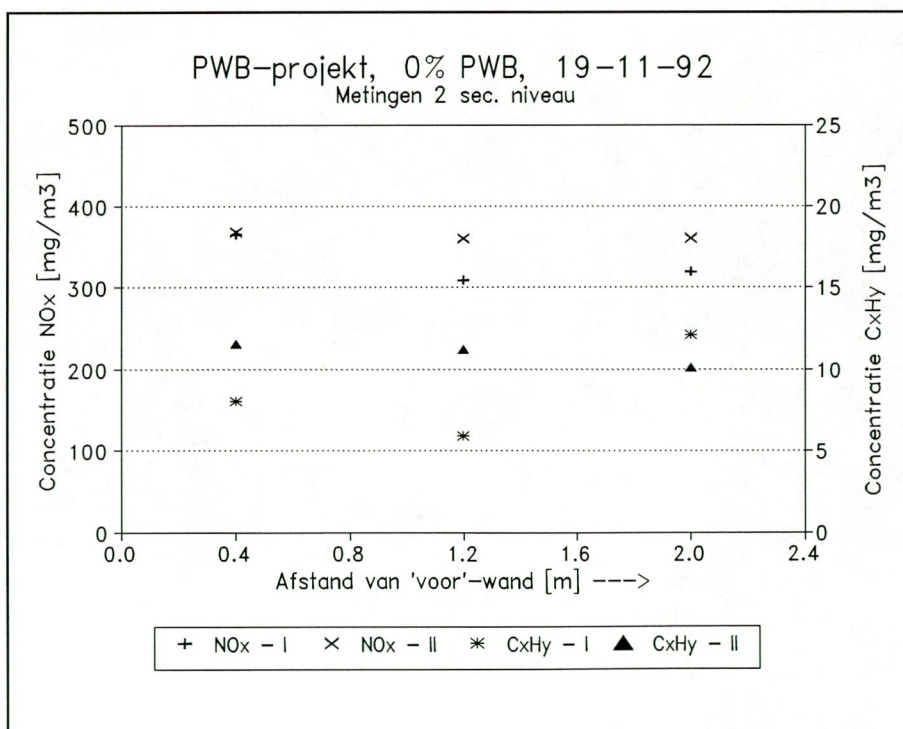
Figuur A.4.27 - Temperatuur-profiel op het 2 sec. niveau (19 nov. '92).



Figuur A.4.28 - Meetwaarden van CO₂-analyse, betrokken op 11% O₂, en O₂-analyse, op het 2 sec. niveau (19 nov. '92).



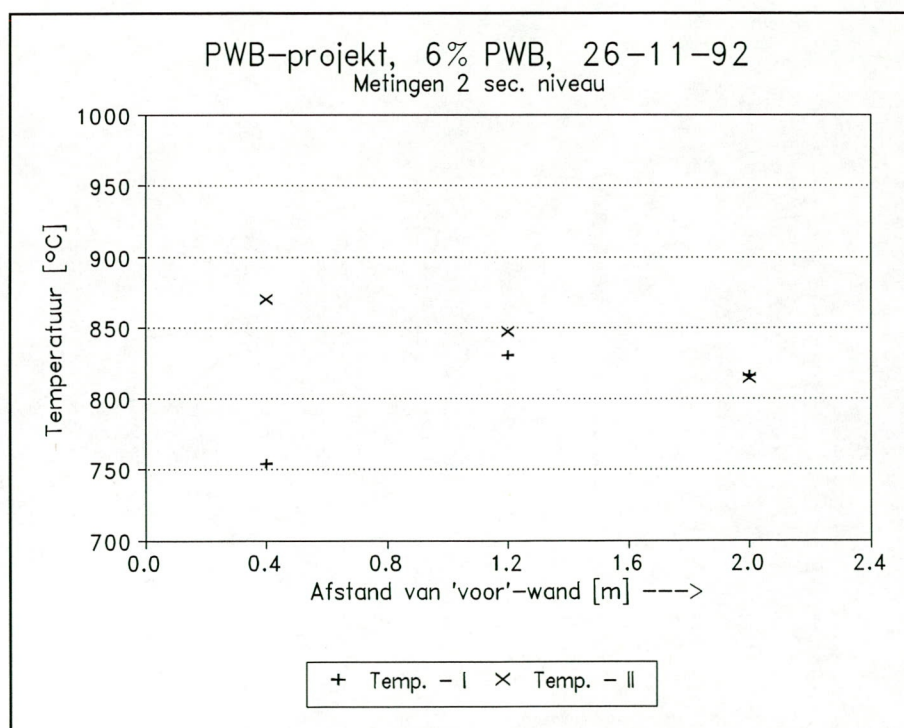
Figuur A.4.29 - Meetwaarden van CO-analyse, betrokken op 11% O_2 , op het 2 sec. niveau (19 nov. '92).



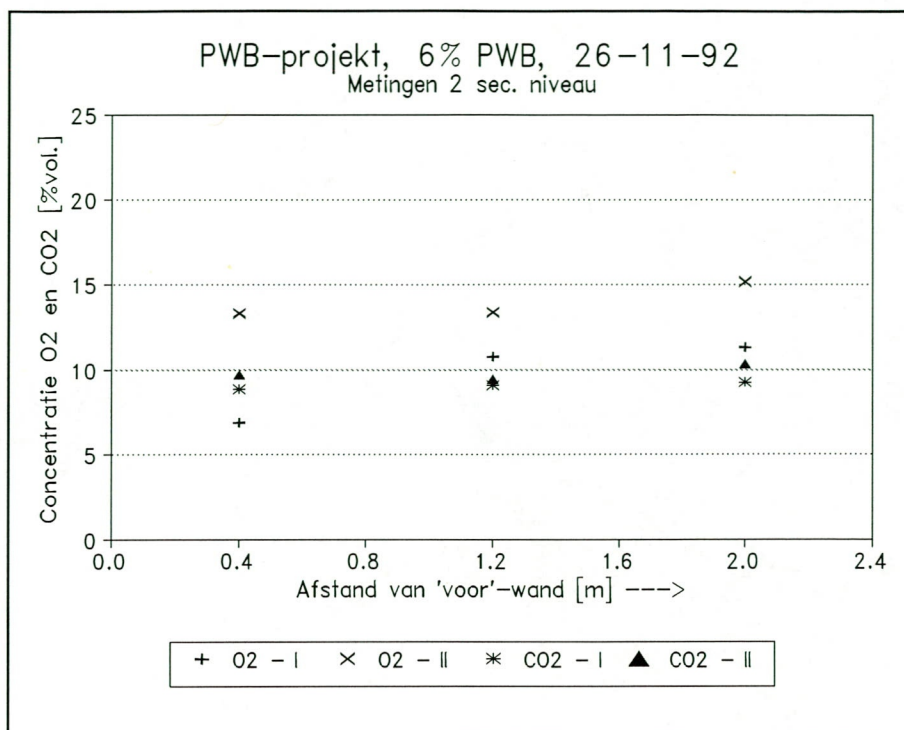
Figuur A.4.30 - Meetwaarden van NO_x - en C_xH_y -analyse, betrokken op 11% O_2 , op het 2 sec. niveau (19 nov. '92).

A.4.2.1 Verbrandingsproef 2 - 26 nov. 1992Tabel A.4.VII - Meetresultaten 2 sec. niveau (26 nov. '92), betrokken op 11 % O₂.

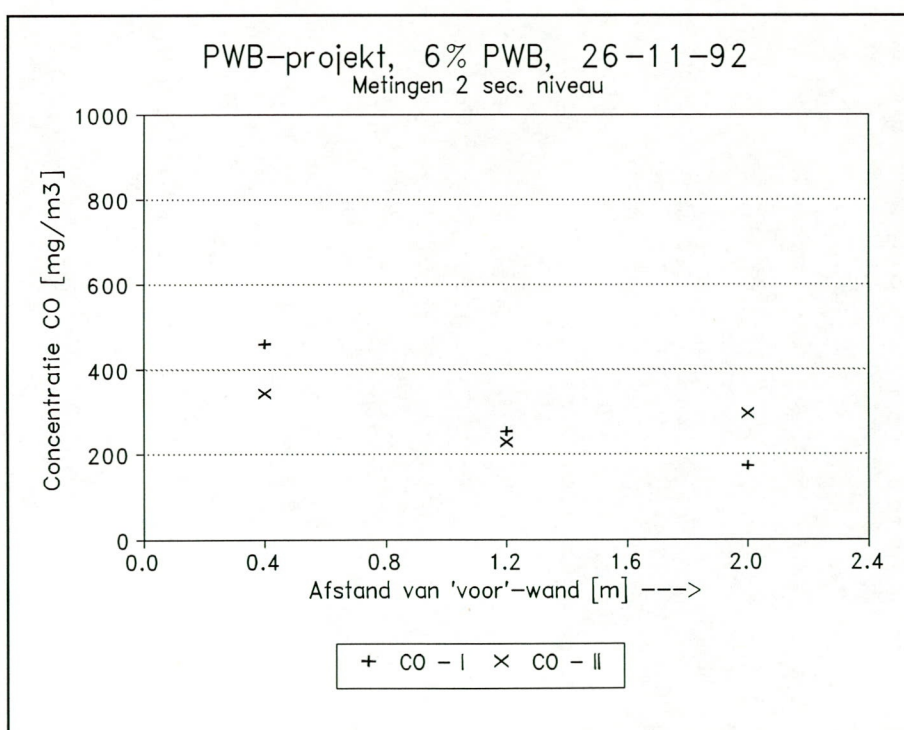
Meetresultaten 26 nov. '92 - 6% PWB, betrokken op 11% O ₂ .							
Positie-code	Afstand van 'voor'-wand [m]	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]	O ₂ * [vol%]	C _x H _y [mg/m ³]	CO ₂ [vol%]	Temp. [°C]
I-1.00m	2,0	173	265	11,3	6	9,3	817
I-2.00m	1,2	255	250	10,8	5	9,1	830
I-3.00m	0,4	459	253	6,9	4	8,9	754
II-1.00m	2,0	296	243	15,2	5	10,3	814
II-2.00m	1,2	229	229	13,4	3	9,4	847
II-3.00m	0,4	344	231	13,3	3	9,7	870

* niet betrokken op 11 % O₂.

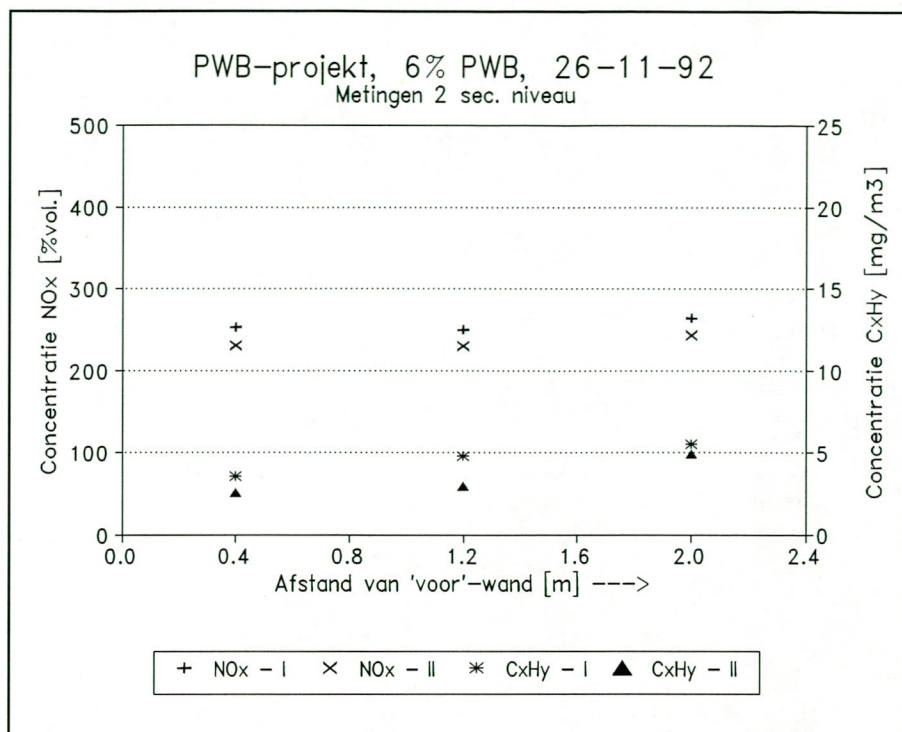
Figuur A.4.31 - Temperatuur-profiel op het 2 sec. niveau (26 nov. '92).



Figuur A.4.32 - Meetwaarden van CO_2 -analyse, betrokken op 11% O_2 , en O_2 -analyse, op het 2 sec. niveau (26 nov. '92).



Figuur A.4.33 - Meetwaarden van CO -analyse, betrokken op 11% O_2 , op het 2 sec. niveau (26 nov. '92).



Figuur A.4.34 - Meetwaarden van NO_x - en C_xH_y -analyse, betrokken op 11% O_2 , op het 2 sec. niveau (26 nov. '92).

Bespreking van de resultaten van de metingen op het 2 sec. niveau.

Bij verbrandingsproef 1, in meetgat II op 0,4 [m] was de temperatuur beduidend lager dan op de andere meetpunten. Dit is waarschijnlijk het gevolg geweest van een regel-actie met de secundaire lucht. Deze actie is niet teruggevonden bij de metingen in meetgat I, omdat het een tijdelijke ingreep betrof, en het tijdsverschil tussen de twee metingen vrij groot was. Het algemene beeld is dat het temperatuurniveau aan de zijde van de doseertafel hoger is dan aan de slak-afvoer-zijde.

In de grafieken van de concentraties van CO en O_2 is te zien dat ze elkaars complement vormen. De enigszins scheve verdeling in de CO-concentratie wordt omgekeerd teruggevonden bij de grafiek met de O_2 -concentraties. Dit is een gevolg van het feit dat bij een overmaat lucht bij voldoende hoge temperatuur veel CO zal verbranden.

Opgemerkt mag worden dat het niveau van de concentraties CO en C_xH_y veel lager liggen dan bij de metingen boven het rooster. CO is hier in $[\text{mg}/\text{m}^3]$ gegeven terwijl in de vuurhaard uitgegaan wordt van [vol%] (1 [vol%] komt overeen met $12,5 \cdot 10^3 [\text{mg}/\text{m}^3]$).

De invloed van de procesvoering op de metingen op het 2 sec. niveau is groot. Tijdens verbrandingsproef 2 lag het vuur verder naar achteren op het rooster, hetgeen zich op het 2 sec. niveau uit in hogere temperaturen in meetgat II t.o.v. meetgat I.

Een verandering in de verdeling of het debiet van de secundaire lucht die tot stand is gebracht na verbrandingsproef 1, is duidelijk terug te vinden in de metingen. Dit had b.v. tot gevolg dat er enkele temperaturen lager dan $850 [^\circ\text{C}]$ werden waargenomen

A.5 CONCLUSIES

Van de vuurhaardmetingen boven het rooster kan gezegd worden dat er een beter inzicht is verkregen waar processen als ontgassing/pyrolyse en verbranding van RDF/PWB-mengsel zich afspelen, door lengte-traverses over het midden van het rooster en breedte-traverses op een drietal afstanden van de doseertafel.

Het algemene beeld is dat het RDF/PWB-mengsel op de assen 2 en 3 uit figuur A.1.2, resp. 1,5 en 2,5 [m] van de doseertafel nog volop ontgast/pyrolyseert, terwijl op 3,8 [m] en verder van de doseertafel voornamelijk verbranding plaatsvindt.

Als gevolg van de geringe afmetingen van de PNEM-installatie is de invloed van de platenlucht op het verbrandingsproces erg groot. De 'echte' verbranding speelt zich op het midden van het rooster af. Dit blijkt duidelijk uit de meetresultaten.

Bij het interpreteren van de meetgegevens is het een probleem geweest dat de procesvoering niet constant geweest is. Op deze wijze verliezen metingen op verschillende meetpunten, met grote tussenpozen gemeten, hun samenhang. Daarom kunnen de resultaten van twee verschillende meetdagen, soms zelfs die van één meetdag, niet met elkaar vergeleken worden.

Het verschil in de omstandigheden tussen de twee meetplaatsen in de vuurhaard is duidelijk te zien aan de grafieken: op het 2 sec. niveau heerst een meer genormaliseerde situatie, veranderingen die op een lager niveau optreden (gezien de fluctuaties in de resultaten van de metingen boven het rooster) zijn hier grotendeels uitgedempt.

Doordat alleen tijdens de laatste twee verbrandingsproeven traverses met luchtgekoelde zuigpyrometers gemaakt zijn kon slechts een voorzichtige vergelijking worden gemaakt van de veranderde omstandigheden in de vuurhaard t.g.v. toegenomen percentage PWB-granulaat. Hiervoor waren de resultaten van de metingen in meetgat I, op 1,5 [m] van de doseertafel, van 2 en 9 dec. '92 beschikbaar. Echter, vanwege de onbekende betrouwbaarheid m.b.t. de SO₂-getallen, kan aan zo'n vergelijking geen harde conclusie verbonden worden.

De invloed van de procesvoering op de metingen op het 2 sec. niveau is groot te noemen. Zowel veranderingen in de procesvoering m.b.t. het rooster als veranderingen in de toevoer van secundaire lucht kunnen op het 2 sec. niveau worden teruggevonden.

In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat veranderingen in procesgrootheden op beide meetplaatsen kunnen worden teruggevonden. De interpretatie van de meetgegevens wordt vaak bemoeilijkt door onbekende storende invloeden van buiten en simultane veranderingen van meerdere procesgrootheden door de regeling tijdens de metingen.