

TNO-rapport
TNO-MEP – 87-115

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

Onderzoek naar de emissies van met afgewerkte olie gestookte garagekachels

Datum
mei 1987

Auteurs
Ir. A. Kiers
A.J.C. Spierings

Projectnummer
15314

Trefwoorden
— VROM
— garagekachels
— afgewerkte olie
— dioxinen
— furanen

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, 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 onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1996 TNO

Bestemd voor
Ministerie VROM
t.a.v. mevr. Ing. M. Offerman-Ruigt

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een
nationaal en internationaal erkend kennis- en contract-
research instituut voor bedrijfsleven en overheid op het
gebied van duurzame ontwikkeling en milieu - en
energiegerichte procesinnovatie.

Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

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

INHOUDSOPGAVE	<u>PAGINA</u>
SAMENVATTING/SUMMARY	4
1. INLEIDING	16
2. DOEL VAN HET ONDERZOEK	17
3. BEKNOPT INHOUD VAN HET ONDERZOEK	18
3.1 Opzet	18
3.2 Inhoud	18
4. KEUZE VAN DE GARAGEKACHELS	22
4.1 Beschikbare kachels	22
4.2 Geïnstalleerde kachels	22
5. VERZAMELEN EN BEMONSTEREN VAN DE OLIE	25
5.1 Onbewerkte afgewerkte olie	25
5.2 Bewerkte afgewerkte olie	29
5.3 Verrijkte afgewerkte olie	29
6. ANALYSERESULTATEN OLIE	31
6.1 Halogenen	31
6.2 Halogeenkoolwaterstoffen	34
6.3 Zware metalen	34
6.4 Zwavel en vocht	35
6.5 PCB's	37
6.6 Viscositeit, soortelijke massa	38
7. ONDERZOEKRESULTATEN	39
7.1 Algemeen	39
7.2 Referentiemetingen	39
7.3 Experimenten	41
7.4 Zware metalen	44
7.5 Organochloorverbindingen	47
7.6 Polycyclische-aromatische koolwaterstoffen	54
8. CONCLUSIES	56
9. LITERATUUR	58

10.	LIJST VAN GEBRUIKTE AFKORTINGEN	59
10.1	Chemische notatie	59
10.2	Eenheden	61
10.3	Algemeen	61

Figuren 1 t/m 5.

Tabellen 1 t/m 18.

Bijlage I: LEDEN VAN DE BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Bijlage II: BESCHRIJVING GEBRUIKTE KACHELS

Bijlage III: MONSTERNAME- EN ANALYSEMETHODEN

SAMENVATTING

Dit rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar de emissies van garagekachels tijdens het verstoken van afgewerkte olie.

In het onderzoek zijn drie verschillende afgewerkte oliesoorten en twee verschillende typen kachels betrokken, te weten een kachel met een verdampingsbrander en een kachel met een verstuivingsbrander. De oliesoorten zijn:

-onbewerkte afgewerkte olie (o.a.o.)

-bewerkte afgewerkte olie (b.a.o.)

-verrijkte afgewerkte olie (v.a.o.)

De onbewerkte afgewerkte olie is verzameld bij de garagebedrijven die voorheen in het bezit waren van een vergunning voor het verstoken van afgewerkte olie. De bewerkte olie is betrokken van de opwerkingsbedrijven (en is niet van dezelfde bron als de onbewerkte afgewerkte olie). De verrijkte olie is onbewerkte olie dat ten behoeve van het onderzoek is verrijkt met PCB's.

Een belangrijk aspect van het onderzoek betrof de emissies van zware metalen en organohalogeenvverbindingen. In verband hiermee werd van de olie onder andere het gehalte aan zware metalen bepaald. Voor de onbewerkte en bewerkte olie was het gehalte aan totaal chloor nagenoeg gelijk en bedroeg circa 0,06%. Het totaal gehalte aan organische halogeenvverbindingen van de onbewerkte afgewerkte olie bedroeg eveneens circa 0,06%. Het gemiddeld gehalte aan zware metalen in de oliemonsters was als volgt:

olie	element	concentratie	eenheid
o.a.o.	Pb	0,15	%
	Zn	0,10	%
	Cu	24	ppm
b.a.o.	Pb	0,08	%
	Zn	0,06	%
	Cu	25	ppm

Daarnaast werden in de mengmonsters van de verzamelde oliemonsters de concentraties van een groot aantal metalen bepaald.

De experimenten werden uitgevoerd bij drie verschillende instellingen van de kachels te weten hooglast, laaglast en afwijkend. De afwijkende situatie

werd ingesteld om het effect van een slecht afgestelde of een vervuilde kachel op de schoorsteenemissies na te gaan.

Er werden in totaal 18 experimenten uitgevoerd. De belangrijkste resultaten zijn in onderstaande tabellen weergegeven.

Rookgasemissies onbewerkte afgewerkte olie, betrokken op 3% O₂ in de rookgassen

component eenheid	Kroll			Lamborghini		
	H	L	A	H	L	A
CO	47	26	1719	23	14	414
C _x H _y 1)	0,1	1,1	9,4	0,1	0,5	23,7
NO _x	238	247	185	249	244	217
stof	2	1,5	48,3	345	325	425
Pb	0,676	0,424-0,440	-	77	81,6	-
Cu	0,016-0,024	0,009-0,016	-	1,306	1,295	-
Zn	0,117	0,051-0,055	-	37,1	82,1	-
Cd	0,001-0,006	0,001-0,005	-	0,045-0,052	0,046-0,052	-
Ni 1)	0,014	0,001-0,007	-	0,080	0,044-0,053	-
V	<0,05	<0,047	-	<0,014	<0,182	-
Fe	0,149	0,067	-	2,419	2,256	-
Cr	0,005-0,021	0,001-0,017	-	0,146-0,170	0,138-0,160	-
PCDD	-	<3,8	12-12,9	-	<8,3	9,1-10
2,3,7,8	-	<0,6	<0,9	-	<0,5	<1
TCDD	-	<2,7	<2,9	-	2-6,9	20,8
PCDF 2)	-	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
HCB	4	71	72	22	404	736
PCB	n.d.					
PAK's	666	932	203853	832	846	291879
B(a)P 2)	<1	<1	498	<1	<1	3626

1) mg/m³ind (3%O₂)

2) ng/m³ind (3%O₂)

H = vollast (hoog)

L = deellast (laag)

A = afwijkend

n.d. = niet detecteerbaar

- = niet bepaald

<n: concentratie kleiner dan de detectiegrens

Daar waar een range is gegeven; zie de tabellen in het rapport voor details.

Rookgasemissies bewerkte afgewerkte olie, betrokken op 3% O₂ in de rookgassen

com- po- nent een- heid	Kroll			Lamborghini		
	H	L	A	H	L	A
CO	1088	2	1881	10	0,1	587
C _x H _y 1)	6,4	<0,1	11,7	0,1	<0,1	12,2
NO _x	185	181	167	260	250	104
stof	10,7	7,6	18,4	231	195	626
Pb	0,606	0,133	-	37,05	33,54	-
Cu	0,034	0,010	-	1,124	1,104	-
Zn	0,167	0,145	-	13,164	15,393	-
Cd	<0,001	<0,001	-	0,023	0,038	-
Ni 1)	0,096	0,030	-	0,305	0,241	-
V	<0,020	<0,024	-	0,443	0,390	-
Fe	0,549	0,151	-	10,468	9,49	-
Cr	0,077	0,003-0,010	-	0,398	0,213	-
PCDD	-	19	1,4-4	-	<2,5	2-4
2,3,7,8	-	<0,8	<1,2	-	<0,7	<0,5
TCDD	-	15,6-15,8	1-3,4	-	1,2-2	1-2,6
PCDF 2)	-	4	n.d.	5	95	n.d.
HCB	8	585	374	189	263	202
PCB	122					
PAK's	105395	483	8499	118	370	97404
B(a)P 2)	99	<1	24	<1	<1	549

1) mg/m³ind (3%O₂)

2) ng/m³ind (3%O₂)

H = vollast (hoog)

L = deellast (laag)

A = afwijkend

n.d. = niet detecteerbaar

- = niet bepaald

<n: concentratie kleiner dan de detectiegrens

Daar waar een range is gegeven; zie de tabellen in het rapport voor details.

Rookgasemissies verrijkte afgewerkte olie, betrokken op 3% O₂ in de rookgassen

com- po- nent een- heid	Kroll		Lamborghini	
	L	A	L	A
CO	8	4637	14	696
C _x H _y 1)	<0,1	167	0,6	23
NO _x	215	177	268	155
stof	5,8	99	331	394
Pb	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-
Ni 1)	-	-	-	-
V	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-
PCDD	12-13,6	9-9,9	13-13,3	68
2,3,7,8				
TCDD	<0,7	<0,8	<0,5	<0,8
PCDF 2)	<2,2	<1	9,3-9,6	79
HCB	n.d.	n.d.	23	n.d.
PCB	275	3138	13	2368
PAK's	-	-	-	77155
B(a)P 2)	-	-	-	693

1) mg/m³ind (3%O₂)

2) ng/m³ind (3%O₂)

H = vollast (hoog)

L = deellast (laag)

A = afwijkend

n.d. = niet detecteerbaar

- = niet bepaald

<n: concentratie kleiner dan de detectiegrens

Daar waar een range is gegeven; zie de tabellen in het rapport voor details.

Bij de verdampingsbrander (Kroll-kachel) werd veel minder stof geëmitteerd dan bij de verstuivingsbrander (Lamborghini-kachel). Dit houdt verband met de toegepaste stookwijze. Bij de verdampingsbrander blijft een groot deel van het as achter in de brander. Dit effect is ook waar te nemen bij de emissies van zware metalen. Deze zijn bij de Lamborghini-kachel, waarbij nagenoeg al het as wordt geëmitteerd, aanzienlijk hoger dan bij de verdampingsbrander. De metaalemissies, (Cr, Cu, V en Pb) van de Lamborghini kachel zijn hoger dan de in de EG-richtlijn inzake de verwijdering van afgewerkte olie van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 22 december 1986 aangegeven emissiegrenswaarden (deze grenswaarden komen globaal overeen met de in de TA-Luft genoemde waarden). Voor het metaal lood is de emissie ongeveer een factor 10 hoger. De metaalemissies van de Kroll-kachel liggen daarentegen lager dan de in deze richtlijn aangegeven waarden. De PCDD en PCDF concentratie in de rookgassen is laag te noemen. De instelling van de kachel en de toegepaste stookwijze lijken geen invloed te hebben op de vorming van deze verbindingen. Wanneer met PCB's verrijkte olie wordt gestookt, liggen de concentraties niet significant hoger. Dit geldt echter niet voor de afwijkende instelling van de Lamborghini kachel. Bij deze instelling is een geringe toename van de PCDD en PCDF-concentratie in de rookgassen waar te nemen. De gevonden concentraties liggen een faktor 40 tot 1000 lager dan de geschatte concentraties in de rookgassen van de nederlandse afvalverbrandingsinstallaties [2].

Er kon geen verband worden gelegd tussen de concentratie aan PCB's in de brandstof en de concentratie aan PCB's in de rookgassen. De PCB-concentraties in de rookgassen vertonen zonder aanwijsbare oorzaak grote verschillen. De hoogst gevonden waarde ligt een factor 20 lager dan de geschatte concentratie in de rookgassen van de nederlandse afvalverbrandingsinstallaties. De afwijkende branderinstelling geeft een hoge concentratie aan PAK's in de rookgassen te zien.

Een juiste afstelling van de brander voorkomt een hoge emissie aan PAK-verbindingen.

SUMMARY

This report contains the results of a study on emissions of air heaters (used in garages) during the combustion of waste oil. The study covered three different types of waste oil and two different types of heater, i.e. one heater with a vaporizing burner and one with an atomizing burner. The types of oil are:

- untreated waste oil (u.w.o.)
- treated waste oil (t.w.o.)
- enriched waste oil (e.w.o.)

The untreated waste oil was collected from car workshops formerly in possession of a permit for burning waste oil. The treated waste oil was obtained from re-processing plants (and do not have the same origin as the untreated waste oil). The enriched oil is untreated waste oil enriched with PCBs for the purpose of the study.

An important aspect of the study was the emission of heavy metals and organohalogen compounds. Among other things, the heavy metal content of the oil was determined in this context. Total chlorine contents were almost equal in the treated and untreated oil, amounting to roughly 0.06%. The total content of organic halogen compounds in the untreated waste oil was also about 0.06%. The average heavy metal content of the oil samples was as follows:

Oil	Element	Concentration	Unit
u.w.o.	Pb	0,15	%
	Zn	0,10	%
	Cu	24	ppm
t.w.o.	Pb	0,08	%
	Zn	0,06	%
	Cu	25	ppm

Moreover, concentrations of a large number of metals were determined in mixed samples of the oil samples collected.

The experiments were carried out at three different settings of the heaters, i.e. high load, low load and deviating. The deviating condition

was set to examine the effect on the flue gas emission of a poorly set or fouled heater. A total of 18 experiments was carried out. The main results are given in the following tables.

Flue gas emissions untreated waste oil at 3% O₂ in the flue gas.

com- po- nent unit	Kroll			Lamborghini		
	H	L	A	H	L	A
CO	47	26	1719	23	14	414
C _x H _y 1)	0,1	1,1	9,4	0,1	0,5	23,7
NO _x	238	247	185	249	244	217
dust	2	1,5	48,3	345	325	425
Pb	0,676	0,424-0,44	-	77	81,6	-
Cu	0,016-0,024	0,009-0,016	-	1,306	1,295	-
Zn	0,117	0,051-0,055	-	37,1	82,1	-
Cd	0,001-0,006	0,001-0,005	-	0,045-0,052	0,046-0,052	-
Ni 1)	0,014	0,001-0,007	-	0,080	0,044-0,053	-
V	<0,05	<0,047	-	<0,014	<0,182	-
Fe	0,149	0,067	-	2,419	2,256	-
Cr	0,005-0,021	0,001-0,017	-	0,146-0,170	0,138-0,160	-
PCDD	-	<3,8	12-12,9	-	<8,3	9,1-10
2,3,7,8	-	<0,6	<0,9	-	<0,5	<1
TCDD	-	<2,7	<2,9	-	2-6,9	20,8
PCDF 2)	-	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
HCB	4	71	72	22	404	736
PCB	n.d.					
PAK's	666	932	203853	832	846	291879
B(a)P 2)	<1	<1	498	<1	<1	3626

1) mg/m³ flue gas (0°C, 101,3 kPa, dry)

2) ng/m³ flue gas (0°C, 101,3 kPa, dry)

H = High load

L = Low load

A = Deviating

n.d. = not detectable

- = not measured

<n : concentration lower than detectionlimit n.

Where in the tabel ranges are given: for details see the tabels in the report.

Flue gas treated waste oil at 3% O₂ in the flue gases.

com po- nent unit	Kroll			Lamborghini		
	H	L	A	H	L	A
CO	1088	2	1881	10	0,1	587
C _x H _y	6,4	<0,1	11,7	0,1	<0,1	12,2
NO _x 1)	185	181	167	260	250	104
dust	10,7	7,6	18,4	231	195	626
Pb	0,606	0,133	-	37,05	33,54	-
Cu	0,034	0,010	-	1,124	1,104	-
Zn	0,167	0,145	-	13,164	15,39	-
Cd	<0,001	<0,001	-	0,023	0,038	-
Ni 1)	0,096	0,030	-	0,305	0,241	-
V	<0,020	<0,024	-	0,443	0,390	-
Fe	0,549	0,151	-	10,468	9,49	-
Cr	0,077	0,003-0,010	-	0,398	0,213	-
PCDD	-	19	1,4-4	-	<2,5	2-4
2,3,7,8	-	<0,8	<1,2	-	<0,7	<0,5
TCDD	-	15,6-15,8	1-3,4	-	1,2-2	1-2,6
PCDF 2)	-	4	n.d.	5	95	n.d.
HCB	8	585	374	189	263	202
PCB	122					
PAK's	105395	483	8499	118	370	97404
B(a)P 2)	99	<1	24	<1	<1	549

1) mg/m³ flue gas (0°C, 101,3 kPa, dry)

2) ng/m³ flue gas (0°C, 101,3 kPa, dry)

H = High load

L = Low load

A = Deviating

n.d. = not detectable

- = not measured

<n : concentration lower than detectionlimit n.

Where in the tabel ranges are given: for details see the tabels in the report.

Flue gas emissions enriched waste oil at 3% O₂ in the flue gases.

com- po- nent unit	Kroll		Lamborghini	
	L	A	L	A
CO	8	4637	14	696
C _x H _y	<1	167	0,6	23
NO _x 1)	215	177	268	155
dust	5,8	99	331	394
Pb	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-
Ni 1)	-	-	-	-
V	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-
PCDD	12-13,6	9-9,9	13-13,3	68
2,3,7,8				
TCDD	<0,7	<0,8	<0,5	<0,8
PCDF 2)	<2,2	<1	9,3-9,6	79
HCB	n.d.	n.d.	23	n.d.
PCB	275	3138	13	2368
PAK's	-	-	-	77155
B(a)P 2)	-	-	-	693

1) mg/m³ flue gas (0°C, 101,3 kPa, dry)

2) ng/m³ flue gas (0°C, 101,3 kPa, dry)

H = High load

L = Low load

A = Deviating

n.d. = not detectable

- = not measured

<n : concentration lower than detectionlimit n.

Where in the tabel ranges are given: for details see the tabels in the report.

The vaporizing burner (Kroll heater) emitted much less dust than the air atomizing burner (Lamborghini heater). This is related to the combustion method used. In the vaporizing burner, a large proportion of the ashes stays in the burner. This effect can also be observed in the heavy metal emissions. In the Lamborghini heater, in which almost all the ashes are emitted, these are considerably higher than in the vaporizing burner. The metal emissions (Cr, Cu, V and Pb) of the Lamborghini heater are higher than the emission limit values given in the EC Guideline for the removal of waste oil of 22 december 1986 (these limit values are roughly corresponding with the values given in the TA-Luft). The lead emission is approximately 10 times higher. On the other hand, the metal emissions of the Kroll heater are lower than the values in the Guideline. The PCDD- and PCDF- concentrations in the flue gas are low. The setting of the heater and combustion method used seem to have no influence on the formation of these compounds. Concentrations are not significantly higher if PCB enriched oil is burnt. But this does not apply to the deviating setting of the Lamborghini heater. At this setting, a slight increase in the PCDD and PCDF concentrations can be observed in the flue gas. The concentrations found are 40 to 1000 times lower than estimated concentrations in the flue gas in Dutch household waste incineration plants [2].

No relationship could be found between the PCB concentration in the fuel and the PCB concentration in the flue gas. Without demonstrable reason the concentration in the flue gas showed wide variations. The maximum PCB concentration found in the flue gas is 20 times lower than the estimated concentration in flue gas of Dutch incineration plants for household waste. The deviating burner setting shows a high PAK concentration in the flue gas. Correct burner setting prevents high emission of PAK compounds.

1. INLEIDING

Door veel garagebedrijven wordt de vrijkomende afgewerkte olie, door middel van een verbrandingsproces, benut voor het verwarmen van het bedrijf. Deze oliën zijn in het algemeen verontreinigd met lage concentraties zware metalen en chloor.

Tijdens het verbrandingsproces in de verwarmingsketel kunnen, òf vanwege de aanwezigheid van de verontreinigingen, òf spontaan, schadelijke verbindingen worden gevormd die vervolgens via de schoorsteen naar de omgeving worden afgevoerd. Daarnaast zullen ook zware metalen en HCl via de schoorsteen worden afgevoerd.

Ter onderbouwing van het beleid van VROM voor het onderhavige gebied zijn, door middel van proeven die vergelijkbaar zijn met praktijkomstandigheden, de emissies van garagekachels tijdens het verstoken van afgewerkte olie vastgelegd.

Het onderzoek, dat is uitgevoerd in de periode maart 1986 tot maart 1987, is uitgevoerd met twee verschillende typen garagekachels.

De hoeveelheid beschikbare olie uit eigen bedrijf is meestal ontoereikend voor de verwarming van het bedrijf. Daarom wordt veelal van opwerkingsbedrijven bewerkte olie bijgekocht en verstoekt. Uitgaande van dit gegeven is in het onderzoek ook deze soort olie betrokken.

Daarnaast zijn enkele metingen uitgevoerd waarbij de onbewerkte afgewerkte olie is verrijkt met PCB's tot een concentratie van 50 ppm.

Het onderzoekprogramma is vastgelegd in hoofdstuk 3.

In dit rapport worden de onderzoekresultaten vermeld en toegelicht.

2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het uitgevoerde onderzoek heeft ten doel de emissies van garagekachels vast te stellen wanneer deze worden gestookt met afgewerkte olie. Hierbij is met name de invloed van drie verschillende soorten afgewerkte olie en de instelling van de kachel op de emissies van microcomponenten nagegaan.

Aangezien er met betrekking tot de grootte van de installaties en de toegepaste stooktechnieken weinig bekend is, vormt een inventarisatie van deze factoren een onderdeel van het programma.

3. BEKNOPTE INHOUD VAN HET ONDERZOEK

3.1 Opzet

Alvorens stookproeven met afgewerkte olie werden uitgevoerd werd informatie verzameld over de grootte en aantallen van de in Nederland toegepaste garagekachels en de samenstelling van de in deze kachels verstookte olie. Gezien de omvang werd het onderzoek in fasen uitgevoerd.

De volgende fasen werden onderscheiden:

- 1) voorstudie;
- 2) verzamelen en identificeren olie;
- 3) experimenteren;
- 4) evaluatie, rapportage en projectleiding.

De concrete inhoud van de verschillende fasen is in het volgende hoofdstuk weergegeven.

3.2 Inhoud

Fase 1: Voorstudie.

Tijdens deze fase werd een inventarisatie van de bij de nederlandse garages in gebruik zijnde kachels gemaakt. Hierbij werd gebruik gemaakt van de volgende informatie:

- documentatiemateriaal leveranciers c.q. fabrikanten van garagekachels;
- door de BOVAG ter beschikking gestelde informatie;
- informatie verkregen tijdens het bezoeken van een aantal garages (in verband met monsternamen);

De volgende gegevens werden zo mogelijk vastgelegd:

- fabriikaat;
- capaciteit (max. en min.);
- brandertype;
- water of lucht gekoeld.

Na deze inventarisatie werden in overleg met de begeleidingscommissie twee kachels geselecteerd waarmee het verdere onderzoek werd uitgevoerd.

Deze kachels werden aangeschaft, geïnstalleerd en door de leverancier afgesteld. Hierna werden de kachels een aantal dagen gestookt om tijdens de experimentele fase een representatieve situatie te hebben.

Fase 2: Verzamelen en identificeren olie

Parallel aan bovengenoemde werkzaamheden werden bij 12 garages oliemonsters genomen. De oliemonsters werden geanalyseerd. Vervolgens werden gelijke hoeveelheden van deze monsters gemengd tot één monster. Dit onbewerkte afgewerkte oliemonster was voldoende groot om de in fase 3 beschreven experimenten uit te kunnen voeren.

Een deel van de onbewerkte afgewerkte olie werd naderhand verrijkt met PCB's totdat het percentage PCB's in dit deel circa 50 ppm bedroeg.

Bij de houders van een vergunning voor het bewerken van afgewerkte olie werden eveneens (bewerkte afgewerkte) oliemonsters genomen. Deze monsters werden geanalyseerd en eveneens gemengd tot één monster.

Van de onbewerkte en bewerkte afgewerkte oliemonsters werd het gehalte aan de volgende componenten bepaald:

- chloor (organisch en anorganisch);
- broom;
- lood;
- zink;
- koper;
- vocht;

In de mengmonsters (bewerkte en onbewerkte afgewerkte olie) werd het gehalte aan zwavel, PCB's en, met behulp van een metalenscan, van een groot aantal metalen bepaald.

Fase 3: Experimenten

Om het gedrag van de kachels vast te leggen werden bij verschillende instellingen van de kachels de belangrijkste procesgegevens vastgesteld. Gemeten werden:

- oliedebiet;
- rookgastemperatuur;
- CO, CO₂, O₂, C_xH_y en NO_x gehalte van de rookgassen;
- stofgehalte van de rookgassen.

Op grond van de verkregen resultaten werden, in samenspraak met de begeleidingscommissie, de kachel-instellingen vastgesteld waarbij de hieronder beschreven emissiemetingen zouden plaatsvinden.

Meet- en monsternameschema rookgassen.

grootheid	eenheid	belasting			type olie		
		hoog	laag	afw.	o.a.o.	b.a.o.	v.a.o.
temperatuur	°C	x	x	x	x	x	x
macro-comp.	%	x	x	x	x	x	x
stof	mg/m ³	x	x	x	x	x	x
PAK	ng/m ³	x	x	x	x	x	—*)
PCDD/PCDF	ng/m ³	—	x	x	x	x	x
PCB	ng/m ³	x	x	x	x	x	x
zware metalen	mg/m ³	x	x	—	x	x	—

Macro-componenten : O₂, CO₂, CO, NO_x, C_xH_y
 PAK's : Polycyclische-aromatische koolwaterstoffen
 PCB's : Polychloorbifenylen
 PCDD's } : Tetra-, penta-, hexa-, hepta-, en octachloor gesubsti-
 PCDF's } tueerden als groep (dus 5 groepen PCDD en 5 groepen
 PCDF), 2, 3, 7, 8 TCDD kwantitatief
 afw. : afwijkend.
 *) : wel bij Lamborghini-afwijkend.

De metingen vonden plaats bij drie kachel-instellingen, te weten:

- hoge belasting;
- lage belasting;
- afwijkende belasting.

De afwijkende belasting werd gekenmerkt door een instelling van de kachel waarbij hogere emissiewaarden werden gevonden dan op grond van de emissiewaarden bij hoge en lage belasting te verwachten was.

Het onderzoek naar de emissies van de kachels vond plaats met drie verschillende oliesoorten, te weten:

- onbewerkte afgewerkte olie (o.a.o.);
- bewerkte afgewerkte olie (b.a.o.);
- verrijkte afgewerkte olie (v.a.o.).

Uit kosten-overwegingen werd de concentratie aan HCl in de rookgassen niet bepaald en werd de bemonstering en de analyse van PCDD's en PCDF's bij twee

kachelinstellingen en drie oliesoorten uitgevoerd. Het totale aantal monsternames voor deze verbindingen komt hiermee op 12 (2 kachels, 2 instellingen, 3 oliesoorten). De PAK's werden niet gemeten tijdens het stoken van verrijkte afgewerkte olie, met uitzondering van de Lamborghini afwijkende instelling. De zware metalen werden niet gemeten bij het stoken bij een afwijkende instelling en bij het stoken met verrijkte afgewerkte olie.

4. KEUZE VAN DE GARAGEKACHELS

4.1 Beschikbare kachels

Uit de beschikbaar gestelde informatie van BOVAG en het overzicht van door de Arbeidsinspectie toegelaten toestellen voor garageverwarming [4], werd een overzicht verkregen van leveranciers c.q. fabrikanten van garagekachels. Om een keuze te maken uit de te onderzoeken kachels werd bij deze leveranciers documentatiemateriaal aangevraagd van de leverbare garagekachels.

Bij deze aanvragen werd tevens verzocht gegevens te verstrekken omtrent:

- fabrikaat;
- capaciteit;
- aantal geleverde kachels;
- brandertype;
- soort uitvoeringen.

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in tabel 1 (blz. 23).

4.2 Geïnstalleerde kachels

Parallel aan bovengenoemde activiteit werd een inventarisatie uitgevoerd van de bij 22 (voorheen vergunninghouders) garages in gebruik zijnde kachels. De gegevens zijn vastgelegd in tabel 2, (blz. 24).

Opvallend hierbij was dat alle garages een type kachel in gebruik hebben met een verstuiverbrander. De belangrijkste reden hiervan is waarschijnlijk dat verstuiverbranders over het algemeen een grotere capaciteit hebben dan verdampingsbranders.

Aangezien de verdampingsbranders toch veel verkocht worden en gezien de verschillen in stookwijze, werd het noodzakelijk geacht naast een verstuiverbrander eveneens een verdampingsbrander in het onderzoek te betrekken.

Na bovengenoemde inventarisatie werden in overleg met de begeleidingscommissie twee kachels geselecteerd, te weten:

KROLL K.T. 800 - verdampingsbrander vermogen: 50.000 kcal/h.

LAMBORGHINI L.G. 163 - verstuiverbrander vermogen: 163.000 kcal/h.

De vermogens van de kachels werden zodanig gekozen dat dit redelijk goed overeenkomt met het gemiddelde vermogen van de geproduceerde kachels. Een beschrijving van de voor het onderzoek gebruikte kachels wordt gegeven in bijlage II.

Tabel 1: Overzicht gegevens beschikbare garagekachels.

Merk	Firmanaam	Plaats	Doc.	Geplaatste kachels	Principe	Uitvoeringen	Vermogen kcal/uur
Eurotherm	Benelux B.V.	Driessum		>1000	Verst.	L.G. - L.G.C.	18.000 - 750.000
Lamborghini							
Kongshilde	Benelux B.V.	Breda	x	g.o.	Verd.	AT.302-304-400-500	20.000 - 50.000
Montronic	Montair v. Stratum	Sevenum	x	700	Verd.	MONTRONIX 20 en 60*	20.000 en 60.000
Thermo Air/Dikair	K. v. Hulten B.V.	Veghel	x	g.o.	Verd.	DA.304G 400G 500G	20.000 - 50.000
Raltec	Parco Rijs	Alkmaar	x	50	Verd.	DS 030S GU	29.000
Thermo Air	Verwarmingsindustrie RGB	Hoofddorp	x	g.o.	Verst.	UHR 8 uitvoeringen	
Kroll	Louis Nagel B.V.	Nijmegen	x	100/jaar	Verd.	K410 W10-400 KT800-1000	3.000 - 70.000
Remco/Unimat	Euromac B.V.	Genemuiden	x	100 + 10	Verd.	GU25 GU50	25.000 en 50.000
Davair	Ride Control Nederland B.V.	Dussen	x	>400	Verst.	AUTO 100/160 STIMLINE 220/280 L.H. 370/450/650	25.000 - 165.000
Lambo					Verd.	Lambo 1 Lambo 2	25.000 en 35.000
Berton Ginetta	Handelsonderneming v.d. Boomen	Bergeijk	x	g.o.	Verst.		18.000
Thermomec					Verst.	NTZ HTZ RTZ	40.000 - 1.000.000
Raltec					Verd.	DS 030 S GU	29.000
Kongshilde	Tabo B.V.	Made	x	g.o.		Zie "Benelux" Breda	
Kongshilde	Technisch Bureau Schutten	Amsterdam	-	Levering loopt via "Benelux" Breda.			
Remco	Fugo	Gouda	-	Levering loopt via Euromac Genemuiden.			
R.V.I.	Roessing v. Ittersson	Wassenaar	-	Bedrijf sinds 5 jaar opgeheven.			
Mark	V.d. Mark N.V.	Veendam	-	Geen kachels in uitvoering voor afgewerkte olie.			
Oerthi	Internat	Vaassen	x	Leveren alleen luchtverhitters.			

*mogen niet gestookt worden met gehalogeneerde koolwaterstoffen en licht ontvlambare stoffen.

g.o. = geen opgave

Verd. = uitgevoerd met verdampingsbrander

Verst. = uitgevoerd met verstuivingsbrander.

Tabel 2: Overzicht gegevens in bedrijf zijnde garagekachels.

Bedrijf	Fabrikaat	Soort	Type	Capaciteit kcal/h
A.T.D. B.V.	Lamborghini	Verstuiver	g.o.	500.000
Bofra B.V.	Lamborghini	Verstuiver	g.o.	onbekend
J.C. v. Bruggen B.V.	Du Costo	Verstuiver	Cuno brander	300.000
J.A. Bruins B.V.	Riello	Verstuiver	Comfor 20	onbekend
Compier B.V.	Davair			
Deremaux B.V.	Tonan	Verstuiver	Lambo brander	
Egberts B.V.	Lamborghini	Verstuiver	g.o.	125.000
De Jong	Lamborghini	Verstuiver	g.o.	
Knaps B.V.	Lamborghini 2x	Verstuiver	2 traps-brander	350.000
R. v. Medevoort	Berton/Ginetta	Verstuiver	Lamborghini brander	140.000
Morrenhof	Davair	Verstuiver	Grote kachel	onbekend
Steenbeek B.V.				
Teluij B.V.				
Weterings B.V.	Areco (Driessum)	Verstuiver	g.o.	onbekend
J. v.d. Meulen Eindho- ven B.V.	Berton/Ginetta	Verstuiver	g.o.	onbekend
Kamphuis B.V.	Soiré Cahpé	Verstuiver	g.o.	
V. Tiel	Davair	Verstuiver	g.o.	125.000
Keizer B.V.	Lamborghini	Verstuiver	P.N. 75 Matrix N 80	833.000
Autolichtstad B.V.	Berton/Ginetta	Verstuiver	3 traps areo brander	200.000

g.o. = geen opgave

5. VERZAMELEN EN BEMONSTEREN VAN DE OLIE

5.1 Onbewerkte afgewerkte olie

Voor de uitvoering van het onderzoek was het nodig dat over een grote hoeveelheid afgewerkte olie kon worden beschikt die min of meer als representatief voor de in de garages verstookte olie kon worden beschouwd. Voor dit doel werden de 22 garagebedrijven benaderd om ten behoeve van deze experimenten een hoeveelheid olie (400 l) af te staan. In tabel 3 (blz. 26) is een overzicht gegeven van deze garagebedrijven.

Uiteindelijk bleven 12 bedrijven over die gezamenlijk ruim 4000 liter ter beschikking stelden, hetgeen voor het uit te voeren proevenprogramma ruimschoots voldoende was. Helaas was het vanwege de bereikbaarheid niet mogelijk om bij alle garage's de afgewerkte olie rechtstreeks uit de grondtanks te pompen. Het betreffen steeds garages die alleen personenauto's in onderhoud hebben.

Tabel 3: Overzicht garagebedrijven die voorheen in het bezit waren van een vergunning voor stoken van afgewerkte olie.

Bedrijf	Straat	Plaats	Opmerkingen
A.T.D. B.V. Bofra B.V. J.C. v. Bruggen B.V. J.A. Bruins B.V. Compier B.V. Deremaux B.V. Egberts B.V. De Jong Knaps B.V. R. v. Medevoort Morrenhof Steenbeek B.V. Teluij B.V. Weterings B.V. J. v.d. Meulen Eindhoven B.V. Kamphuis B.V. V. Tiel Keizer B.V. Autolichtstad B.V. Hogeboom B.V.	De Roef 17 Marconistraat 5 v. IJzendijkstraat 178 Bekenhorst 37 Holendrechteweg 21B Willebrorduslaan 7-9 J.P. Santesweg 6 Statenweg 5-7 Langeweg 113 Belt 28-34 Keizerveldweg 8 Leusderweg 22 Nijverheidsweg 78-80 Uterwei 20 Huizingalaan 4 Baan 41 Hoogdijk 34 Boutenslaan 56 Marconilaan 1 Geijssendorffweg 5/15	Drachten Franeker Purmerend Borne Oudekerk a.d. IJssel Waalre Nietap Emmen Middelharnis Hytpoythushoef Mariënheem Amersfoort Nijmegen Augustinusga Eindhoven Biddinghuizen Middelbeers Eindhoven Eindhoven Rotterdam	stoken gemengde olie te weinig olie in voorraad te weinig olie in voorraad stoken gemengde olie stoken gezuiverde olie geen olie in voorraad stoken gezuiverde olie stoken op H.B.O. stoken op H.B.O. en hebben geen kachel voor afgewerkte olie verlenen geen medewerking bedrijf opgeheven
Plooy Vriezema	Kerkdijk 67 Postbus 72	Westbroek Heerenveen	

Van de 12 bedrijven werden in totaal 22 vaten onbewerkte olie verkregen. De vaten werden genummerd van 1 t/m 22. Een totaaloverzicht is weergegeven in tabel 4, (blz. 28). Van elk vat werd de olie geanalyseerd.

Voor het mengen en bemonsteren van de olie is de volgende procedure gevolgd (zie ook schema figuur 1 blz. 62). De vaten met olie werden enkele dagen voor de bemonstering in de beproevingshal geplaatst. Dit werd gedaan om eventueel vocht en verontreiniging te laten bezinken.

Bij het overpompen van de olie in het weegvat werd de zuigpijp ± 2 cm van de bodem gehouden.

De van één garage betrokken olie werd overgepompt in een weegvat die op drukdozen was geplaatst waarmee het gewicht van de olie kon worden bepaald. Daar ook het volume van het weegvat bekend was kon eveneens voor elk vat de soortelijke massa van de olie worden bepaald.

Na het wegen van de olie werd een oliemonster uit het weegvat genomen. Per bedrijf werd een monster van circa 2 dm^3 genomen. Voor die bedrijven waarvan meer dan één vat werd verkregen was de verhouding van de volumina van de getrokken monsters dezelfde als de volumina van de olie in de afzonderlijke vaten. Voor de bedrijven waarbij twee monsters werden gekregen, werden de beide monsters vervolgens samengevoegd tot één monster zodat totaal 12 monsters van circa 2 dm^3 werden verkregen.

Deze monsters werden vervolgens gedeeld (2 keer 1 dm^3). De ene helft van het monster werd opgeslagen en de andere helft werd ter analyse aangeboden aan het laboratorium.

Vanuit het weegvat werd de helft van de olie in vat A gepompt en de andere helft in vat B. Uit deze vaten werden twee monsters van elk 2 dm^3 getrokken. Deze monsters werden vervolgens gedeeld. De ene helft werd opgeslagen en de andere helft werd ter analyse aan het laboratorium aangeboden (mengmonster vat A en mengmonster vat B).

Verder werd uit elk vat (A en B) een hoeveelheid olie genomen voor het bepalen van de soortelijke massa, de viscositeit en het bezinksel in de olie.

Tabel 4: Overzicht monster onbewerkte olie.

Monster	Garage	Vat	Gew.kg.	Totaal gew.kg	Vol. liters	Tot. vol. liters	S.G. olie	Bijzonderheden
1	Autolichtstad, Eindhoven	1 2	196 189	385	217 212	429	0,903 0,891	Met vlinderpomp olie uit grondtank gepompt. Vulpijp ± 15 cm. van bodem om bezinksel en water niet mee te pompen.
2	Teluij, Nijmegen	3 4	186 188	374	209 210	419	0,890 0,895	
3	Compier, Oudekerk a.d. IJssel	5 6	180 181	361	201 203	404	0,895 0,891	
4	Weterings, Augustinusga	8 9	149 158	307	166 179	345	0,892 0,882	Deze garage's verzamelden afgewerkte olie in 200 liter vaten. Met uitzondering van Bofra (200 liter) kon bij de overige garage's 400 liter betrokken worden.
5	Bofra, Franeker	10	181	181	207	207	0,874	
6	Kamphuis, Biddinghuizen	11 12	186 195	381	213 224	437	0,873 0,878	
7	De Jong, Emmen	13 14	185 188	373	212 214	419	0,888 0,878	
8	V. Tiel, Middelbeers	15 16	186 184	370	212 207	427	0,883 0,888	
9	V.d. Meulen, Eindhoven	17 18	189 187	376	214 213	427	0,883 0,877	Deze garage's hebben gedurende 3 maanden hun afgewerkte olie in door TNO afgeleverde vaten verzameld.
10	Deramaux, Waalre	19	203	203	222	222	0,910	
11	Steenbeek, Amersfoort	21 22	184 134	318	208 153	361	0,884 0,875	
12	Egberts, Nietap	7	36	36	40	40	0,900	
13	Mengmonster vat A					2053		
14	Mengmonster vat B					2053		

5.2 Bewerkte afgewerkte olie

Van de zes vergunninghoudende opwerkingsbedrijven werd totaal 2400 liter bewerkte afgewerkte olie betrokken. De bedrijven alsmede de verkregen hoeveelheid olie is weergegeven in tabel 5, (blz. 30).

Van elk van de zes opwerkingsbedrijven werden 2 vaten olie betrokken. Gezien het uit te voeren meetprogramma was het voldoende van elk bedrijf één vat te nemen en het andere vat op te slaan. De bemonstering vond op overeenkomstige wijze plaats als de bemonstering van de onbewerkte olie (zie figuur 2, blz. 63). De monsters werden genummerd van 15 t/m 20. Uit de gevulde container A werd het mengmonster 21 getrokken. Dit monster werd naderhand geanalyseerd.

5.3 Verrijkte afgewerkte olie

Voor het uitvoeren van proeven met verrijkte afgewerkte olie werd van de onbewerkte afgewerkte olie uit container B een deel afgetapt en in container C opgeslagen (figuur 1, blz. 62). Deze hoeveelheid werd vervolgens verrijkt met PCB's. Hiertoe werd 1 gr Aroclor 1260 en 1 gr Aroclor 1248 per 40 kg olie toegevoegd. De concentratie aan PCB's in de olie bedraagt diens-tengevolge 50 mg/kg.

Voor de verrijking zijn Aroclor 1260 en Aroclor 1248 genomen omdat deze PCB-mengsels veel worden toegepast in de industrie en bovendien in voldoende hoeveelheid beschikbaar waren.

Tabel 5: Overzicht monsters bewerkte olie.

Monster	Bedrijf	Vatnr.	Totaal gew.kg	Volume liters	S.M. olie	Bijzonderheden b.a.o.
16	De Jager, Lelystad	23	163	187	0,872	geen
15	O. Ned., Nijmegen	25	173	200	0,865	geen
18	O.V.A., Amsterdam	27	177	201	0,880	geen
19	Laura, Maassluis	29	172	196	0,877	geen
17	Wubben, Roozendaal	31	172	197	0,873	geen
20	Verhoeven, Rotterdam	33	176	200	0,880	geen
21	Mengmonster			1169		geen

6. ANALYSERESULTATEN OLIE

Het onderzoekprogramma (hoofdstuk 3) voorziet in het uitvoeren van experimenten met vier verschillende soorten olie. In onderstaand overzicht zijn deze soorten aangegeven met daarbij de bijbehorende monsternummers.

Tabel 6: Overzicht toegepaste oliesoorten.

oliesoort	monsternummers	opmerkingen
huisbrandolie HBO I	-	olie van handelskwaliteit.
onbewerkte afgewerkte olie o.a.o.	1 t/m 12 mengmonsters 13 en 14	olie afkomstig van de 12 garage bedrijven
bewerkte afgewerkte olie b.a.o.	15 t/m 20 mengmonster 21	olie afkomstig van de 6 opwerkingsbedrijven.
verrijkte afgewerkte olie v.a.o.	-	deel van de olie afkomstig van de 12 garage - bedrijven is verrijkt met PCB's

6.1 Halogenen

De resultaten van de analyses op totaal broom, totaal chloor en anorganisch chloor en broom zijn weergegeven in tabel 7a, (blz. 32).

Alleen in de mengmonsters 13 en 14 is het anorganisch broom bepaald. Het verschil tussen totaal broom en anorganisch broom en totaal chloor en anorganisch chloor is extraheerbaar organisch broom respectievelijk extraheerbaar organisch chloor.

Het organisch broom kan worden uitgedrukt in equivalenten organisch chloor.

Het extraheerbaar organisch halogeengehalte wordt dan: (gemiddelde van monster 13 en 14, zie tabel 7a):

$$Cl_{eq} = \frac{520 + 470}{2} + \frac{35,5}{79,9} \cdot \frac{270 + 280}{2} = 495 + 122 = 617 \text{ mg/kg}$$

Wanneer er vanuit wordt gegaan dat het fluor en jodium gehalte in de olie verwaarloosbaar klein is, is het extraheerbaar gehalte aan halogenen in de mengmonsters olie ongeveer 617 mg/kg.

Van de in tabel 7a genoemde analyse resultaten is de gemiddelde waarde en de standaardafwijking bepaald. Deze informatie is vermeld in tabel 7b (blz. 33).

Tabel 7a: Broom en chloorgehaltenes oliemonsters (mg/kg).

	monster- nummer	totaal broom	anorga- nisch broom	totaal chloor	anorga- nisch chloor
onbewerkte afgewerkte olie	1	620		570	100
	2	14		210	36
	3	50		250	110
	4	220		320	<10
	5	490		700	70
	6	6		230	18
	7	570		670	200
	8	500		1000	140
	9	600		670	100
	10	84		1600	400
	11	980		1000	230
	12	600		720	180
mengmonsters	13	430	160	650	130
	14	430	150	610	140
bewerkte afgewerkte olie	15	20		760	<10
	16	17		520	<10
	17	21		620	<10
	18	22		740	48
	19	22		740	<10
	20	12		630	<10
mengmonster	21	20		670	23

Tabel 7b: Statistische gegevens halogeenbepalingen.

oliesoort	element	gem. waarde mg/kg	standaard afw. mg/kg
o.a.o.	totaal chloor	663	409
	totaal broom	392	310
b.a.o.	totaal chloor	667	92
	totaal broom	19	3,9

Hoewel het totaal chloorgehalte van de onbewerkte- en bewerkte olie nage-
noeg gelijk is, is, waarschijnlijk vanwege opmenging van de bewerkte olie,
de spreiding hierin aanzienlijk kleiner dan van de onbewerkte olie. Voor
wat betreft het totaal broomgehalte is het gehalte van de onbewerkte olie
aanzienlijk hoger dan het gehalte van de bewerkte olie. Ook de spreiding in
de waarnemingen is voor de onbewerkte olie aanzienlijk hoger. Waarschijn-
lijk is ook dit een gevolg van de opmenging van de olie. Overigens dient
hier ook te worden opgemerkt dat de bewerkte olie niet van dezelfde
oorsprong is als de onbewerkte olie.

De in tabel 7b weergegeven waarden hebben betrekking op gelijke hoeveelheden
monsters en geven dientengevolge niet de gemiddelde concentratie aan chloor
en broom in de mengmonsters aan.

Wanneer de concentratie hierin wordt berekend op basis van de analysegege-
vens en de hoeveelheden verzamelde olie dan blijken de concentraties te
zijn zoals weergegeven in tabel 7c.

Tabel 7c: Berekende halogeenconcentraties (mg/kg).

o.a.o.	totaal chloor	615
	totaal broom	384
b.a.o.	totaal chloor	677
	totaal broom	19

De aldus berekende gemiddelde waarden blijken goed overeen te komen met de
analysegegevens.

6.2 Halogeenkoolwaterstoffen

Van het gedeelte organisch chloor in de mengmonsters 13, 14 en 21, werd semi-kwantitatief het aromatisch en het alifatisch deel bepaald.

De resultaten zijn vermeld in tabel 8.

Tabel 8: Concentratie halogeenkoolwaterstoffen in olie (mg/kg).

verbinding		monsternummer*)		
		13	14	21
alifatisch	1,1,1-trichloorethaan	41	45	280
	tetrachloorkoolstof	<10	<10	<10
	trichlooretheen	<10	<10	110
	tetrachlooretheen	27	29	95
aromatisch	chloorbenzeen	<20	<20	<20
	1,3-dichloorbenzeen	<100	<100	<100
	1,4-dichloorbenzeen	<100	<100	<100
	1,2-dichloorbenzeen	<100	<100	<100

*) <n: concentratie kleiner dan detectiegrens n.

Voor wat betreft de alifatische halogeenkoolwaterstoffen bestaat er enig verschil in concentraties tussen de in het onderzoek beproefde onbewerkte afgewerkte (monsternummers 13 en 14) en de bewerkte afgewerkte olie. In de b.a.o. is met name het gehalte aan trichloorethaan significant hoger. Voor wat betreft de aromatische verbindingen is er binnen de nauwkeurigheid van de bepalingmethode geen verschil aangetoond tussen de onbewerkte en de bewerkte afgewerkte olie.

6.3 Zware metalen

Van elk monster is het gehalte aan lood, zink en koper bepaald.

Daarnaast zijn voor de mengmonsters (13, 14 en 21) met behulp van neutronen-activeringsanalyse verschillende andere metalen geanalyseerd. De resultaten zijn vermeld in onderstaande tabellen 9a, 9b en 9c.

Tabel 9a: Concentratie Pb, Zn, en Cu in olie.

	Monsternr	Lood (%)	Zink (%)	Koper (mg/kg)
onbewerkte afgewerkte olie	1	0,30	0,12	28
	2	0,005	0,078	34
	3	0,018	0,11	8
	4	0,096	0,12	17
	5	0,26	0,10	26
	6	0,006	0,066	28
	7	0,22	0,12	18
	8	0,19	0,12	18
	9	0,23	0,13	34
	10	0,17	0,095	45
	11	0,35	0,10	26
	12	0,22	0,11	12
mengmon- sters	13	0,16	0,11	24
	14	0,16	0,11	23
bewerkte afgewerkte olie	15	0,07	0,057	15
	16	0,09	0,071	31
	17	0,10	0,064	17
	18	0,08	0,057	34
	19	0,08	0,056	37
	20	0,05	0,043	19
mengmonster	21	0,08	0,058	27

Tabel 9b: Statistische gegevens Pb, Zn, Cu.

oliesoort	element	gem. waarde	standaard afw. S
o.a.o.	Pb	0,152	0,120
	Zn	0,105	0,019
	Cu	24,33	10,44
b.a.o.	Pb	0,078	0,017
	Zn	0,058	0,009
	Cu	25,50	9,59

Tabel 9c: Resultaten neutronenactiveringsanalyse in mg.kg.⁻¹

element	Monsternummer *)		
	13	14	21
Na	110	110	41
Mg	620	660	160
Al	<22	<22	81
S	6600	7600	10000
V	0,32	0,35	13
Cr	13	13	21
Mn	2,6	2,5	5,6
Fe	120	120	<2000
Co	0,16	0,17	<2
Cu	23	24	27
Zn	1100	1100	510
As	-	-	0,6
Se	-	-	<0,7
Cd	<10	<10	<5
Sb	0,29	0,32	1,3
Ba	120	130	<110
W	0,5	0,4	0,5

*) <n: concentratie kleiner dan detectiegrens n.

Uit de vergelijking van de analyseresultaten van de monsternummers 13 en 14 (vat A en vat B) blijkt dat de samenstelling hiervan nagenoeg gelijk is. Gesteld kan worden dat de verkregen hoeveelheid onbewerkte afgewerkte olie goed gemengd is alvorens dit is verdeeld over de vaten A en B.

Opvallend in tabel 9c is het relatief hoge percentage vanadium, ijzer en aluminium in de bewerkte afgewerkte olie (monster 21). Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door een hoger gehalte aan olie van zwaardere dieselmotoren.

6.4 Zwavel en vocht

In de drie mengmonster (nummers 13, 14 en 21) is het gehalte aan zwavel en vocht bepaald. De gegevens zijn in onderstaande tabel 10 weergegeven.

Tabel 10: Zwavel en vocht in olie (%)

monsternr.	zwavel	vocht
13	0,88	2,5
14	0,84	2,5
21	0,84	1,3

6.5 PCB's

In verband met het uit te voeren proevenprogramma (onder andere emissies van organochloorverbindingen) was het van belang te weten welke concentraties PCB's de olie bevatte.

Daarom werden de mengmonsters van beide oliesoorten (o.a.o. en b.a.o.) geanalyseerd op deze componenten.

De resultaten zijn vermeld in tabel 11.

Tabel 11: PCB's in afgewerkte olie (mg/kg).

PCB	Monsternummer		
	13	14	21
aroclor 1242	n.a.	n.a.	n.a.
aroclor 1248	n.a.	n.a.	n.a.
aroclor 1254	n.a.	n.a.	n.a.
aroclor 1260	n.a.	n.a.	n.a.
PCB 28	n.a.	n.a.	0,3
PCB 52	n.a.	n.a.	0,2
PCB 101	n.a.	n.a.	n.a.
PCB 138	n.a.	n.a.	n.a.
PCB 153	n.a.	n.a.	n.a.
PCB 180	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. = niet aantoonbaar; zijnde kleiner dan 2,0 mg/kg voor aroclor's 1242 t/m 1260 en kleiner dan 0,2 mg/kg voor PCB's 28 t/m 180.

Zoals blijkt uit bovenstaande tabel komen in de verzamelde onbewerkte en bewerkte olie nagenoeg geen PCB's voor.

6.6 Viscositeit, soortelijke massa

Een deel van de mengmonsters onbewerkte afgewerkte olie is in een maatglas verzameld. Deze monsters zijn vervolgens twee maanden op een rustige plaats bewaard. Hierna is van de olie in het onderste deel en het bovenste deel van het maatglas de soortelijke massa en de viscositeit bepaald. De gegevens zijn in tabel 12 vermeld. Het blijkt dat de olie niet uitzakt, er werd namelijk geen bezinksel onderin het maatglas waargenomen, het mengsel blijft homogeen.

Tabel 12: Viscositeit en soortelijke massa afgewerkte olie.

Monsternummer	Vis. 20°C c.st.	S.m. kg/m ³
13-boven	248	0,888
13-onder	248	0,885
14-boven	249	0,888
14-onder	249	0,894

Boven = olie bovenste deel maatglas
Onder = olie onderste deel maatglas

7. ONDERZOEKRESULTATEN

7.1 Algemeen

Het experimentele deel van het onderzoekprogramma kan worden onderverdeeld in vier verschillende proevenseries. Deze series houden verband met de soort olie die tijdens deze proeven werd verstookt, en zijn:

- referentiemetingen;
- proeven met onbewerkte afgewerkte olie;
- proeven met verrijkte afgewerkte olie;
- proeven met bewerkte afgewerkte olie.

De onderzoekresultaten zijn in dit hoofdstuk volgens bovenstaande volgorde weergegeven.

7.2 Referentiemetingen

Om het gedrag van de kachels vast te leggen zijn bij verschillende instellingen van de kachels de belangrijkste procesgegevens vastgelegd. Deze proeven zijn, om een referentieniveau te bepalen, uitgevoerd met huisbrandolie en onbewerkte afgewerkte olie.

De instellingen van de kachels waren:

- hoge belasting;
- lage belasting;

De afwijkende instelling is alleen voor de Krollkachel uitgevoerd. Voor de Lamborghini-kachel is dit niet gedaan omdat werd verwacht dat bij deze instelling de kachel relatief veel roet zou produceren en dientengevolge na elke proef schoon gemaakt zou moeten worden.

De metingen zijn gestart nadat de kachel in thermisch evenwicht was gekomen. De resultaten zijn vermeld in onderstaande tabel 13 (blz. 40). Het betreft de gemiddelde waarde over de beschouwde meetperiode.

Tabel 13: Rookgassamenstelling en temperatuur tijdens referentiemetingen.

me- ting nr.	instel- ling	actueel						3%O ₂		
		O ₂	CO ₂	CO	C _x H _y	NO _x	temp.	CO	C _x H _y	NO _x
A	KH HBO I	4,0	12,3	21	2,5	76	344	22	2,6	80
B	KL HBO I	10,4	7,6	10	1,6	22	273	17	2,7	38
C	KA HBO I	2,7	13,3	480	3,7	91	326	466	3,6	88
D	LH HBO I	3,9	12,4	50	5,3	118	213	52	5,5	123
E	LL HBO I	4,0	12,3	42	5,3	104	197	44	5,6	109
F	KH o.a.o.	4,4	12,1	1,0	6,8	219	344	1,1	7,3	234
G	KL o.a.o.	8,5	9,0	1,0	4,4	156	292	1,4	6,3	223
H	KA o.a.o.	1,9	13,8	1064	0,1	209	314	1000	0,1	196
I	LH o.a.o.	3,1	13,0	40	-	247	287	40	-	247
J	LL o.a.o.	3,0	13,1	34	-	243	292	34	-	243

Toelichting:

O ₂ , CO ₂	%
CO, C _x H _y , NO _x	mg/m ³ ind.
temp.	°C
KH	Krol hoog
KL	Krol laag
KA	Krol afwijkend
LH	Lamborghini hoog
LL	Lamborghini laag

In de figuren 3a t/m 3f (blz. 64-69) zijn voorbeelden gegeven van het verloop als functie van de tijd van drie rookgascomponenten (CO_2 , CO en NO_x) voor de verschillende in tabel 13 aangegeven kachelinstellingen.

Zoals blijkt uit deze figuren zijn de concentraties voor de instellingen Kroll hoog en laag en de Lamborghini hoog nagenoeg constant. De afwijkende situatie voor de Kroll-kachel is ingesteld door vanuit de deellast situatie de luchthoeveelheid zodanig terug te regelen dat het CO-gehalte in de rookgassen circa 500 mg/m^3 ind. bedroeg. Deze waarde (500 mg/m^3 ind.) is arbitrair gekozen. De brander van de Lamborghini kachel kent slechts twee standen te weten aan - uit. Het op deellast instellen van deze kachel betekent dat de brander periodiek wordt uit- en ingeschakeld. Tijdens het in bedrijf zijn van de brander is de situatie vergelijkbaar met vollast. Het verloop van de rookgascomponenten is weergegeven in figuur 3e. Duidelijk is te zien dat na het inschakelen van de brander er kortstondig een toename van de CO-vorming plaatsvindt. De metingen en monsternames zijn alleen uitgevoerd tijdens het in bedrijf zijn van de brander. De meetresultaten zoals vermeld in het volgende hoofdstuk zijn dientengevolge gemiddelde waarden over de perioden dat de brander in bedrijf was.

Het verloop van de concentraties CO_2 , CO en NO_x bij de afwijkende instelling van de Lamborghini is weergegeven in figuur 3f. Deze instelling is gerealiseerd door een vervuilde verstuiver in de brander te plaatsen en de luchtvermaat van de brander op een minimum in te stellen. Zoals is te zien in figuur 3f, wordt het beeld erg onrustig waardoor aanzienlijke concentraties CO worden gevormd. Tijdens het uitvoeren van de experimenten is het verloop van de rookgascomponenten overeenkomstig het in de figuren 3a t/m 3f geschetste verloop.

In het algemeen kan worden gesteld dat de kwaliteit van het verbrandingsproces van beide kachels met uitzondering van de afwijkende instelling goed is. Dit geldt voor beide oliesoorten.

7.3 Experimenten

Het experimentele deel bestond uit het uitvoeren van 9 verschillende experimenten per kachel, waarbij drie verschillende typen olie werden verstoekt, te weten:

- onbewerkte afgewerkte olie (o.a.o.);
- bewerkte afgewerkte olie (b.a.o.);
- verrijkte afgewerkte olie (v.a.o.).

Tijdens deze experimenten zijn een groot aantal metingen en monsternames verricht.

De resultaten hiervan en de op de monsters uitgevoerde analyses worden in dit hoofdstuk groepsgewijze gepresenteerd.

Macro-componenten.

In tabel 14, (blz. 43), zijn de belangrijkste meetresultaten samengevat.

Tabel 14: Macro-componenten in de rookgassen.

meting- nr.	instel- ling	oliever bruik dm ³ /h	actueel								3%O ₂		
			O ₂	CO ₂	CO	C _x H _y	NO _x	temp.	stof	Bach	CO	C _x H _y	NO _x
1	KH o.a.o.	5,57	3,6	12,6	46	0,1	232	359	2	2	47	0,1	238
2	KL o.a.o.	3,83	9,2	8,5	17	0,7	163	296	1	1	26	1,1	247
3	KA o.a.o.	5,46	1,4	14,2	1885	10,3	203	308	53	> 9	1719	9,4	185
4	LH o.a.o.	17,2	3,0	13,1	23	0,1	247	315	345	1	23	0,1	247
5	LL o.a.o.	14,8	3,4	12,7	14	0,5	240	324	320	1	14	0,5	244
6	LA o.a.o.	16,0	2,5	13,4	428	24,6	225	282	418	6	414	23,7	217
7	KH b.a.o.	4,35	4,3	12,6	1010	6,0	172	340	10	4	1088	6,4	185
8	KL b.a.o.	3,95	9,2	8,6	1,4	0	119	280	5	2	2	<0,1	181
9	KA b.a.o.	5,46	2,6	13,3	1936	12,1	172	328	19	9	1881	11,7	167
10	LH b.a.o.	14,0	3,0	13,1	10,2	0,1	260	283	231	2	10	0,1	260
11	LL b.a.o.	15,0	2,7	13,3	0,1	<0,1	256	278	200	2	0,1	<0,1	250
12	LA b.a.o.	15,2	4,3	12,6	548	11,4	97	157	584	9	587	12,2	104
14	KL v.a.o.	3,83	8,8	8,8	5,4	<0,1	146	304	4	1	8	<0,1	215
15	KA v.a.o.	5,46	1,9	13,8	4954	179	189	314	106	>9	4637	167	177
17	LL v.a.o.	14,0	3,5	12,6	14,1	0,6	263	323	324	3	14	0,6	268
18	LA v.a.o.	15,2	2,5	13,4	720	23,9	160	301	408	9	696	23	155

O₂ %
 CO₂ %
 CO mg/m³ ind
 C_xH_y mg/m³ ind
 NO_x mg/m³ ind
 temp. °C
 stof mg/m³ ind

Geconstateerd kan worden dat de kwaliteit van het verbrandingsproces voor de drie verschillende oliesoorten niet significant verschilt van de kwaliteit van het verbrandingsproces wanneer de kachels met HBO I worden gestookt. In het algemeen kan worden gesteld dat de kwaliteit van het verbrandingsproces goed is, met uitzondering van de afwijkende situaties.

De stofgetallen laten zien dat er grote verschillen in concentratie bestaan tussen de Kroll en de Lamborghini kachel. Dit vindt zijn oorzaak in het verschil in verbrandingstechniek. Bij de Kroll kachel (verdampingsbrander) blijven de onverbrande delen (as) achter in de brander. De as wordt dagelijks door middel van een aslade uit de kachel verwijderd. Bij de Lamborghini kachel (verstuivingsbrander) wordt de as met de verbrandingsgassen meegevoerd en via de schoorsteen naar de omgeving afgevoerd. Opgemerkt moet worden dat er geen verband gelegd kan worden tussen de stofconcentratie in de rookgassen en het Bacharach roetgetal. Voor het Bacharach roetgetal is de kleur van de stof verreweg de belangrijkste factor. Wanneer de stof wit of grijs van kleur is, wordt ook bij hoge concentraties een laag roetgetal gevonden. Daarom wordt ook alleen bij de afwijkende situaties, dus in die situaties waarbij bewust CO en roet wordt geproduceerd, een hoog roetgetal gevonden.

7.4 Zware metalen

Voor de experimentnummers 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10 en 11 zijn de rookgassen bemonsterd op zware metalen. Bepaald zijn de aan de vaste stof gebonden metalen en de gasvorming metalen. Voor het bepalen van de aan stof gebonden zware metalen is het tijdens het bepalen van de stofconcentratie afgevangen stof geanalyseerd. Voor het bepalen van het gasvormige deel is een speciale monsternametrein ingezet. De monsternamen (vast- en gasvormig) werd steeds gelijktijdig uitgevoerd. Tijdens de experimenten met Lamborghini laaglast (nrs. 5 en 11) heeft de bemonstering alleen plaats gevonden tijdens het in bedrijf zijn van de brander. De resultaten van deze experimenten zijn weergegeven in tabel 15, (blz. 46). De resultaten van de aan het stof gebonden en gasvormige zware metalen zijn afzonderlijk weergegeven. De emissies zijn vervolgens vergeleken met de emissiegrenswaarden zoals genoemd in de EG-richtlijn inzake de verwijdering van afgewerkte olie van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 22 december 1986 [3].

De in deze richtlijn genoemde grenswaarden zijn (mg/m^3 ind 3% O_2).

Cd - 0,5

Ni - 1

Cr -	}	1,5	}	5
Cu -				
V -				
			òf	
Pb -				5

(Strikt genomen gelden deze grenswaarden alleen voor ketelinstallaties met een thermisch vermogen van 3 MW en meer. Globaal gezien komen de waarden overeen met de in de TA-Luft van 1986 gestelde grenswaarden. De lidstaten van de EEG dienen zelf te bepalen of in hun land de norm $\text{Cr} + \text{Cu} + \text{V} + \text{Pb} \leq 5 \text{ mg/m}^3$ ind, òf de norm $\text{Cr} + \text{Cu} + \text{V} \leq 1,5 \text{ mg/m}^3$ ind en $\text{Pb} \leq 5 \text{ mg/m}^3$ ind wordt toegepast).

Het blijkt dat de metalen emissies van de Lamborghini kachel (meting 4,5, 10 en 11) hoger zijn dan in bovengenoemde richtlijn aangegeven waarden. Vooral de emissie van lood is gemiddeld ongeveer een factor 10 hoger dan in de richtlijn aangegeven.

In figuur 4 (blz. 70) zijn de resultaten grafisch weergegeven. Duidelijk is te zien dat de concentraties in de rookgassen van de Lamborghini kachel voor de geanalyseerde metalen significant hoger zijn dan de concentraties in de rookgassen van de Kroll-kachel. Dit houdt verband met het gegeven dat bij de Kroll-kachel een deel van de assen in de kachel achterblijft, terwijl bij de Lamborghini-kachel de assen nagenoeg volledig worden geëmitteerd.

Tabel 15

Zware metalen in rookgassen berekend bij 3% O₂ (mg/m³ ind).

me- ting nr.	instel- ling kachel	Pb		Cu		Zn		Cd		Ni		V		Fe		Cr	
		vast	gas	vast	gas	vast	gas	vast	gas	vast	gas	vast	gas	vast	gas	vast	gas
1.	KH.o.a.o.	0,654	0,022	0,016	<0,008	0,111	0,006	0,0008	<0,005	0,002	0,012	<0,016	<0,034	0,038	0,111	0,005	<0,016
2.	KL.o.a.o.	0,424	<0,016	0,009	<0,007	0,051	<0,004	0,0007	<0,004	0,0012	<0,006	<0,016	<0,031	0,019	0,048	0,001	<0,016
4.	LH.o.a.o.	73	4	1,219	0,087	34	3,1	0,045	<0,007	0,042	0,038	<0,091	<0,049	2,22	0,199	0,146	<0,024
5.	LL.o.a.o.	76,2	5,39	1,167	0,128	77,3	4,88	0,046	<0,006	0,044	<0,009	<0,136	<0,046	2,11	0,146	0,138	<0,022
7.	KH.b.a.o.	0,141	0,465	0,026	0,008	0,119	0,048	<0,0008	<0,0005	0,029	0,067	<0,012	<0,008	0,358	0,191	0,061	0,016
8.	KL.b.a.o.	0,103	0,03	0,007	0,003	0,054	0,091	<0,0007	<0,0007	0,009	0,021	<0,012	<0,012	0,074	0,077	<0,003	0,007
10.	LH.b.a.o.	35	2,05	1,058	0,066	7,295	5,869	0,021	0,0017	0,28	0,025	0,421	0,022	10,178	0,29	0,37	0,028
11.	LL.b.a.o.	30,22	3,32	1,01	0,094	9,89	5,503	0,017	0,021	0,219	0,022	0,357	0,033	9,064	0,426	0,196	0,017

me- ting nr.	instel- ling kachel	Cr + Cu + V				Cr + Cu + V + Pb		
		vast	gas	totaal		vast	gas	totaal
1.	KH.o.a.o.	0,021-0,037	<0,058	0,021-0,095		0,675-0,691	0,022-0,080	0,697-0,771
2.	KL.o.a.o.	0,01 -0,017	<0,054	0,010-0,071		0,434-0,450	<0,070	0,434-0,520
4.	LH.o.a.o.	1,365-1,456	0,087-0,160	1,452-1,616		74,36-74,45	4,087-4,160	78,45-78,61
5.	LL.o.a.o.	1,305-1,441	0,128-0,196	1,433-1,640		77,50-77,64	5,518-5,586	83,02-83,22
7.	KH.b.a.o.	0,087-0,099	0,024-0,032	0,111-0,131		0,228-0,240	0,489-0,497	0,717-0,737
8.	KL.b.a.o.	0,007-0,022	0,010-0,022	0,017-0,044		0,110-0,125	0,040- 0,052	0,150-0,177
10.	LH.b.a.o.	1,849	0,116	1,956		36,84	2,166	39,01
11.	LL.b.a.o.	1,563	0,144	1,707		31,78	3,464	35,24

7.5 Organochloorverbindingen

Tijdens de experimenten met de drie verschillende oliesoorten is bij de lage en de afwijkende instelling van de kachels het gehalte aan polychloorbifenylen (PCB's), hexachloorbenzeen (HCB), polychloordibenzoparadioxines (PCDD's) en polychloordibenzofuranen (PCDF's) bepaald.

Van de PCDD's en PCDF's zijn de tetra-, penta-, hexa-, hepta- en octachloor gesubstitueerde isomeergroepen geanalyseerd. Daarnaast is het bekende isomeer 2,3,7,8 TCDD apart geanalyseerd.

De resultaten zijn vermeld in tabel 16, (blz. 48).

Van de PCB's zijn 6 verschillende isomeren geanalyseerd, te weten di-, tri-, tetra-, penta-, hexa- en heptachloorbifenyl. De resultaten van deze analyses zijn vastgelegd in tabel 17 (blz. 50). In deze tabel is ook de concentratie van HCB in de rookgassen opgenomen.

Tabel 16: Concentraties dioxinen en furanen in rookgassen bij 3% O₂ (ng/m³ ind).

meting nr.	instelling kachel	dioxinen						furanen				
		T4 CDD	P5 CDD	H6 CDD	H7 CDD	O8 CDD	2,3,7,8 TCDD	T4CDF	P5 CDF	H6 CDF	H7 CDF	O8 CDF
2.	KL.o.a.o.	<0,6	<0,3	<1,4	<0,8	<0,7	<0,6	<0,1	<0,1	<1,5	<0,6	<0,4
3.	KA.o.a.o.	5*	2	3*	2*	<0,9	<0,9	<0,2	<0,1	<1,0	<0,7	<0,9
5.	LL.o.a.o.	<1,1	<0,6	<2,3	<1,6	<2,7	<0,5	2*	<0,4	<2,0	<1,2	<1,3
6.	LA.o.a.o.	<0,9	1,4 ⁺	2,2 ⁺	3,8	1,7	<1	7	5	6 ⁺	1,8 ⁺	1 ⁺
8.	KL.b.a.o.	1*	2 ⁺	7	4	5	<0,8	<0,2	1	11	1,6	2
9.	KA.b.a.o.	1,4*	<0,2	<1,4	<0,5	<0,5	<1,2	1*	<0,4	<1,1	<0,4	<0,5
11.	LL.b.a.o.	<1,0	<0,4	<0,6	<0,2	<0,3	<0,7	1*	<0,3	<0,3	0,2*	<0,2
12.	LA.b.a.o.	<0,5	<0,3	<1,2	1	1	<0,5	1	<0,2	<0,6	<0,4	<0,4
14.	KL.v.a.o.	8*	1*	<1,6	2 ⁺	1 ⁺	<0,7	<0,2	<0,2	<1,1	<0,3	<0,4
15.	KA.v.a.o.	6*	1*	<0,9	1	1	<0,8	<0,2	<0,1	<0,3	<0,1	<0,3
17.	LL.v.a.o.	3*	<0,3	7 ⁺	2	1	<0,5	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	0,3*	<0,3
18.	LA.v.a.o.	24 ⁺	5*	14 ⁺	13	12	<0,8	39	14	16	8	2

Opmerkingen tabel 16

Voor de bepaling van de gehalten aan PCDD en PCDF met behulp van GC-MSD zijn per groep vier specifieke massa's gelijktijdig gedetecteerd.

De signalen in de chromatogrammen werden als dioxinen en furanen gekwalificeerd als voldaan werd aan onderstaande criteria:

- gelijktijdige detectie van vier signalen per groep;
- detectie in het juiste retentiegebied;
- juiste isotoopverhoudingen van de signalen.

De in bovenstaande tabel gebruikte tekens hebben de volgende betekenis:

< = geen PCDD of PCDF aangetoond; dit zijn bepalingsgrenzen van de gevolgde analyse-methode (per isomeer van de betreffende groep).

geen teken = gehalten zijn berekend met inachtneming van genoemde criteria.

+ = gehalten zijn berekend met inachtneming van genoemde criteria; echter door de lage concentraties van de gezochte verbindingen zijn de intensiteiten van twee lage massa's te klein zodat deze niet worden waargenomen.

* = maximaal aanwezig;
twee hoge massa's zijn wel aanwezig maar door interfererende signalen zijn de massaverhoudingen onjuist. Twee lage massa's zijn niet waarneembaar.

Tabel 17: Concentratie PCB's in rookgassen bij 3% O₂ (ng/m³.ind)

meting nr.	instelling kachel	HCB	PCB nr.											totaal PCB
			15	28	44	49	52	70	87	101	138	153	180	
1.	KH.o.a.o.	4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2.	KL.o.a.o.	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	23	24	24	71
3.	KA.o.a.o.	n.d.	n.d.	n.d.	18	n.d.	n.d.	54	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	72
4.	LH.o.a.o.	n.d.	n.d.	n.d.	14	n.d.	n.d.	8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	22
5.	LL.o.a.o.	n.d.	n.d.	n.d.	17	n.d.	380	7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	404
6.	LA.o.a.o.	n.d.	502	n.d.	234	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	736
7.	KH.b.a.o.	8	n.d.	61	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	61	n.d.	n.d.	122
8.	KL.b.a.o.	4	94	n.d.	n.d.	237	177	n.d.	n.d.	77	n.d.	n.d.	n.d.	585
9.	KA.b.a.o.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	374	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	374
10.	LH.b.a.o.	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	189	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	189
11.	LL.b.a.o.	95	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	263	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	263
12.	LA.b.a.o.	n.d.	n.d.	n.d.	106	n.d.	n.d.	96	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	202
14.	KL.v.a.o.	n.d.	111	n.d.	n.d.	n.d.	164	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	275
15.	KA.v.a.o.	n.d.	n.d.	670	28	1248	1192	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3138
17.	LL.v.a.o.	23	n.d.	n.d.	13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13
18.	LA.v.a.o.	n.d.	1416	n.d.	758	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	194	n.d.	n.d.	n.d.	2368

Opmerkingen tabel 17

- Identificatie op basis van retentietijd ECD signaal.
- n.d. = niet detecteerbaar.
- De vermelde getallen moeten als maximale waarden worden geïnterpreteerd.
- Op grond van de lage concentraties werd bevestiging van deze PCB's met behulp van GCMS niet noodzakelijk geacht.
- Voor verklaring van PCB nummers zie toelichting hoofdstuk 10.

Tijdens het verstoken van niet met PCB's verrijkte olie werden, hoewel in zeer lage concentraties, PCDD's en PCDF's in de rookgassen aangetroffen. De instelling van de kachel en de stookwijze lijkt geen invloed te hebben op de concentraties aan PCDD's en PCDF's in de rookgassen. Dit geldt ook voor de afwijkende instellingen, ofschoon de concentraties bij experiment 18 (Lamborghini afwijkend) er enigszins uitspringen. Wanneer er met verrijkte olie wordt gestookt liggen de rookgasconcentraties in het algemeen iets hoger. Hoewel gezien het geringe aantal experimenten hieruit geen relatie kan worden afgeleid mag toch voorzichtig worden gesteld dat de aanwezigheid van PCB's in de olie de vorming van dioxinen en furanen bevordert.

Overigens zijn zoals reeds gezegd de gemeten concentraties laag. Normen voor de emissies van deze componenten zijn nog niet opgesteld. Om toch een indruk te krijgen van wat de gemeten concentraties voorstellen, kunnen deze worden vergeleken met de geschatte rookgasconcentraties van de nederlandse afvalverbrandingsinstallaties [2]. Voor deze installaties wordt het totaal aan PCDD's in de rookgassen geschat op 2800 ng/m³ind (3% O₂) en het totaal aan PCDF's op 2400 ng/m³ind (3% O₂). Deze waarden liggen een factor 40 tot 1000 hoger dan de bij de garagekachels gevonden waarden. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij de afvalverbrandingsinstallaties de rookgassen op aanzienlijk hoger niveau geloosd worden dan bij de garagekachels.

De PCB concentraties zoals vermeld in tabel 17 zijn in de figuren 5a en 5b (blz. 71 en 72) grafisch weergegeven.

Wanneer de resultaten van de experimenten met de niet verrijkte olie worden beschouwd blijkt dat voor de Kroll-kachel bij met name experiment nr. 8 (lage belasting) relatief hoge concentraties PCB's in de rookgassen voorkomen (585 ng/m³ind (3% O₂) brandstof). Het grootste aandeel hiervan wordt geleverd door de chloorbifenylen met 4 chlooratomen. De concentraties PCB's in de rookgassen liggen bij de twee andere experimenten met deze kachel (7 en 9) aanzienlijk lager. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat bij experiment nummer 8 waarbij op lage belasting is gestookt de vlamtemperatuur lager is dan bij de twee andere instellingen. Of hierdoor de vorming van PCB's wordt bevorderd, of dat éénmaal gevormde PCB's minder snel worden afgebroken is op grond van de uitgevoerde proeven niet te zeggen. Wel geven de resultaten van de experimenten 1, 2 en 3 eenzelfde beeld. Bij de laagste vlamtemperatuur wordt de hoogste concentratie aan PCB's in de rookgassen gevonden. Ook bij de Lamborghini-kachel worden

de hoogste emissies verkregen bij laaglast of bij een afwijkende instelling. De experimenten waarbij PCB's aan de brandstof zijn toegevoerd (14, 15, 17 en 18) geven geen uniform beeld voor wat betreft de PCB-concentratie in de rookgassen. Zo bedraagt bij experiment 17 (Lamborghini laag) de concentratie 13 ng/m³ind (3% O₂) en is daarmee van de 4 bovengenoemde experimenten de laagst gemeten concentratie. Voor experiment 15 (Kroll-afwijkend) bedraagt de concentratie 3138 ng/m³ind (3% O₂) en is daarmee de hoogst gemeten concentratie. Verder kan opgemerkt worden dat de PCB-concentraties voor de afwijkende instellingen (exp. 15 en 18) aanzienlijk hoger zijn dan voor de andere instellingen. Aan de brandstof zijn de onderstaande gewichtspercentages PCB toegevoegd.

chlooratomen	gewichtspercentage	nr. PCB
2	0,5	15
3	14	28
4	25	44,49,52,70
5	16	87,101
6	23,5	138,153
7	17,5	180
8	3	?

Zoals blijkt uit tabel 17 worden de PCB's met 6-chlooratomen waarvan 23,5% aan de brandstof is toegevoegd niet teruggevonden in de rookgassen. Ditzelfde geldt voor de PCB's met 7 chlooratomen. Voor de PCB's met 5 chlooratomen worden alleen bij experiment 18 PCB's in de rookgassen aangetroffen. Voor de PCB's met 4-chlooratomen wordt voor experiment 15 de grootste concentratie aan PCB's in de rookgassen teruggevonden, terwijl voor experiment nr. 17 nagenoeg geen PCB's in de rookgassen worden aangetroffen. Tenslotte blijkt dat voor de PCB's met 2 chloor-atomen die slechts 0,5% van het totaal aan toegevoerde PCB's vertegenwoordigen voor experiment 18 een reëel hoge concentratie in de rookgassen aanwezig is.

Samengevat kan worden geconcludeerd dat op grond van de beschikbare gegevens geen relatie kan worden afgeleid tussen de concentratie aan PCB's in de brandstof en de concentratie aan PCB's in de rookgassen.

De geschatte gemiddelde PCB emissie van de nederlandse afvalverbrandingsinstallaties bedraagt 75.000 ng/m³ind (3%O₂). Zoals blijkt uit tabel 17

ligt de hoogste PCB's concentratie in de rookgassen van de garagekachels meer dan een factor 20 lager dan de geschatte rookgasconcentratie voor de nederlandse afvalinstallaties. Voor HCB is de geschatte concentratie 6.000 ng/m³ind (3% O₂). De hoogste gevonden concentratie bij de garagekachels (experiment 11) ligt ongeveer een factor 60 lager.

7.6 Polycyclische-aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

In de rookgassen van 13 experimenten zijn 22 verschillende PAK-verbindingen geanalyseerd. De resultaten zijn vermeld in tabel 18, (blz. 55).

Duidelijk is te constateren dat de experimenten met de afwijkende branderinstelling (nrs. 3, 6, 9, 12 en 18) de hoogste concentraties aan PAK's in de rookgassen te zien geven. Bij de andere instellingen is de concentratie aan PAK's verwaarloosbaar klein. Een uitzondering hierop vormt experiment nr. 7 (Kroll- hooglast) waarbij de concentratie aan PAK's in de rookgassen vergelijkbaar is met de afwijkende instelling. Bij beschouwing van de concentraties aan CO, C_xH_y en roet in rookgassen (tabel 14) blijkt dat deze concentraties relatief hoog zijn en eveneens vergelijkbaar zijn met de concentraties van de afwijkende instelling. Tijdens dit experiment is de kachel duidelijk niet optimaal afgesteld geweest hetgeen direct terug te vinden is in de concentratie PAK. Het gegeven dat bij een installatie waarbij lage C_xH_y en roetconcentraties in de rookgassen voorkomen ook lage PAK-concentraties worden aangetroffen blijkt ook hier bevestigd te worden. Daarnaast geven hoge C_xH_y en roetconcentraties veelal ook hoge PAK-concentraties te zien.

Tabel 18: Concentratie polycyclische-aromatische koolwaterstoffen in rookgassen ng/m³.ind bij 3%O₂

PAK	experimentnummer												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18
Phenanthreen	294	364	72489	421	463	80567	23905	278	4519	67	189	34336	20799
Anthraceen	11	13	1586	10	7	6848	1434	4	13	1	3	893	1387
Fluorantheen	124	222	63428	126	79	68482	20080	85	2762	15	37	30216	21130
Pyreen	106	77	45305	<1	63	76539	44622	26	351	6	37	13391	17828
3,6-Dimethylphenanthreen	1	1	23	2	9	<1	14	2	2	2	5	<1	<1
Triphenyleen	29	77	1722	15	60	6043	414	23	78	2	26	7554	2575
Benzo(b)Fluoreen	3	9	45	4	35	604	3	8	3	2	32	<1	<1
Benzo(a)Anthraceen	4	5	498	3	1	2256	188	1	11	<1	3	858	858
Chryceen	44	75	1722	21	13	4431	637	26	58	5	9	1545	1486
Benzo(e)Pyreen	9	17	2945	200	85	9265	1657	7	128	5	10	3777	3136
Benzo(j)Fluorantheen	9	14	1178	11	8	2377	510	6	8	6	9	961	1023
Peryleen	<1	<1	4	<1	<1	524	35	<1	3	<1	<1	76	66
Benzo(b)Fluorantheen	23	44	3670	7	7	5237	1721	14	151	2	3	1442	1948
Benzo(k)Fluorantheen	3	9	770	1	1	2054	382	1	16	<1	<1	515	660
Benzo(a)Pyreen	<1	<1	498	<1	<1	3626	99	<1	24	<1	<1	549	693
Dibenzo(a,j)Anthraceen	2	2	36	3	10	<1	2	1	2	2	2	<1	<1
Dibenzo(a,l)Pyreen	1	1	23	2	1	<1	2	1	1	1	1	<1	<1
Dibenzo(ghi)Peryleen	3	2	4984	3	3	15308	7968	<1	326	2	3	618	2608
Dibenzo (ah)Anthraceen	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Indeno(1,2,3cd)Pyreen	2	1	2809	2	1	6848	1594	<1	38	<1	1	584	825
3-Methyl Chloanthreen	<1	<1	9	<1	<1	266	1	<1	<1	<1	<1	62	83
Anthanthreen	<1	<1	10	1	<1	604	127	<1	5	<1	<1	27	50
Totaal PAK	666	932	203853	832	846	291879	105395	483	8499	118	370	97404	77155
	KH	KL	KA	LH	LL	LA	KH	KL	KA	LH	LL	LA	LA

<n: concentratie kleiner dan detectiegrens.

8. CONCLUSIES

De onderzoekresultaten geven aanleiding tot de volgende conclusies:

1. Bij de nederlandse garagebedrijven worden hoofdzakelijk kachels voor het verstoken van afgewerkte olie toegepast die zijn uitgerust met een verstuiverbrander.
2. In de bemonsterde onbewerkte- en bewerkte afgewerkte olie bedraagt het (totaal) chloorpercentage gemiddeld 650 mg/kg. Het extraheerbaar organisch halogeengehalte (Cl en Br) in de onbewerkte olie is gemiddeld 620 mg/kg.
3. In zowel de onbewerkte- als bewerkte afgewerkte olie zijn geen PCB's aangetroffen.
4. Bij de normale instellingen produceren de kachels nagenoeg geen koolmonoxide of onverbrande koolwaterstoffen. Bij de afwijkende instelling worden deze componenten wel geëmitteerd.
5. De emissie aan stof en zware metalen is bij de kachel met verstuiverbrander aanzienlijk hoger dan bij de kachel met verdampingsbrander. Bij de verdampingsbrander blijft een groot deel van de asrest en diens tengevolge ook van de zware metalen in de kachel achter. Bij de verstuiverbrander worden deze stoffen geëmitteerd.
6. De metaalemissies van de Lamborghini-kachel (verstuiverbrander) zijn hoger dan de in de richtlijn inzake de verwijdering van afgewerkte olie van de Raad van de Europese Gemeenschappen (22 december 1986) aangegeven emissiegrenswaarden. Voor het metaal lood is de emissie gemiddeld ongeveer een factor 10 hoger. De metaalemissies van de Kroll-kachel (verdampingsbrander) liggen lager dan de in deze richtlijn aangegeven waarden.
7. Ook wanneer gestookt wordt met niet verrijkte afgewerkte olie worden in de rookgassen dioxines, furanen en polychloorbifenylen aangetroffen. De concentratie van deze componenten in de rookgassen is ten opzichte van de concentratie in de rookgassen van de nederlandse afvalverbrandingsinstallaties laag te noemen.

8. De stookwijze en de instelling van de kachel lijken geen invloed te hebben op de vorming van PCDD's en PCDF's.
9. Voor de met PCB's verrijkte olie is voor de kachel met verstuiverbrander een hogere concentratie aan PCDD's, PCDF's en PCB's in de rookgassen gevonden dan voor de niet met PCB's verrijkte olie.
10. De afwijkende branderinstelling geeft zeer hoge PAK-concentraties in de rookgassen te zien.
11. Een juiste afstelling van de brander voorkomt een hoge emissie van CO, C_xH_y en PAK's.

9. LITERATUUR

[1] Arbeidsinspectie.

Overzicht van door de Arbeidsinspectie toegelaten toestellen voor garageverwarming.

[2] VROM

Luchtverontreiniging door afvalverbranding.

Publikatiereeks lucht nr. 38.

[3] EG

Richtlijn inzake de verwijdering van afgewerkte olie van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 22 december 1986.

Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen Nr. L 42/43 (12-02-1987).

[4] Arbeidsinspectie.

Overzicht van door de Arbeidsinspectie toegelaten toestellen voor garageverwarming.

Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

ISSN 0166-8935 AIV 008/8502.

10. LIJST VAN AFKORTINGEN

10.1 Chemische notatie

Aroclor: merknaam van door Monsanto geproduceerde PCB-mengsels.

nr. aroclor	Cl-gehalte
1242	42%
1258	48%
1254	54%
1260	60%

Al	Aluminium
As	Arseen
Ba	Barium
B(a)P	Benzo(a)pyreen
Br	Broom
C	Koolstof
Cd	Cadmium
Cl	Chloor
Co	Cobalt
Cr	Chroom
Cu	Koper
CO	Koolmonoxide
CO ₂	Kooldioxide
C _x H _y	Koolwaterstoffen (concentraties uitgedruk in metaan-equivalenten)
Fe	IJzer
HCB	Hexachloorbenzeen
HCl	Waterstofchloride
Na	Natrium
Ni	Nikkel
NO _x	Stikstofoxiden
Mg	Magnesium
Mn	Mangaan
O ₂	Zuurstof
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

C-PAK Carcinogene PAK's

Pb Lood

PCB Polychloorbifenylen.

nr. PCB	plaats Cl-atomen	chloorbifenylen	aantal Cl-atomen
15	4, 4'	di	2
28	2, 4, 4'	tri	3
44	2, 2', 3, 5'	tetra	4
49	2, 2', 4, 5'	tetra	4
52	2, 2', 5, 5'	tetra	4
70	2, 3', 4', 5'	tetra	4
87	2, 2', 3, 4, 5'	penta	5
101	2, 2', 4, 5, 5'	penta	5
138	2, 2', 3, 4, 4', 5'	hexa	6
153	2, 2', 4, 4', 5, 5'	hexa	6
180	2, 2', 3, 4, 4', 5, 5'	hepta	7

PCDD Polychloordibenzo-para-dioxinen

T₄CDD Tetrachloordibenzo-para-dioxinenP₅CDD Pentachloordibenzo-para-dioxinenH₆CDD Hexachloordibenzo-para-dioxinenH₇CDD Heptachloordibenzo-para-dioxinenO₈CDD Octachloordibenzo-para-dioxinen

PDCF Polychloordibenzofuranen

T₄CDF TetrachloordibenzofuranenP₅CDF PentachloordibenzofuranenH₆CDF HexachloordibenzofuranenH₇CDF HeptachloordibenzofuranenO₈CDF Octachloordibenzofuranen

S Zwavel

Sb Antimoon

Se Seleen

V Vanadium

W Wolfraam

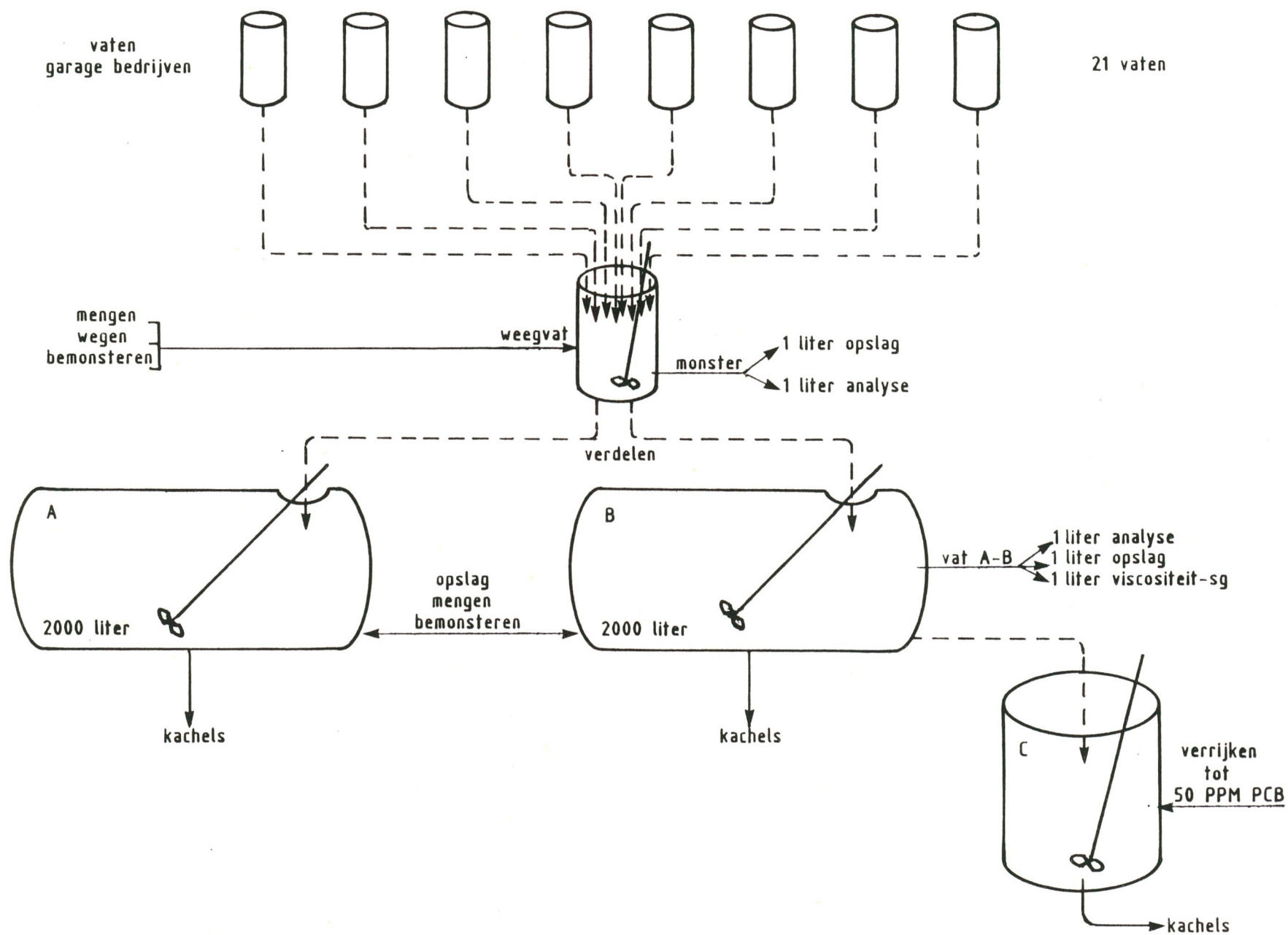
Zn Zink

10.2 Eenheden

c-st	: centistokes
kcal/h	: kilocalorieën per uur
m ³ /ind	: m ³ in normaaltoestand (0°C, 101,3 kPa) droog
ppm	: parts per million (= mg/kg)
mg	: 10 ⁻³ g
µg	: 10 ⁻⁶ g
ng	: 10 ⁻⁹ g

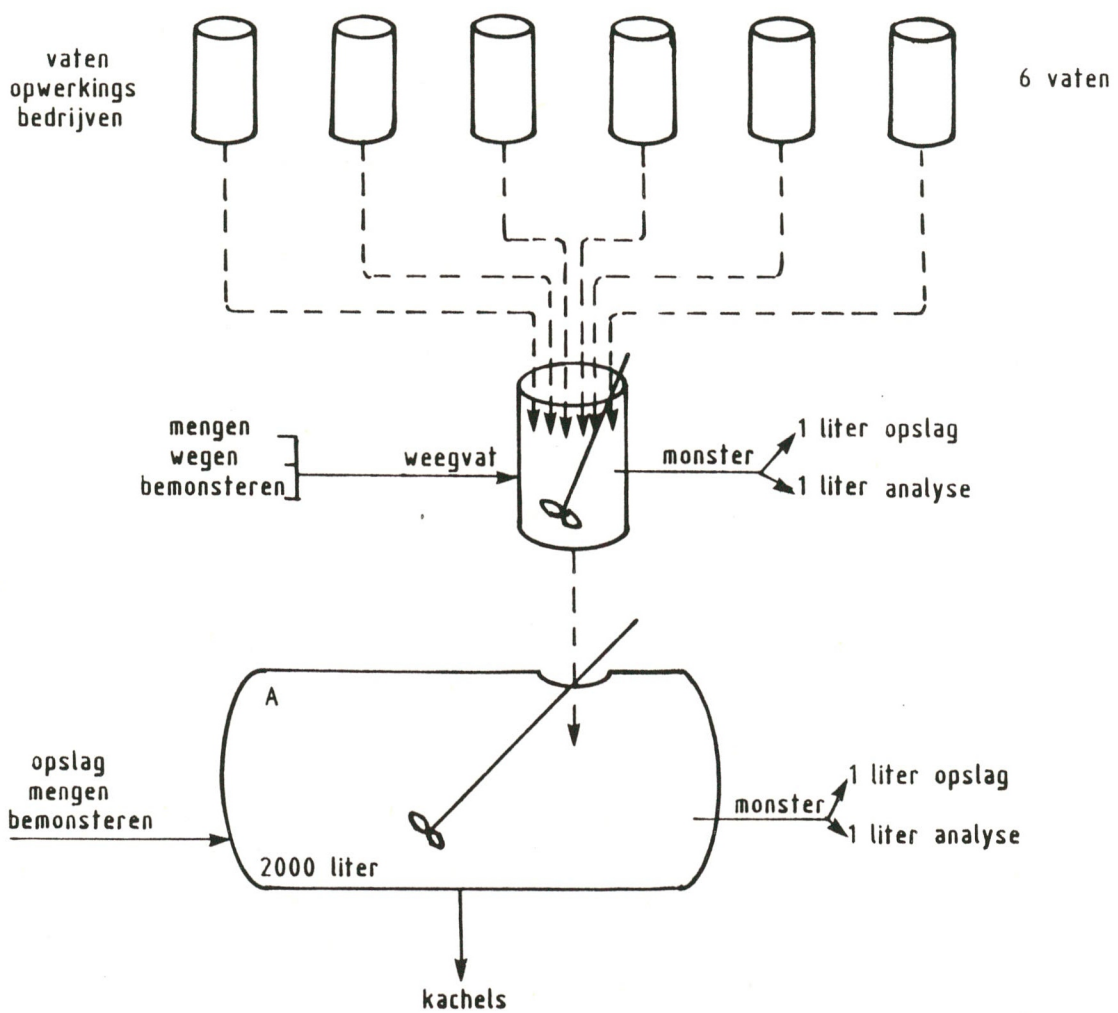
10.3 Algemeen

o.a.o.	onbewerkte afgewerkte olie
b.a.o.	bewerkte afgewerkte olie
v.a.o.	verrijkte afgewerkte olie
BACH	bacharach roetgetal
GC-MSD	gaschromatografie-massaspectrometrie detectie
ECD	Electron-capture-detectie
GCMS	gaschromatografie-massaspectrometrie



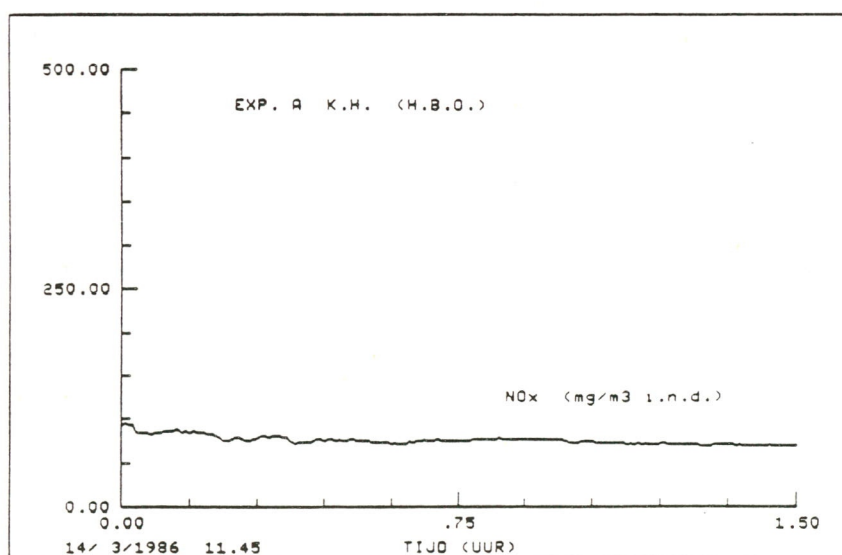
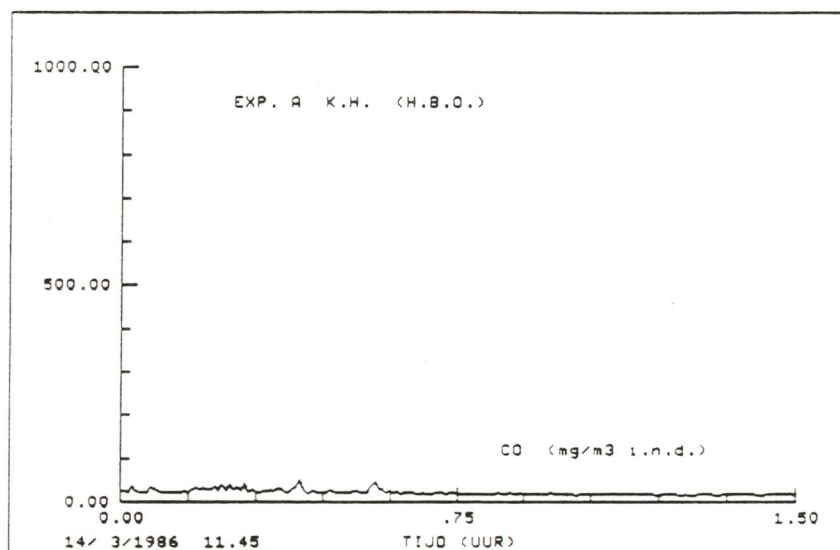
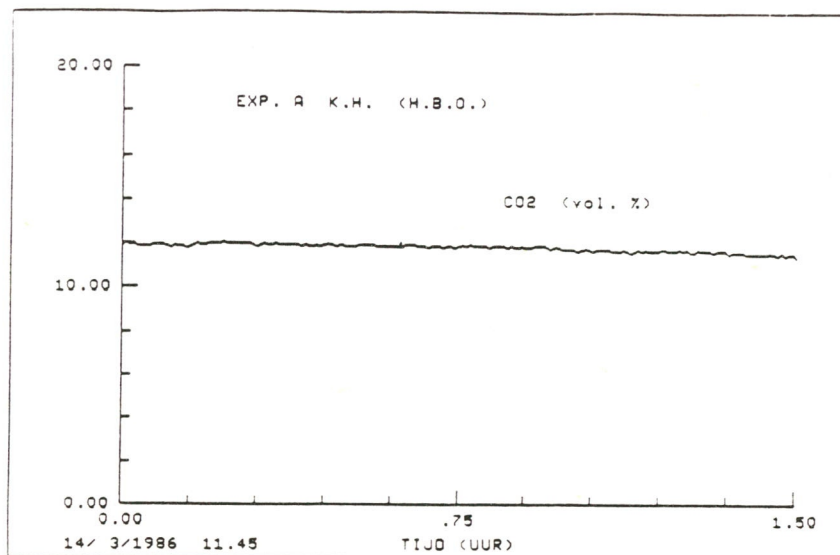
Schema verzamelen en bemonsteren onbewerkte en
verrijkte olie

MT-TNO
15341
Fig. 1



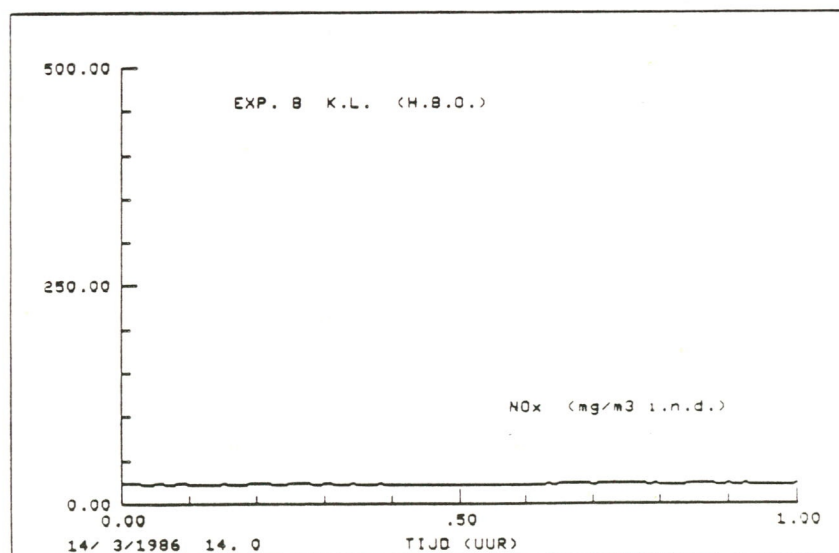
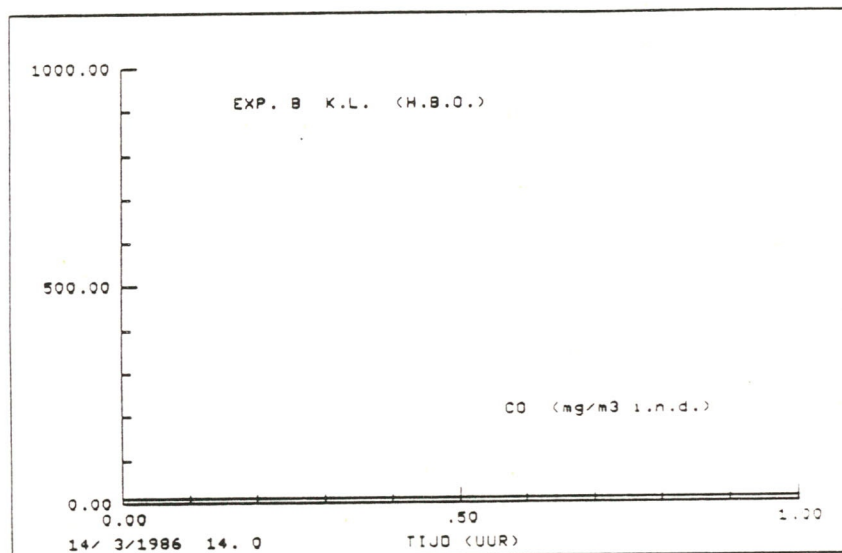
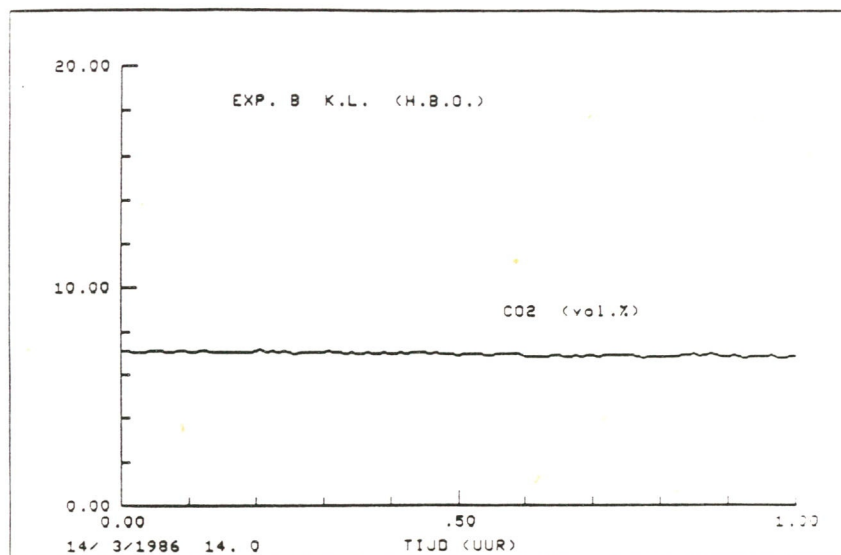
Schema verzamelen en bemonsteren bewerkte afgewerkte olie

MT-TNO
15341
Fig.2



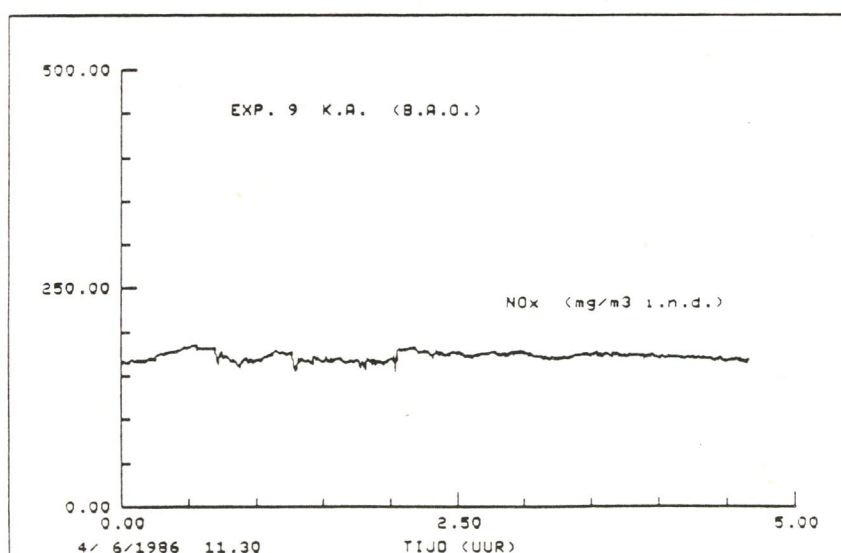
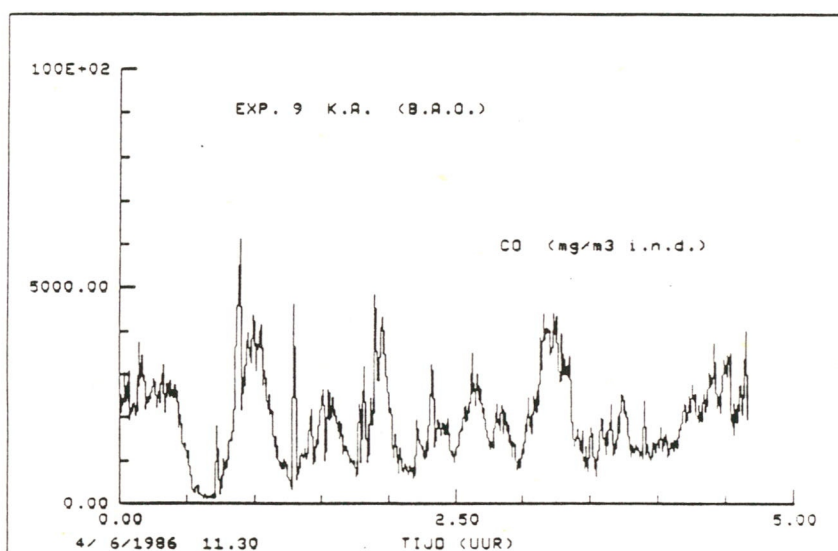
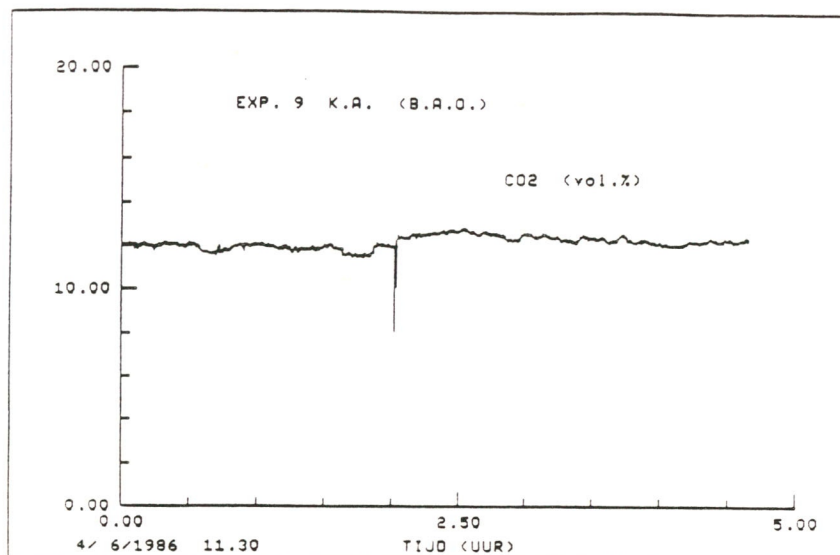
Gehalte CO, CO₂ en NO_x in rookgassen
krol - hoog (h.b.o.)

MT-TNO
15314
Fig.3a



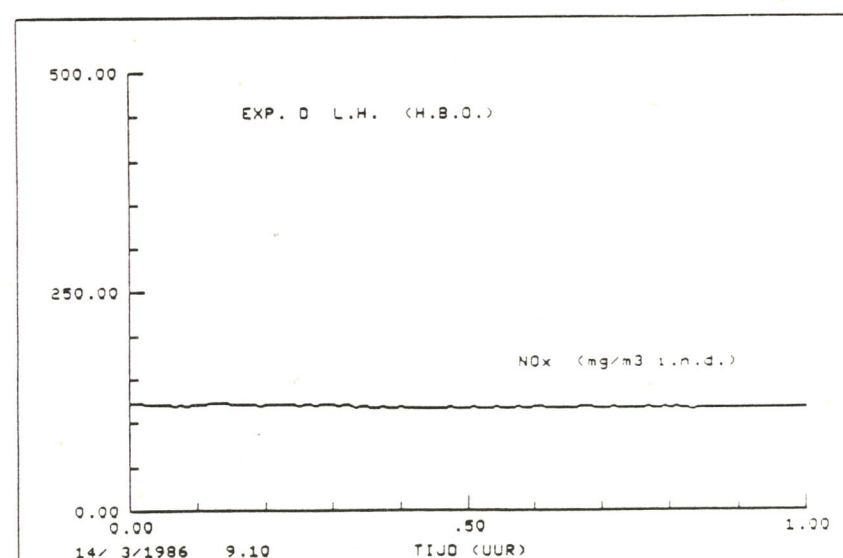
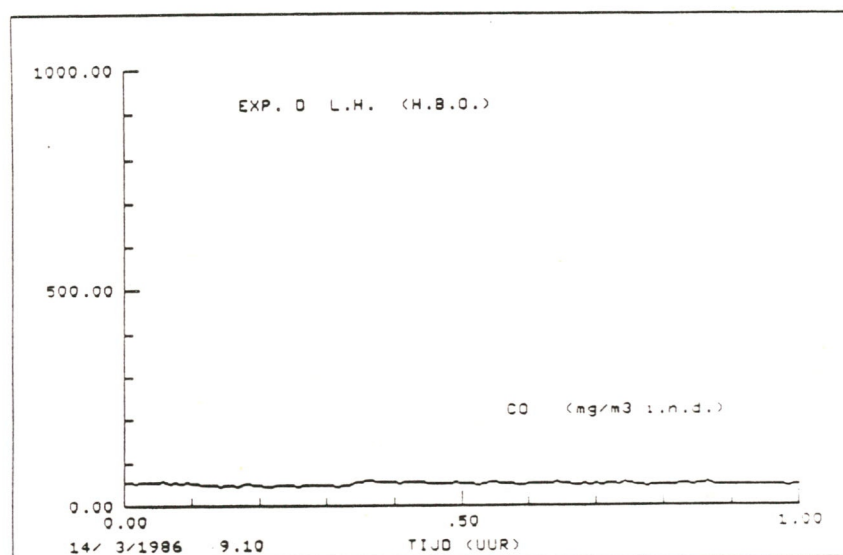
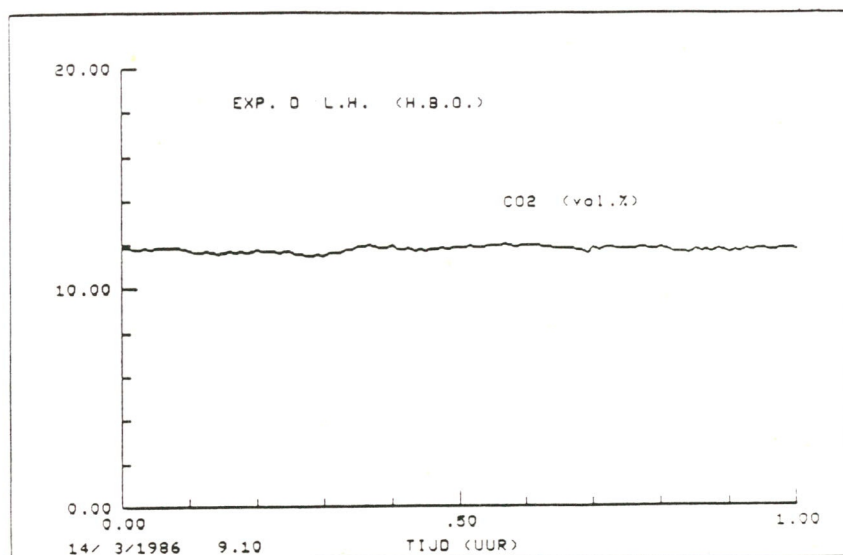
Gehalte CO, CO₂ en NO_x in rookgassen
krol - laag (h.b.o.)

MT-TNO
15314
Fig.3b



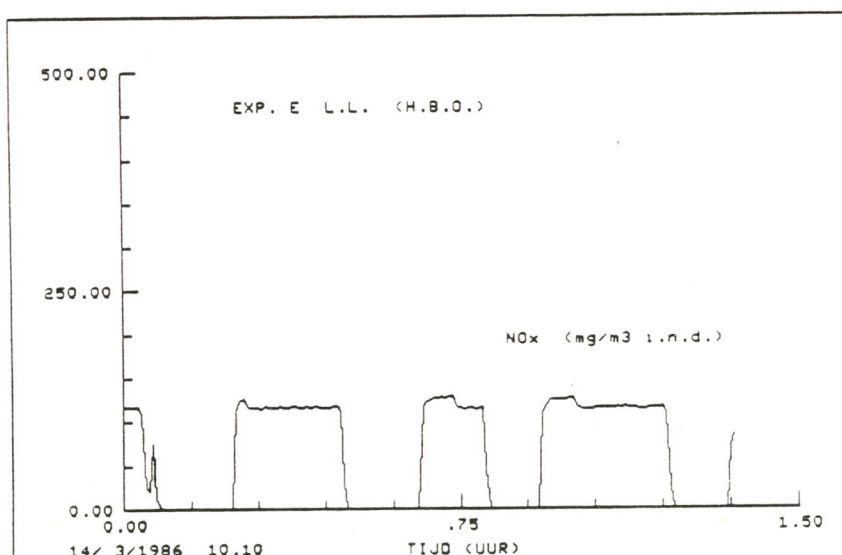
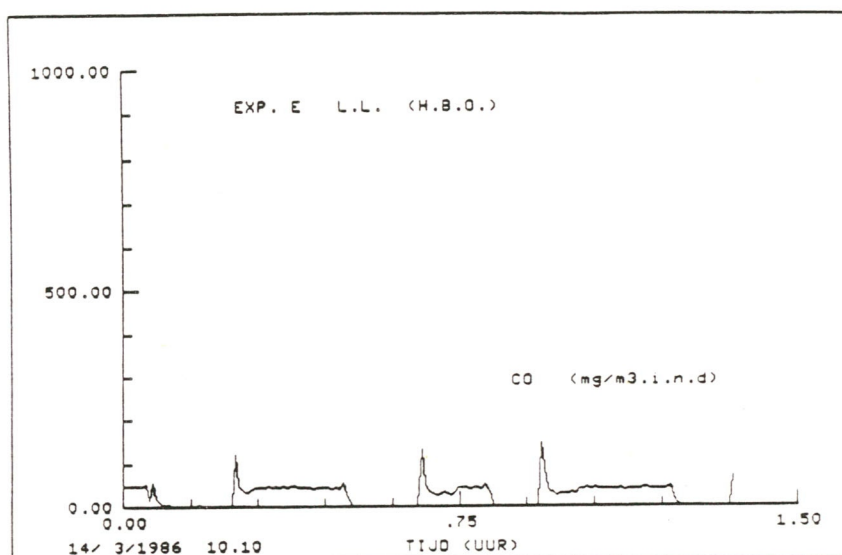
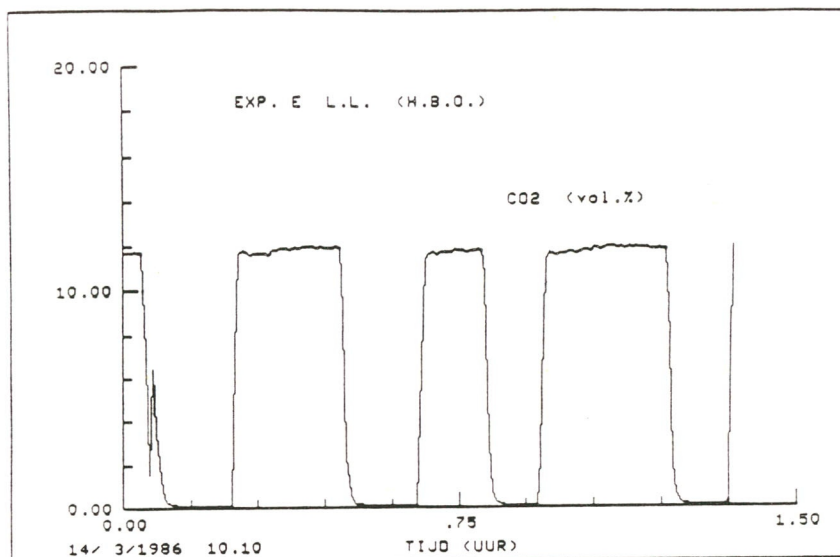
Gehalte CO, CO₂ en NO_x in rookgassen
krol-afwijkend (b.a.o.)

MT-TNO
15314
Fig.3c



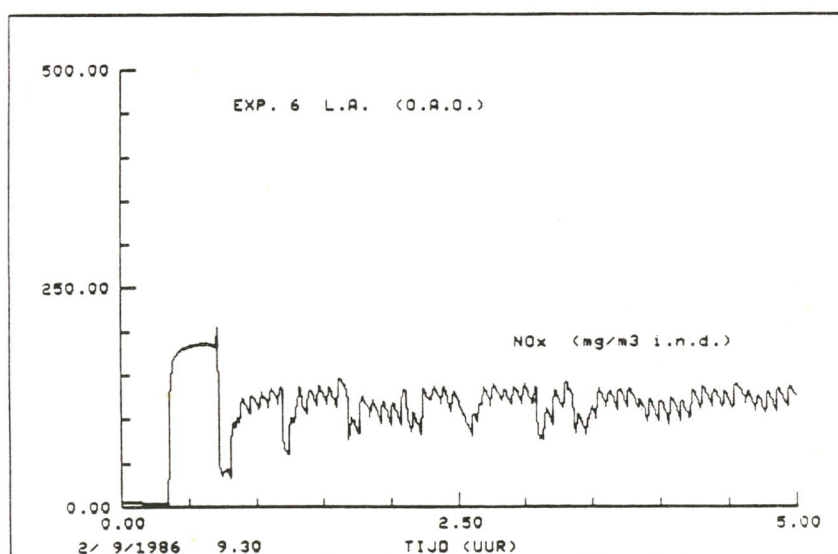
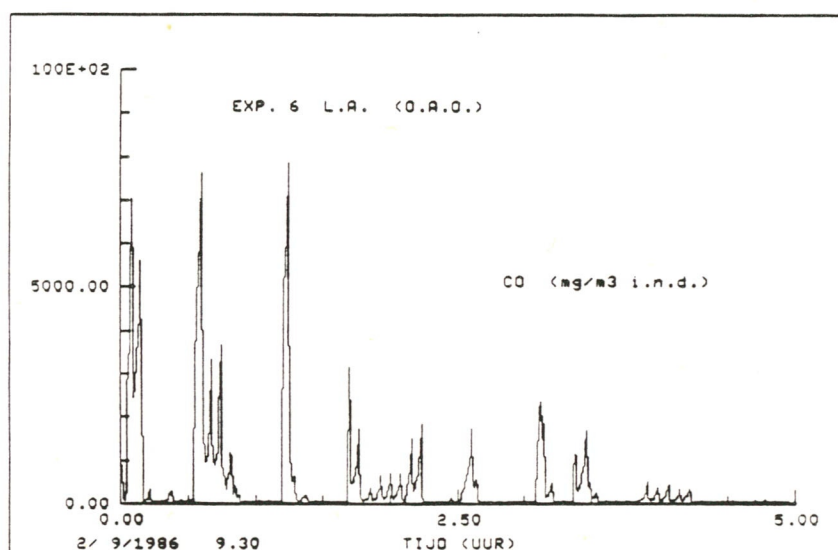
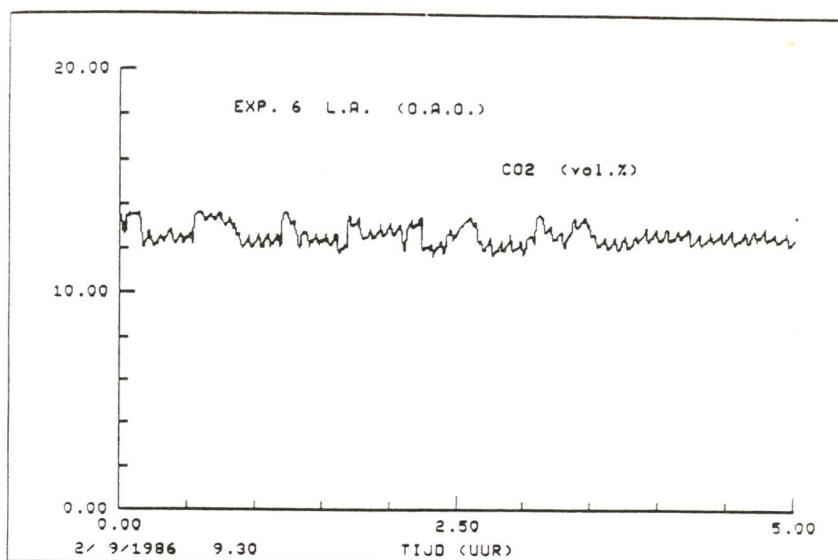
Gehalte CO, CO₂ en NO_x in rookgassen
Lamborghini-hoog (h.b.o.)

MT-TNO
15314
Fig. 3d



Gehalte CO, CO₂ en NO_x in rookgassen
Lamborghini-laag (h.b.o.)

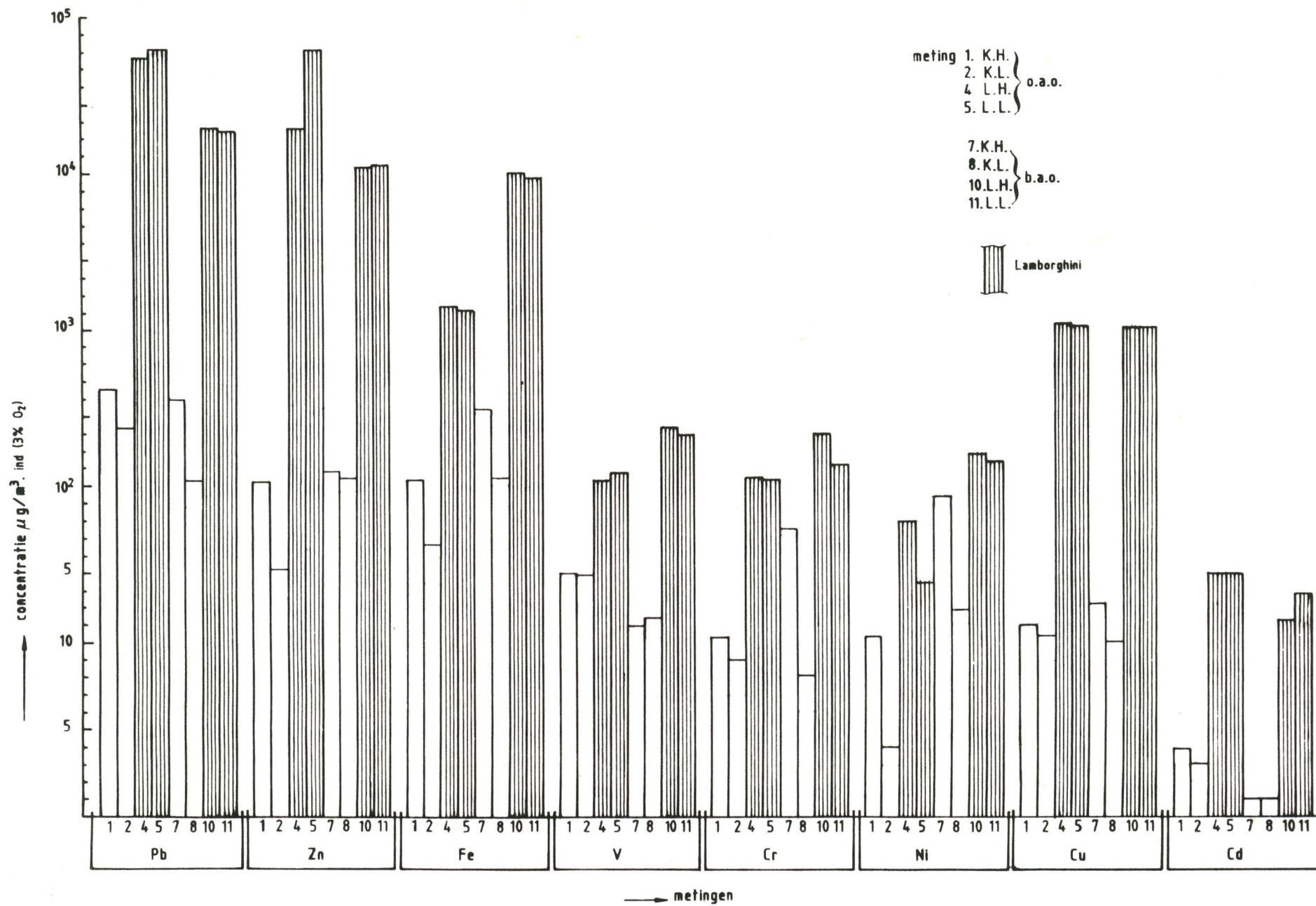
MT-TNO
15314
Fig.3e



Gehalte CO, CO₂ en NO_x in rookgassen
Lamborghini - afwijkend (o.a.o.)

MT-TNO
15314
Fig.3f

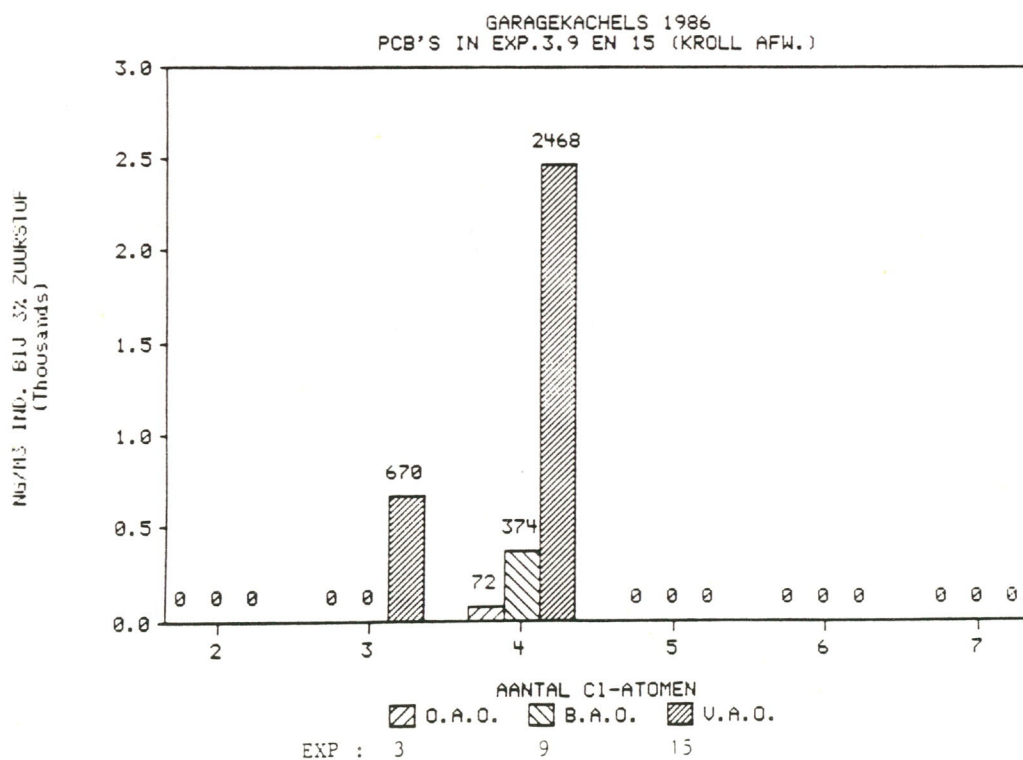
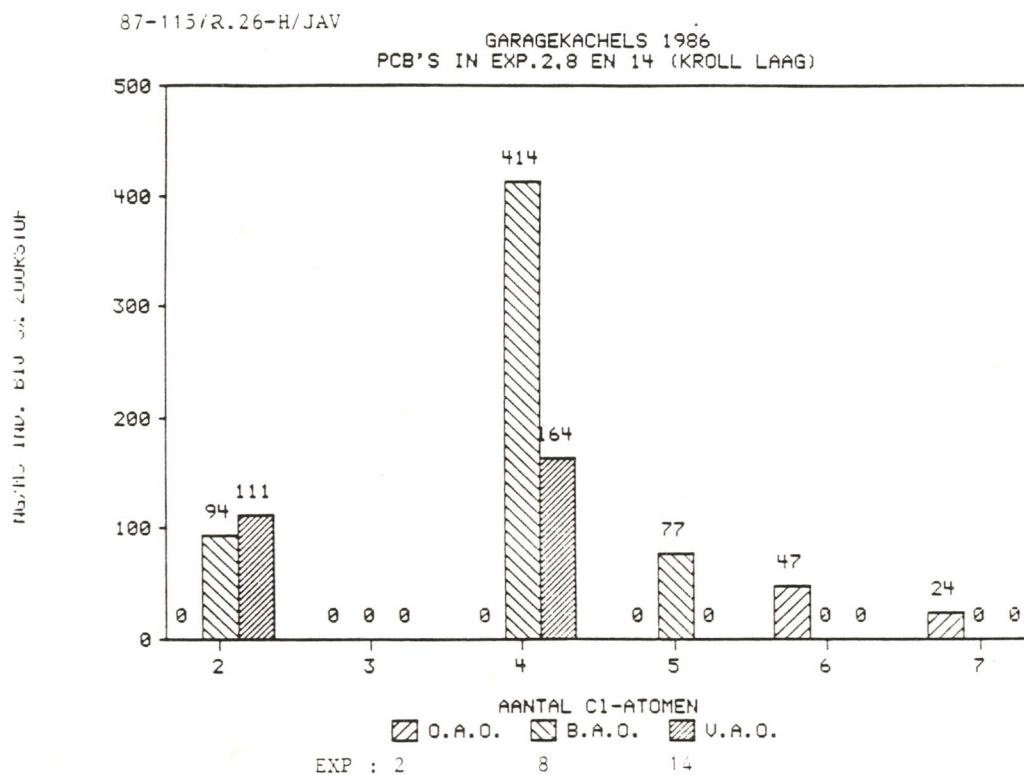
Zware metalen in rookgassen



MT-TNO

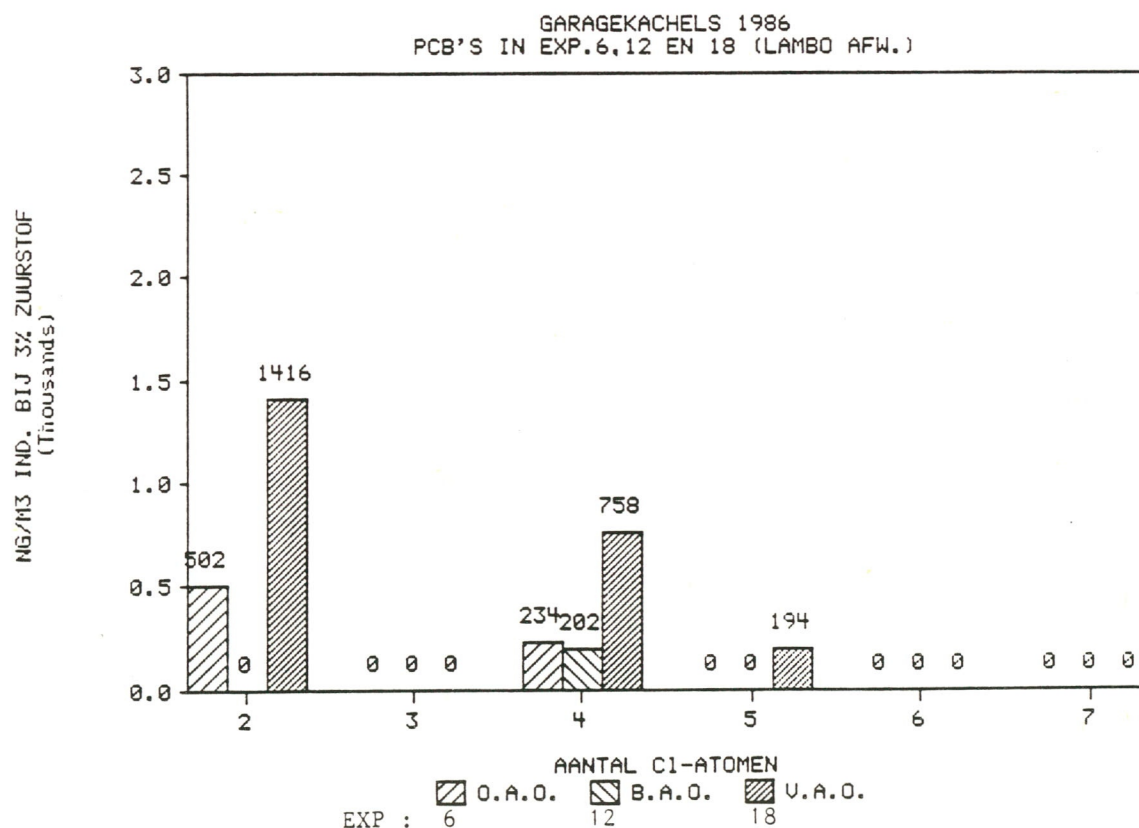
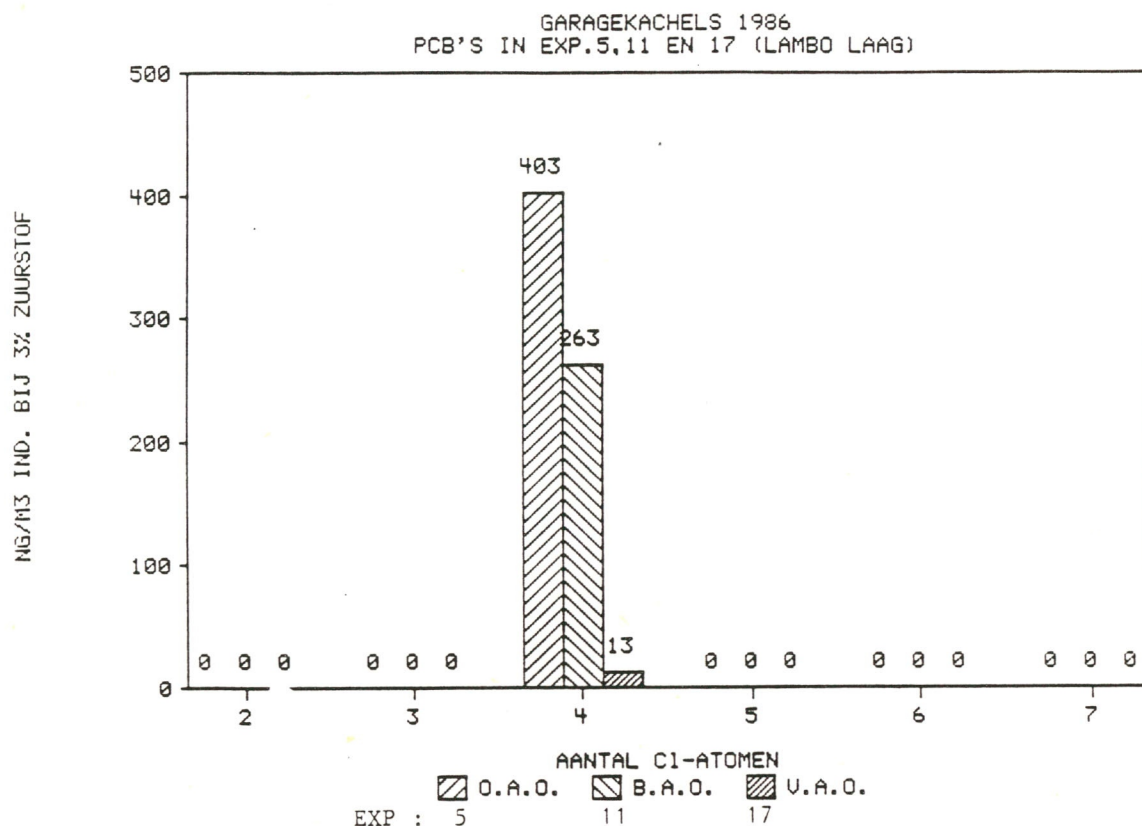
15314

Fig. 4



PCB-gehaltes in rookgassen garagekachels

MT-TNO
15314
Fig. 5a



PCB-gehaltenes in rookgassen garagekachels

MT-TNO
15314
Fig.5b

BIJLAGE I

LEDEN VAN DE BEGELEIDINGSCOMMISSIE:

VRM Mevrouw Ing. M. Offerman-Ruigt, voorzitter

 Ir. G.H.O. Hazewinkel

 Dhr. J.H. Lith

 Dhr. C. van Ommen

 Ir. G. Roukens

RIVM Drs. A.A. Sein

Laura en Vereniging: Drs. M. van Vliet

Het secretariaat werd gevoerd door: Mevrouw C. Klunder, TNO Apeldoorn.

BIJLAGE II

BESCHRIJVING GEBRUIKTE KACHELS

1. Kroll K.T. 800

Deze kachel is speciaal ontwikkeld voor het stoken van alle soorten afgewerkte olie. De kachel kan zowel op hoge als lage belasting gestookt worden.

Enkele technische gegevens:

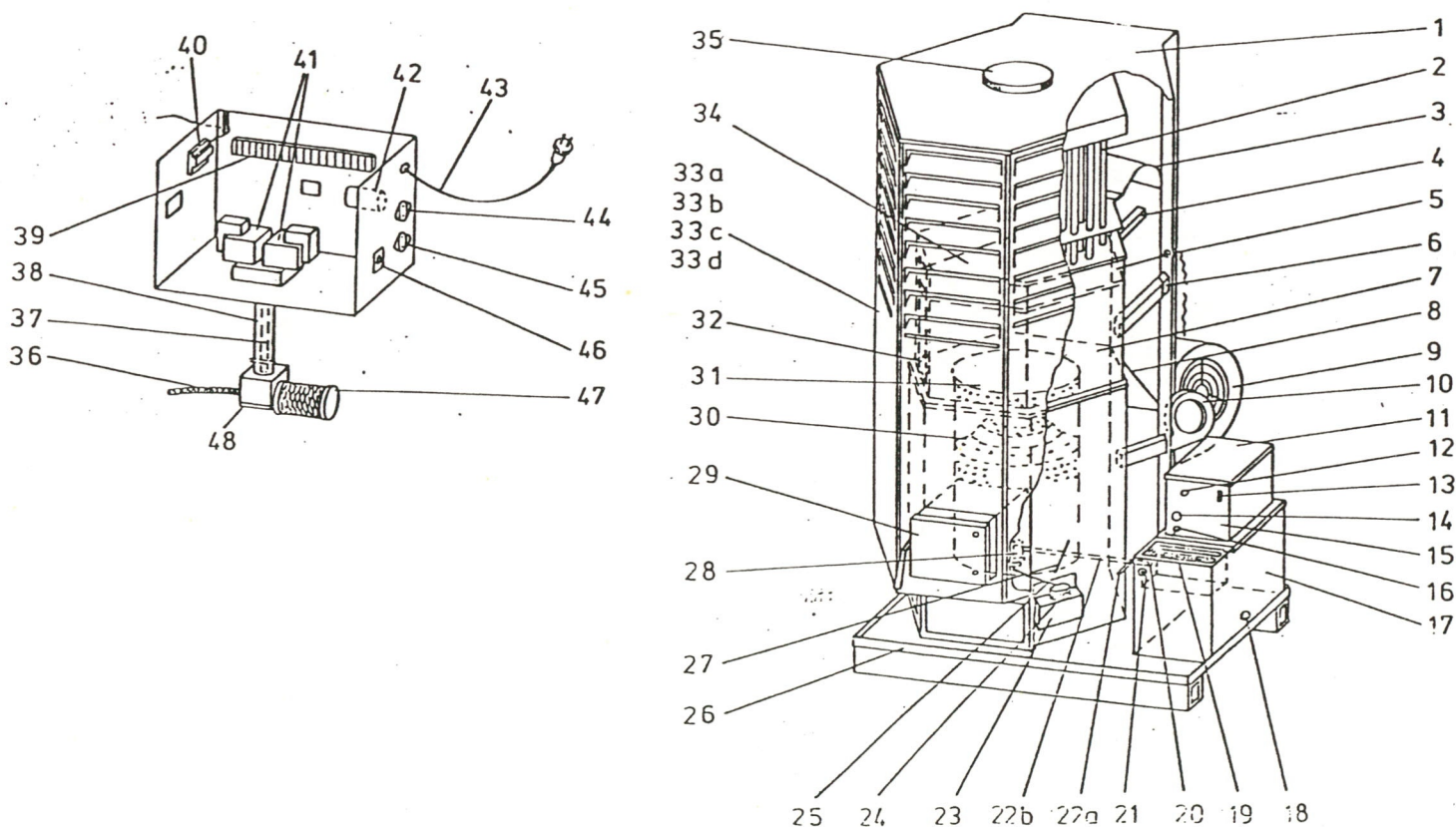
Belasting - min. 20.000 → max. 50.000 Kcal/h.

Ruimteverwarming - 500 → 1000 m³

Olieverbruik - 3,8 → 5,6 ltr/h.

Ventilator capaciteit - 2500 m³/h.

In figuur I is een overzichtstekening weergegeven van de complete kachel met bijbehorende appendages.



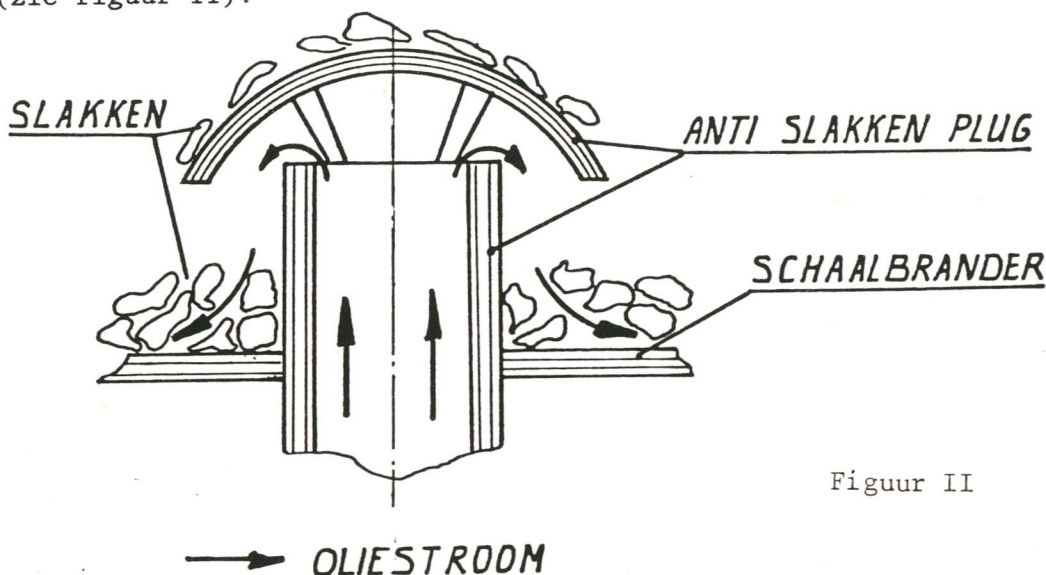
Overzichtstekening (fig. I).

1. deksel
2. warmtewisselaar
3. bovenste luchtgeleider
4. steunbeugel
5. thermokoppel van de temperatuur begrenzer
6. veiligheidsklep
7. verbrandingskamer
8. onderste luchtgeleider
9. ventilator voor warme lucht
10. ventilator voor verbrandingslucht
11. deksel van de schakelkast
12. knop temperatuurbegrenzer aan/uit
13. knop kachel aan/uit
14. lampje oliepomp "aan"
15. schakelkast
16. schakelaar hoog/laag
17. dagtank
18. waterafvoerventiel
19. oliefilter
20. olietoevoerleiding
21. kijkglas oliepijl
- 22a. olie-reiningsleiding
- 22b. olietoevoerleiding
23. opvangbakje van de overstort
24. overstort schakelaar
25. overstort leiding
26. olie-opvang rand
27. thermokoppel van de inschakel automaat
28. anti-slakken-plug
29. schoonmaakdeurtje
30. geleidingsring
31. primaire verbrandingskamer
32. service-opening
33. mantel met jalouziën
34. beschermplaat van de warmtewisselaar
35. schoorsteen-aansluiting
36. flexibele leiding
37. aandrijfas-pomp
38. pomp-steun
39. electr. aansluitingen
40. schakelaar van de temperatuur-begrenzer
41. pomp-motoren
42. condensator
43. net-kachel
44. aansluiting voor de overstort schakelaar
45. aansluiting voor de warme lucht ventilator
46. aansluiting voor verbrandingslucht ventilator
47. oliefilter
48. oliepomp

Op enkele belangrijke details wordt wat nader ingegaan.

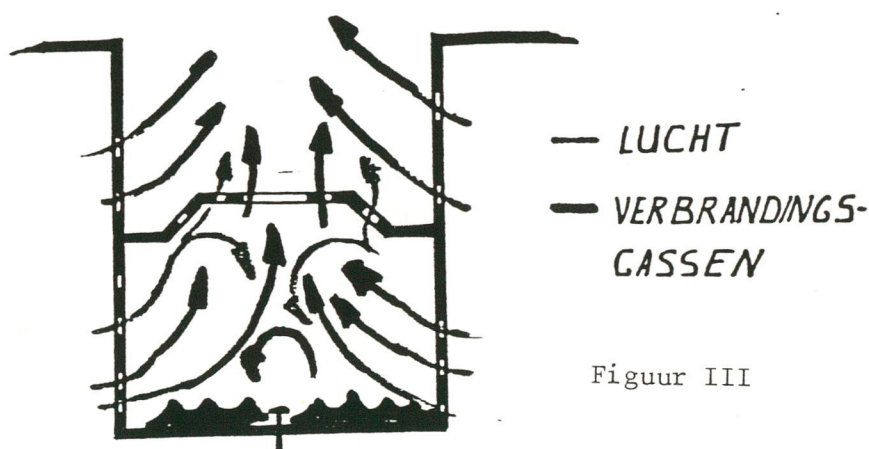
Verbrandingskamer.

De verbranding vindt plaats in de primaire verbrandingskamer. Onderin bevindt zich een vlakke schaal waarop de te verbranden olie wordt gedoseerd. Dit gebeurt via een plug, die zo geconstrueerd is dat aanwezige slakken de olietoevoer niet kunnen belemmeren (zogenaamde anti-slakken-plug). (zie figuur II).



Figuur II

De verbrandingslucht wordt via geperforeerde platen de verbrandingskamer ingeblazen. (zie figuur III).



Figuur III

Een geleidering zorgt ervoor dat de lucht en de verdampte olie optimaal worden gemengd waardoor de verbranding nagenoeg rookloos verloopt.

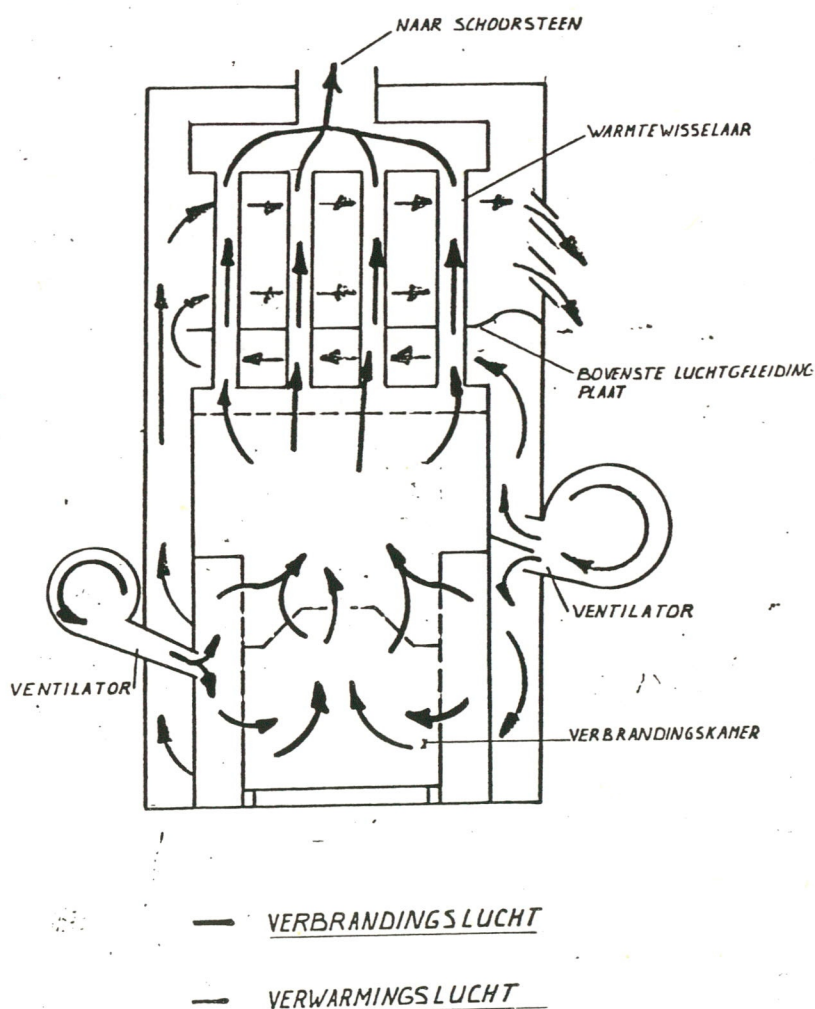
De belasting van de kachel wordt geregeld door regeling van de hoeveelheid olie naar de brander.

De warmtewisselaar bestaat uit een aantal verticale pijpen. De hete verbrandingsgassen stromen door de pijpen en staan de warmte af aan de lucht die om de pijpen heen stroomt.

De verwarmingslucht wordt door een geleide plaat gesplitst. Een deel zorgt voor koeling van de bufferruimte terwijl het andere deel langs de verbrandingskamer naar de warmtewisselaar wordt gevoerd.

Via jalouziën wordt de warme lucht de te verwarmen ruimte ingeblazen. (zie figuur IV).

SCHEMA LUCHTSTROMING



Figuur IV

2. Lamborghini L.G. 163

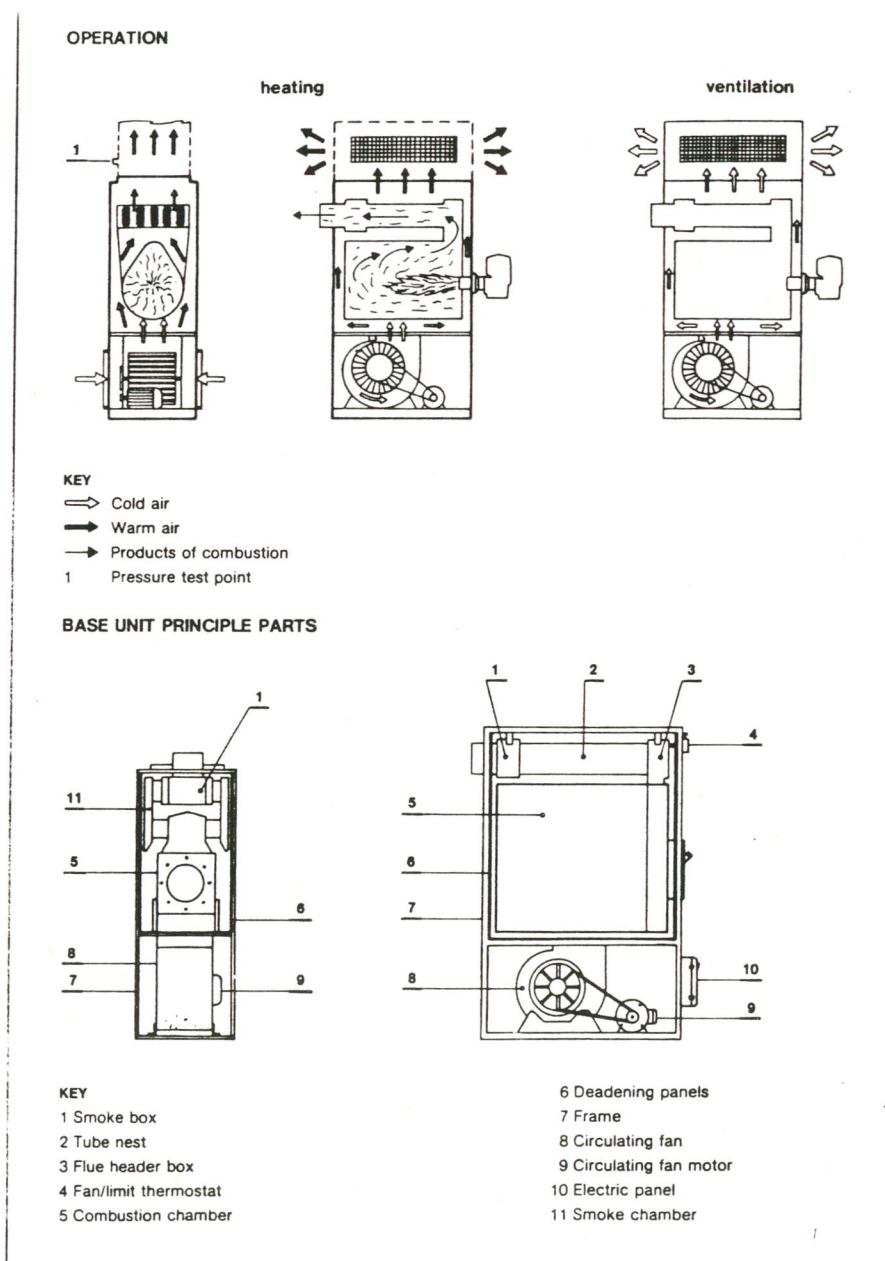
De Lamborghini kachel is voorzien van een verstuiverbrander. De kachel kan maar op één belasting gestookt worden.

Voor de metingen "lage belasting" werd daarom uitgegaan van het principe wat in de praktijk veelvuldig voorkomt namelijk het periodiek aan- en uitschakelen van de brander.

Enkele technische gegevens van de kachel:

Belasting	- 163000 KCal/h.
Luchtverplaatsing	- 12000 m ³ /h.
Olieverbruik	- 16 ltr/h.
Brander	- PN 20 verstuiver.

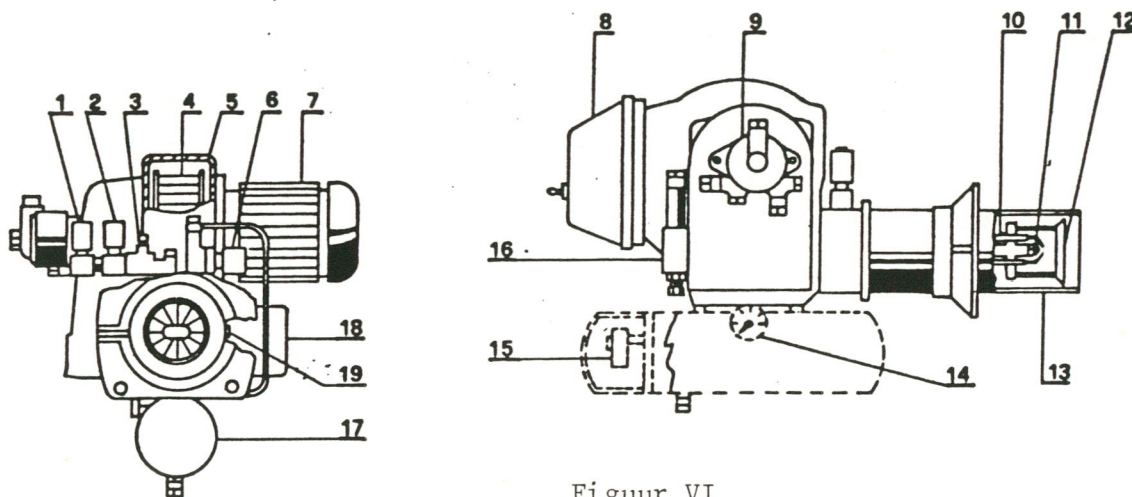
In figuur V is een schema weergegeven van de werking van de kachel.



Figuur VI geeft een beeld van het toegepaste brandertype.

Brander type PN

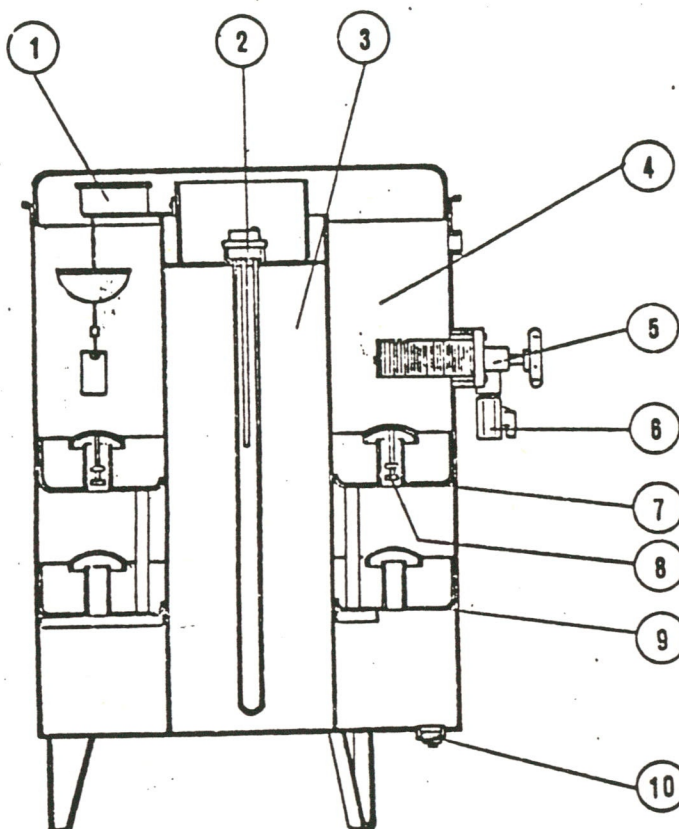
- No. 1 Electroklep 1e trap
- No. 2 Veiligheidsklep
- No. 3 Snelheidsregelventiel
- No. 4 Ventilator
- No. 5 Branderhuis
- No. 6 Electroklep 2e trap
- No. 7 Motor
- No. 8 Regelkast (electro)
- No. 9 Pomp
- No. 10 Electrodes
- No. 11 Sproeier
- No. 12 Wervelrooster
- No. 13 Vlamhuis
- No. 14 Temperatuurmeter olietankje
- No. 15 Thermostaten
- No. 16 Luchtklepregeling
- No. 17 Olievoorverwarmingstankje
- No. 18 Transformator (Ontsteking)
- No. 19 Brander ophanging



Figuur VI

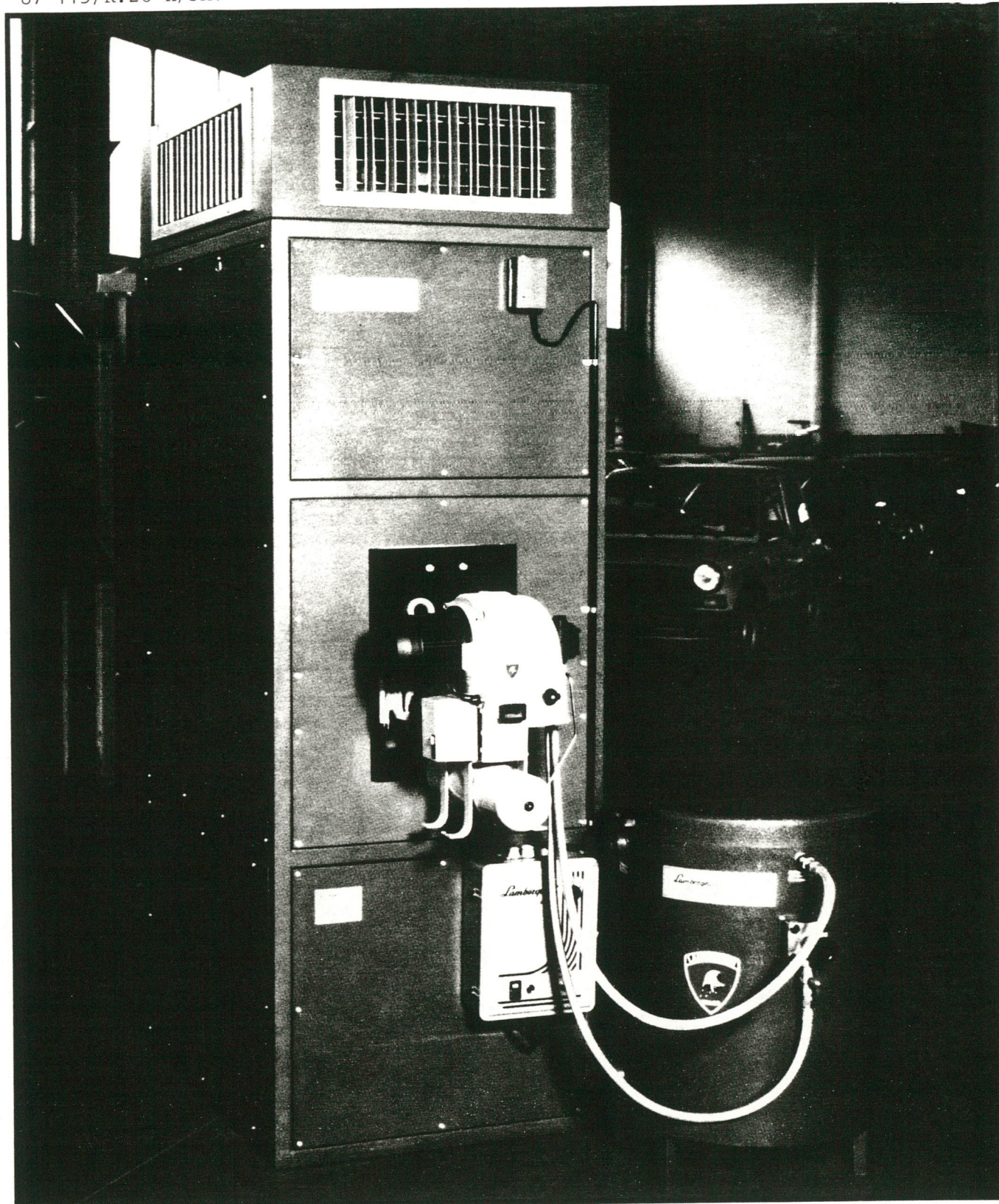
In de Olrec decanteur dagtank wordt de afgewerkte olie gefiltreerd en voorgewarmd tot $\pm 40^{\circ}\text{C}$ afhankelijk van de te verstoffen brandstof. Een niveauschakelaar zorgt voor continue aanvoer van de brandstof. (zie figuur VII).

COMPONENTI PRINCIPALI



- 1) Electriscche niveau schakelaar (pomp stop start)
- 2) Thermostatisch verwarmingselement
- 3) Voorverwarmings huis te vullen met thermische olie
- 4) Decantatie ruimte afgewerkte olie (30 tot 40°C)
- 5) Zelfreinigend draaifilter
- 6) Bolafsluiter rvs
- 7) Separator (2e trap)
- 8) Permanent magneet
- 9) Separator (1e trap)
- 10) Vuil/wateraftap

Figuur VII



GRUPPI TERMICI
AD ARIA CALDA

ad olio di recupero
per tutte le applicazioni

OLREC

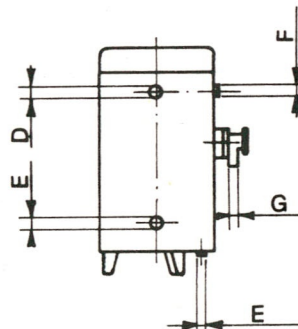
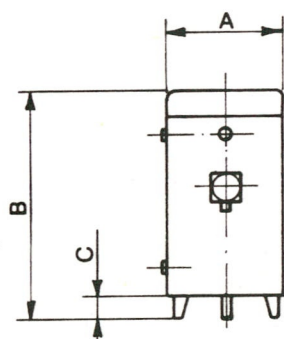
Lamborghini
CALOR s.p.a.



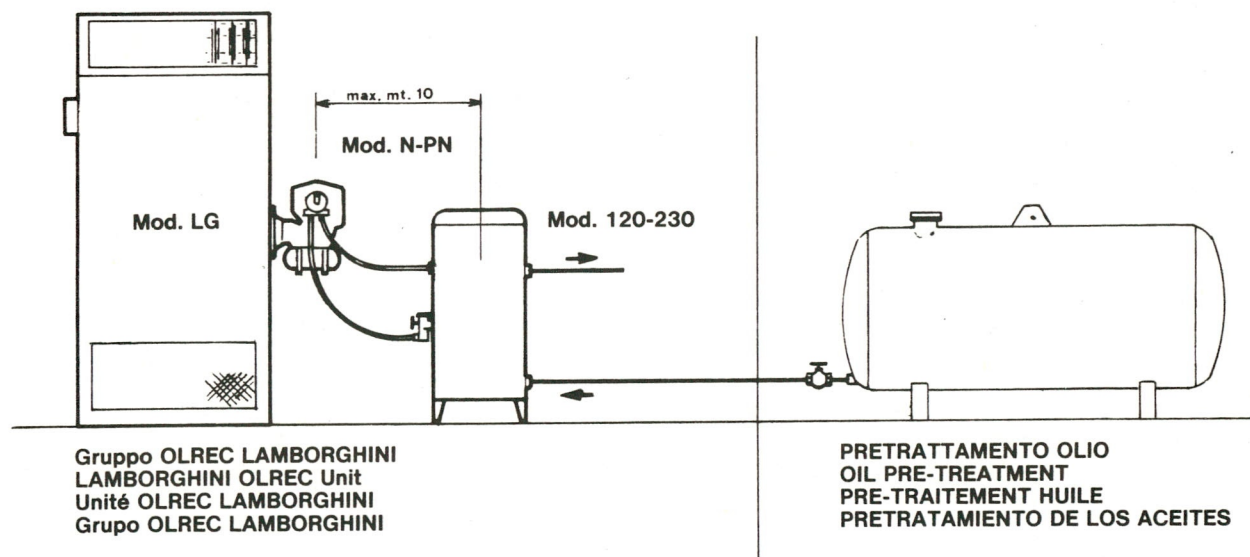
Gruppo Termico		Generatore Heater Générateur Generador LG-LGC MOD.	Bruciatore Burner Brûleur Quegador MOD.	Kit antisvuot. Pressur. assembly Kit anti-vidange Kit antidescebe MOD.	Serbatoio prerisc. decan. Preheat.-decan.tank Réservoir prechauf.-décan. Deposito decantador MOD.
MOD.	Potenza resa - Output Puissance - Potencia kcal/h				
OLREC 50	50.000	76	N7 BC	8.02507.	120
OLREC 76	76.000	76	N14 BC	8.02507.	120
OLREC 100	100.000	100	N14 BC	8.02507.	120
OLREC 125	125.000	125	N14 BC	8.02507.	120
OLREC 163	165.000	163	PN 20	8.02508.	120
OLREC 205	205.000	205	PN 30	8.02508.	230
OLREC 255	255.000	255	PN 30	8.02508.	230
OLREC 325	325.000	325	N50/2	8.02508.	230
OLREC 400	400.000	400	N50/2	8.02508.	230
OLREC 500	500.000	500	N75/2	8.02509.	230
OLREC 600	600.000	600	N75/2	8.02509.	230
OLREC 750	750.000	750	PN 100	8.02509.	230

CARATTERISTICHE TECNICHE E DIMENSIONI SERBATOIO DECAANTATORE-PRERISCALDATORE
PREHEATING-DECAANTATION TANK TECHNICAL FEATURES AND DIMENSIONS
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET DIMENSIONS DU RESERVOIR DE PRECHAUFFAGE-DECAANTATION
CARACTERISTICAS TECNICAS Y DIMENSIONES DEPOSITO DECAANTADOR-PRECALENTADOR

MOD.	Capacità Capacity Capacité Capacidad lt.	Resistenza Resistance Résistance Resistencia W	A mm	B mm	C mm	D Ø	E Ø	F Ø	G Ø
120	120	2000	550	815	125	1 1/4"	1"	1/2"	1/2"
230	230	3500	590	1190	125	1 1/2"	1"	1/2"	1"



Esempio installazione - Installation exemple - Exemple d'installation - Ejemplo de instalación



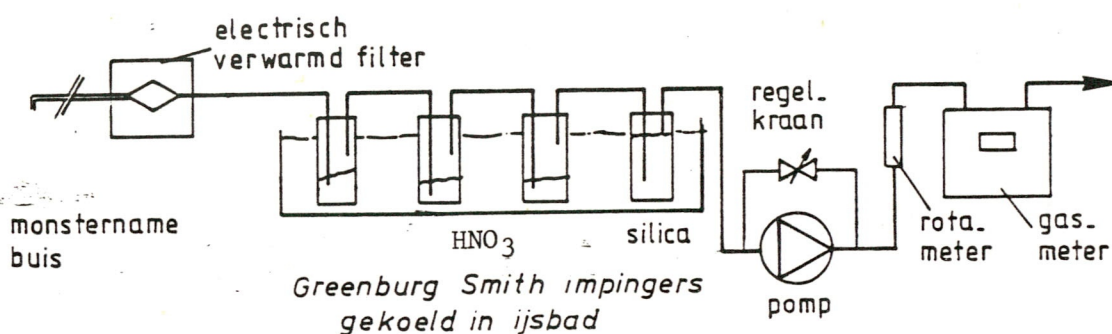
N.B. Si raccomanda l'osservanza delle eventuali Norme che disciplinano l'uso dell'olio di recupero.
N.B. We recommend to follow possible existing Law dispositions for waste oil use.
N.B. On recommande de se tenir aux dispositions de Loi existantes pour l'usage de l'huile de vidange.
N.B. Se recomienda el respeto de las normas eventuales que regulan el uso de los aceites de recuperation.

BIJLAGE III: MONSTERNAME- EN ANALYSEMETHODEN

Zware metalen

Gebruikte onderdelen en componenten:

- 4 Greenburg-Smithimpingers;
- elektrisch verwarmd kwartsvezel vlakfilter;
- gasmeter;
- rookgaspomp en regelapparatuur samengebouwd in één set.



Monsternametrein voor zware metalen in rookgassen

Monsternametrein voor zware metalen in rookgassen.

De monstername van zware metalen in de rookgassen vond met kwartsvezelfilters en met Greenburg-Smithimpingers plaats. Hierboven is daarvan een schema weergegeven. De monsternametrein is zo geconstrueerd, dat de rookgassen alleen met teflononderdelen in contact komen. Vòòr de monstername plaats vond werden alle onderdelen zorgvuldig schoongemaakt en gespoeld met HNO₃.

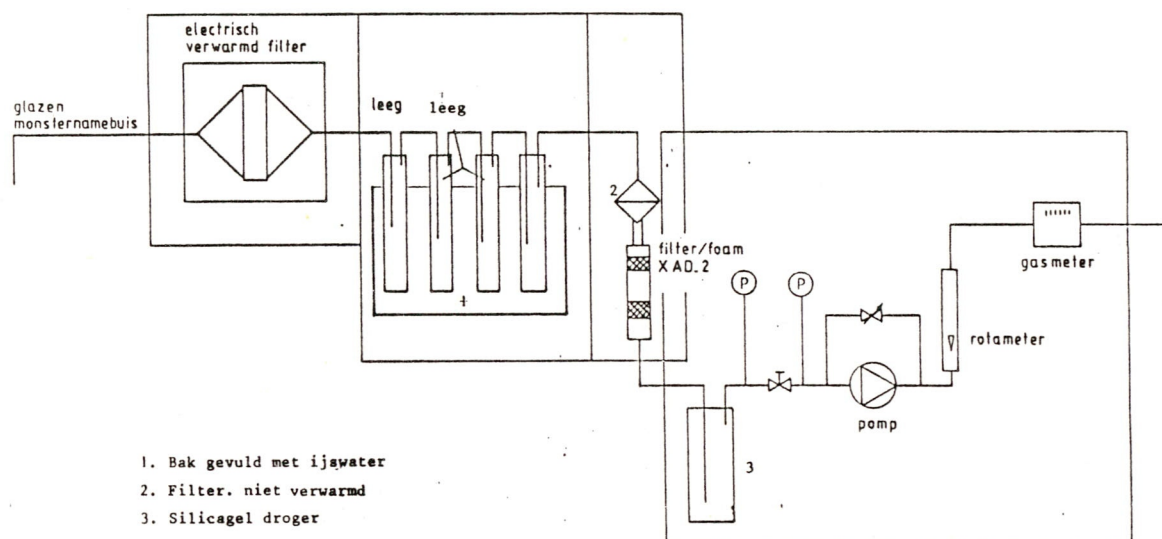
De afgezogen rookgassen werden ontstoft in een elektrisch verwarmd filterhuis en via een teflon slang door de vier in serie geplaatste impingers geleid. De rookgassen werden in de impingervloeistoffen uitgewassen. Als impingervloeistof werd HNO₃ toegepast. De 4e impinger was met silicagel gevuld om de rookgassen verder te drogen. Na monstername werden de filters in doosjes en de impingervloeistoffen in polyethyleen flesjes gedaan en alle monstername-onderdelen zorgvuldig nagespoeld.

Op het laboratorium werden de stofmonsters ontsloten met zuur. De verkregen vloeistofmonsters werden vervolgens geanalyseerd op metalen met behulp van atomaire absorptie spectrometrie.

PAK's en PCB's

Gebruikte meetapparatuur:

- elektrisch verwarmd teflon gecoat glasvezelfilter;
- 4 Greenburg-Smithimpingers.



De monstername van PAK en PCB vond met bovengeschetste monsternametrein plaats. Op de meetdag werden met deze monsternametrein isokinetisch rookgassen bemonsterd. De monsternametrein is zo geconstrueerd dat behalve de filters en de absorptie-materialen de rookgassen alleen met glas in contact komen. Vòòr de monstername plaats vond werd al het glaswerk nauwkeurig schoongemaakt, gespoeld en voormonteerd. Op de meetplaats werd de monsternametrein geassembleerd. Bij het bemonsteren werden de rookgassen ontstoft met het teflon gecoate glasvezelfilter, gekoeld in Greenburg-Smithimpingers en vervolgens door de filter/PUF-combinatie geleid. Na monstername werd het glaswerk uit elkaar genomen en met glazen "caps" afgesloten, waarna transport kon plaatsvinden naar het laboratorium.

Voor de analyse werd uitgegaan van de impingervloeistoffen, van de spoelvloeistof van de monsternamebuis en van extracten van het teflon gecoate filter en de filter/PUF-combinatie.

De analyse werd op PAK uitgevoerd met hoge druk vloeistof chromatografie (HPLC) met fluorescentie- en UV-detectie.

Vloeistof chromatografische condities:

Kolom : Reversed phase C-18 kolom (250 x 4,6 mm) met "disposable guard" kolom.

Eluens : Methanol/water gradiënt.

Detector : UV adsorptie bij 280 nm.

Fluorescentie: excitatie bij 250 nm, emissie > 489 nm.

De detectorsignalen zijn opgenomen en verwerkt met een laboratoriumautomativeringssysteem. De gehalten zijn bepaald aan de hand van externe standaardoplossingen. Voor de analyse werd dibenzo (a, h) anthraceen toegevoegd ter controle van de gehele analysegang.

De analyse op PCB werd uitgevoerd met capillaire gaschromatografie met electronenvangstdetectie.

PCDD/PCDF

Met behulp van een monsternamesonde (C) ¹⁾ die verwarmd wordt op rookgastemperatuur wordt isokinetische een deelstroom afgezogen (zie figuur op blz. III.4). In een menggedeelte van de sonde wordt deze deelstroom door toevoer van gedroogde en gefiltreerde omgevingslucht zeer snel op een temperatuur beneden 50 graden Celcius gebracht.

Daarop volgend wordt het verdunde rookgas door een stoffilter, bestaande uit een geparaffineerd glasvelzefilter (A), geleid waarop zowel het stof als de gecondenseerde en aan het stof geadsorbeerd PCDD/PCDF afgescheiden wordt.

Bij een temperatuur van circa 40 graden Celcius worden verliezen door stofconvectie en verdampen nagenoeg voorkomen.

Door verdunning worden de zogenaamde zure rookgascomponenten als SO_x, NO_x, fluor- en chloorverbindingen met bijna een factor 10 verlaagd. De kans op mogelijke reacties met PCDD/PCDF wordt daardoor kleiner. Door de menglucht te drogen wordt condensatie van de vochtige rookgassen vermeden en daarmee ook de vorming van waterig zuurcondensaat.

1) naar model Rheinisch Westfaelischer TUV (Essen-Duitsland).

Bepaling van PCDD en PCDF

Na verwijderen van de filters uit de filterhouders is, met uitzondering van hepta- en octachloorfuraan, van elke dioxine- en furanengroep een $^{13}\text{C}_{12}$ -gemerkt isomeer toegevoegd. Na ontsluiting met 3% zoutzuur en filtratie zijn de filters gedroogd bij 50°C onder een stikstofstroom. Daarna heeft een Soxhletextractie plaatsgevonden gedurende 24 uur onder uitsluiting van licht. Het verkregen extract is geconcentreerd en heeft een chromatografische clean-up ondergaan over diverse adsorbentia zoals: aluminiufoxide, silicagel, zwavelzuur op silicagel, natriumhydroxide op silicagel en zilvernitraat op silicagel.

Na concentrering van de fracties zijn de dioxinen en furanen bepaald met een gaschromatograaf-massaspecifieke detector combinatie (GC-MSD) in de selectieve ion monitoring mode (SIM).

Voor deze bepaling zijn per PCDD/PCDF groep vier specifieke massa's gelijktijdig gescanned.

De signalen in de chromatogrammen zijn als dioxinen en furanen gekwalificeerd als voldaan werd aan onderstaande criteria:

- gelijktijdige detectie van 4 signalen per groep;
- detectie in het juiste retentiegebied;
- juiste isotopenverhouding van de signalen.

Kwantificering heeft plaatsgevonden op basis van de toegevoegde $^{13}\text{C}_{12}$ isomeren.

