

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Referentienummer 91-236
Dossiernummer 112326-21969
Datum januari 1992
NP

Auteur
Ing. W.F.M. Hesseling

Trefwoorden
– afvalverbranding
– scheidingsinstallatie
– voorbehandeling
– dioxinen
– emissies
– groente-, fruit- en tuinafval (GFT)
– bouw- en sloopafval
– verbrandingsresidu
– preventie
– hergebruik

Bestemd voor
NOVEM
Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu B.V.
Leidse veer 35
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
contactpersoon: Ir.H.J.M. Kruijdenberg,
Programma manager NOH

Colofon

Overeenkomstnummer 53420/4110

Het onderzoek, waarop dit rapport betrekking heeft is door ARN en door TNO gezamenlijk uitgevoerd met een bijdrage in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH). ARN heeft voor deelname aan het onderzoek aan IMET-TNO opdracht gegeven.

Beheer en coördinatie van het NOH-programma berusten bij:

NOVEM

Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu B.V.
Leidse veer 35
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
contactpersoon: Ir.H.J.M. Kruijdenberg,
Programma manager NOH

RIVM

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
contactpersoon: Ing.J.Vos

Het NOH geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van de gegevens, ontwerpen, constructies, produkten of produktiemethoden voorkomend of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Aan het onderzoek is deelgenomen door:
ARN BV
Nieuwe Pieckelaan 1
6551 DX Weurt

TNO Milieu en Energie
Instituut voor Milieu en Energietechnologie
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Meer exemplaren van dit rapport (TNO referentienummer 91 263) zijn tegen betaling van f 100,- te verkrijgen bij:
Instituut voor Milieu en Energietechnologie
Mevr. T.Goedhart (afd. F&P)
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn
Tel: 055-493592

Abstract

Bij de Afvalverwerking ten behoeve van de Regio Nijmegen (ARN) is in samenwerking met het Instituut voor Milieu en Energie Technologie (IMET-TNO) een onderzoek uitgevoerd. Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de invloed van mogelijk toekomstige wijzigingen in samenstelling van huishoudelijk en daarmee vergelijkbaar bedrijfsafval op de verbranding van dit afval.

Jaarlijks wordt bij de ARN circa 172000 ton afval verwerkt, bestaande uit huishoudelijk afval (HA) bedrijfsafval en grofvuil (BG) en bouw en sloopafval (BSA). Het onderzoek bestond uit het uitvoeren van een drietal stookproeven, waarbij uitgebreide metingen werden verricht, tijdens het verbranden van verschillende soorten RDF, te weten:

- 1e. Afval, zoals dat normaal bij de ARN wordt verwerkt (referentie proef).
- 2e. Gescheiden ingezameld en vervolgens verkleind huishoudelijk afval (restfractie).
- 3e. Samengesteld afval uit een brandbare fracties BSA, voorbehandeld BG en voorbehandeld afval dat gescheiden is ingezameld (compositie).

Uit deze proeven is gebleken dat de samenstelling en de voorbereiding van het afval aanzienlijke invloed hebben op de stookwaarde van de RDF en de geproduceerde hoeveelheden reststoffen. Verder traden over het algemeen weinig verschillen op in de verbrandingsomstandigheden bij de drie stookproeven; het afval kon steeds goed worden verbrand.

Voor de ARN heeft het onderzoek tot het inzicht geleid dat ook bij gescheiden inzamelen een voorbehandeling van het afval zinvol kan zijn, omdat dit leidt tot minder verbrandingsresiduen en minder zware metalen in het verbrandingsproces. Voorts is gebleken dat het meeverbranden van het brandbare deel uit het BSA en van het BG voor de ARN tot een totaal verwerkingsscenario leidt, met het meeste hergebruik en de geringste hoeveelheid te storten materiaal.

Abstract (English version)

Research has been carried out by the Nijmegen Region waste disposal plant (Afvalverwerking ten behoeve van de Regio Nijmegen ARN) in cooperation with the Institute for Environment and Energy Technology (IMET-TNO). The purpose of this research is to obtain an idea of the effect of possible future changes in the composition of domestic and comparable industrial waste on the incineration of this waste.

Each year at ARN approx 172 000 tonnes of waste is processed, consisting of domestic waste industrial and coarse waste and building materials and demolition waste. The research consisted of carrying out three trial burns, with extensive measurements being taken during the combustion of different types of RDF, namely:

1. Waste like that normally processed at ARN. (Reference)
2. Separately collected and then milled domestic waste (residual fraction).
3. Commingled waste from a combustible fraction of waste, pretreated industrial and coarse waste and pretreated waste which is collected separately (composition).

These trials showed that the commingling and pretreatment of the waste have a considerable effect on the net heating value of the RDF and the quantities of combustion residues. In addition there were generally few differences in the incineration conditions in the three trial burns; it was always possible to burn the waste properly.

The research showed ARN that even in the case of separate collection, pretreatment of the waste may be worthwhile, as this results in less combustion residues and less heavy metals in the incineration process. It was also found that cofiring with the combustible part of the building materials and demolition and the industrial and coarse waste gave the ARN a total processing scenario, with the most re-use and the lowest quantity of material for landfill.

Samenvatting

In Nederland wordt jaarlijks ruim 20 miljoen ton afval geproduceerd, waarvan bij AVI's circa 3 miljoen ton huishoudelijk en daarmee vergelijkbaar afval wordt verbrand. Het beleid van de overheid is er op gericht dat afval in de eerste plaats voorkomen dient te worden (preventie). In de tweede plaats dient afval zoveel mogelijk te worden hergebruikt. Indien bovenstaande niet mogelijk is dan geldt als alternatief het verbranden van het afval met maximale energiebenutting. Storten moet tot een minimum beperkt worden. Door de NOH (Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik afvalstoffen) wordt onder andere door het geven van bijdragen aan onderzoekprojecten bovengenoemd beleid gestimuleerd. Een van deze projecten is het praktijkonderzoek naar de invloed van dit beleid op de samenstelling van het toekomstige afval, en op de milieu technische aspecten bij verbranding daarvan. Dit met name voor de situatie bij de "Afvalverwerking ten behoeve van de regio Nijmegen" (ARN).

Het onderzoek bestond uit 3 stookproeven en werd uitgevoerd door het "Instituut voor Milieu en Energie Technologie" TNO (IMET) in samenwerking met ARN BV. De uitvoering vond grotendeels plaats bij de ARN te Weurt. Bij de stookproeven is uitgegaan van verschillende soorten RDF (Refuse Derived Fuel). De keuze van deze RDF is gedaan aan de hand van de te verwachten effecten van het overheidsbeleid op de samenstelling van het toekomstige afval.

Opzet stookproeven

De eerste stookproef is opgezet om de situatie bij de ARN vast te leggen en dient als referentie van de andere stookproeven. De situatie bij de ARN is afwijkend omdat zij onder meer beschikt over een scheidingsinstallatie en een stortplaats.

De tweede stookproef is opgezet om na te gaan wat de effecten zijn op de samenstellingen en de verbranding van het te verbranden afval als daaruit door gescheiden inzamelen groente-fruit en tuinafval (GFT), chemisch afval en papier gedeeltelijk verwijderd zijn. Omdat gescheiden inzameling reeds nu aan de orde is zijn de resultaten van deze stookproef op korte termijn actueel.

Voor de derde stookproef wordt uitgegaan van een afvalsamenstelling (RDF), die mogelijk op langere termijn zal ontstaan ten gevolge van een overheidsbeleid dat naast gescheiden inzameling is gericht op preventie en hergebruik van bouw- en sloopafval en opwerking van het te verbranden afval. Bij deze derde stookproef wordt onderzocht welke afvalsamenstelling ontstaat en wat de gevolgen zijn van het verbranden van deze RDF.

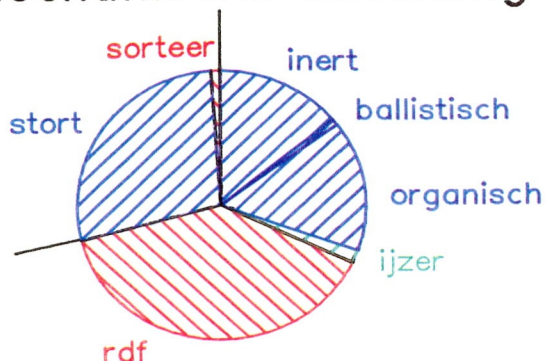
Voorafgaand aan de derde stookproef is een aantal scheidingsproeven uitgevoerd om te bepalen hoe een afval met een zo hoog mogelijke calorische waarde en een zo laag mogelijk asgehalte kan worden verkregen.

Het accent van de uitgevoerde stookproeven lag op de verbrandings- en milieu-technische aspecten van het verbrandingsproces.

storten – hergebruiken – verbranden

stookproef 1 mechanische scheiding

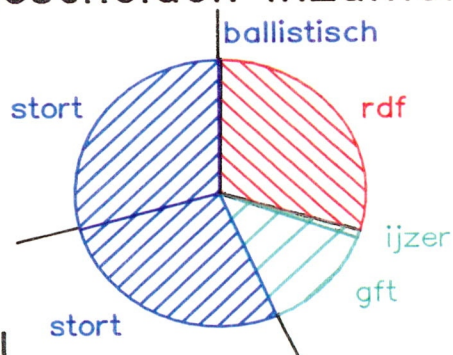
bouw- en
sloopafval



huishoudelijk
afval
en
bedrijfsafval
en
grofvuil

stookproef 2 gescheiden inzamelen

bouw- en
sloopafval

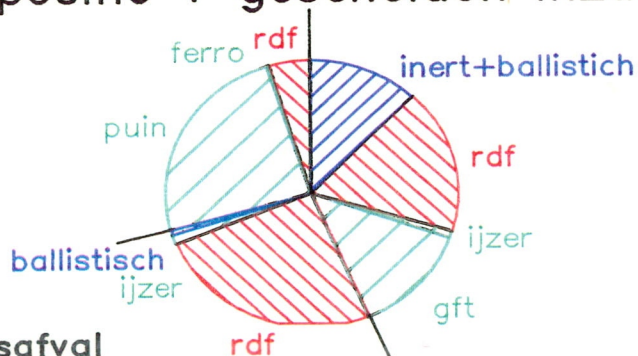


huishoudelijk
afval

bedrijfsafval
en grofvuil

stookproef 3 kompositie + gescheiden inzamelen

bouw- en
sloopafval



huishoudelijk
afval

bedrijfsafval
en grofvuil

Figuur 1 Verwerking van de aangevoerde afvalstromen tijdens de drie stookproeven

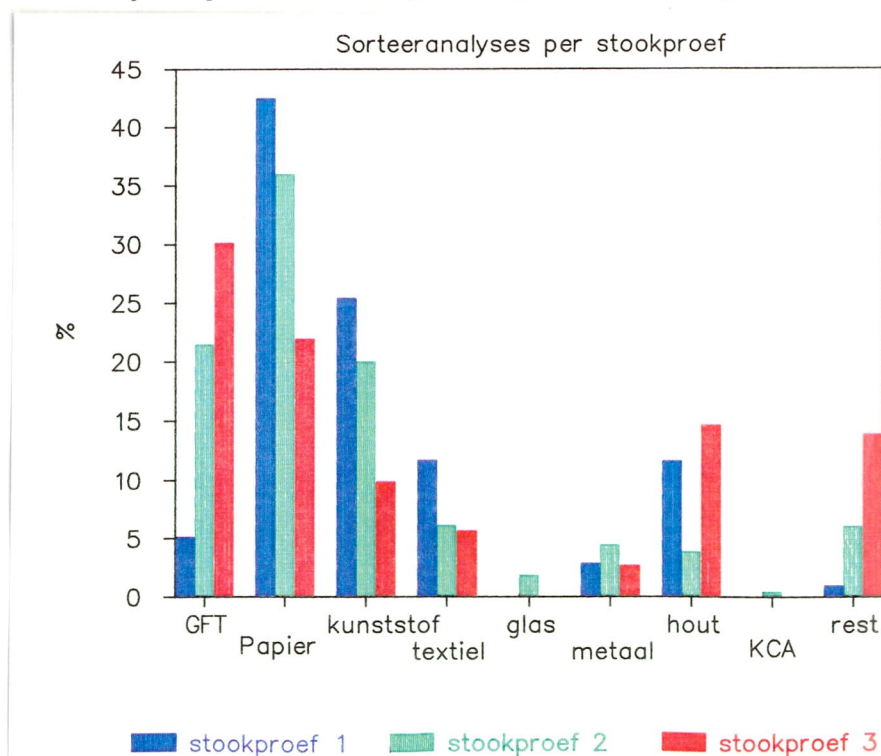
Aanmaak te verbranden fracties

Bij de ARN worden meerdere soorten afvalstromen aangevoerd ter verwerking. Drie daarvan te weten; (1) huishoudelijk afval, (2) bedrijfsafval en grofvuil en (3) bouw- en sloopafval zijn in het onderzoek betrokken. In figuur 1 is per stookproef de grootte van de fracties aangegeven (inclusief de RDF die is verbrand), welke uit deze afvalstromen ontstaan. Tevens is in figuur 1 in kleur aangegeven of deze fracties zijn hergebruikt, verbrand of gestort. Tijdens stookproef 1 is het aangevoerd integraal verzameld huishoudelijk afval en het bedrijfsafval en grofvuil op de gebruikelijke wijze samengevoegd en door de scheidingsinstallatie geleid. Bij stookproef 2 (restfractie) is huishoudelijk afval te voren in de gemeente Tiel gescheiden ingezameld. De GFT-restfractie daarvan is in de hamermolen van de ARN verkleind en na ontijzering verbrand. De andere afvalstromen zijn gestort. Tijdens stookproef 3 (compositie) zijn de drie afvalstromen (het huishoudelijk afval is gescheiden ingezameld) afzonderlijk opgewerkt tot RDF, samengevoegd, gemengd en verbrand.

De restfracties, die hierbij zijn ontstaan zijn grotendeels hergebruikt en voor de rest gestort.

De voorbereidingen hebben tot verschillende RDF samenstellingen geleid. In figuur 2 zijn in een staafdiagram per stookproef de resultaten van de sorteeraanlyses van de verbrande RDF weergegeven. Duidelijk blijken de grote verschillen in samenstelling van de RDF voor de drie stookproeven.

Uit massa en energiebalans zijn de stookwaarden berekend van de RDF, die bij de drie stookproeven is verbrand. De stookwaarden tijdens stookproef 1: 10.7 MJ/kg, bij stookproef 2: 14.5 MJ/kg en stookproef 3: 13.3 MJ/kg.



Figuur 2 Sorteeranalyses van de RDF-input van de drie stookproeven

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Resultaten

In tabel 1 zijn de gemiddelde waarden van een aantal verbrandingsparameters weergegeven, die tijdens de uitvoering van de stookproeven door middel van de aanwezige ARN-bedrijfsmeters zijn vastgelegd.

Grote verschillen zijn te zien in de RDF-doorzet en de hoeveelheden verbrandingsresiduen. In tabel 2 zijn de door TNO gemeten schoorsteenemissies van de stookproeven weergegeven.

Tabel 1 Overzicht gemiddelde bedrijfsomstandigheden die tijdens de drie stookproeven met ARN-bedrijfsapparatuur is vastgesteld

Bedrijfsgegevens		Stookproef 1 (referentie)	Stookproef 2 (restfractie)	Stookproef 3 (compositie)
Elektr. productie turbine	MWh	6.9	6.9	8.3
Vuurhaardtemperatuur	°C	896	859	938
Stoomproductie	ton/h	32.4	35.1	39.7
Verbrandingslucht totaal	m ³ inv/h	44300	48700	58600
Geproduceerde slak	kg/h	1511	2702	1910
Geproduceerde E-as, v	kg/h	229	340	373
Geproduceerde F-koek, v	kg/h	23	18	12
RDF doorzet	ton/h	9.8	7.8	9.6

Tabel 2 Overzicht schoorsteenemissies per kg RDF

Emissie	Stookproef 1 (referentie)	Stookproef 2 (restfractie)	Stookproef 3 (compositie)
	g/kg	g/kg	g/kg
CO ₂	1247	1295	1146
O ₂	767	936	802
CO	0.10	0.17	0.15
C _x H _y	0.012	0.034	0.030
NO _x	1.9	2.5	2.2
H ₂ O	1288	1397	1229
Cl ⁻	0.019	0.030	0.012
F ⁻	0.0087	0.0047	0.0018
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Cd	0.06	0.09	0.11
Pb	1.2	2.0	2.2
Zn	1.9	2.9	6.1
Hg	0.06	0.28	0.36
	ng/kg	ng/kg	ng/kg
PCDD/F (als TEQ)	37.5	17.5	30.3

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Uit tabel 2 kan geconcludeerd worden dat de emissie van de componenten, waarvan de vorming veelal door de stookomstandigheden wordt beïnvloed (zoals CO, C_xH_y, NO_x, PCDD/F), bij de drie stookproeven in dezelfde orde van grootte liggen.

In tabel 3 zijn de bij de verbranding vrijgekomen hoeveelheden Cd, Pb, Zn en Hg weergegeven, berekend als som van de hoeveelheden aanwezig in slak, E-filteras en rookgassen na E-filter. Bij stookproef 2 blijkt dat de totale hoeveelheden vrijgekomen Pb, Zn en Hg per ton verbrande RDF groter zijn dan bij de andere twee proeven. Stookproef 2 is tevens de enige proef waarbij de RDF niet was gezeefd. Mogelijk is het zeven van het afval van invloed geweest op het metaalgehalte van de RDF. Algemeen kan worden gesteld dat de totale hoeveelheden vrijgekomen Cd, Pb, Zn en Hg bij de drie verstookte RDF soorten per ton RDF in dezelfde orde van grootte liggen (binnen circa factor 2).

Tabel 3 Overzicht van de metalen per ton RDF, berekend uit de verbrandingsresiduen

		Stookproef 1 (referentie)	Stookproef 2 (restfractie)	Stookproef 3 (compositie)
Cd	kg/ton	0.57	0.024	0.016
Pb	kg/ton	0.55	1.3	0.65
Zn	kg/ton	1.3	2.6	1.2
Hg	kg/ton	0.62	1.9	0.53

Afvalverwerkingsscenario's

Uitgaande van de resultaten van de uitgevoerde stookproeven is een aantal afvalverwerkingsscenario's voor de ARN opgezet. Bij deze scenario's is uitgegaan van de totale hoeveelheid afval, die jaarlijks bij de ARN wordt aangevoerd. Indien het afval zou worden verwerkt zoals bij de drie stookproeven heeft plaatsgevonden, is berekend welke hoeveelheden afval en reststoffen worden hergebruikt en gestort.

Uitgaande van een doorzet in de verbrandingsoven van 72000 ton per jaar zal bij scenario 2 (=stookproef 2) ten opzichte van de huidige situatie het gescheiden inzamelen en verkleinen van het huishoudelijk afval, het storten van bedrijfsafval en grofvuil en het bouw- en sloofafval leiden tot:

- Een toename van de totale verwerkingscapaciteit van circa 30%.
- Een toename van de hoeveelheid te storten afval met circa 25%.
- Een toename van het hergebruik van afval met circa 1100%.
- Een toename in de te storten hoeveelheid verbrandingsresidu van circa 115%.
- Een toename in de elektriciteitsproductie van circa 25%.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Indien de ARN in de toekomst een afval zou gaan verwerken, zoals bij stookproef 3, zal dit leiden tot:

- Een afname van de totale verwerkingscapaciteit van circa 20%.
- Een afname van de hoeveelheid te storten afval met circa 83%.
- Een toename van het hergebruik van afval met circa 1800%.
- Een toename in de te storten hoeveelheid verbrandingsresidu van circa 30%.
- Een toename in de elektriciteitsproductie van circa 22%.

Dit verwerkingsscenario levert ten opzichte van de andere scenario's voor de ARN het meeste hergebruik en de geringste hoeveelheid te storten materiaal op.

De verwerkingsscenario's, zoals bij de stookproeven 2 en 3 hebben plaats gevonden zullen waarschijnlijk tot een verhoging van de exploitatiekosten leiden. Het verdient aanbeveling de financiële aspecten nader te evalueren.

Naar verwachting zal ook een andere voorbehandeling van de verschillende opgewerkte RDF-fracties (toepassing spanwollen zeven) tot een hogere stookwaarde en een lager asgehalte van de RDF kunnen leiden. Eén en ander zal in de toekomst nader dienen te worden onderzocht.

Verdere conclusies uit het onderzoek

Dioxinen

In de schoorsteen werden concentraties van 2.6 (stookproef 2) tot 6.9 (stookproef 1) ng TEQ/m³ ind aangetroffen.

Bij alle stookproeven werden de meeste dioxinen per ton RDF via de E-as afgevoerd (55 tot 228 µg TEQ/ton RDF) en in mindere mate via de schoorsteen (17.5 tot 37.5 µg TEQ/ton RDF). De meeste dioxinen (259 µg TEQ/ton RDF) werden echter tijdens stookproef 3 gevormd, en de minste (73 µg TEQ/ton RDF) bij stookproef 2.

Er zijn grote temperatuurverschillen in het rookgaskanaal aan het einde van de ketel geconstateerd, waarbij temperatuurgebieden van 300 °C voorkwamen. Dergelijke temperatuurgebieden kunnen tot een verhoging van de dioxinenvorming leiden. Tijdens stookproef 3 werd in de ketel bij circa 500 °C rookgastemperatuur reeds 2.8 ng TEQ/m³ ind in de rookgassen aangetroffen. Deze zijn dus in de vuurhaard en in het eerste deel van de ketel gevormd, of niet afgebroken.

Zware metalen

Cadmium lood en zink bleken bij alle stookproeven voornamelijk in het elektrofilteras en slak aanwezig te zijn.

Kwik is behalve in E-as en slak ook in de rookgassen, effluent en filterkoek terug te vinden.

In de som van de zware metalen per ton RDF in de rookgassen na E-filter, E-as en slak zijn op enkele uitzonderingen na verschillen van een factor 2 aangetroffen. Gescheiden ingezameld afval (stookproef 2) geeft binnen deze grenzen de meeste metalen in de verbrandingsresiduen.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Vergunningen betreffende de emissies

De gemeten schoorsteenemissies geven aan dat de ARN verbrandingsinstallatie bij alle stookproeven voldoet aan de huidige vergunningen.

Met de huidige installatie zal de ARN met de geconstateerde emissies tijdens de drie stookproeven niet aan de RV-89, die in november 1993 van kracht wordt, voldoen.

Vuurhaardmetingen

CO-metingen in de vuurhaard geven aan, dat het CO-gehalte in de vuurhaard duidelijk fluctuaties in de tijd vertoont; tijdens stookproef 1 kwamen enkele pieken van 2000 mg/m³ voor. Bij de overige stookproeven waren deze pieken lager. Temperatuur- en zuurstofmetingen geven bij alle stookproeven een redelijk goede verdeling in de vuurhaard te zien.

Inhoudsopgave

Colofon	2
Abstract	3
Abstract (English version)	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	14
2 Onderzoekprogramma	16
2.1 Uitgangspunten	16
2.2 Chronologische fasering van het onderzoek	18
2.3 Metingen en monsternames bij stookproeven door TNO	20
2.4 Monstername en bedrijfsregistratie door ARN	22
2.5 Programma scheidingsproeven	23
3 Beschrijving van de bij het onderzoek betrokken processen	24
3.1 Scheidingsinstallatie en thermische verwerkingsinstallatie bij de ARN	24
3.2 Scheidingsinstallatie VAGRON	28
3.3 Scheidingsinstallatie Recycling Zwolle	30
4 Uitvoering	31
4.1 Stookproeven	31
4.1.1 Stookproef 1; verbranden van RDF uit integraal verzameld afval	31
4.1.2 Stookproef 2; verbranden verkleinde GFT-restfractie	32
4.1.3 Stookproef 3; verbranden RDF uit afvalmengsel	33
4.2 Scheidingsproeven	36
4.2.1 Proef 1; RDF uit restfractie Tiel bij ARN	36
4.2.2 Proef 2; onderzoeken diverse soorten RDF	36
4.2.3 Proef 3; onderzoeken andere residuen bij ARN en VAGRON	37
5 Resultaten en discussie	39
5.1 Stookproeven	39
5.1.1 Procescondities tijdens stookproeven	39
5.1.2 Bepalingen in rookgassen	42
5.1.3 Bepalingen in andere verbrandingsresiduen	48
5.1.4 Vuurhaardmetingen	49
5.1.5 Bepalingen in RDF (fracties)	50
5.2 Scheidingsproeven	51
5.2.1 Proef 1; opwerken RDF uit restfractie Tiel bij ARN	52
5.2.2 Proef 2a; RDF uit restfractie Tiel bij VAGRON	53
5.2.3 Proef 2b; RDF uit bouw en sloofafval	54
5.2.4 Proef 2c; RDF uit bedrijfsafval en grofvuil	56
5.2.5 Proef 3; Restfracties ARN en VAGRON	57

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

6	Beschouwing	59
6.1	Milieu-aspecten	59
6.1.1	Algemeen	59
6.1.2	Dioxine	60
6.1.3	Zware metalen	61
6.2	Energie-aspecten	70
6.3	Toekomstige afvalverwerkingsscenario's bij de ARN	72
7	Conclusies	77
8	Nomenclatuur	80
9	Literatuur	81
10	Verantwoording	82
<i>Bijlage A</i>	<i>Bedrijfsgegevens (blauw)</i>	
<i>Bijlage B</i>	<i>Meetresultaten (geel)</i>	
<i>Bijlage C</i>	<i>Toegepaste meet- en monsternamemethodieken (groen)</i>	
<i>Bijlage D</i>	<i>Massa- en energiebalans van de stookproeven (oranje)</i>	

1 Inleiding

In Nederland wordt jaarlijks ruim 20 miljoen ton afval geproduceerd, waarvan bij AVI's circa 3 miljoen ton huishoudelijk en daarmee vergelijkbaar afval wordt verbrand. Door het VROM is in de "Notitie inzake de preventie en hergebruik van afvalstoffen" [1] het beleid tot het jaar 2000 vastgelegd. Uitgangspunten daarin zijn dat afval op de eerste plaats voorkomen dient te worden. Op de tweede plaats dient afval zoveel mogelijk hergebruikt te worden. Indien bovenstaande niet mogelijk is dan geldt als alternatief het verbranden van het afval met maximale energiebenutting. Storten moet tot een minimum beperkt worden. Door de NOH (Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik afvalstoffen) wordt middels het stimuleren van onderzoekprojecten door het geven van bijdragen bovengenoemd beleid gestimuleerd.

Naar aanleiding hiervan werd door ARN en TNO het plan opgevat om met een praktijkonderzoek de gevolgen van dit beleid op het verbrandingsproces te onderzoeken. De installatie van de ARN is in vergelijking met andere Nederlandse AVI's bij uitstek geschikt voor het uitvoeren van grootschalige onderzoeken. Redenen hiervoor zijn:

- De ARN beschikt over een moderne afvalverbrandingsinstallatie onder meer voorzien van energiebenutting en een natte rookgaswasser.
- De ARN beschikt bovendien over een scheidingsinstallatie, waardoor op eigen terrein een aantal voorbehandelingen op het te verbranden afval kan worden uitgevoerd.
- Er is een ruime stortvloer aanwezig waardoor extra voorbehandelingen op het afval kunnen worden uitgevoerd.
- De hoeveelheden afval die moeten worden aangevoerd voor onderzoekdoel-einden zijn relatief klein.

In juni 1989 werd door de ARN naar aanleiding van de "Oproep haalbaarheidstudies hergebruik verbranding afvalstoffen" van het NOH een aanvraag voor bijdrage aan het onderzoekprogramma "Verbeteren van RDF kwaliteit en invloed daarvan op verbranding" ingediend. Het onderzoek had als doel een indruk te krijgen van de effecten op verbranding ten gevolge van mogelijke toekomstige wijzigingen in de samenstelling van het afval. Te verwachten is namelijk dat in de nabije toekomst gescheiden ingezameld huishoudelijk afval en andere voorbehandelde afvalsoorten aan AVI's zullen worden aangeboden. Het onderzoek bestond uit een drietal stookproeven en sorteeranalyses, die in 1990 bij de ARN werden uitgevoerd. De laatste stookproef werd voorafgegaan door een drietal scheidingsproeven.

Tijdens de stookproeven werd een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd om de invloed van de samenstelling van het afval op verbrandingsparameters en verbrandingsresiduen vast te stellen. De samenstelling van de RDF dat werd verbrand is per stookproef sterk verschillend. In dit rapport is voor de duidelijkheid de per stookproef verbrande RDF met de volgende benaming weergegeven:

Stookproef 1: referentiemateriaal.

Stookproef 2: restfractie

Stookproef 3: compositie

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Het doel van de eerste stookproef was om de bestaande situatie van de ARN vast te leggen en deze te vergelijken met alternatieve verwerkingsscenario's van de andere stookproeven. Bij de tweede stookproef werd gescheiden ingezameld afval (GFT-restfractie), waarmee de AVI's in Nederland op korte termijn als gevolg van het overheidsbeleid zullen worden geconfronteerd, verstookt. Bij de derde stookproef werd een "samengestelde" RDF verstookt, bestaande uit een mogelijk toekomstig te verwachten afvalmengsel. Dit mengsel zou op langere termijn ten gevolge van het voorgenomen overheidsbeleid (gescheiden inzameling, preventie en hergebruik bouw en sloopafval, maximalisatie stookwaarde) bij de AVI's aangeboden kunnen worden. Om deze afvalsamenstelling voor de derde stookproef zo goed mogelijk te realiseren werd een drietal scheidingsproeven uitgevoerd. Daarbij werden ook scheidingstechnieken toegepast op het bouw- en sloopafval en het bedrijfsafval. Niet alleen werd gebruik gemaakt van de scheidingsinstallatie van de ARN maar ook van de scheidingsinstallaties van andere bedrijven (VAGRON, Recycling Zwolle).

Voor de ARN is de uit dit onderzoek verkregen informatie tevens van belang in verband met de voorgenomen bouw van een tweede thermische verwerkingsinstallatie.

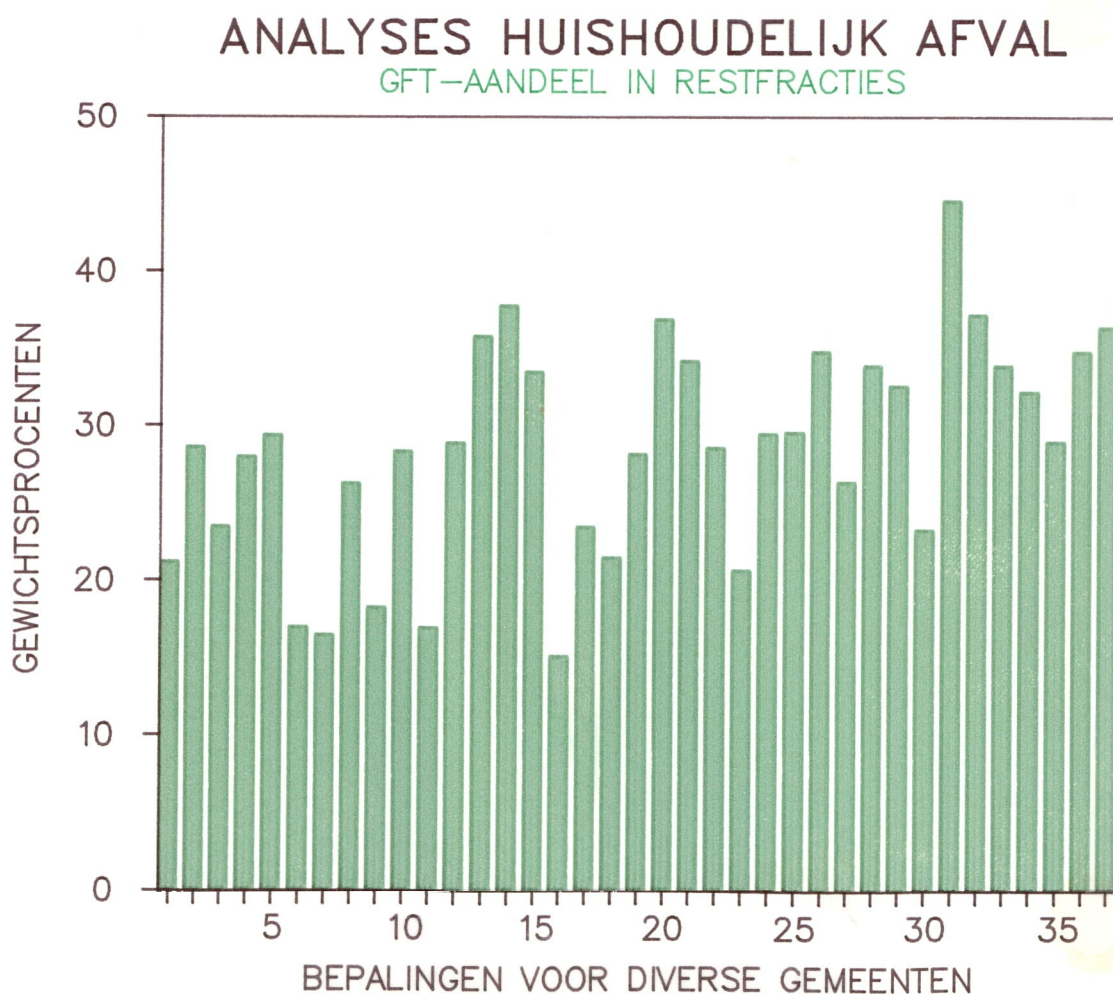
Het bovenvermeld onderzoekprogramma werd in november 1989 uitgebreid met een dioxinen onderzoek, dat volledig door de NOH werd gefinancierd. Door de Hoofdgroep Milieu & Energie van TNO is in opdracht van ARN BV een deel van het onderzoekprogramma uitgevoerd.

In dit rapport is de uitvoering van het onderzoek beschreven en zijn de resultaten ervan geëvalueerd.

2 Onderzoekprogramma

2.1 Uitgangspunten

Ten aanzien van het huishoudelijk afval in Nederland mag volgens het overheidsbeleid worden verwacht dat omstreeks 1994 GFT-afval separaat zal worden ingezameld. Voor zover bekend zal dit inhouden dat het percentage GFT in het gescheiden ingezamelde afval (GFT-restfractie) zal dalen van circa 50% naar gemiddeld 20%. Deze verwachting wordt ontleend aan uitgevoerde sorteeranalyses aan GFT-restfracties van 37 gemeenten, waar reeds gescheiden inzameling is ingevoerd. In figuur 3 zijn in een staafdiagram de resultaten van deze sorteeranalyses gepresenteerd. De resultaten betreffen alleen het GFT-aandeel in de gescheiden ingezamelde restfractie.



Figuur 3 GFT-aandeel in restfracties huishoudelijk afval van 37 verschillende gemeenten, bepaald door middel van sorteeranalyse

Ten aanzien van het bouw- en sloopafval mag worden verwacht dat diverse sorteerinstallaties zullen worden opgezet. Hierdoor zal hergebruik van puin e.d. worden bevorderd en een RDF worden gemaakt waarmee energie kan worden opgewekt.

Ten aanzien van bedrijfsafval kan worden verwacht dat door interne milieuzorg het hergebruik zal toenemen (gescheiden inzamelen papier e.d.) en de hoeveelheid afval zal verminderen door procesverbeteringen. Bij het opzetten van het onderzoekprogramma is rekening gehouden met dit verwachtingspatroon en dit heeft geleid tot de opzet van een drietal stookproeven, waarbij de invloed van de aangeboden RDF op het verbrandingsproces en de verbrandingsresiduen wordt vastgesteld door een uitgebreid meetprogramma. De eerste stookproef werd opgezet om de bestaande situatie bij de ARN vast te leggen en deze te kunnen vergelijken met andere nog uit te voeren stookproeven. De daarbij verbrande RDF wordt dus als referentie materiaal beschouwd. Omdat op korte termijn de afvalverbrandingsinstallaties geconfronteerd zullen worden met gescheiden ingezameld afval (zie bovenstaande overheidsbeleid) is de tweede stookproef zo opgezet dat de invloed hiervan op de verbranding en emissies kan worden vastgesteld. Bij stookproef 2 werd de restfractie van het gescheiden ingezamelde afval verbrand. Een derde stookproef werd opgezet om een "toekomstig" RDF te verstoken dat is samengesteld uit een in de toekomst te verwachten afvalmengsel. Het samenstellen van dit mengsel is ingegeven door het voorgenomen beleid van de overheid ten aanzien van het afval (maximaal hergebruik, maximale energie benutting). Om bovenstaande beleidslijnen zo goed mogelijk te realiseren werden een aantal scheidingsproeven uitgevoerd ter verhoging van het hergebruik en verbetering van de RDF kwaliteit. Daarbij werd ook scheidingstechnieken toegepast op het bouw- en sloopafval en het bedrijfsafval. Tevens werd gebruik gemaakt van scheidingstechnieken van andere installaties (VAGRON, Recycling Zwolle). Bij het uitvoeren van de scheidingsproeven werden sorteeranalyses uitgevoerd op de RDF en de bij voorbehandeling ontstane restfracties. Op grond van deze analyses werd gepoogd een mengsel van toekomstig afval te creëren.

Bij stookproef 3 werd dus een compositie van diverse afvalstromen verbrand.

Uitgangspunten bij de compositie van de RDF zijn:

- Aangeleverde afvalstromen anno 1989 bij de ARN.
- Gescheiden ingezameld GFT.
- Maximaal gebruik van brandbare fractie bouw- en sloopafval en bedrijfsafval en grofvuil.

Naar rato van de bij de ARN in 1989 aangevoerde hoeveelheden van de drie genoemde afvalstromen is het mengsel RDF voor stookproef 3 samengesteld. Bij stookproef 3 is een maximale inspanning verricht om het inert uit de RDF te verwijderen. Gepoogd is daarbij om een RDF-mengsel te verkrijgen met een hoge calorische waarde en een laag asgehalte. Voorafgaand aan deze proef is, zoals vermeld, een drietal scheidingsproeven uitgevoerd om de meest geschikte methode daarvoor vast te stellen.

2.2 Chronologische fasering van het onderzoek

Het onderzoeksprogramma is chronologisch in 5 fasen te verdelen:

Fase 1: het uitvoeren van stookproef 1, waarbij bij de ARN het dagelijks aangevoerd integraal ingezamelde afval op normale wijze wordt verwerkt in de scheidingsinstallatie en verbrand (referentie materiaal). Bij deze stookproef werd een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd.

Fase 2: het uitvoeren van stookproef 2, waarbij de gescheiden ingezamelde GFT-restfractie afkomstig van de gemeente Tiel bij de ARN werd verkleind en verbrand (restfractie). Bij deze stookproef werd een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd.

Fase 3: het uitvoeren van een drietal scheidingsproeven met het doel een toekomstig RDF (voor stookproef 3) samen te stellen, met een laag asgehalte en een hoge calorische waarde. Daarbij werd ook gebruik gemaakt van afvalscheidingsfaciliteiten bij andere bedrijven. Bij de scheidingsproeven werden sorteeranalyses uitgevoerd op diverse afvalstromen en reststromen van verschillende scheidingsinstallaties.

Fase 4: het uitvoeren van stookproef 3, waarbij een mengsel van diverse in de toekomst te verwachten afvalstromen werd verstoofd (compositie). De samenstelling van dit mengsel werd gebaseerd op gescheiden inzamelen van huishoudelijk afval, de grootte van de afvalstromen bij de ARN anno 1989 en maximaal gebruik van brandbare fracties uit bouw- en sloopafval en bedrijfsafval en grofvuil. Daarnaast werd met de voorbehandeling van dit mengsel een maximale inspanning verricht teneinde een RDF te creëren met een hoge calorische waarde en een laag asgehalte. Bij deze proeven werd een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd.

Fase 5: het evalueren en rapporteren van de uitgevoerde proeven.

In tabel 4 is een overzicht gegeven van alle stook- en scheidingsproeven, die in het kader van het onderhavige onderzoek zijn uitgevoerd.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

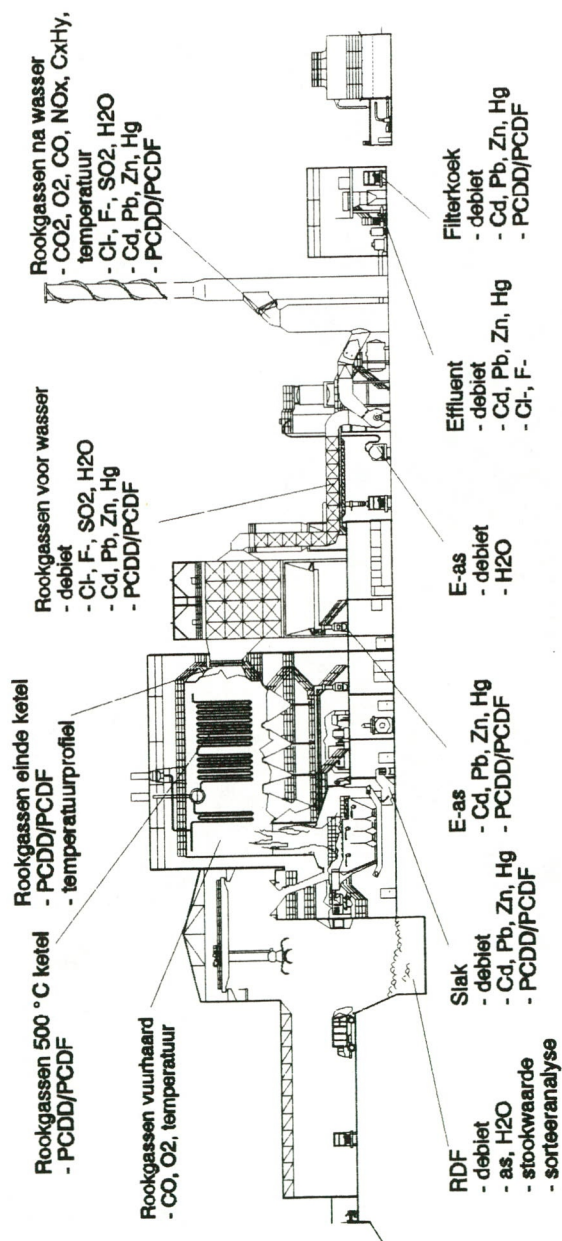
Tabel 4 Overzicht uitgevoerde stook- en scheidingsproeven

Proef	uitgangsmateriaal Inzamelen	Regio	voorbewerking plaats	methode	analyse op
Stook- 1 proef	Integraal	Nijmegen	ARN	standaard, ARN verkleinen, zeven	verbrandings- residu
Stook- 2 proef	GFT-rest	Tiel	ARN	verkleinen	verbrandings- residu
Scheidings- 1 proef	GFT-rest	Tiel	ARN	standaard, ARN verkleinen, zeven	Input RDF
Scheidings- 2a proef	GFT-rest	Tiel	VAGRON	standaard zeven	Input RDF
Scheidings- 2b proef	BSA	Nijmegen	Zwolle ARN	sorteren verkleinen	Input RDF
Scheidings- 2c proef	Bedrijfsafval Grofvuil	Nijmegen	ARN	verkleinen	Input RDF
Scheidings- 3a proef	GFT-rest	Tiel	ARN	standaard, ARN verkleinen, zeven	Input rest
Scheidings- 3b proef	GFT-rest	Groningen	VAGRON	standaard zeven	Input rest
Stook- 3 proef	GFT-rest +	Tiel	ARN	verkleinen, zeven	verbrandings- residu
	BSA	Zwolle	Zwolle	sorteren zeven	
	+ Bedrijfsafval Grofvuil	Nijmegen	ARN	compost bijmengen verkleinen	

De uitvoering van de proeven is tot stand gekomen in nauwe samenwerking tussen ARN- en TNO-personeel. Door TNO-personeel werden voornamelijk metingen, monsternames en analyses uitgevoerd, terwijl door personeel van de ARN de logistiek van het transport en de voorbehandeling van het afval voor de uitvoering van de proeven werd verzorgd. De installatie werd tijdens de proeven door ARN-personeel bedreven. Overleg tussen NOH, ARN en TNO heeft een aantal malen plaats gevonden bij voorbereidingen en evaluatie van de proeven. Tijdens het uitvoeren van de drie stookproeven werden in principe steeds dezelfde metingen verricht. Aanvankelijk werd uitgegaan van stookproeven van 72 uur. In verband met de grote hoeveelheden benodigde RDF werd daarvan afgeweken.

2.3 Metingen en monsternames bij stookproeven door TNO

In figuur 4 is in een langsdoorsnede van de verbrandingsinstallatie een overzicht gegeven van de meet- en monsternameplaatsen.



Figuur 4 Meet- en monsternameplaatsen bij het uitvoeren van de stookproeven bij de ARN

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Op de in figuur 4 aangegeven plaatsen werden bij het uitvoeren van elke stookproef de volgende metingen en monsternames uitgevoerd:

1. Vuurhaard:
In de vuurhaard werd de verdeling van het CO gehalte, het O₂ gehalte en temperatuur bepaald. Deze metingen werden registrerend uitgevoerd en naderhand verwerkt tot 3-dimensionale weergaven van de verdeling in de vuurhaard.
2. Schoorsteengassen:
Het registreren van de SO₂, CO, O₂, CO₂, NO_x, en C_xH_y emissies.
Het 2 x bemonsteren voor analyse op Cl⁻, F⁻.
Het 2x bemonsteren voor analyse op Hg
Het 2 x bemonsteren voor analyse op stof, Pb, Zn en Cd.
3. Rookgassen voor de wasser:
Het meten van het rookgasdebiet
Het 2 x bemonsteren voor analyse op stof, Pb, Zn en Cd.
Het 2 x bemonsteren voor analyse op Cl⁻ en F⁻.
Het 2 x bemonsteren voor analyse op Hg.
4. Effluent:
In het effluent van de rookgaswasser werd het gehalte aan Pb, Zn, Cd, Hg, Cl⁻ en F⁻ bepaald.
5. Elektrofilteras:
Het meten van het debiet aan elektrofilteras.
Het bemonsteren en analyseren op Pb, Zn, Cd, Hg.
6. Slak:
Het meten van het debiet aan slak.
Het bemonsteren en analyseren op vocht, gloeiverlies en totaal koolstof.
7. Filterkoek:
Het meten van het debiet aan filterkoek.
Het bemonsteren en analyseren op Pb, Zn, Cd, Hg, Cl⁻ en F⁻.
8. RDF
Het uitvoeren van een sorteeraanlyse op een representatief monster van 1000 kg.
Het bemonsteren en analyseren op stookwaarde, vocht en asgehalte.

Daarnaast werd het meetprogramma uitgebreid met het uitvoeren van PCDD/F analyses. Deze analyses werden bij alle drie de stookproeven uitgevoerd op monsters van de schoorsteengassen, filterkoek en E-as. Ook werden deze analyses uitgevoerd op rookgasmonsters, genomen op de volgende plaatsen in de installatie;

- vóór de rookgaswasinstallatie tijdens stookproef 1 (referentie materiaal).
- vóór het E-filter tijdens stookproef 2 (restfractie).
- in de ketel bij 500 °C rookgastemperatuur tijdens stookproef 3 (compositie).

Tevens werd een tijdens stookproef 3 verkregen slakmonster geanalyseerd op PCDD/F.

In bijlage C zijn de meetmethoden beschreven welke door TNO bij het uitvoeren van de proeven zijn toegepast.

Bij het uitvoeren van een scheidingsproef werden steeds sorteeraanlyses uitgevoerd. Tevens werden van de verkregen monsters het as- en het vochtgehalte bepaald alsmede de stookwaarde.

2.4 Monstername en bedrijfsregistratie door ARN

Tijdens het uitvoeren van de stookproeven werden door personeel van de ARN de volgende activiteiten ontplooid:

Het verzamelen van RDF

Ieder uur werd circa 70 kg afval in twee speciaal daarvoor gereserveerde containers verzameld. Deze containers werden naar het TNO-laboratorium vervoerd. Aldaar werden onder meer sorteeranalyses uitgevoerd.

Het verzamelen van slak

Gedurende de stookproef is de totale hoeveelheid geproduceerde slak gewogen. Dit vond plaats door terugweging van de gebruikte containers. Tijdens de uitvoering van de TNO-metingen werd ieder uur een slakmonster genomen en in een verzamelpot samengevoegd voor analyse in het TNO laboratorium.

Het verzamelen van E-as

De vliegassilo werd bij aanvang van de stookproef geleegd en bij het beëindigen van de stookproef opnieuw geleegd. De hoeveelheid vlieggas, verkregen bij het beëindigen van de stookproef, werd op de weegbrug gewogen. Omdat tijdens het legen van de silo water wordt gesuppleerd (tegen het wegwaaien van vlieggas) werd een vliegasmaanster samengesteld ter bepaling van het gemiddeld vochtgehalte. Tijdens de uitvoering van de TNO-metingen werd ieder uur een monster genomen bij het zendvat, vanwaar regelmatig E-as naar de silo wordt getransporteerd. De aldus verkregen monsters werden in een verzamelpot samengevoegd voor analyse in het TNO laboratorium.

Het verzamelen van filterkoek

Direct voor de aanvang van de metingen werd de filterkamer leeggeperst. Na afloop van de stookproef vond dit opnieuw plaats en werd de hoeveelheid verkregen filterkoek gewogen. Tevens werd tijdens het leegpersen een aantal monsters genomen, welke werden samengevoegd tot een verzamelmanster.

Het bemonsteren van effluent

Tijdens de uitvoering van de TNO-metingen werd ieder uur een monster genomen uit de afvoer van het effluent naar het riool. De aldus verkregen monsters werden in een verzamelpot samengevoegd voor analyse in het TNO laboratorium.

Het registreren van bedrijfsmeters

Tijdens het uitvoeren van de stookproeven vonden door personeel van de ARN extra aflezingen van bedrijfsmeters plaats. Deze gegevens werden naderhand in een spreadsheetprogramma ingetypt en door de ARN voor rapportage beschikbaar gesteld. In bijlage A zijn deze gegevens in tabelvorm weergegeven.

Tijdens stookproef 3 beschikte de ARN over een data acquisitie systeem, waarmee de bedrijfsgegevens automatisch werden geregistreerd en overgezet in een spreadsheetprogramma.

2.5 Programma scheidingsproeven

Experimenten zijn uitgevoerd met het scheiden van gescheiden ingezameld afval (GFT-restfractie), van bouw- en sloopafval en bedrijfsafval en grofvuil.

Naast de mogelijkheid van hergebruik van de opgewerkte restfracties zijn de uitgangspunten van de scheidingsproeven als volgt:

- Optimalisatie van de brandstoffractie (RDF):
Hoge calorische waarde;
Laag asgehalte.
- Minimaliseren van de opgewerkte restfractie:
Hoog gehalte onbrandbaar;
Hoog gehalte natte componenten

Voor de wijze waarop een effectieve scheiding gerealiseerd kan worden is een inventarisatie gemaakt van de volgende systemen:

- ARN (malen, zeven, ontijzeren)
- Esdex (malen, ziften, zeven, ontijzeren)
- Icopower (malen, zeven, ballistische scheiding, ontijzeren)
- VAM (zeven, ziften, ontijzeren)
- VAGRON (zeven, ontijzeren)

Om pragmatische redenen is voor een deel van de scheidingsproeven voor opwerking van de diverse afvalsoorten de ARN verwerkingsmethode toegepast.

Daarnaast zijn scheidingsprocessen geselecteerd om afvalstromen op te werken voor het uitvoeren van stookproef 3. Deze zijn:

- Scheidingsinstallatie van de ARN te Weurt
- Scheidingsinstallatie VAGRON te Groningen
- Scheidingsinstallatie Recycling te Zwolle (Bouw en sloop afval).

De werking van deze installaties wordt in hoofdstuk 3 beschreven. Bij het uitvoeren van scheidingsproeven werden handsorteeranalyses uitgevoerd voor het bepalen van de samenstelling van de diverse opgewerkte restfracties. Tevens vonden analyses plaats van het vochtgehalte en de stookwaarde van de diverse fracties. Steeds werd samen met de ARN en het NOH op basis van de analyseresultaten de volgende scheidingsproef vastgesteld.

3 Beschrijving van de bij het onderzoek betrokken processen

3.1 Scheidingsinstallatie en thermische verwerkingsinstallatie bij de ARN

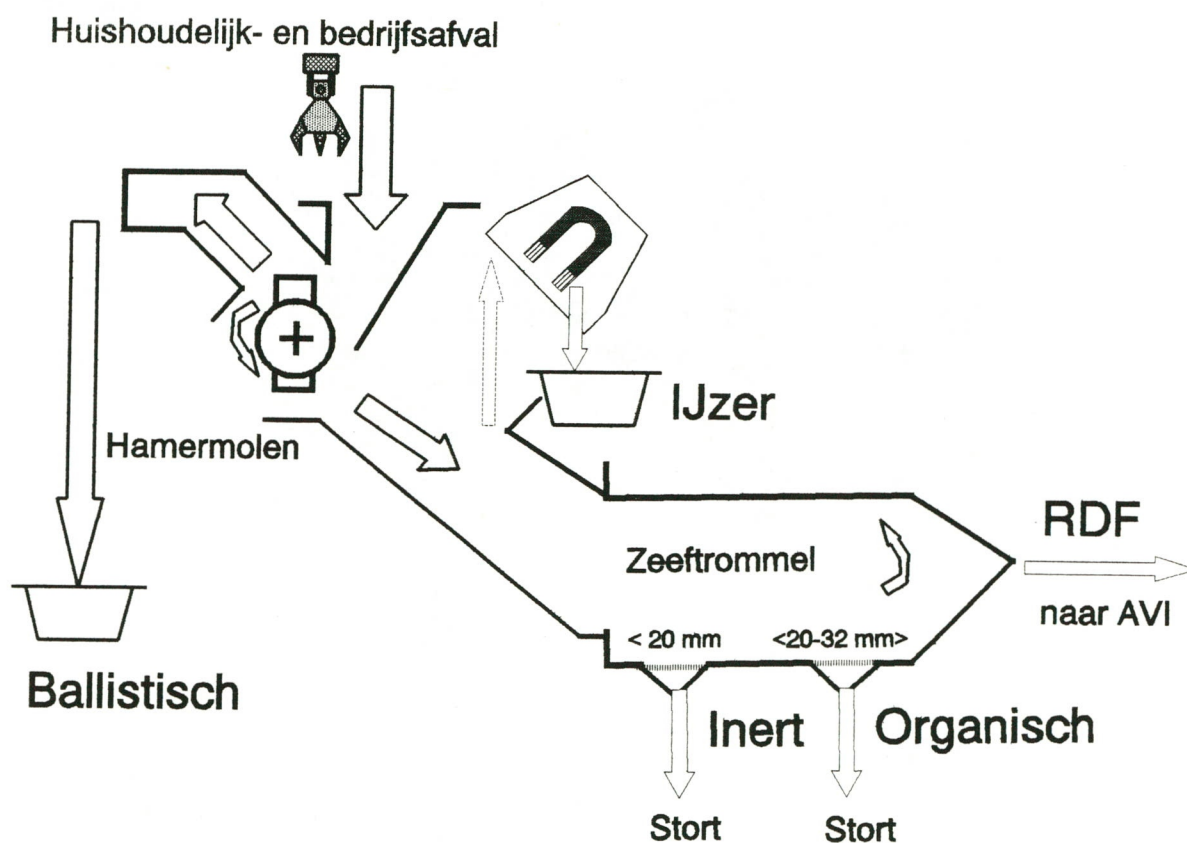
De afvalverwerkingsinstallatie van de ARN (Afvalverwerking ten behoeve van de Regio Nijmegen) is gevestigd te Weurt aan de Nieuwe Pieckelaan. De installatie bestaat uit een afvalscheidingsinstallatie, die tevens functioneert als afvalvoorbehandelingsinstallatie voor een thermische verwerkingsinstallatie en een IBC-stortplaats.

Gewoonlijk wordt met de scheidingsinstallatie in totaal circa 140.000 ton afval (1989) per jaar verwerkt tot de volgende fracties:

- RDF (circa 55%), dat in de thermische installatie wordt verbrand.
- Organisch (circa 22%) en inert (circa 20%), dat wordt gestort op de IBC-stortplaats.
- Ballistisch (circa 1%), dat wordt gestort en ijzer (circa 2%), dat wordt aangewend voor hergebruik.

De scheidingsinstallatie bestaat uit twee identieke lijnen met een capaciteit van 30 ton per uur per lijn. De installatie wordt circa 8 uur per dag bedreven.

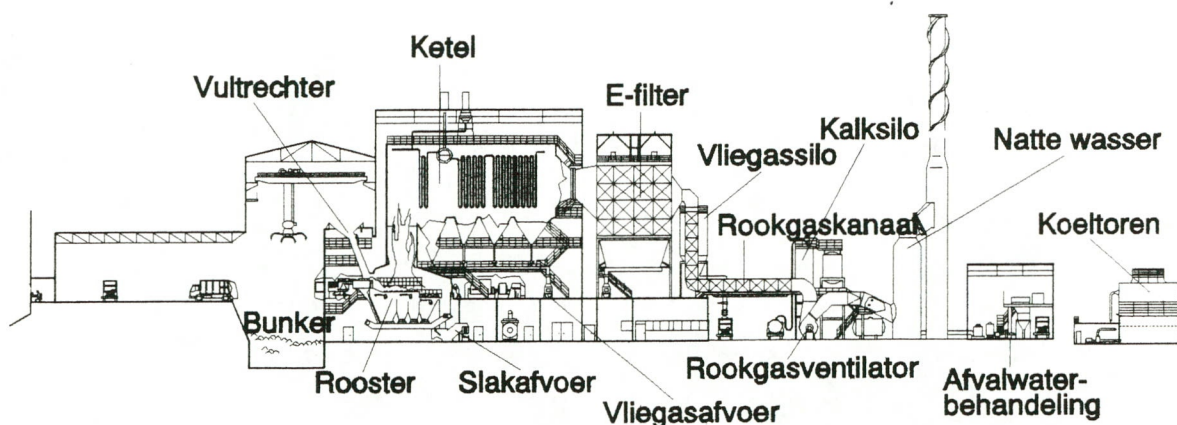
In deze scheidingsinstallatie wordt het in de bunker aangevoerde afval eerst verkleind in een hamermolen, waarbij circa 1% van het afval wordt uitgeworpen (ballistisch). Vervolgens wordt het afval (exclusief ballistisch) met een magneetband ontijzerd, waarbij een ijzerfractie van circa 2.3% van het aangevoerde afval ontstaat. Het afval (exclusief ballistisch en ijzer) wordt gezeefd in een trommelzeef bestaande uit 2 zeven, waarvan de eerste zeef een zeefgat van 20 mm en de tweede een zeefgat van 32 mm heeft. De zeefdoorval van de eerste zeef levert een "inert" fractie (<20mm) van circa 20% van het aangevoerde afval. De zeefdoorval uit de tweede zeef levert een "organische" fractie (20 > <32) van circa 22% van het aangevoerde afval. De zeefoverloop bestaat uit de zogenaamde RDF die circa 54.7% van het aangevoerd afval bedraagt. In figuur 5 is een schema van de scheidingsinstallatie weergegeven.



Figuur 5 Schema van de scheidingsinstallatie van de ARN

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

De verwerkingscapaciteit van de thermische installatie bedraagt circa 9 ton RDF per uur. Dit betekent dat bij een geschat aantal bedrijfsuren van 8000 uur per jaar circa 72.000 ton RDF kan worden verbrand. In figuur 6 is een langsdoorsnede van de gehele thermische verwerkingsinstallatie weergegeven.



Figuur 6 Langsdoorsnede van de verbrandingsinstallatie van de ARN

De thermische verwerkingsinstallatie bestaat uit:

- een bunker, waar de RDF afkomstig van de scheidingsinstallatie wordt verzameld.
- een oven met een horizontaal bewegend 3-traps rooster met luchtgekoelde wanden, fabrikaat K+K Zurich.
- een horizontaal opgestelde ketel fabrikaat Standard Fasel-Lentjes met een capaciteit van circa 41 ton stoom per uur bij een druk van 40 bar.
- een stoomturbine fabrikaat Siemens type NK 40/56/0-3DA met generator type 1047750-7FE32-2 met een max. vermogen van circa 12.5 MVA en een toerental van 1500 omw. per minuut. De turbine is een enkelhuizige axiale condensatie turbine in overdruk uitvoering.
- een elektrofilter, fabrikaat Fläkt.
- een natte rookgaswasser, fabrikaat Fläkt.
- een stalen schoorsteen met kunststof (neopreen) bekleding aan de binnenzijde.

In bijlage A bevinden zich tekeningen van diverse delen van de installatie. Deze tekeningen zijn door de ARN en door de betreffende leveranciers beschikbaar gesteld.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

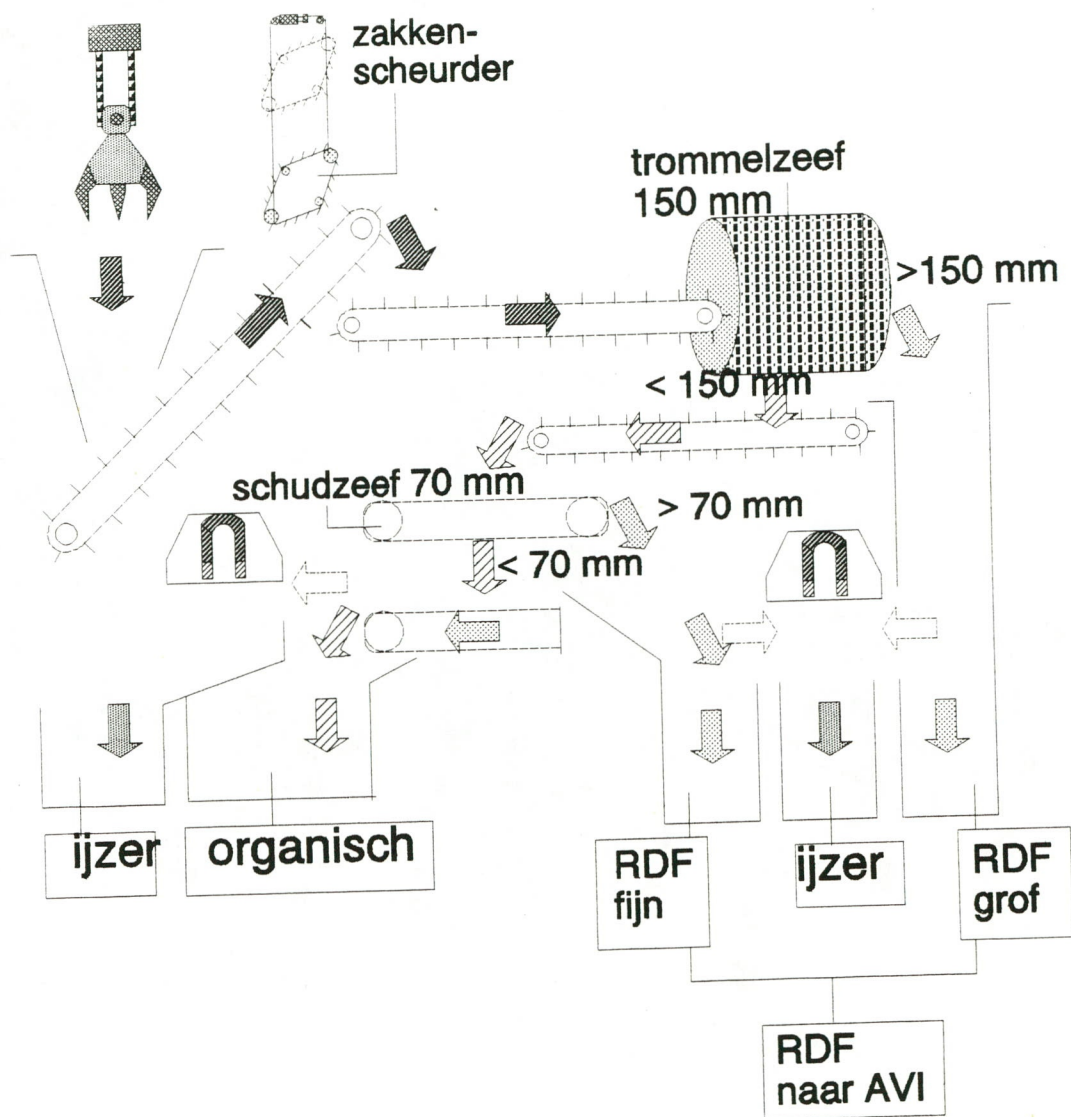
De RDF wordt verbrand bij temperaturen van 800 tot 1000 °C. De daarvoor aanwezige verbrandingsoven is bijzonder vanwege de lage hoeveelheid primaire verbrandingslucht, waardoor het verbrandingsproces min of meer getrapt verloopt. De warmte van de ontstane rookgassen wordt in de ketel gebruikt om stoom op te wekken. De stoom drijft een turbine met generator aan waarmee elektriciteit wordt opgewekt. De restwarmte van de turbine wordt met een koeltoren aan de buitenlucht afgevoerd.

De rookgassen worden door het elektrofilter grotendeels ontstof en vervolgens verder gereinigd in de natte rookgaswasser. In deze water wordt een groot deel van milieubelastende componenten uit de rookgassen afgescheiden (gewassen) en in een filterkoek geconcentreerd. De reststoffen uit het verbrandingsproces zoals slakken (afkomstig van het rooster), elektrofilteras en filterkoek worden op eigen IBC-stortplaats gestort. De gereinigde rookgassen worden via een schoorsteen in de atmosfeer geëmitteerd. Het effluent van het waswater wordt via het riool naar de naast de ARN gelegen waterzuiveringsinstallatie geleid.

3.2 Scheidingsinstallatie VAGRON

De scheidingsinstallatie van de VAGRON Industrial V.O.F. bevindt zich aan de Duinkerkestraat te Groningen. Bij deze installatie doorloopt het afval een zeeftrommel met ingebouwde zakkenscheurder met openingen met een diameter van 150 mm. De overloop van de trommel is een grove RDF-fractie en wordt momenteel via perscontainers afgevoerd en gestort. De doorval van de zeeftrommel wordt op een grote schudzeef gezeefd. De schudzeef heeft openingen van 70 mm. De doorval van deze zeef wordt ontijzerd (fijne ijzer fractie). Het overblijvende deel is de (ontijzerde) organische fractie (<70mm). Deze organische fractie wordt bij de VAM te Wijster gecomposteerd. De overloop van de schudzeef is de fijne RDF-fractie die na ontijzering (grove ijzerfractie) wordt samengevoegd met de grove RDF-fractie van de trommelzeef. Deze grove ijzerfractie wordt bij de VAM te Wijster in een speciale ontinningsinstallatie gereinigd en voor hergebruik bij de Hoogovens verwerkt.

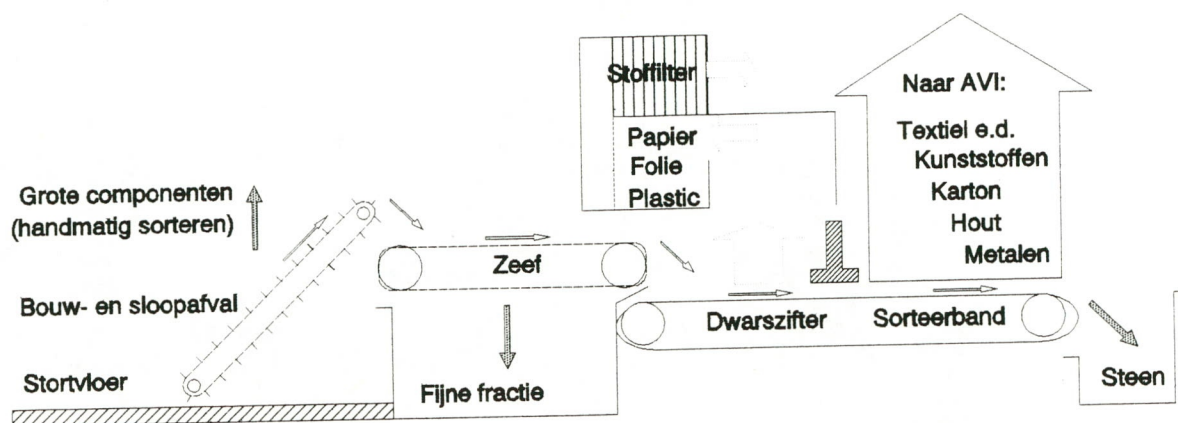
In figuur 7 is een schema van de installatie van de weergegeven.



Figuur 7 Schema installatie van VAGRON-Industrial V.O.F. te Groningen

3.3 Scheidingsinstallatie Recycling Zwolle

De scheidingsinstallatie van Recycling Zwolle bv bevindt zich te Zwolle. Bij de scheidingsinstallatie van Zwolle Recycling bv wordt bouw- en sloopafval voornamelijk handmatig gesorteerd, zoals in figuur 8 is aangegeven. De voor hergebruik gesorteerde materialen zijn papier, folie plastic en puin in diverse zeefmaten etc.



Figuur 8 Schema installatie van Recycling Zwolle

4 Uitvoering

4.1 Stookproeven

Bij het uitvoeren van stookproeven werd de scheidingsinstallatie en verbrandingsoven door het personeel van de ARN bedreven. Ook werd door ARN personeel de hoeveelheden van de diverse verbrandingsresiduen bepaald en bemonsterd en extra bedrijfsregistraties vastgelegd zoals in hoofdstuk 2.4 is beschreven. Door TNO werden o.m. vuurhaard- en emissiemetingen gedaan alsmede een groot aantal analyses. (Zie hoofdstuk 2.3)

4.1.1 Stookproef 1; verbranden van RDF uit integraal verzameld afval

Bij stookproef 1 (referentie) is de RDF verbrand, zoals dit normaal bij de ARN plaats vindt. Integraal ingezameld afval uit de regio Nijmegen is samengevoegd met bedrijfsafval en grofvuil en gesorteerd bouw- en sloopafval. Dit afvalmengsel werd in de bunker verzameld en in de scheidingsinstallatie verwerkt. Daarbij wordt 100% aangevoerd afval in de scheidingsinstallatie verdeeld in:

- circa 20% inert
- circa 22% organisch
- circa 1% ballistisch
- circa 2.3% ijzer
- circa 54.7% RDF

Tijdens stookproef 1 werd het aldus verkregen referentie materiaal verbrand in de oven.

De stookproef werd op 15 januari 1990 om 15.00h gestart en op 17 januari om 23.00h beëindigd. In totaal duurde de stookproef dus 56 uur, waarbij de stoomproductie zo constant mogelijk op circa 32 t/h werd geregeld. Inhoudelijk werd de stookproef volgens het afgesproken protocol uitgevoerd. (Zie hoofdstuk 2); Elke 2 uur werden de bedrijfsmeters afgelezen, de containers voor de betreffende reststoffen werden tijdig door lege containers vervangen, enz. De oorspronkelijk vastgestelde datum van uitvoering werd in overleg met het NOH en circa een week verschoven. Dit was noodzakelijk omdat aanvankelijk de verbrandingsomstandigheden in de oven erg ongunstig waren (hoge CO-pieken).

De metingen werden door TNO op 16 januari van circa 10.00h tot 19.00h en op 17 januari van circa 9.00h tot 17.00h uitgevoerd.

Tevoren was daartoe de meetapparatuur opgesteld (zie foto's bijlage A.3).

Op 16 januari werden van de rookgassen in de schoorsteen het gehalte CO_2 , CO, O_2 , C_xH_y , SO_2 , en NO_x en de temperatuur gemeten en werden tevens de vuurhaardtraverses uitgevoerd.

Op 17 januari werden de andere metingen en monsternames volgens het hiervoor beschreven programma uitgevoerd. De metingen van Cl⁻, F⁻, stof, zware metalen en dioxinen in de rookgassen voor en na de wasser werden zoveel mogelijk gelijktijdig uitgevoerd. Tevens werd op 17 januari op dezelfde wijze als op 16 januari in de schoorsteen het gehalte aan CO_2 , CO, O_2 , C_xH_y , SO_2 en NO_x alsmede de temperatuur van de rookgassen gemeten.

4.1.2 Stookproef 2; verbranden verkleinde GFT-restfractie

Bij het uitvoeren van stookproef 2 werd de gescheiden ingezamelde GFT-restfractie van het afval (gescheiden ingezameld deel van het afval zonder GFT en chemisch afval) in de gemeente Tiel en naar de ARN getransporteerd. Dit afval werd in het weekend van 30 april in de hamermolen van de ARN verkleind, ontijzerd en in een gereserveerd deel van de bunker opgeslagen. De scheidingsinstallatie van de ARN werd speciaal voor deze voorbehandeling aangepast. De aldus verkleinde GFT restfractie werd tijdens de uitvoering van stookproef 2 verbrand in de oven van de ARN. De uitvoering van stookproef 2 vond plaats op 2 mei 1990 van 03.00h tot 3 mei 1990 om 15.15h. In totaal duurde de stookproef dus 36.25 uur. In figuur 12 is schematisch het verloop van de stookproef weergegeven.

Datum:	2/5'90			3/5'90		
tijd:	3.00	10.00	18.00		8.00	15.00
periode	<---1---><-----2-----><-----3-----><---4--->					

Figuur 9 Tijdschema stookproef 2

In het schema van figuur 9 zijn 4 perioden aangegeven.

periode 1: = inregelen van de oven (van 03.00h tot 10.00h)

periode 2: = uitvoeren o.m zware metaal- en vuurhaardmetingen door TNO
(10.00h tot circa 18.00h)

periode 3: = constante bedrijfsvoering tijdens de nacht

periode 4: = uitvoeren van onder meer F⁻, Cl⁻ en dioxinenmetingen door TNO
(8.00h tot circa 15.00h)

Tijdens periode 1 werd de wasser gespoeld, om een "na-effect" van de eerder verstoekte RDF te vermijden. Over de perioden 2, 3 en 4 werden de geproduceerde hoeveelheden reststoffen bepaald. Gedurende de dag (periode 2 en 4) werd op circa 38 ton stoom per uur geregeld en gedurende de nacht (periode 3) werd de capaciteit verlaagd naar circa 28 ton/h.

Inhoudelijk werd de stookproef volgens het afgesproken protocol uitgevoerd. (Zie hoofdstuk 2); Iedere 4 uur werden de bedrijfsmeters afgelezen, de containers voor de betreffende reststoffen werden tijdig vervangen en gewogen enzovoort. Enige afwijkingen in het protocol betroffen de gescheiden ingezamelde hoeveelheid afval en de gewichtsregistratie. Het bleek niet mogelijk om de gewenste hoeveelheid GFT restfractie van 450 ton in een redelijke termijn in Tiel in te zamelen. In de praktijk bleek een hoeveelheid van circa 370 ton afval naar de ARN te zijn aangevoerd, waarvan een deel van circa 100 ton door gewichtsverlies en opmenging met RDF niet kon worden gebruikt. De weging van de hoeveelheid aan de oven gedoseerde verkleinde restfractie vond plaats met de weeginrichting van de doseerkraan. Omdat de automatische weegregistratie niet functioneerde werden door de kraanmachinist de gewichten van de gedoseerde "grijpers" genoteerd. Deze meter werd te voren geijkt met ijkgewichten. Uit de genoteerde waarden en de bij de weegbrug geregistreerde gewichten van het toegevoerde restfractie uit Tiel kon naderhand de verstoekte hoeveelheid afval worden bepaald.

Om met name de uitvoering van de dioxinemetingen niet in gevaar te brengen werd besloten om de oven gedurende de nacht op een lagere belasting te stoken.

Door het TNO meetteam werd op 1 mei de meetapparatuur opgesteld. (Zie foto's bijlage A). Op 2 mei werden de vuurhaardmetingen en de metingen voor de bepaling van stof en zware metalen in de rookgassen voor en na de wasser uitgevoerd. Op 3 mei werden in de rookgassen Cl⁻, F⁻ en PCDD/F voor het E-filter en na de wasser bemonsterd. De metingen en monsternames voor en na de wasser werden zoveel mogelijk tegelijkertijd uitgevoerd.

Op 2 en 3 mei (periode 2 en 4) werd in de schoorsteen het gehalte aan CO₂, CO, O₂, C_xH_y, SO₂ en NO_x alsmede de temperatuur van de rookgassen (registrerend) gemeten.

4.1.3 Stookproef 3; verbranden RDF uit afvalmengsel

Het uitvoeren van stookproef 3 vond plaats met een RDF compositie die was samengesteld uit verschillende al dan niet voorbewerkte soorten afval.

Deze afvalsoorten waren:

- GFT restfractie, gescheiden ingezameld in de gemeente Tiel (290 ton).
- Bedrijfsafval en grofvuil zoals normaal uit de regio Nijmegen wordt aangevoerd (230 ton).
- Residu van bouw- en sloopafval, afkomstig van de BFI-scheidingsinstallatie te Zwolle (40 ton).

Deze afvalsoorten werden opgemengd naar rato van de in 1989 aan de ARN aangeboden afvalstromen.

De RDF werd als volgt samengesteld:

290.000 ton GFT-restfractie werd door de bestaande scheidingsinstallatie geleid, met een lage zeefsnelheid en 27 ton/h doorvoer. Daarbij ontstond 37.5% RDF (109 ton) welke in een gereserveerd deel van de bunker werd gestort.

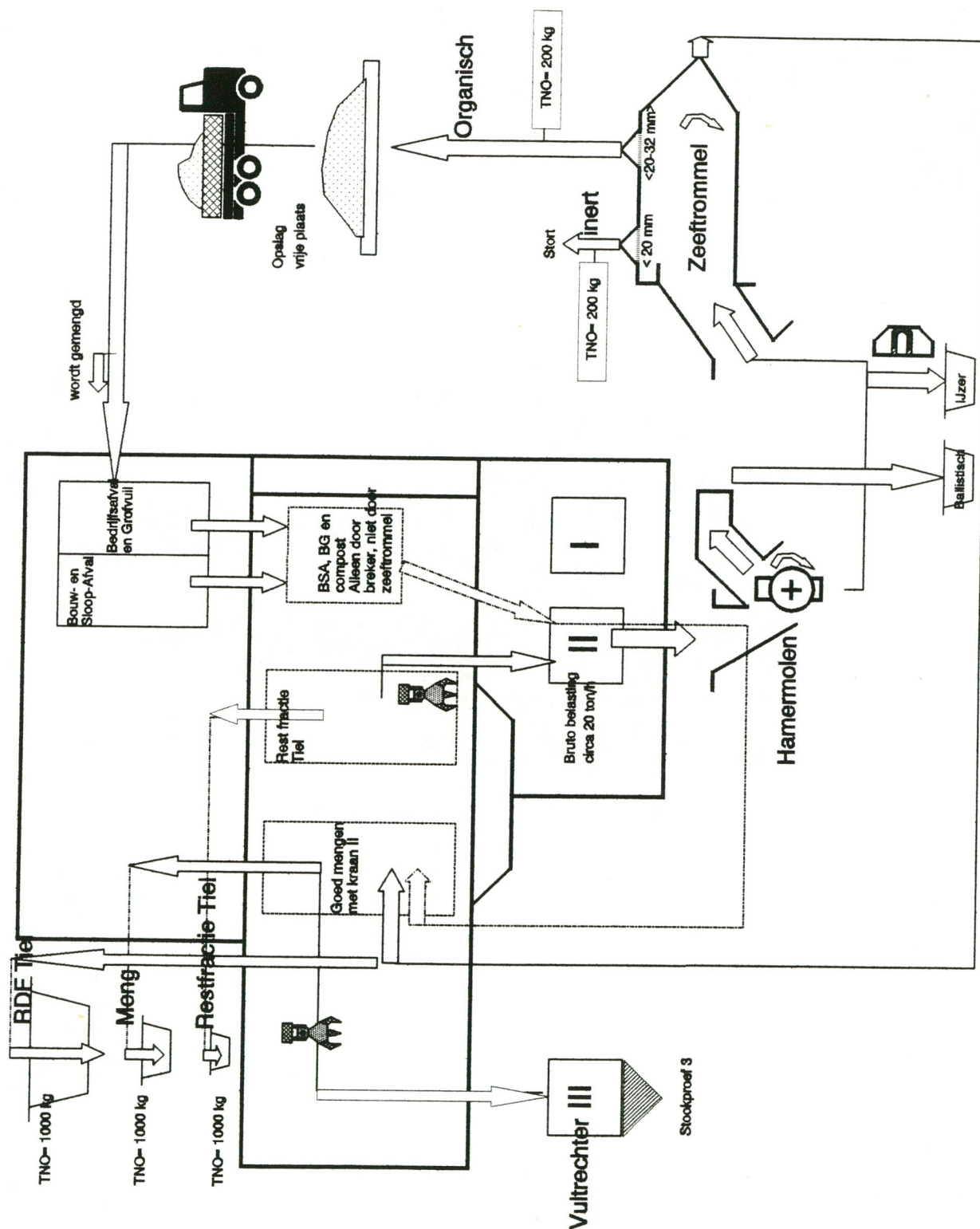
Tevens werden uit de toegevoerde GFT-restfractie de volgende fracties gevormd:

- 2.3 ton (0.8%) ballistisch
- 116 ton (40%) inert
- 7.7 ton (2.7%) ijzer
- 55.5 ton compost

De inert fractie werd bemonsterd (200kg) voor sorteeranalyses en op het ARN stortterrein gestort. De fracties ijzer en ballistisch werden naar TNO getransporteerd voor een sorteeranalyse.

De compost fractie werd bemonsterd (200kg) voor een sorteeranalyse en op een gereserveerde plaats bij de compostering opgeslagen. Vervolgens werd deze compostfractie (55.5ton) in de scheidingsbunker teruggevoerd en gemengd met de bovenvermelde bedrijfsafval en grofvuil en het residu van het bouw- en sloopafval. Dit "mengsel" werd verkleind in de hamermolen en in de RDF-bunker gestort. In de RDF-bunker werd middels de doseerkraan dit afvalmengsel gemengd met de RDF, afkomstig van de GFT-restfractie, dat reeds in een gereserveerd deel van de bunker was opgeslagen. Het aldus ontstane mengsel werd tijdens het uitvoeren van stookproef 3 aan de oven toegevoerd. Stookproef 3 werd op 1 mei 1990 om 24.00h gestart en op 3 mei om 15.45h beëindigd. In totaal duurde de stookproef dus circa 40 uur.

In figuur 10 is de gehele uitgevoerde voorbehandeling van het afval schematisch weergegeven.



Figuur 10 Schema voorbehandeling afval bij stookproef 3

Datum: 1/10'90 2/10'90
tjld: 00.00 9.00 18.00 8.00 16.00
 <---1---><---2---><-----3-----><---4--->

Op 1 en 2 oktober (periode 2 en 4) werd in het schoorsteenkanaal het gehalte aan CO_2 , CO , O_2 , C_xH_y , SO_2 en NO_x alsmede de temperatuur van de rookgassen (registrerend) gemeten. Op 2 oktober werden in het rookgaskanaal direct na de ketel

het temperatuurprofiel over de dwarsdoorsnede van het kanaal gemeten. Daarbij werd gemeten gedurende 15 minuten per meetpunt op 12 meetpunten, gelijkmatig verdeeld over de kanaaldoorsnede (zie bijlage C.1.7).

4.2 Scheidingsproeven

De scheidingsproeven werden uitgevoerd door personeel van de ARN of door personeel van andere scheidingsinstallaties in opdracht van de ARN. Dit was ook het geval met de monsternamen van de uitgangsmaterialen, de RDF en de opgewerkte restfracties. Door TNO werden sorteertanalyses uitgevoerd en bepalingen als asgehalte, vochtgehalte en stookwaarde. De wijze waarop de scheidingsproeven werden uitgevoerd werd steeds uitvoerig besproken met NOH, ARN en TNO.

In totaal werden bij de ARN 3 scheidingsproeven uitgevoerd. In de volgende hoofdstukken wordt de uitvoering daarvan besproken

4.2.1 Proef 1; RDF uit restfractie Tiel bij ARN

De eerste scheidingsproef werd uitgevoerd in week 27 op zondag 8 juli. Daarbij werd de dag daarvoor circa 100 ton gescheiden ingezameld afval (GFT-restfractie) uit de gemeente Tiel gestort op de stortvloer voor de bunker van de ARN. Op 8 juli om 15.00 h werd met de proef begonnen. De GFT-restfractie werd via scheidingsstraat 1 op de normale wijze verwerkt (zie hoofdstuk 3.1).

De GFT-Restfractie werd met regelmatige tussenpozen, verspreid over de duur van de proef, 10 maal bemonsterd. Bij iedere monsternamen werd met de kraan circa 70 kg GFT-restfractie in een gereserveerde container verzameld. Op gelijke wijze werd de opgewerkte RDF met kraan 2 bemonsterd. Van de opgewerkte deelfracties werd na afloop van de proef circa 200 kg compost en inert bemonsterd. De ballistische- en metaalfractie werden in zijn geheel als monster beschouwd. De aldus verkregen monsters werden voor analyse naar TNO Apeldoorn getransporteerd. Alle opgewerkte restfracties werden middels containers naar de weegbrug getransporteerd en gewogen.

4.2.2 Proef 2; onderzoeken diverse soorten RDF

4.2.2.1 RDF uit restfractie Tiel bij VAGRON

Op 26 juli (week 30) 1990 werd bij de VAGRON te Groningen in opdracht van de ARN 75 ton GFT-restfractie, afkomstig van de gemeente Tiel opgewerkt tot RDF. De werking van deze installatie is beschreven in hoofdstuk 3.2.

De proef duurde van 18.09 h tot 20.42 h. Daarbij werden de volgende monsters door personeel van de VAGRON genomen en naar TNO getransporteerd voor analyse:

500 kg restfractie Tiel.

500 kg RDF (residu).

200 kg organische fractie (<70 mm).

50 kg blik/ijzer.

4.2.2.2 RDF uit bouw- en sloopafval

Op 20 juli (week 30) 1990 werd 18.7 ton (brandbare) restanten van bouw- en sloopafval in de scheidingsinstallatie van de ARN verkleind. Deze restanten waren afkomstig van de sorteerinstallatie van Recycling Zwolle en bestonden uit circa 45 volume% afval hout en circa 55 volume% residu. De werking van de sorteerinstallatie te Zwolle is reeds in hoofdstuk 3.3 beschreven. De proef bij de ARN vond als volgt plaats:

In de ontvangsthal werden de restanten hout en residu zo goed mogelijk met elkaar gemengd en door de hamermolen geleid. De proef startte om 20.00 h en duurde tot 20.54 h. De hoeveelheden ingangsmateriaal en opgewerkte RDF werden middels (kraan) wegingen bepaald. De ijzer- en ballistische fractie werden visueel beoordeeld en gewogen. De verkleinde "RDF" werd bemonsterd (circa 500kg) en naar TNO getransporteerd voor analyse.

4.2.2.3 RDF uit bedrijfsafval en grofvuil

Op 20 juli (week 30) 1990 werd 56.5 ton van het aangevoerde bedrijfsafval en grofvuil geselecteerd in de ontvangsthal voor een scheidingsproef. Bij deze selectie worden metalen en inert op de gebruikelijk wijze verwijderd. Het aldus geselecteerde bedrijfsafval en grofvuil werd van 17.08 h tot 19.12 h door de hamermolen van de ARN geleid. De hoeveelheden ingangsmateriaal en opgewerkte RDF werden middels (kraan) wegingen bepaald. De ijzer- en ballistische fractie werden visueel beoordeeld en gewogen. De verkleinde "RDF" werd bemonsterd (circa 500kg) en naar TNO getransporteerd voor analyse.

4.2.3 Proef 3; onderzoeken andere residuen bij ARN en VAGRON

4.2.3.1 Opwerken restfractie Tiel bij ARN

Op 30 augustus 1990 werd een gescheiden ingezamelde restfractie uit Tiel in de scheidingsinstallatie van de ARN verwerkt. Daarbij werden de volgende monsters voor analyse verzameld:

1000 kg RDF-Tiel.

100 kg inert.

100 kg organisch.

De ijzer- en ballistische fractie werd visueel beoordeeld.

4.2.3.2 Opwerken restfractie Groningen bij Vagron

Op 30 augustus 1990 werd uit een gescheiden ingezamelde restfractie uit Tiel in de scheidingsinstallatie van de ARN verwerkt. Daarbij werden de volgende monsters voor analyse verzameld:

1000 kg RDF-(Wester-kwartier, Groningen).

100 kg organisch.

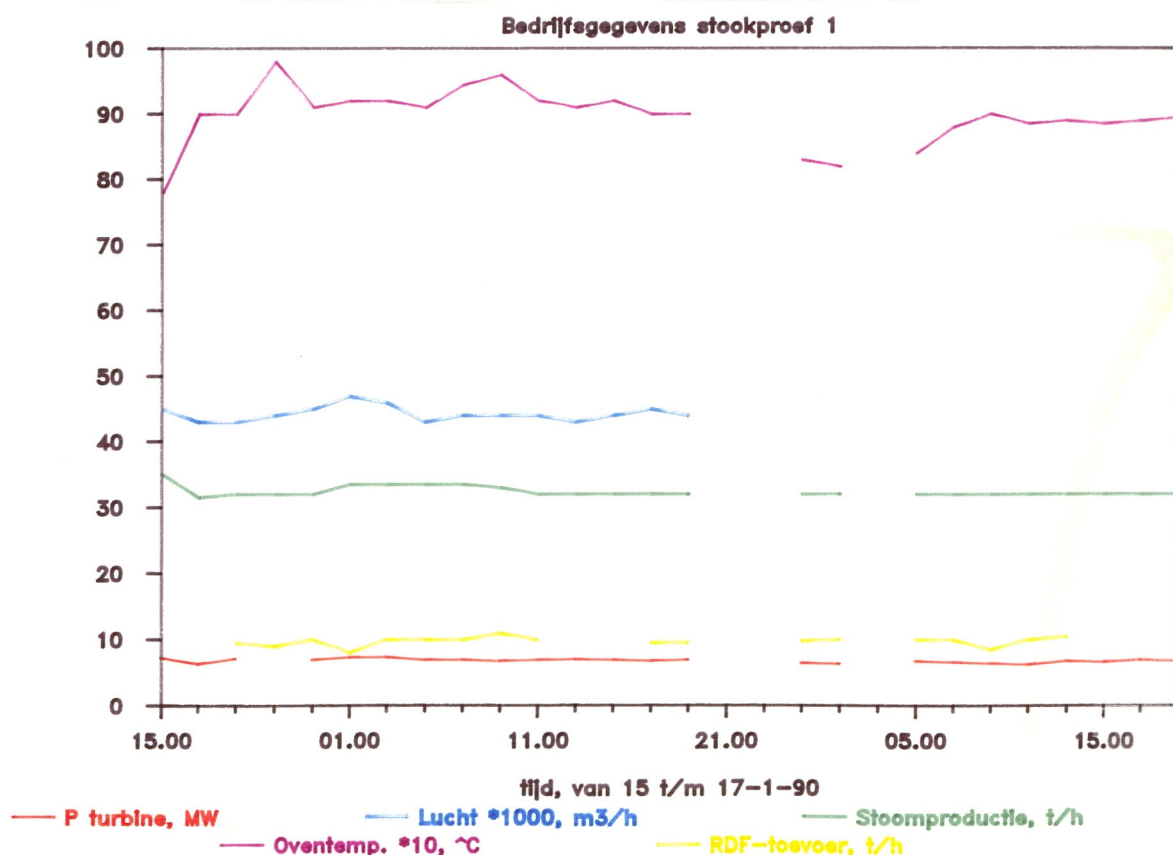
De ijzer- en ballistische fractie werd visueel beoordeeld.

5 Resultaten en discussie

5.1 Stookproeven

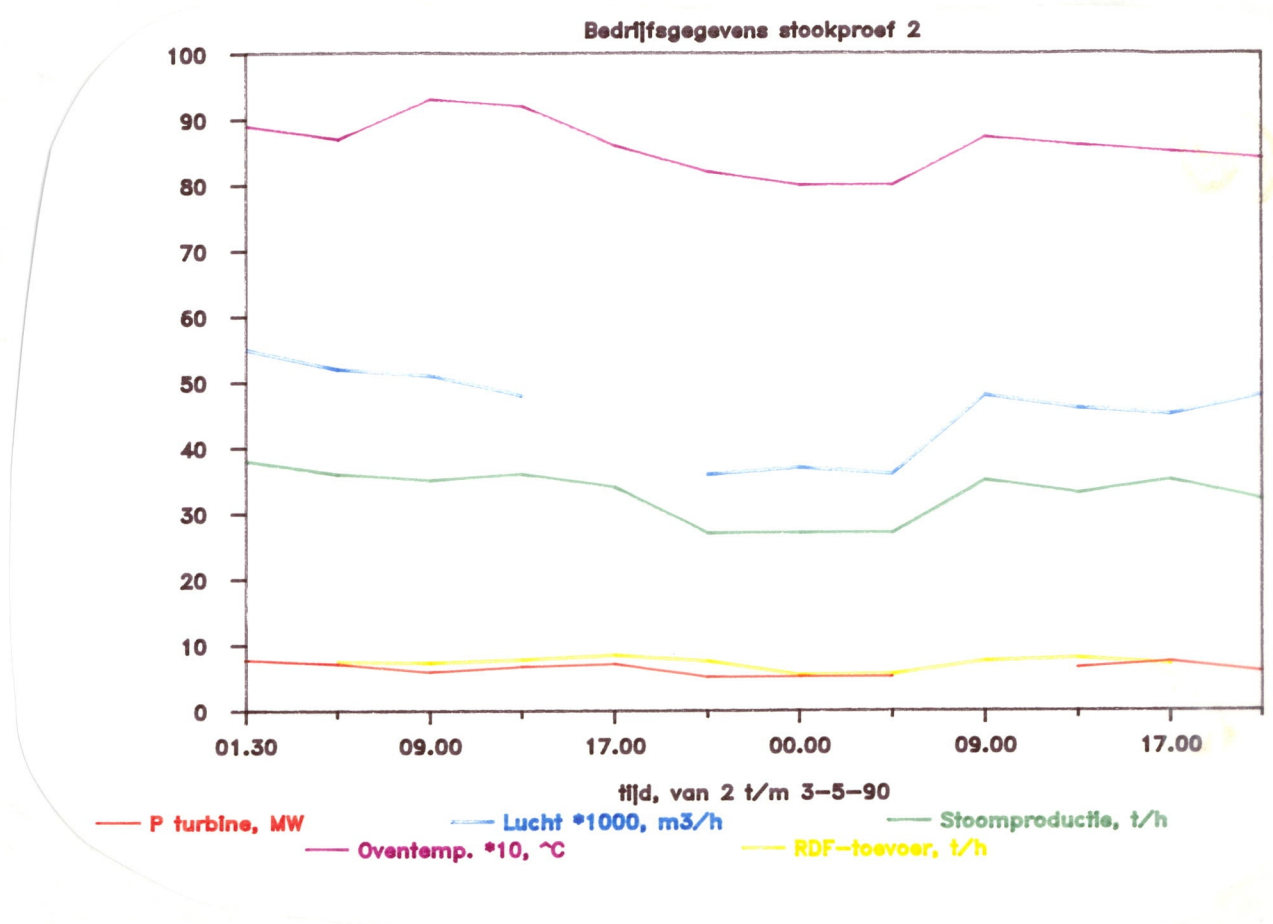
5.1.1 Procescondities tijdens stookproeven

De bedrijfsgegevens, die tijdens de stookproeven zijn genoteerd en geregistreerd zijn in de tabellen van bijlage A weergegeven. De belangrijkste gegevens daarvan, zoals verstookte hoeveelheid RDF, toegevoerde hoeveelheid verbrandingslucht, temperatuur van de oven (temperatuur gas), stoomproductie van de ketel en het vermogen van de generator zijn in de diagrammen van de figuren 12 (stookproef 1), 13 (stookproef 2) en 14 (stookproef 3) verwerkt. Deze diagrammen geven tijdens het uitvoeren van de stookproeven het verloop van deze gegevens weer. Bij de interpretatie van deze diagrammen dient rekening te worden gehouden met het feit dat de waarden van de stookproeven 1 en 2 aflezingen van de bedrijfsmeters betreffen, waarvan de vermelde tijden niet exact juist zijn. Dit, terwijl de gegevens van stookproef 3 de werkelijke momentane waarden op de vermelde tijdstippen betreffen, die bovendien nauwkeuriger kunnen zijn omdat zij elektronisch zijn geregistreerd.



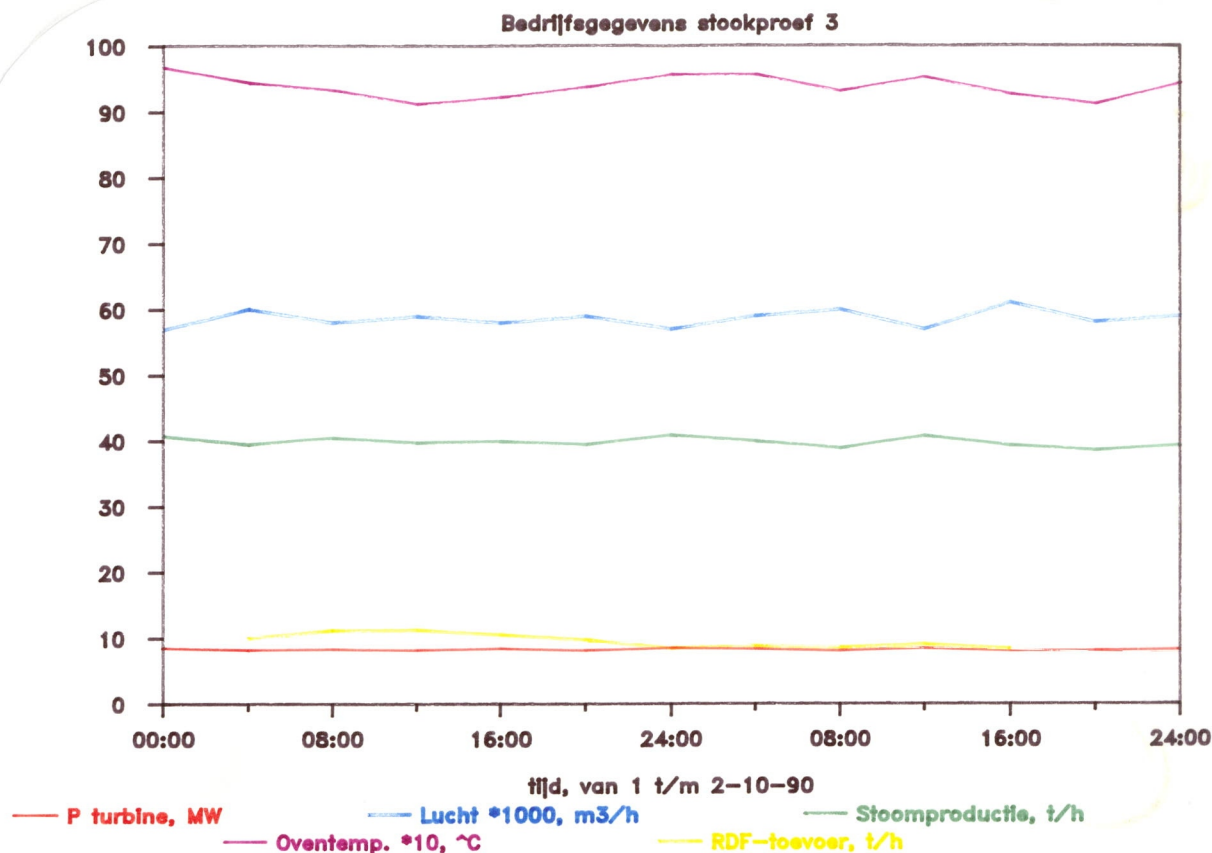
Figuur 12 Diagram bedrijfsgegevens tijdens stookproef 1

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Figuur 13 Diagram bedrijfsgegevens tijdens stookproef 2

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Figuur 14 Diagram bedrijfsgegevens tijdens stookproef 3

Het diagram van stookproef 2 geeft ten opzichte van die van de andere stookproeven een ander beeld ten gevolge van de lagere ovenbelasting gedurende de nacht van 1 op 2 mei 1990, nodig om afval te sparen. Afgezien van dit effect is de stoomproductie tijdens de stookproeven redelijk constant gebleven. De ingestelde waarden zijn verschillend en zijn vooral een gevolg van de stookwaarde van de RDF die is verbrand. Getracht is bij alle stookproeven circa 9 ton/h afval te stoken. Bij stookproef 2 is dat niet uit de figuur af te lezen, vanwege de vermelde problemen met de weeginrichting op de doseerkraan.

5.1.2 Bepalingen in rookgassen

In bijlage B zijn de resultaten van alle TNO-metingen en analyses verzameld en gespecificeerd. Op het voorblad van de bijlage is een inhoudsopgave weergegeven. In tabel 5 zijn per stookproef de belangrijkste gemiddelde waarden van de metingen in de schoorsteen samengevat en omgerekend op 11% O₂.

Tabel 5 Overzicht rookgasemissies omgerekend op 11% O₂

11% O ₂		stookproef 1 (referentie)	stookproef 2 (restfractie)	stookproef 3 (compositie)
O ₂ *	vol% droog	9.3	9.7	9.4
CO ₂ *	vol% droog	11.0	9.8	9.8
CO	mg/m ³ ind	17	24	24
C _x H _y	mg/m ³ ind	<5	<5	<5
NO _x	mg/m ³ ind	316	355	352
SO ₂	mg/m ³ ind	109	223	154

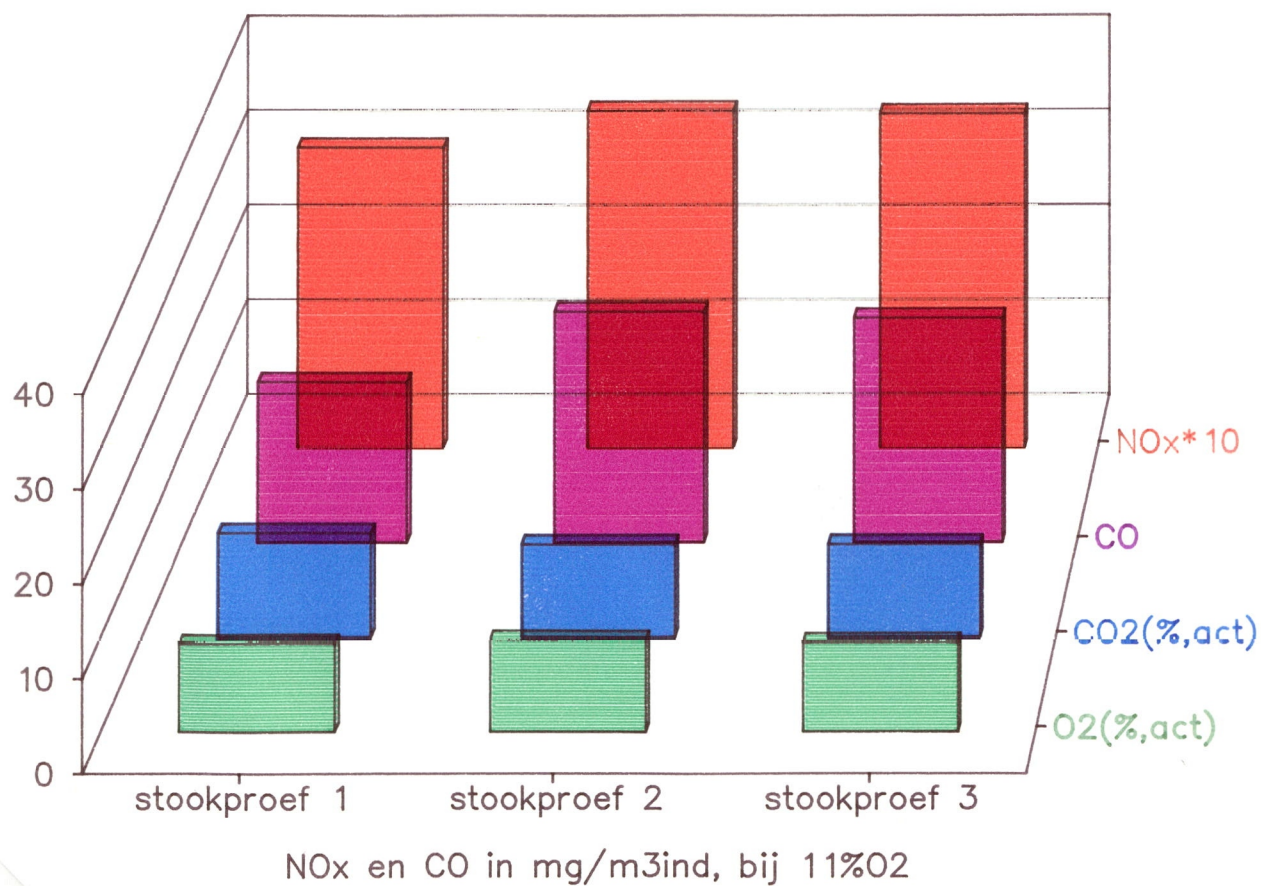
* niet omgerekend op 11% O₂

Deze getallen zijn de gemiddelde waarden van de registraties in bijlage B.2.5, die vervolgens zijn omgerekend naar 11% O₂ (behalve CO₂ en O₂).

Uit de tabel blijkt een grote mate van overeenkomst in de gemiddelde waarden tussen de diverse stookproeven. Een en ander blijkt ook uit figuur 15, waarin NO_x, CO, CO₂ en O₂ van de 3 stookproeven in een 3 dimensionaal staafdiagram zijn uitgezet. Echter bij beoordeling van de registraties van bovengenoemde componenten in de bijlagen B.2.5. blijken in het verloop van de signalen wel verschillen op te treden. Deze verschillen uiten zich in regelmatige fluctuaties in de signalen. Deze fluctuaties zijn het grootst bij stookproef 1 en het kleinst bij stookproef 3. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door de stookautomaat van de oven. De werking daarvan bleek door ingrepen in de PLC-besturing bij stookproef 3 te zijn verbeterd.

In het 3-dimensionaal diagram van figuur 15 zijn de gemiddelde waarden uit bijlage B.2.5 uitgezet.

Rookgascomponenten na natte wasser



Figuur 15 Drie-dimensionale staafdiagram van enkele schoorsteengassen

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

In tabel 6 zijn de resultaten van de metingen gepresenteerd van stof, zware metalen, halogenen en dioxinen in de rookgassen voor en na de wasser. De waarden zijn omgerekend op 11% O₂. Tevens zijn in de tabel de grenswaarden opgenomen, die in de vergunning van de installatie krachtens de afvalstoffenwet zijn vermeld.

Tabel 6 Rookgasconcentraties voor en na wasser, berekend op 11% O₂

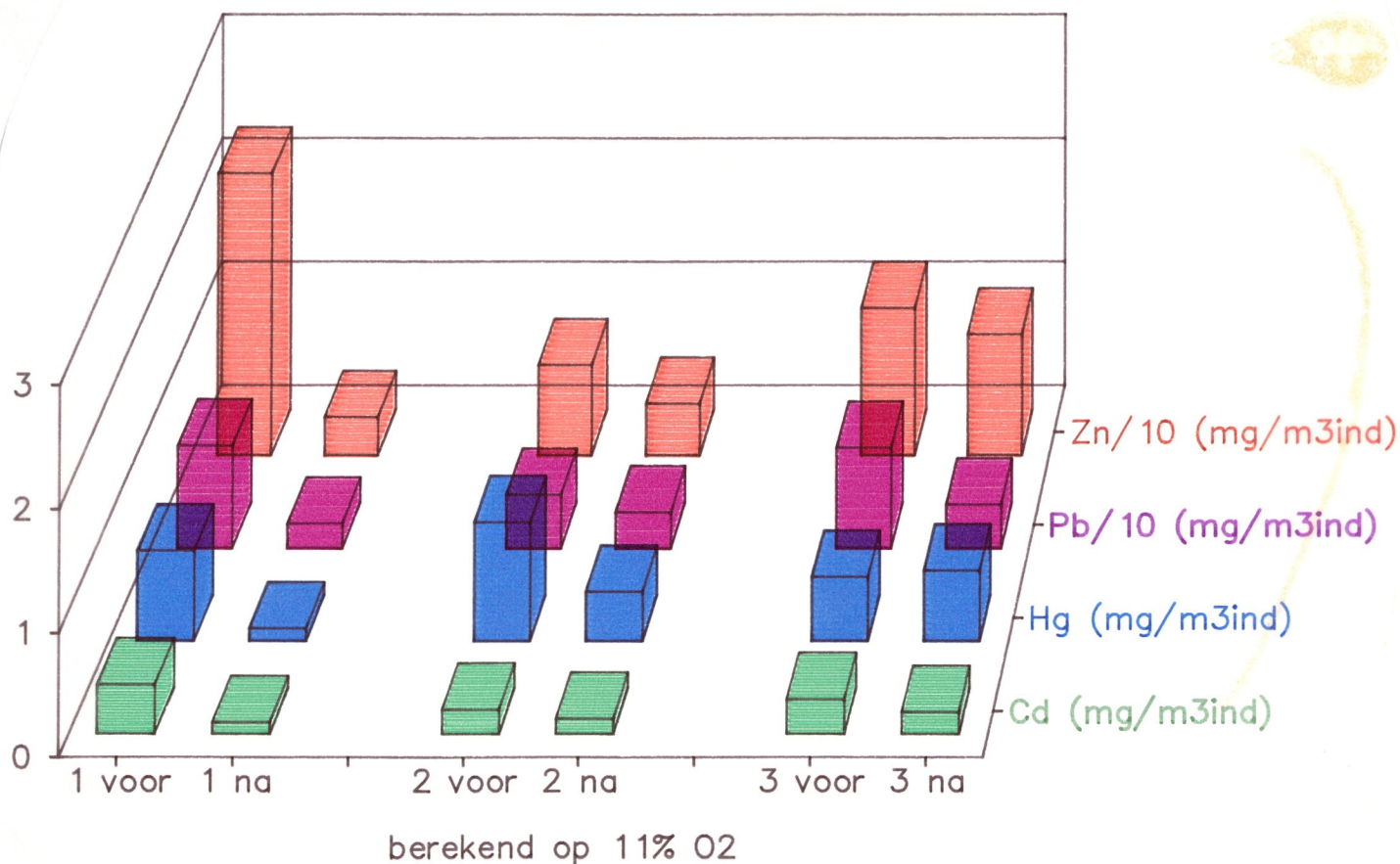
11% O ₂		Stook proef 1 (referentie)	Stook proef 2 (restfractie)	Stook proef 3 (compositie)	Vergunning
na wasser					
Stof	mg/m ³ ind	14	10	7	50
Cd	mg/m ³ ind	0.009	0.013	0.018	0.1
Pb	mg/m ³ ind	0.20	0.29	0.35	5
Zn	mg/m ³ ind	0.31	0.42	0.98	-
Hg	mg/m ³ ind	0.01	0.04	0.06	0.1
H ₂ O	g/m ³ ind	209	202	196	-
Cl ⁻	mg/m ³ ind	3.1	4.4	2.0	50
F ⁻	mg/m ³ ind	1.4	0.7	0.3	3
PCDD/F	ngTEQ/m ³ ind	5.8	2.5	4.3	-
voor wasser					
Stof	mg/m ³ ind	21	21	27	
Cd	mg/m ³ ind	0.039	0.037	0.051	
Pb	mg/m ³ ind	0.80	0.81	1.48	
Zn	mg/m ³ ind	2.20	1.36	2.17	
Hg	mg/m ³ ind	0.07	0.18	0.09	
H ₂ O	g/m ³ ind	125	138	134	
Cl ⁻	mg/m ³ ind	821	887	995	
F ⁻	mg/m ³ ind	18.0	9.0	7.8	
PCDD/F	ngTEQ/m ³ ind	5.4	-	-	
voor E-filter					
PCDD/F	ngTEQ/m ³ ind		1.9		
in ketel					
PCDD/F	ngTEQ/m ³ ind			2.7	

Uit tabel 6 blijkt dat grote verschillen in concentraties van de diverse componenten voor en na de wasser bestaan. In de figuren 16 en 17 worden deze verschillen in staafdiagrammen geaccentueerd. Na de wasser zijn de waarden steeds het laagst. Een uitzondering geldt voor H_2O , welke juist hoger in concentratie is na de wasser ten gevolge van de waswatertoevoer in de wasser, waarbij de rookgassen afkoelen en verzadigd worden.

Het dioxinegehalte in de rookgassen wordt door de wasser nauwelijks beïnvloed. De gemeten gehalten kunnen als normaal voor moderne AVI's met dergelijke rookgasreiniging worden beschouwd.

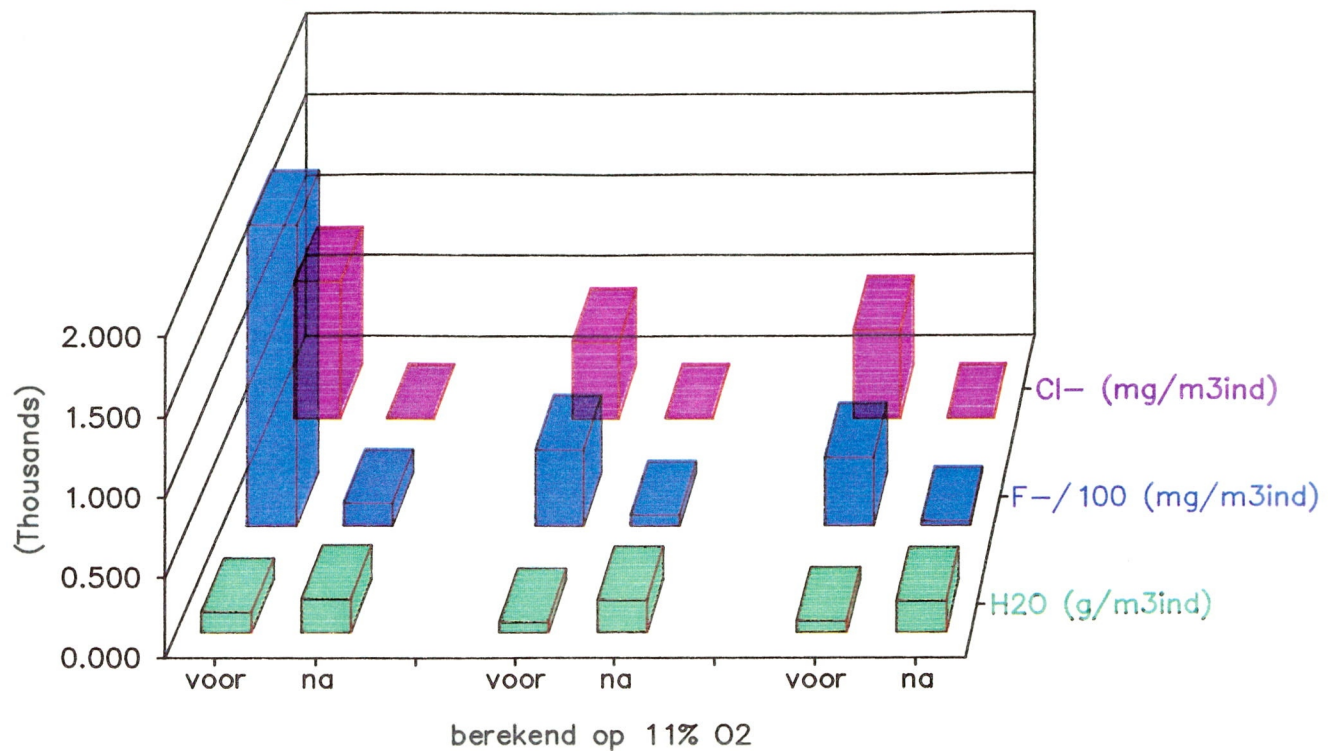
Tevens blijken verschillen in de concentraties van de metalen op te treden bij de diverse stookproeven. De schoorsteenemissies blijken bij alle stookproeven aan de huidige vergunning van de overheid te voldoen.

Zware metalen voor en na natte wasser



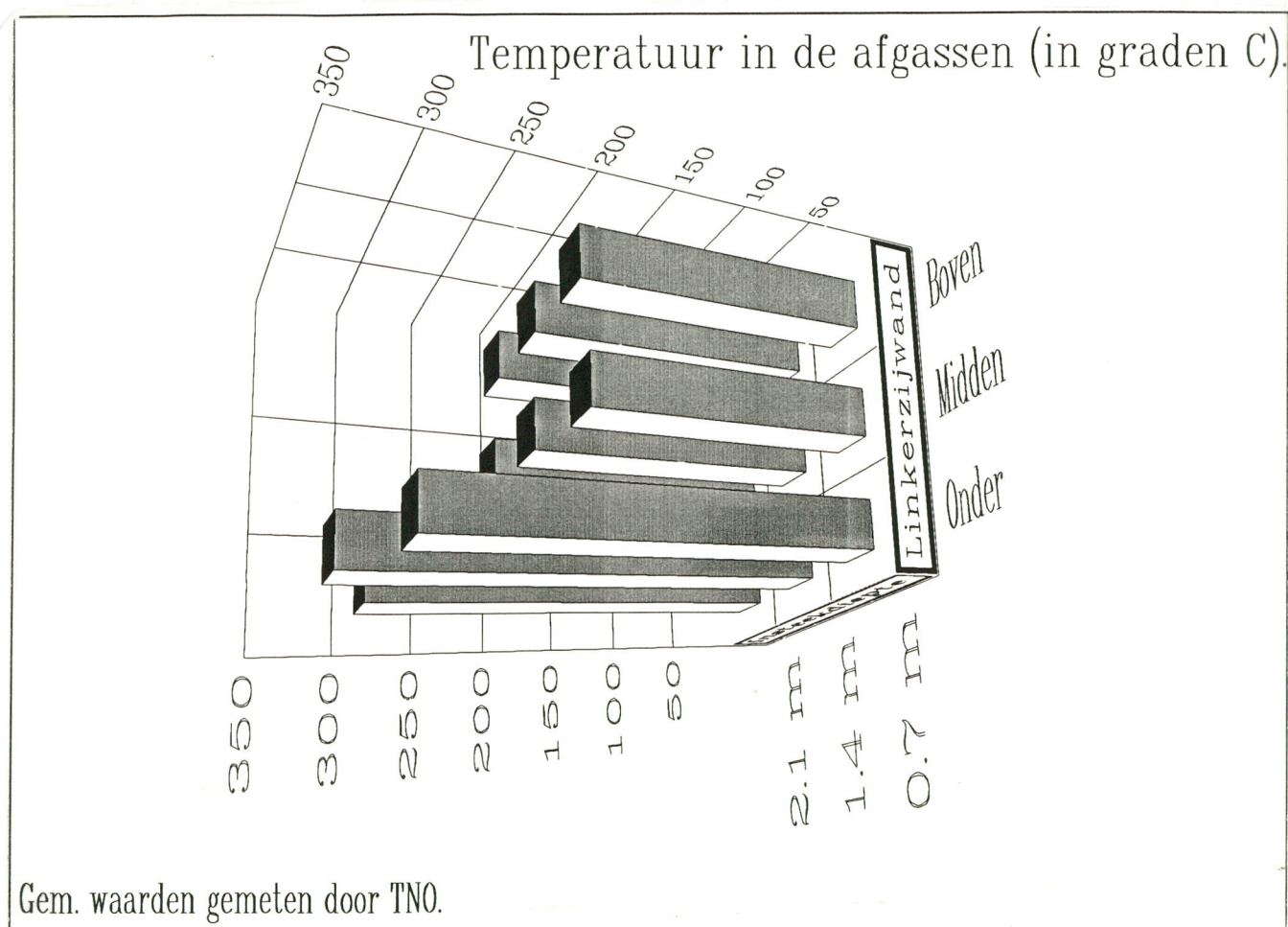
Figuur 16 Drie-dimensionale staafdiagram van de metaal concentraties in de rookgassen voor en na de wasser van de 3 stookproeven

Halogenen en water voor en na de wasser



Figuur 17 Drie-dimensionale staafdiagram van de concentratie aan halogenen en waterdamp in de rookgassen voor en na de wasser van de 3 stookproeven

In figuur 18 is het temperatuurprofiel in het rookgaskanaal aan het einde van de ketel weergegeven, zoals op 2 oktober tijdens stookproef 3 is gemeten. De figuur stelt de dwarsdoorsnede van het kanaal voor. De meetpunten zijn aangegeven met "Boven", "Midden" en "Onder" met daarbij de insteekdiepte van het thermokoppel. Iedere staaf in de figuur is een gemiddelde waarde van de temperatuur per meetpunt gedurende 15 minuten. In bijlage C.1.7 zijn de meetpunten in een dwarsdoorsnede van het kanaal schematisch weergegeven. Daaruit blijkt dat meetas "Midden" hoger dan het werkelijke midden van het kanaal ligt. Tijdens deze metingen werd door de bedrijfsmeter constant een waarde van circa 200 °C aangegeven (zie bijlage B.5.2). Met de bedrijfsmeter wordt ongeveer in het midden van het kanaal gemeten.



Figuur 18 Temperatuurprofiel van de rookgassen aan het einde van de ketel weergegeven in een driedimensionale staafdiagram

Uit figuur 18 blijkt dat de temperatuurverdeling in het rookgaskanaal ongelijk is. De temperatuur onder in het kanaal blijkt hoger te zijn dan boven in het kanaal. Er zijn piekwaarden van circa 330 °C gemeten. Naar verwachting zal ten gevolge van temperaturen in de rookgassen boven circa 200 °C de vorming van dioxinen toenemen.

5.1.3 Bepalingen in andere verbrandingsresiduen

In bijlage B.1.2 zijn per stookproef de analyseresultaten weergegeven van slak, elektrofilteras, filterkoek en effluent. De resultaten verschillen op enkele uitzonderingen na minder dan een factor 2. In de beschouwing van hoofdstuk 6 wordt hier verder op ingegaan.

In tabel 7 zijn de concentraties van enkele componenten die gemeten zijn in het effluent, vergeleken met de in de vergunning vermelde grenswaarden.

Tabel 7 Gemeten concentraties in het effluent vergeleken met de in de vergunning vermelde grenswaarden en de garantiemetingen

Effluent		stook proef 1	stook proef 2	stook proef 3	vergunning
Cd	ppm	0.17	0.04	0.07	1
Zn	ppm	4.8	0.1	0.3	5
Hg	ppm	1.2	0.9	0.74	0.05
F ⁻	ppm	11.9	11.6	12.5	50

Uit tabel 7 blijkt dat de concentraties van alle componenten behalve Hg lager zijn dan in de vermelde grenswaarden.

In tabel 8 zijn de resultaten van de bepalingen weergegeven in het effluent die tijdens de garantiemetingen in september 1987 werden uitgevoerd.

Tabel 8 Effluent, tijdens garantiemetingen op 15 en 16 september 1987

		100% belasting	75% belasting
Cd	ppm	<0.005	<0.005
Zn	ppm	0.173	0.023
Hg	ppm	<0.002	<0.002
F ⁻	ppm	3.75	5.05
pH		7.5	8.45

Bij vergelijking van de analyseresultaten in tabel 7 met die van tabel 8 valt op dat het gehalte aan Cd, Zn, Hg en F⁻ in het effluent tijdens de drie stookproeven duidelijk hoger is dan tijdens de garantiemetingen.

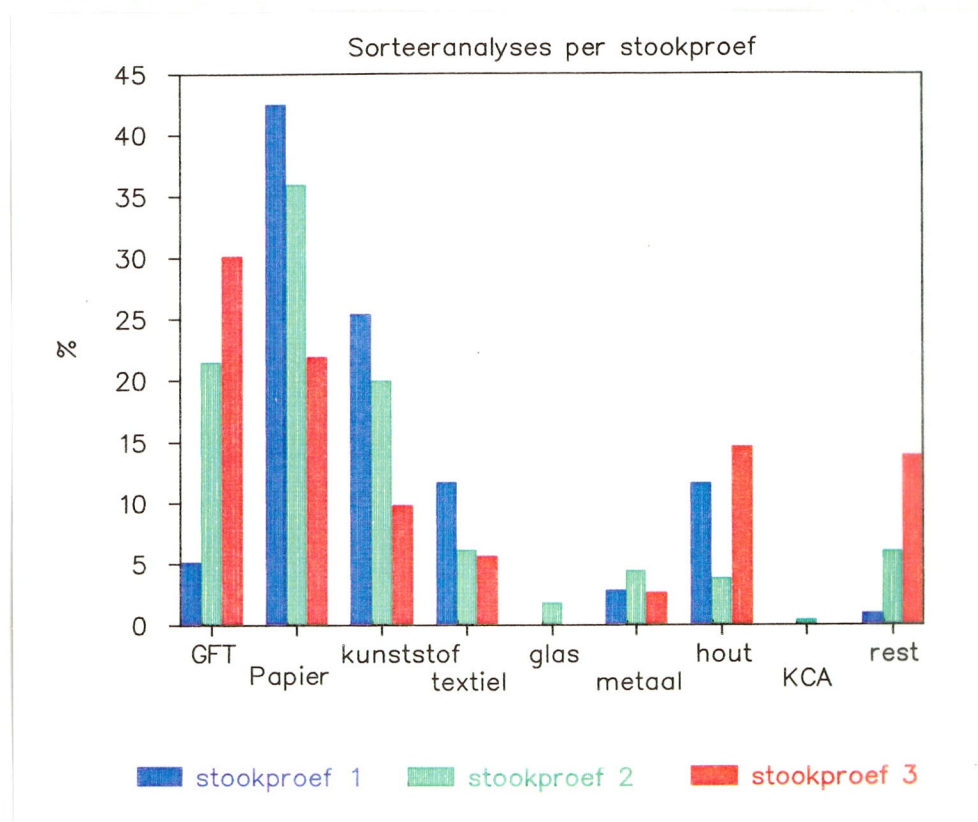
De oorzaak hiervan moet voornamelijk gezocht worden in veranderingen, die sinds die tijd aan de waterbehandelingsinstallatie hebben plaatsgevonden (andere doekfilterpers, andere chemicaliën).

5.1.4 Vuurhaardmetingen

In bijlage B zijn de resultaten van de vuurhaardmetingen in 3 dimensionale staafdiagrammen gepresenteerd. In deze diagrammen geeft iedere staaf de gemiddelde, of de maximale of de minimale waarde weer van circa een half uur meten op een bepaalde meetplaats in een horizontaal vlak in de vuurhaard. De metingen per plaats zijn dus niet tegelijkertijd uitgevoerd, zodat de lengte van de staven door schommelingen in het gehele proces kan zijn beïnvloed. Er zijn staafdiagrammen van het CO- en van het O₂-gehalte alsmede van de rookgastemperatuur. Uit de diagrammen blijkt dat plaatsen in de vuurhaard met een hoog O₂ gehalte gepaard gaan aan een lage temperatuur. Ten aanzien van het CO-gehalte kan over het algemeen worden geconcludeerd, dat deze aan grote schommelingen onderhevig is. De laagste CO-piekwaarden werden tijdens stookproef 2 geconstateerd. Vooral tijdens stookproef 1 werden enkele CO-pieken van meer dan 2000 mg/m³ind geconstateerd. Desondanks mag worden geconcludeerd, dat het gemiddeld CO gehalte in de vuurhaard over het algemeen vrij laag is. De temperatuur en het zuurstofgehalte geven tevens een redelijk goede verdeling in de vuurhaard weer. Opvallend daarbij is dat het profiel per stookproef anders is. Bijvoorbeeld; het zuurstofgehalte in de vuurhaard neemt bij stookproef 2 vanaf de bunkerzijde gezien naar links iets af, terwijl bij de derde stookproef dit juist naar rechts het geval is. Mogelijk is de verdeling van de laagdikte van de RDF over het rooster tijdens de stookproeven daarop (toevallig) van invloed geweest.

5.1.5 Bepalingen in RDF (fracties)

In bijlage B.1.3 zijn de resultaten van de analyses op de RDF, die tijdens de drie stookproeven zijn verbrand in tabelvorm weergegeven. In figuur 19 zijn in een staafdiagram deze analyseresultaten samengevat. De resultaten betreffen de sorteeraanlyse. Iedere staaf in dit diagram stelt in procenten de gevonden waarde voor.



Figuur 19 Staafdiagram van de analyse van de RDF van de drie stookproeven

Uit dit staafdiagram blijkt dat bijna alle gesorteerde fracties afkomstig van de drie stookproeven in concentratie verschillen.

In tabel 9 zijn de analyseresultaten van de stookwaarde, van het vochtgehalte en van het asgehalte weergegeven.

Tabel 9 Analyse resultaten van de RDF-monsters

		Stook proef 1	Stook proef 2	Stook proef 3
stookwaarde	MJ/kg	9.9	11.3	9.7
vochtgehalte	%	34.8	23.4	35.3
asgehalte	%	21.8	22.7	26.6

Opmerkelijk is dat de grote verschillen in samenstelling (figuur 19) nauwelijks invloed hebben op de stookwaarde afkomstig van de RDF-monsters (tabel 9), hoewel deze bij stookproef 2 het hoogst is. Het vochtgehalte is bij stookproef 2 het laagst, hetgeen min of meer in overeenstemming is met de wat hogere stookwaarde bij stookproef 2.

Het GFT-aandeel blijkt bij stookproef 3 het hoogst en bij stookproef 1 het laagst te zijn. Blijkbaar wordt door de mechanische scheiding meer GFT uit het afval gescheiden dan door gescheiden inzamelen. Bovendien is tijdens stookproef 3 de gescheiden ingezamelde GFT restfractie in wezen verdund met verkleind bedrijfsafval, grofvuil en bouw- en sloopafval.

Het papier-, kunststof- en textielaandeel blijkt bij stookproef 1 het hoogst te zijn. Dientengevolge mag ook een hoge stookwaarde worden verwacht in het afval van stookproef 1.

Het aandeel aan glas is bij stookproef 2 het hoogst. Bij het gescheiden inzamelen blijkt dus, afhankelijk van het milieubewust handelen van de burgers, het glas aandeel minder ver te worden teruggebracht dan door mechanische scheiding bij de ARN kan worden gerealiseerd.

Metalen zijn bij alle stookproeven nog aanwezig in de RDF.

Het houtaandeel blijkt bij stookproef 3 het hoogst te zijn geweest. Dit is in overeenstemming met de toegevoerde RDF afkomstig van het hout en sloopafval, dat is bijgemengd.

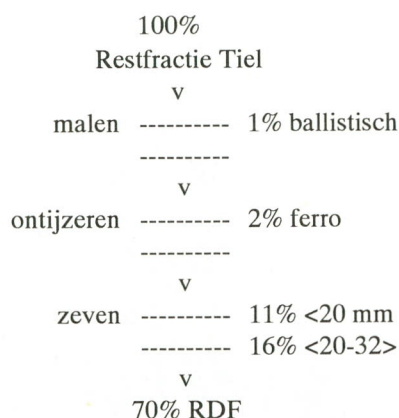
Het aandeel klein chemisch afval (KCA) is bij stookproef 2 het hoogst, hetgeen opmerkelijk is bij gescheiden inzamelen.

5.2 Scheidingsproeven

De resultaten van de scheidingsproeven zijn in tabellen weergegeven in bijlage B.8

5.2.1 Proef 1; opwerken RDF uit restfractie Tiel bij ARN

Bij scheidingsproef 1 is op 8 juli 1990 de restfractie Tiel in de scheidingsinstallatie van de ARN opgewerkt tot RDF. De resultaten van de proef zijn in figuur 20 weergegeven:



Figuur 20 Vereenvoudigd schema van de opwerking van de restfractie Tiel in de scheidingsinstallatie van de ARN

De samenstelling van de restfractie Tiel en de RDF-fractie is in tabel 10 weergegeven.

Tabel 10 Samenstelling rest- en RDF-fractie

		Restfractie	RDF
GFT	%	28.2	-
papier	%	32.5	60.3
kunststof	%	17.1	20.6
textiel	%	3.2	7.8
glas	%	2.3	-
metaal	%	6.5	2.2
hout	%	2.5	3.2
KCA	%	0.1	-
rest*	%	7.6	5.9
stookwaarde	MJ/kg	11.7	11.9
vocht	%	23.8	22.2
as	%	25.8	21.4
* rest is leder, rubber, steen enz.			

Uit tabel 10 blijkt dat ondanks een hoger papier-, kunststof- en textielaandeel de stookwaarde van de RDF nauwelijks is toegenomen en het asgehalte nauwelijks is afgenomen. Desondanks is het goed mogelijk dat de verbrandingseigenschappen anders zijn. Dit bleek onder meer toen de RDF werd verbrand na afloop van de stookproef. Het materiaal bleek snel te ontsteken en zeer fel te verbranden op het eerste rooster.

De afgescheiden fracties zijn visueel beoordeeld;

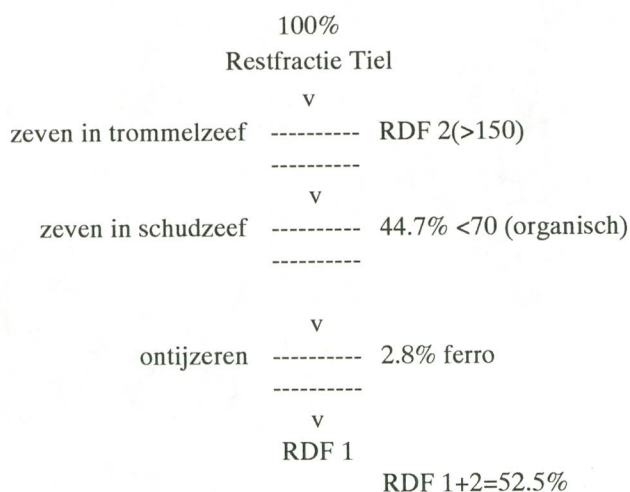
- De ballistische fractie bestaat voornamelijk uit textiel en rubber met wat papier.
- De ijzerfractie bestaat uit ferro met circa 10% aanhangende materialen.
- De “20-32 mm” fractie bestaat voornamelijk uit organisch materiaal.
- De “<20 mm” fractie (inert fractie) bevat circa 50% glas en steen en circa 50% organisch materiaal

Hieruit blijkt dat de afgescheiden fracties wel degelijk brandbaar materiaal bevatten. Dit kan verklaren waarom de stookwaarde van de RDF nauwelijks anders is dan die van het oorspronkelijke materiaal (GFT-restfractie).

Bovendien is het totaal aan restfracties slechts circa 30% van het oorspronkelijke materiaal.

5.2.2 Proef 2a; RDF uit restfractie Tiel bij VAGRON

Bij de VAGRON werd op 26 juli 1990, 75 ton GFT-restfractie Tiel opgewerkt tot RDF. De resultaten hiervan zijn schematisch weergegeven in figuur 21.



Figuur 21 Vereenvoudigd schema van de opwerking van de restfracties Tiel bij de VAGRON

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

De getallen in figuur 21 geven aan dat bij de VAGRON geproduceerde RDF uit gescheiden ingezameld afval circa 52.5% RDF oplevert. Terwijl circa 45% (voorlopig) voor hergebruik (compost, ijzer) kan worden aangewend.

Aan de rest- en GFT-fracties zijn handsorteeranalyses uitgevoerd. In tabel 11 zijn de resultaten daarvan weergegeven.

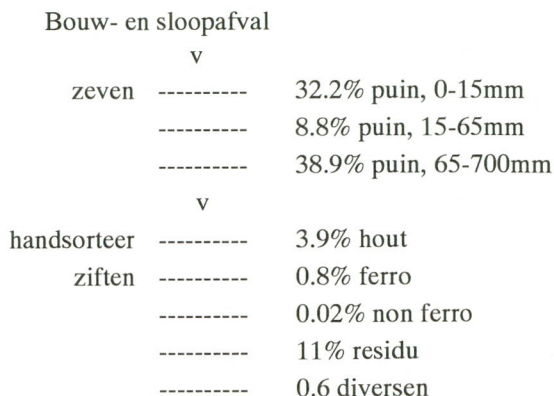
Tabel 11 Handsorteeranalyses Restfracties Tiel en bij VAGRON opgewerkte RDF

		Restfractie	RDF
GFT	%	36.9	-
papier	%	24.2	49.6
kunststof	%	13.8	17
textiel	%	3.1	12.6
glas	%	2.8	-
metaal	%	4.8	8.4
hout	%	3.5	3.3
KCA	%	0.6	-
rest	%	10.1	9.2
stookwaarde	MJ/kg	9.5	10
vocht	%	25.9	21.1
as	%	36.9	17.6

Uit de tabel blijkt dat ondanks een hoger papier-, kunststof- en textielaandeel en een sterke afname van het asgehalte de stookwaarde van de RDF nauwelijks is toegenomen.

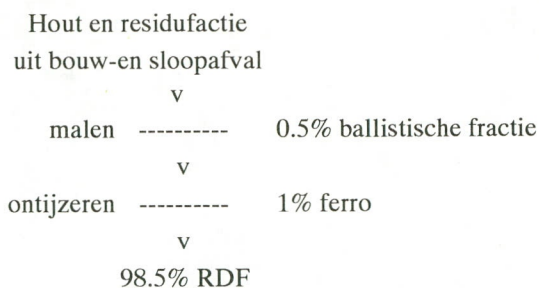
5.2.3 Proef 2b; RDF uit bouw en sloopafval

In figuur 22 zijn schematisch de reststromen van de scheidingsproef met bouw- en sloopafval van de sorteerinstallatie van Recycling Zwolle weergegeven.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen


Figuur 22 Vereenvoudigd schema van opwerking van BSA bij Recycling Zwolle

De hout- en residufractie vormen het brandbaar gedeelte uit deze bewerking. De residufractie bevat papier, karton, kunststoffen, textiel enz. In de gewichtsverhouding 11% residu en 3.9% hout is op 20 juli 1990 circa 25 ton bij de ARN gemalen in de hamermolen. In figuur 23 zijn in een vereenvoudigd schema procentueel de massastromen tijdens de proef weergegeven.



Figuur 23 Vereenvoudigd schema RDF uit bouw- en sloopafval bij de ARN

Uit de figuren 22 en 23 blijkt, dat uit bouw- en sloopafval circa 14% RDF kan worden opgewerkt, terwijl de rest voor een groot deel kan worden hergebruikt (puin, ijzer, non-ferro).

In tabel 12 zijn de sorteeranalyses weergegeven van de RDF die uit het bouw- en sloopafval werden verkregen.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

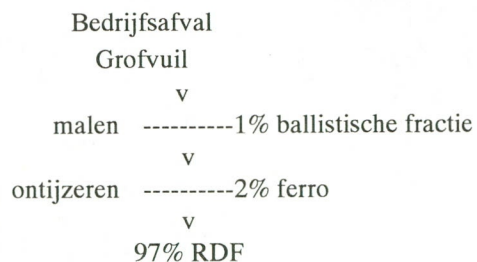
Tabel 12 Sorteeranalyses van de uit bouw- en sloopafval opgewerkte RDF

RDF		
GFT	%	
papier	%	2.9
kunststof	%	3
textiel	%	12.6
glas	%	
metaal	%	0.4
hout	%	82.1
KCA	%	
rest	%	11.6
stookwaarde	MJ/kg	15.5
vocht	%	12.5
as	%	12.7

Uit de tabel blijkt dat de RDF afkomstig van bouw- en sloopafval droog is en een hoge stookwaarde en een laag asgehalte heeft.

5.2.4 Proef 2c; RDF uit bedrijfsafval en grofvuil

Tijdens scheidingsproef 2c werd een partij van 27.4 ton bedrijfsafval en grofvuil bij de ARN gemalen en ontijzerd. In figuur 24 zijn procentueel de massastromen weergegeven van de uitgevoerde scheidingsproef.



Figuur 24 Vereenvoudigd schema RDF uit bedrijfsafval en grofvuil bij de ARN

In tabel 13 zijn de sorteeranalyses weergegeven van de RDF die uit het bedrijfsafval en grofvuil werd verkregen.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Tabel 13 Sorteeranalyses van de uit bedrijfsafval en grofvuil opgewerkte RDF

RDF		
GFT	%	
papier	%	82.6
kunststof	%	9
textiel	%	4.3
glas	%	
metaal	%	0.3
hout	%	1.9
KCA	%	
rest	%	1.9
stookwaarde	MJ/kg	7.4
vocht	%	30
as	%	37.8

Uit tabel 13 blijkt dat de opgewerkte RDF uit bedrijfsafval en grofvuil, voornamelijk uit papier met wat textiel bestaat. De stookwaarde van de bij deze proef verkregen RDF was laag, maar correspondeert met het hoge as- en vochtgehalte.

5.2.5 Proef 3; Restfracties ARN en VAGRON

In tabel 14 zijn de sorteeranalyses op de restfracties van de scheidingsinstallatie van de VAGRON weergegeven alsmede de daarbij opgewerkte restfractie Tiel.

Tabel 14 Sorteeranalyses op de restfracties afkomstig van VAGRON

		VAGRON RDF > 150	VAGRON RDF <70-150>	Restfractie Tiel
GFT	%	19.4	28.2	29.6
papier	%	34.3	41.4	28.1
kunststof	%	25.7	10.7	18.3
textiel	%	3.8	4.1	2.6
glas	%	0.9	2.6	3.8
metaal	%	5	3.8	4.1
hout	%	2.7	3.4	5.2
rest	%	8.1	5.8	7.3

Uit tabel 14 blijkt dat vooral het percentage kunststof in de RDF grof (>150 mm) hoog is.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

In tabel 15 zijn de sorteeranalyses op de restfracties van de scheidingsinstallatie van de ARN weergegeven; inert en organisch.

Tabel 15 Sorteeranalyses op de restfracties uit de ARN

		ARN inert <20	ARN organisch <20-32>
GFT	%	28.4	54.3
papier	%	8.1	19.6
kunststof	%	10.5	5.8
textiel	%	0.9	4.9
glas	%	4.5	
metaal	%	5.0	12.9
hout	%	29.8	4
rest	%	12.8	2.5

Uit tabel 15 blijkt dat het inert (<20 mm) voornamelijk uit zand en GFT bestaat alsmede wat kunststoffen en hout. De organische fractie bestaat grotendeels uit GFT. Het aandeel steen en papier is nog vrij groot.

6 Beschouwing

6.1 Milieu-aspecten

6.1.1 Algemeen

In tabel 16 zijn de emissies per ton RDF via schoorsteen en effluent van de verbrandingsinstallatie bij de verschillende stookproeven weergegeven.

Tabel 16 Emissies via schoorsteen en effluent bij verschillende stookproeven

Emissies in kg/ton	Stook proef 1	Stook proef 2	Stook proef 3
Schoorsteen			
CO ₂	1247	1295	1146
O ₂	767	936	802
N ₂	5754	6756	6010
CO	0.10	0.17	0.15
C _x H _y	0.01	0.03	0.03
NO _x	1.9	2.5	2.2
H ₂ O	1288	1397	1229
Cl ⁻	0.02	0.03	0.01
F ⁻	0.008	0.005	0.002
SO ₂	0.7	1.7	1.0
Effluent			
Cl ⁻	3.6	6.4	5.5
F ⁻	0.007	0.009	0.008

Uit tabel 16 blijkt dat de daarin vermelde emissies in kg/ton, afkomstig van verbranding van afval en onder omstandigheden, zoals deze bij de drie stookproeven hebben plaatsgevonden voor de meeste componenten minder dan factor 2 van elkaar verschillen. De emissies van de componenten als Cl⁻, F⁻, en SO₂ worden beïnvloed door de werking van de rookgasreinigingsinstallatie, zodat deze getallen minder geschikt zijn om een relatie te leggen met de RDF-input. De emissies van dioxinen en zware metalen worden in de hoofdstukken 6.1.1.2 en 6.1.1.3 besproken.

6.1.2 Dioxinen

In het algemeen vindt de vorming van dioxinen bij AVI's (aanwezigheid van chloor en katalysator als Cu) grotendeels plaats in het temperatuursgebied van de rookgassen tussen 400 en 200 °C. Ook bij de ARN komen deze temperaturen aan het einde van de ketel en in het elektrofilter voor. Zie figuur 18 hoofdstuk 5.1.2. In tabel 17 zijn per stookproef de hoeveelheden dioxinen (TEQ) in µg/ton RDF weergegeven, die in een aantal verbrandingsresiduen zijn gemeten. Tevens zijn in deze tabel de gemiddelde temperaturen opgenomen, die zijn gemeten in het rookgaskanaal na het elektrofilter.

Tabel 17 Hoeveelheden dioxinen per ton RDF in verbrandingsresiduen bij de drie stookproeven

µg TEQ/ton RDF	Stook proef 1 (referentie)	Stook proef 2 (restfractie)	Stook proef 3 (compositie)
Schoorsteen	37.5	17.5	30.3
Filterkoek	0.5	0.1	0.6
E-as	57	55	228
Slak	-	-	<3.5
Effluent	-	-	-
Totaal gevormd	95	73	259
Temp. na E-filter	211	212	229

Uit tabel 17 blijkt dat de grootste hoeveelheden dioxinen ("totaal gevormd") gevormd zijn tijdens stookproef 3 en de kleinste hoeveelheden tijdens stookproef 2. Mogelijk kunnen de grotere hoeveelheden dioxinen die in het E-filteras van stookproef 3 zijn ontstaan, worden veroorzaakt door de hogere temperatuur in het E-filter. Ook de samenstelling van de RDF kan een rol hebben gespeeld. In bijlage B.1.3, blijkt dat het aandeel hout tijdens stookproef 3 erg hoog is geweest. Vooral geïmpregneerd hout (pentachloorfenol) kan aanleiding geven tot de vorming van dioxinen in het verbrandingsproces.

In filterkoek en slak zijn nauwelijks dioxinen aangetroffen. In de slak was dit te verwachten omdat de dioxinen pas in de rookgassen ontstaan. In de filterkoek is dit te verwachten, omdat door de natte wasser nauwelijks dioxinen uit de rookgassen worden verwijderd [2]. Dientengevolge zal het waswater en de daaruit opgewerkte filterkoek nauwelijks dioxinen bevatten.

Om na te gaan waar de dioxinen in de installatie ontstaan werden behalve in de schoorsteen ook op drie andere plaatsen in het proces dioxine-metingen in de rookgassen uitgevoerd. Tijdens stookproef 1 werd direct voor de natte wasser (dus na het E-filter) gemeten, tijdens stookproef 2 voor het E-filter en tijdens stookproef 3 in de ketel bij een rookgastemperatuur van 500 °C.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

In tabel 18 zijn de meetresultaten weergegeven in concentraties in de actuele situatie en omgerekend naar 11% O₂.

Tabel 18 Vergelijk dioxine-concentraties op verschillende lokaties in de installatie

Dioxinen		Stook proef 1 (referentie)	Stook proef 2 (restfractie)	Stook proef 3 (compositie)
In E-as	µgTEQ/ton RDF 57		55	228
<i>In rookgassen</i>				
Schoorsteen	ngTEQ/m ³ ind	6.9	2.6	5.1
Voor water	ngTEQ/m ³ ind	6.5	-	-
Voor E-filter	ngTEQ/m ³ ind	-	2.0	-
In ketel	ngTEQ/m ³ ind	-	-	2.8
<i>In rookgassen bij 11% O₂</i>				
Schoorsteen	ngTEQ/m ³ ind	5.8	2.3	4.3
Voor water	ngTEQ/m ³ ind	5.4	-	-
Voor E-filter	ngTEQ/m ³ ind	-	1.8	-
In ketel	ngTEQ/m ³ ind	-	-	2.4

Uit tabel 18 blijkt dat tijdens stookproef 1 voor de water iets minder dioxinen zijn gevonden dan na de water. De verschillen moeten als niet significant worden beschouwd. De invloed van de water op de aanwezigheid van dioxinen (TEQ) in rookgassen is te verwaarlozen. Deze waarnemingen komen overeen met resultaten uit vroegere waarnemingen [3]. Bij stookproef 2 zijn de verschillen voor het E-filter en in de schoorsteen eveneens zeer klein.

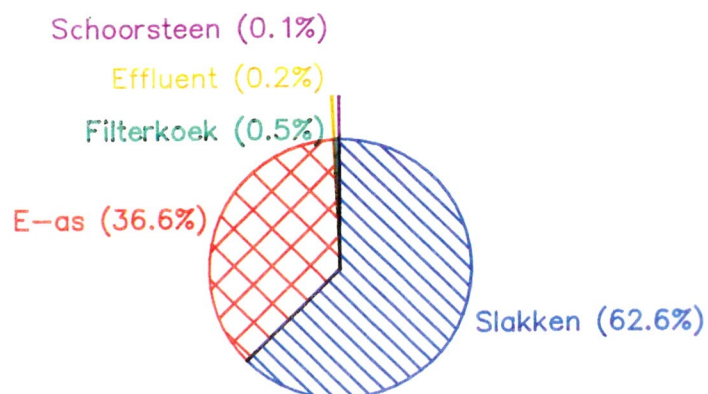
Blijkbaar zijn tijdens stookproef 2 nauwelijks dioxinen in het E-filter gevormd. De temperatuur van het filter is bij deze stookproef dus voldoende laag (212 °C) geweest. Bij stookproef 3 is er wel verschil in de concentraties aan dioxinen in de ketel en in de schoorsteen. Blijkbaar zijn tijdens stookproef 3 wel dioxinen gevormd, het meest waarschijnlijk in het E-filter. Opvallend is dat zich in de ketel al 2.8 ng/m³ind dioxinen (TEQ) in de rookgassen bevinden. Deze hebben zich dus gevormd in de vuurhaard en het eerste deel van de ketel of zijn niet afgebroken. De samenstelling van de RDF kan hier ook van invloed zijn geweest, zoals in het voorgaande is betoogd.

6.1.3 Zware metalen

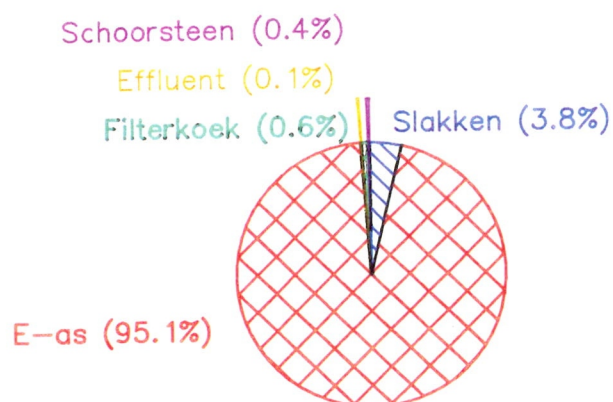
Bij verbranding zullen de in de RDF aanwezige metalen in een of andere vorm het proces verlaten. Via welke uitgaande stroom dit zal plaatsvinden hangt af o.m van de fysische eigenschappen van de gevormde verbinding en de temperatuur van de verbinding. Deze uitgaande stromen (verbrandingsresiduen) zijn slak, ketelas en elektrofilteras, effluent, filterkoek en rookgassen via de schoorsteen.

Van al deze verbrandingsresiduen zijn bij de drie uitgevoerde stookproeven monsters genomen en op de metalen Cd, Pb, Zn en Hg geanalyseerd (dus niet op de metaalverbindingen). Uit de analyseresultaten en enkele bedrijfsgegevens zijn per verbrandingsresidu de massastroom in kg/h van elk van deze metalen te berekenen. In de figuren 25, 26, 27 en 28 zijn van respectievelijk Cd, Pb, Zn en Hg in een taartdiagram aangegeven via welke verbrandingsresiduen de genoemde metalen het verbrandingsproces verlaten.

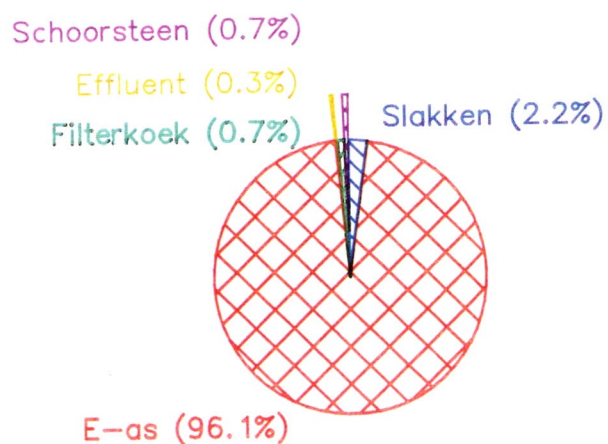
Verdeling Cd over massastromen stookproef 1



stookproef 2

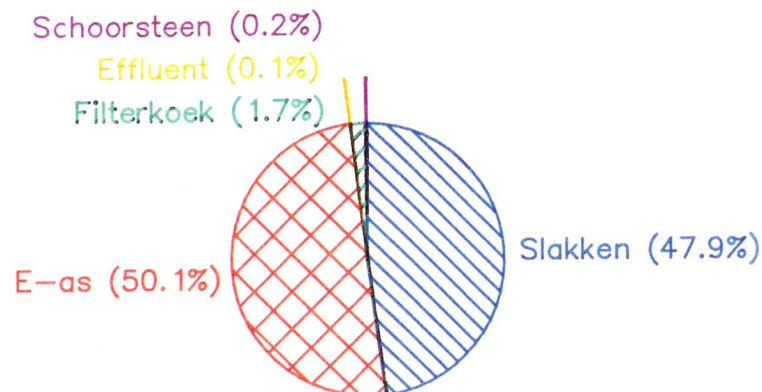


stookproef 3

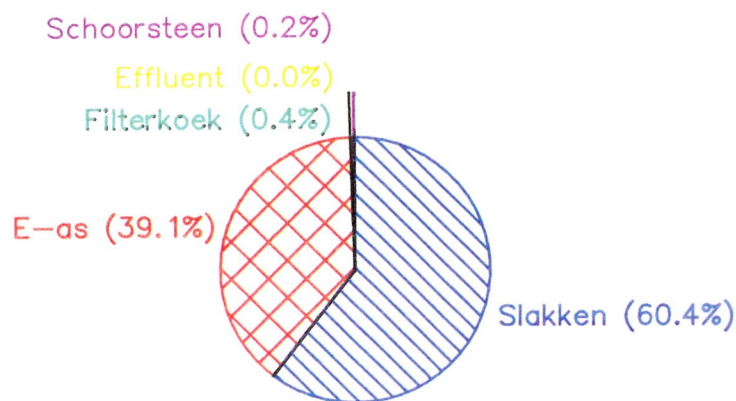


Figuur 25 Verdeling van Cd over diverse verbrandingsresiduen

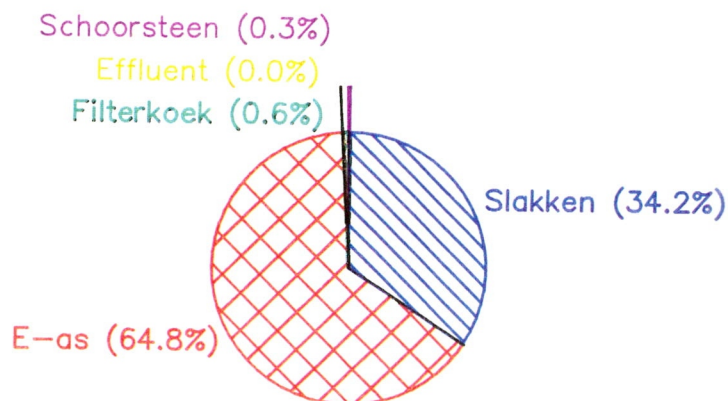
Verdeling Pb over massastromen stookproef 1



stookproef 2

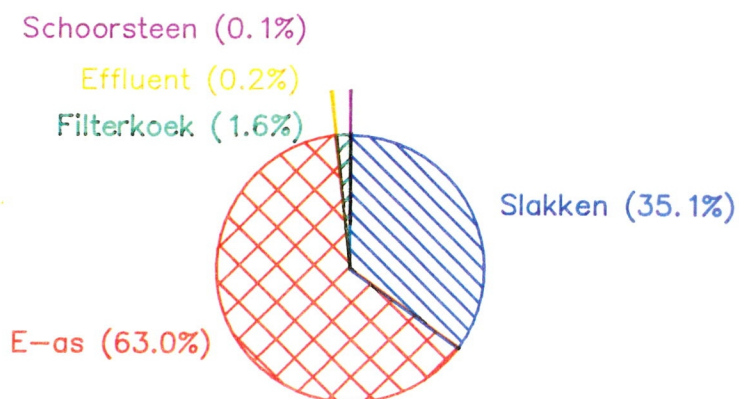


stookproef 3

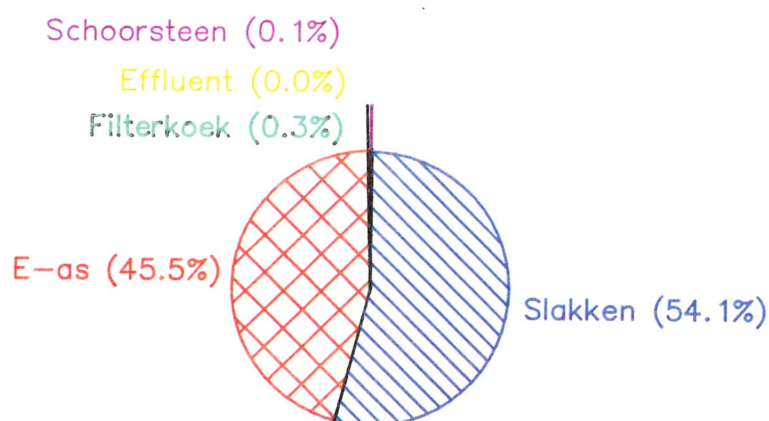


Figuur 26 Verdeling van Pb over diverse verbrandingsresiduen

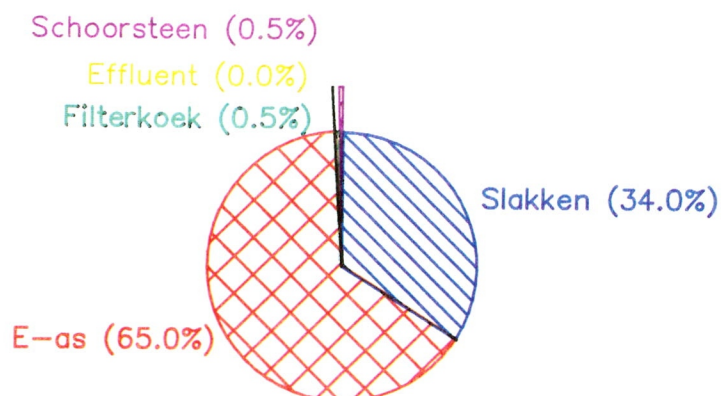
Verdeling Zn over massastromen stookproef 1



stookproef 2



stookproef 3

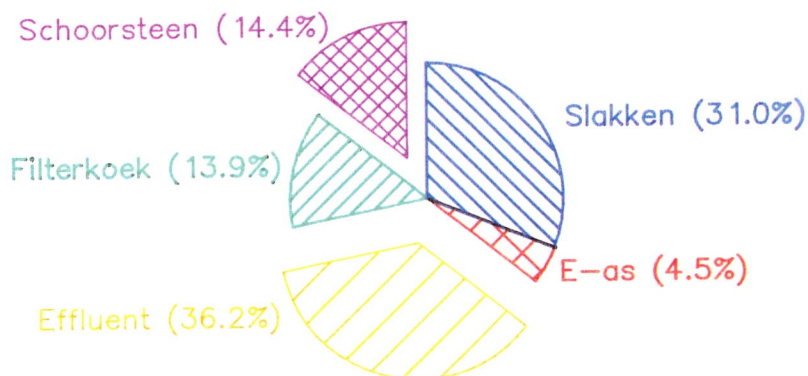


Figuur 27 Verdeling van Zn over diverse verbrandingsresiduen

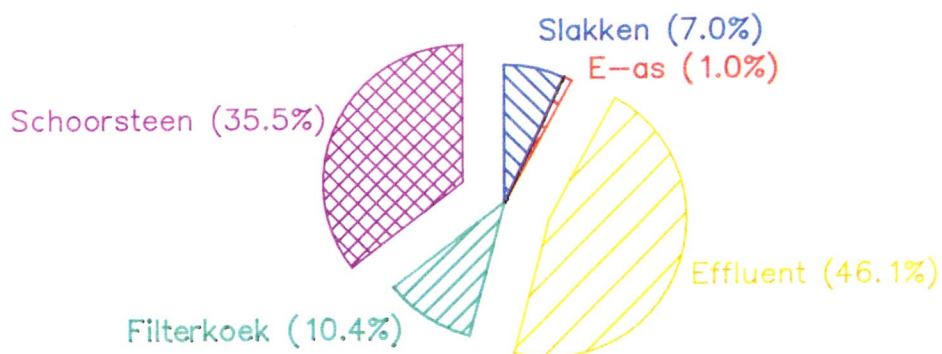
Verdeling Hg over massastromen stookproef 1



stookproef 2



stookproef 3



Figuur 28 Verdeling van Hg over diverse verbrandingsresiduen

Uit de taartdiagrammen van figuur 25 blijkt dat bij de stookproeven 2 en 3 het grootste deel van het cadmium in het elektrofilteras achterblijft. Bij stookproef 1 blijkt cadmium echter grootendeels in de slak aanwezig te zijn. Uit de taartdiagrammen van de figuur 26 en 27 blijken lood en zink bij verbranding voornamelijk in de slak en het elektrofilteras achter te blijven. Voor het vluchtige metaal kwik blijkt volgens figuur 28 een heel ander beeld. Kwik wordt in alle verbrandingsresiduen terug gevonden. Het effluent bevat echter bij alle stookproeven de meeste kwik. Bij stookproef 2 (restfractie) blijkt ook de slak veel Hg te bevatten. Mogelijk houdt dit verband met de samenstelling van de RDF.

In tabel 19 zijn de gegevens van Cd, Pb, Zn, en Hg in kg/h weergegeven.

Tevens zijn gegeven de totale hoeveelheden Cd, Pb, Zn en Hg (som totaal), die worden geëmitteerd. Daarnaast zijn in de tabel de gemeten hoeveelheden uit het effluent, filterkoek en schoorsteen gesommeerd. Deze som behoort gelijk te zijn aan de hoeveelheden gemeten in de rookgassen voor de wasser. Tevens zijn in tabel 19 de som van de metalen in het rookgas voor de wasser, de slak en de E-filteras weergegeven.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Tabel 19 Verdeling van de zware metalen over uitgaande massastomen

	Cadmium	(kg/ton) Lood	Zink	Kwik
Stookproef 1 (referentie)				
slakken	0.036	0.26	0.48	0.00013
E-as	0.021	0.28	0.86	0.00005
effluent	0.00010	0.00074	0.0029	0.00074
filterkoek	0.00027	0.010	0.022	0.00023
schoorsteen	0.00006	0.0012	0.0019	0.00006
som totaal	0.057	0.55	1.4	0.0012
som effl,fkoek, schsteen	0.0004	0.011	0.026	0.0010
rookgas	0.0002	0.0049	0.014	0.00043
som rookg, slak, Efilter	0.057	0.55	1.3	0.00062
Stookproef 2 (restfractie)				
slakken	0.0089	0.80	1.4	0.00059
E-as	0.022	0.52	1.2	0.00009
effluent	0.00003	0.00002	0.00008	0.00069
filterkoek	0.00015	0.0049	0.0080	0.00027
schoorsteen	0.00009	0.0020	0.00029	0.00028
som totaal	0.024	1.3	2.6	0.0019
som effl,fkoek, schsteen	0.00027	0.0069	0.011	0.0012
rookgas	0.00026	0.0056	0.0094	0.0012
som rookg, slak, Efilter	0.024	1.3	2.6	0.0019
Stookproef 3 (compositie)				
slakken	0.00035	0.22	0.42	0.00007
E-as	0.015	0.42	0.80	0.00001
filterkoek	0.00004	0.00013	0.00019	0.00046
effluent	0.00012	0.0039	0.0064	0.00010
schoorsteen	0.00011	0.0022	0.0061	0.00036
som totaal	0.016	0.22	0.41	0.00007
som effl,fkoek, schsteen	0.000027	0.42	0.80	0.00001
rookgas	0.00024	0.0051	0.014	0.00045
som rookg, slak, Efilter	0.016	0.65	1.2	0.00053

Uit tabel 19 blijkt:

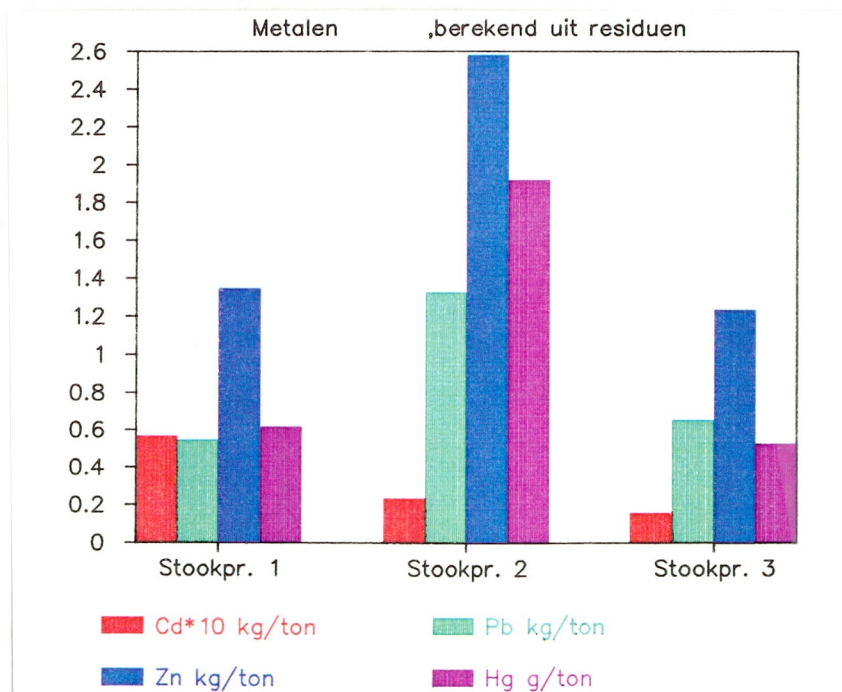
- Bij de stookproeven varieert de totale hoeveelheid geëmitteerde metalen cadmium, lood, zink en kwik ("som totaal") binnen een factor 2. Dit geldt ook indien het Cd aandeel zoals bepaald in de slak van stookproef 1 als een uitbijter wordt beschouwd.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

- Bij stookproef 2 en 3 blijken de massabalansen (som effluent, filterkoek, schoorsteen = rookgas) nagenoeg sluitend te zijn met uitzondering van die voor kwik bij stookproef 3. Bij stookproef 1 wordt echter steeds circa tweemaal zoveel metalen in de som van effluent, filterkoek en schoorsteen gevonden dan in het rookgas.

Van invloed hierop kan zijn het vrij grote aandeel van de filterkoek bij de metalen Cd, Pb en Zn. Vergeleken met de andere stookproeven is bij stookproef 1 veel filterkoek geproduceerd. (23 ton/h vergeleken met 18 en 12 ton per uur bij respectievelijk stookproef 2 en 3). Gezien de toegepaste monsternamestrategie bij een sterk wisselend proces als van een AVI moeten de resultaten van de massabalansen als goed sluitend worden beschouwd. Zie hiervoor de verschillen in metaalconcentraties van de rookgasmonsters (bijlage B.2.2) en de monsternamestrategie van effluent en E-as (bijlage C.1)

In figuur 30 is in een staafdiagram de hoeveelheden metalen Cd, Pb, Zn en Hg per ton verbrande RDF weergegeven van de verschillende stookproeven. Bij de berekening is uitgegaan van 7.8 ton RDF per uur tijdens stookproef 2. Tevens is als totaal aan metalen uitgegaan van de som in slak, E-as en rookgas voor de wasser, zoals in tabel 19 is aangegeven.



Figuur 30 Metalen per ton RDF, berekend uit som verbrandingsresiduen

Uit de staafdiagram van figuur 30 blijkt dat:

- De emissie aan cadmium per ton RDF het hoogst is bij stookproef 1. Er is veel cadmium in de slak gevonden. Zie tabel 18.
- Bij stookproef 2 de emissies aan Pb, Zn en Hg het hoogst zijn.

De tendens van een hoger metaalgehalte in de RDF kan mogelijk verklaard worden door het feit dat bij stookproef 2 de trommelzeef niet is gebruikt. Het lijkt zinvol dit effect verder te onderzoeken.

6.2 Energie-aspecten

In tabel 20 is van de drie stookproeven een vereenvoudigde massabalans opgesteld van de verbrandingsinstallatie met als systeemgrenzen de RDF-dosering tot "eind ketel".

Tabel 20 Massabalans in kg/h van de drie stookproeven bij de ARN

Stookproef	1	2	3
Ingaand			
Lucht	57900	63700	76900
RDF	9784	8156	9600
Voedingswater	32600	35300	39900
Totaal	100300	107200	126400
Uitgaand			
Rookgas	69400	75400	82200
Slakken	1511	2702	1910
Straling	-	-	-
Vliegas	229	340	373
Stoom	32400	35100	39700
Totaal	103500	113500	124200

Bij het opstellen van de massabalans is uitgegaan van de bedrijfsgegevens, die in bijlage A.4 tot en met A.7 zijn vermeld. De getallen van de rookgasdebieten en vochtgehaltes zijn afkomstig van het overzicht van de TNO-metingen in bijlage B.1. De grootste verschillen tussen de ingaande en uitgaande massa in de massabalans treden op bij stookproef 2. Er is slechts een verschil van circa 6%. In bijlage D is een meer gedetailleerde massabalans opgenomen.

In tabel 21 is een energiebalans opgesteld van de drie stookproeven. Daaruit is de stookwaarde van de RDF berekend. Bij het opstellen van de energiebalans is uitgegaan van een sluitende vochtbalans; In Bijlage D is in een gedetailleerde berekening te zien, dat het waterstofgehalte van de RDF steeds is aangepast om bij het door analyse in het afval bepaalde vochtgehalte sluitend te maken met het vochtgehalte dat is gemeten in de rookgassen voor de wasser.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Tabel 21 Energiebalans van de drie stookproeven bij de ARN

Stookproef	1 (referentie)	2 (restfractie)	3 (compositie)
Eenheid	MW	MW	MW
Ingaand			
Lucht	0.28	0.44	0.65
RDF	33.4	36.3	40.6
Voedingswater	5.4	5.9	6.7
Totaal	39.1	42.6	47.9
Uitgaand			
Rookgas	9.5	10.2	11.5
Slakken	0.42	0.75	0.53
Straling	0.39	0.43	0.48
Vliegias	0.06	0.09	0.10
Stoom	28.8	31.2	35.3
Totaal	39.1	42.6	47.9

In tabel 22 zijn de stookwaarden berekend uit de massa- en energiebalansen van de drie stookproeven en de stookwaarden die door analyse van een "representatief" monster RDF zijn verkregen.

Tabel 22 Vergelijking berekende stookwaarden en asgehalten met geanalyseerde waarden

Stookproef	1 (referentie)	2 (restfractie)	3 (compositie)
Berekende stookwaarde MJ/kg	10.7	14.5	13.3
Geanalyseerde stookw. MJ/kg	9.9	11.3	9.7
Totaal aan slak en as % van de RDF	15.9	39.2	24.7
Geanalyseerd asgehalte %	21.8	22.7	26.6

Uit tabel 22 blijkt dat er aanzienlijke verschillen optreden tussen de stookwaarde, verkregen uit berekening en die bepaald door analyse. De door monsternamen en analyse verkregen stookwaarden en asgehalten worden over het algemeen als minder betrouwbaar aangenomen.

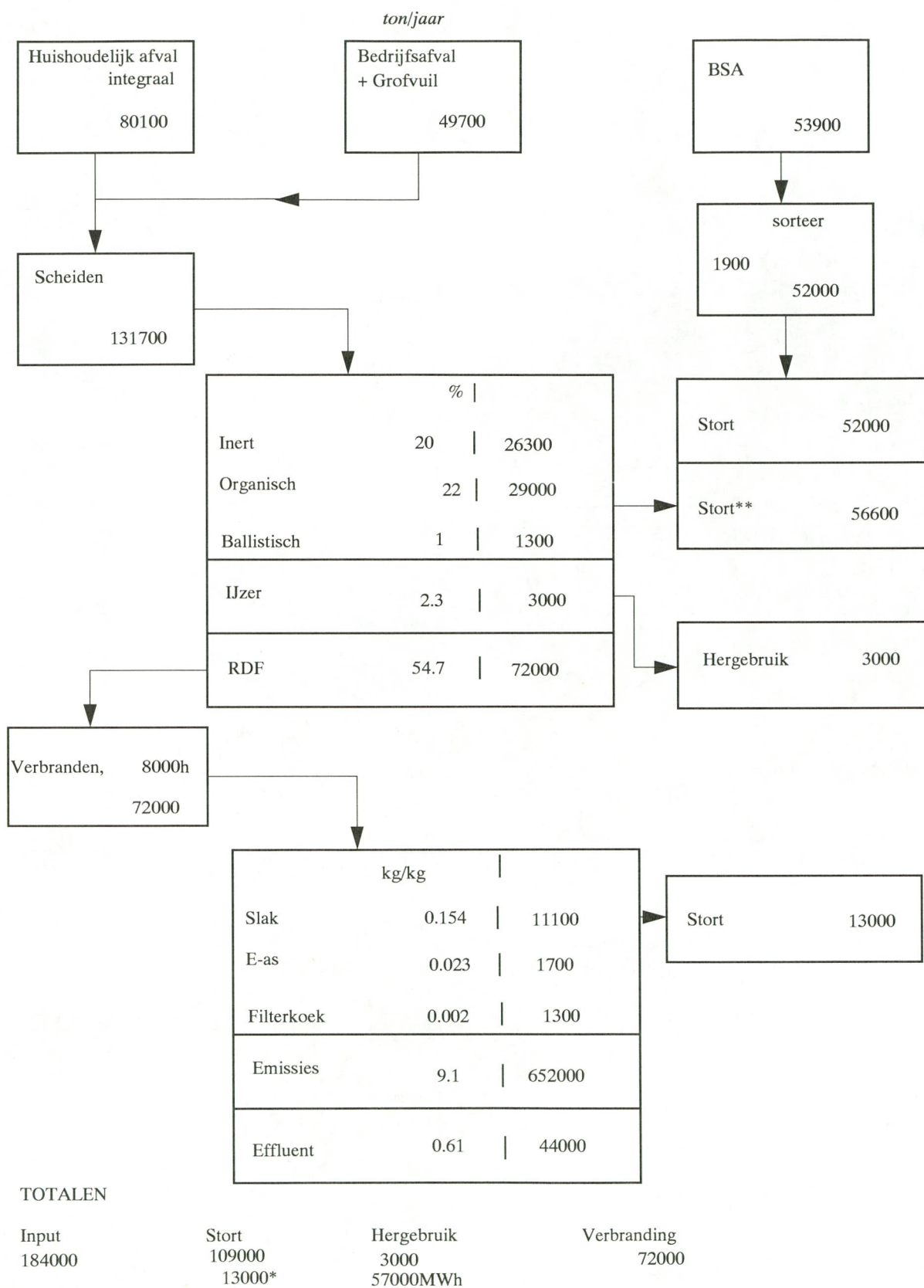
Stookproef 2 geeft het hoogste asgehalte en de hoogste stookwaarde.

6.3 Toekomstige afvalverwerkingsscenario's bij de ARN

In de figuren 31, 32 en 33 zijn afvalverwerkingsscenario's opgezet, die specifiek zijn voor de verwerkingssituatie van de ARN. Deze situatie is de doorzet aan RDF van de huidige afvalverbrandingsinstallatie van de ARN. In deze scenario's zijn berekeningen uitgevoerd bij de volgende randvoorwaarden:

- Een jaardoorzet van de verbrandingsinstallatie van 72000 ton; de ontwerpcapaciteit bij 8000 bedrijfsuren per jaar.
- Een vaste verhouding in de te verwerken soorten afval; huishoudelijk afval, bedrijfsafval en grofvuil en bedrijfs- en sloopafval.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

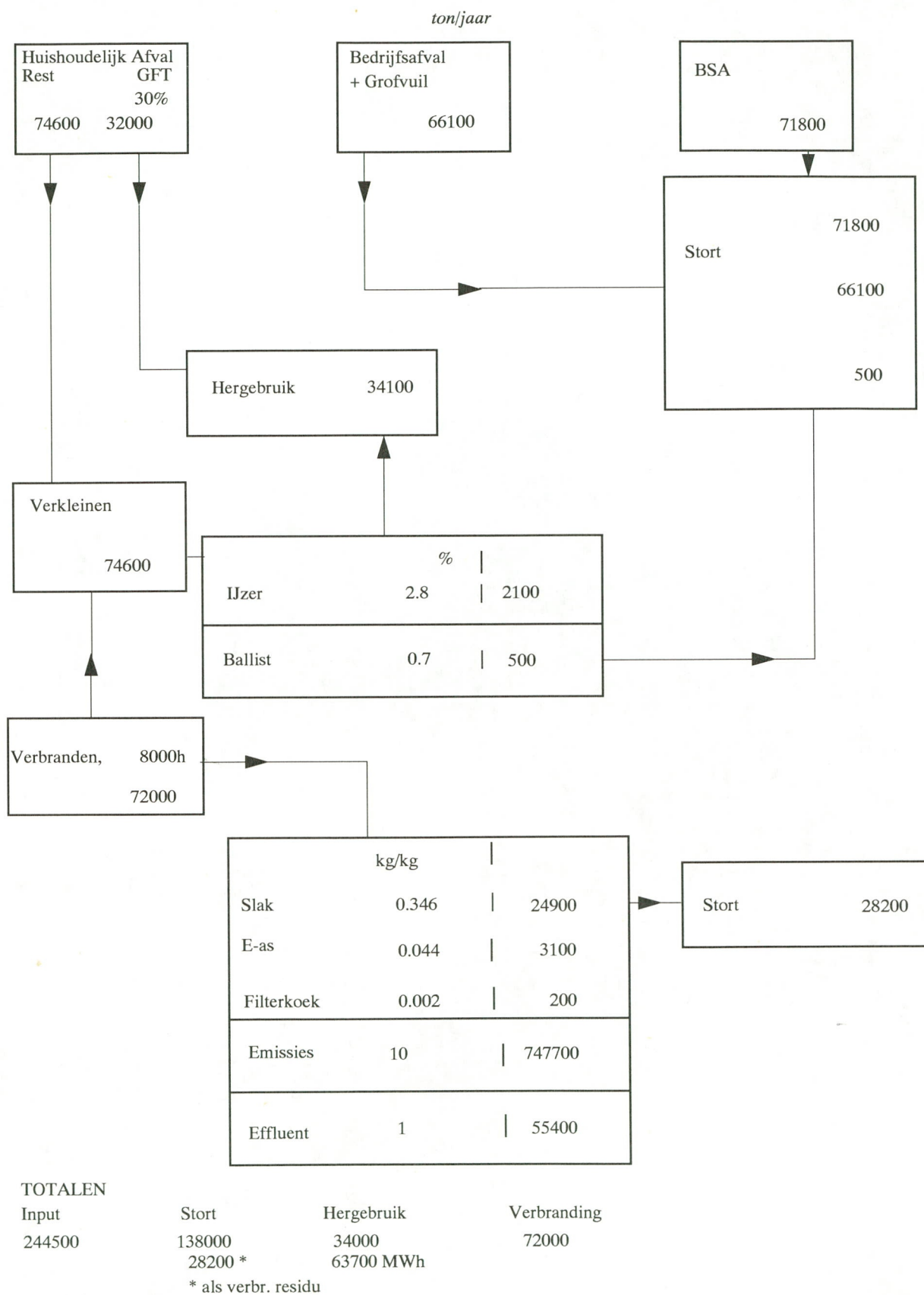


* als verbr. residu

** = ca. 30% verdampt hiervan bij composteerinstallatie

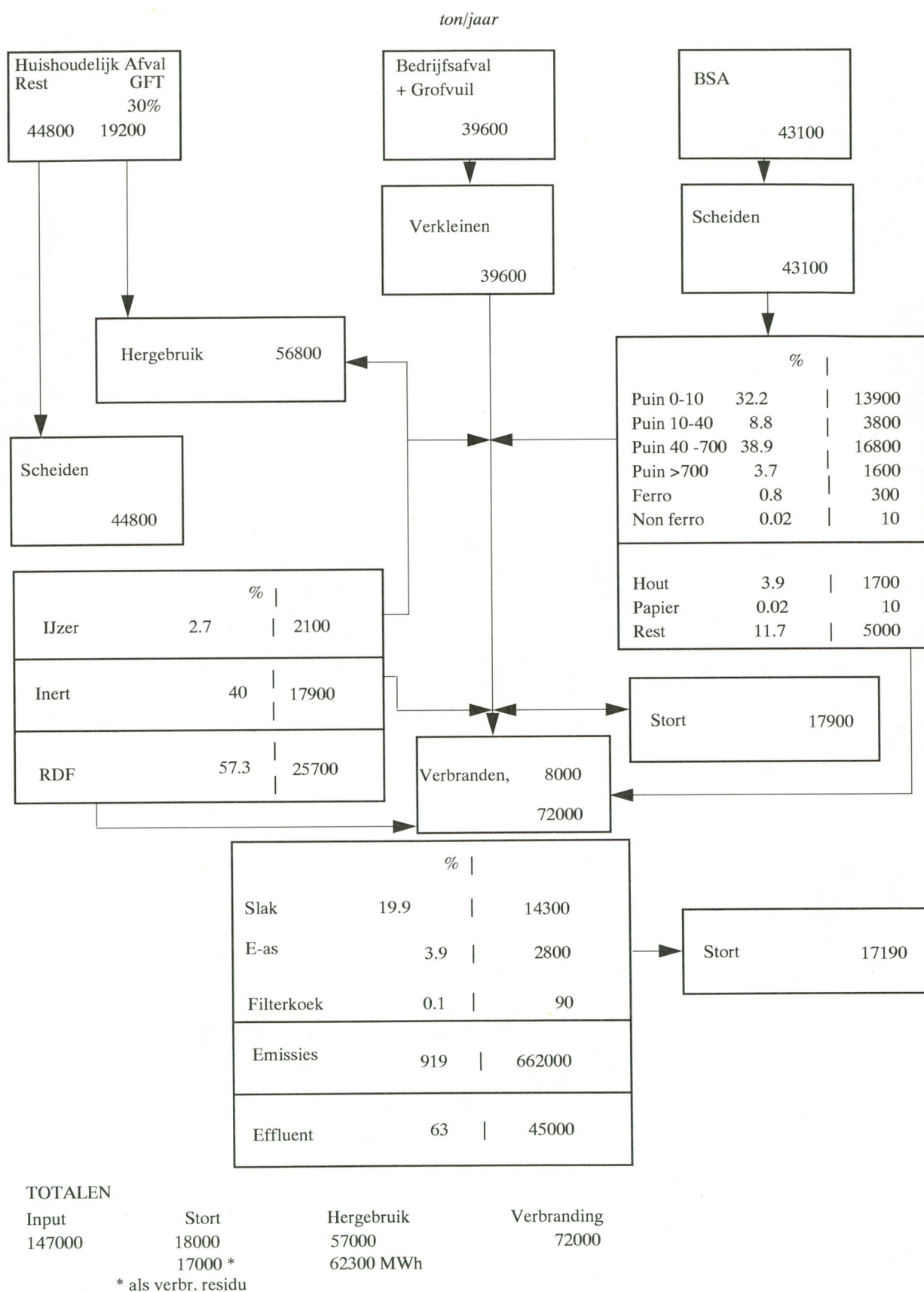
Figuur 31 Scenario ARN bij 72.000 ton RDF per jaar doorzet van de ketel, volgens stookproef 1

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Figuur 32 Scenario ARN bij 72.000 ton RDF per jaar doorzet van de ketel, volgens stookproef 2

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Figuur 33 Scenario ARN bij 72000 ton RDF per jaar doorzet van de ketel, volgens stookproef 3

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Het toekomstig scenario volgens stookproef 3 levert het meeste hergebruik en de geringste hoeveelheid te storten materialen op. Naar verwachting zal uit het ingezamelde afval het aandeel kunststoffen en papier (vooral bij het bedrijfsafval) voor hergebruik worden aangewend (scheiden aan de bron). Hierdoor zal het percentage van het scenario van stookproef 3 “verbranden” dalen en het percentage “hergebruik” stijgen.

7 Conclusies

Dioxinen

In de schoorsteen werden concentraties van 2.6 (stookproef 2) tot 6.9 (stookproef 1) ngTEQ/m³ ind aangetroffen. Bij alle stookproeven werden de meeste dioxinen per ton RDF via de E-as afgevoerd (55 tot 228 µgTEQ/ton RDF) en in mindere mate via de schoorsteen (17.5 tot 37.5 µgTEQ/ton RDF). Via de filterkoek wordt minder dan 0.6 µgTEQ/ton afgevoerd.

Totaal in alle verbrandingsresiduen werd de grootste hoeveelheid dioxinen (259 µgTEQ/ton RDF) echter tijdens stookproef 3 gevormd, en de kleinste hoeveelheid (73 µgTEQ/ton RDF) bij stookproef 2.

Er zijn grote temperatuurverschillen in het rookgaskanaal aan het einde van de ketel geconstateerd, waarbij temperatuurgebieden van 300 °C voor kwamen.

Het is bekend dat bij temperaturen boven 200 °C dioxinevorming kan optreden. Tijdens stookproef 3 werd in de ketel bij circa 500 °C rookgastemperatuur reeds 2.8 ngTEQ/m³ ind in de rookgassen aangetroffen. Deze zijn dus in de vuurhaard en in het eerste deel van de ketel gevormd, of niet afgebroken.

Zware metalen

Cadmium lood en zink waren bij alle stookproeven voornamelijk in het elektrofilteras en slak aanwezig.

Kwik is ook in rookgas, effluent en filterkoek terug te vinden.

Het totaal aan zware metalen in de verbrandingsresiduen verschilt op enkele uitzonderingen na een factor 2 in kg per ton RDF. Gescheiden ingezameld afval (stookproef 2) geeft binnen deze grenzen de meeste metalen in de verbrandingsresiduen.

De rookgasreinigingsinstallatie

Metingen, tegelijkertijd uitgevoerd vóór en na de wasser leiden tot de volgende conclusies:

Er zijn grote verschillen waargenomen in stof, zware metalen, chloriden en fluoriden vóór en na de wasser.

Er zijn geen significante verschillen in de concentratie van dioxinen waargenomen.

Vergunningen betreffende de emissies

De gemeten schoorsteenemissies geven aan dat de ARN verbrandingsinstallatie bij alle stookproeven voldoet aan de huidige vergunningen.

Met de huidige installatie zal de ARN met de geconstateerde emissies tijdens de drie stookproeven niet aan de RV-89, die in 1993 van kracht wordt, voldoen.

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen**Vuurhaardmetingen*

CO-metingen in de vuurhaard geven aan, dat het CO-gehalte in de vuurhaard duidelijk fluctuaties in de tijd vertoont; tijdens stookproef 1 kwamen enkele pieken van 2000 mg/m³ voor. Bij de overige stookproeven waren deze pieken lager. Temperatuur- en zuurstofmetingen geven bij alle stookproeven een redelijk goede verdeling in de vuurhaard te zien.

RDF samenstelling

Blijkens de uitgevoerde sorteeranalyses zal ten gevolge van mechanische scheiding zoals bij de ARN wordt toegepast, minder GFT in de RDF aanwezig zijn dan in een gescheiden ingezamelde GFT-restfractie.

Papier, kunstof en textiel vormen bij mechanisch scheiden (stookproef 1) het grootste aandeel in de RDF.

Bij alle stookproeven zijn in de RDF nog metalen aanwezig.

De hoeveelheid klein chemisch afval is het hoogst tijdens stookproef 2 (gescheiden ingezameld afval)

Sorteeranalyses bij scheidingsproeven

Het GFT-aandeel in de gescheiden ingezamelde restfracties bleek bij de diverse sorteeranalyses nogal te verschillen (20 tot 37%).

Afgescheiden fracties, zoals "inert" en "compost", die door de ARN-scheidingsinstallatie zijn verkregen uit gescheiden ingezamelde GFT-restfracties bevatten nog brandbaar materiaal.

De stookwaarden van de RDF blijken bij verschillende opwerkingsprocedures van huishoudelijk afval nauwelijks te verschillen van het oorspronkelijke ingevoerd gescheiden ingezameld afval.

Uit bouw- en slooafval kan circa 14% RDF worden opgewerkt voornamelijk bestaande uit hout, papier, karton en kunststoffen. Eenmalig is de stookwaarde hiervan vastgesteld op 15.5 MJ/kg.

Het eenmalig geanalyseerde bedrijfsafval en grofvuil bevat 38% as, 30% vocht en heeft een stookwaarde van 7.4 MJ/kg. Dit afval bestaat voornamelijk uit papier.

Effecten van gescheiden inzamelen voor de ARN

Bij stookproef 2 is de stookwaarde van de RDF hoger dan het afval zoals dat tot op heden bij de ARN is verbrand (stookproef 1). Bij de ARN is het ketel-, oven- en roosterontwerp geschikt voor RDF met een hogere calorische waarde (15 MJ/kg) dan waarbij momenteel wordt verbrand. Daarom zal afval met een hogere stookwaarde bij de ARN tot een hogere elektriciteitsproductie leiden bij gelijke RDF-doorzet. Uitgaande van een doorzet in de verbrandingsoven van 72000 ton per jaar zal ten opzichte van de huidige situatie het gescheiden inzamelen en verkleinen van het huishoudelijk afval, het storten van bedrijfsafval en grofvuil en het bouw- en slooafval leiden tot:

- Een toename van de totale verwerkingscapaciteit van circa 30%.
- Een toename van de hoeveelheid te storten afval met circa 25%.
- Een toename van het hergebruik van afval met circa 1100%.
- Een toename in de te storten hoeveelheid verbrandingsresidu van circa 115%.
- Een toename in de elektriciteitsproductie van circa 25%.

Indien de ARN in de toekomst een compositie van het afval zou gaan verwerken,

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

zoals bij stookproef 3, zal dit leiden tot:

- Een afname van de totale verwerkingscapaciteit van circa 20%.
- Een afname van de hoeveelheid te storten afval met circa 83%.
- Een toename van het hergebruik van afval met circa 1800%.
- Een toename in de te storten hoeveelheid verbrandingsresidu van circa 30%.
- Een toename in de elektriciteitsproductie van circa 22%.

Dit verwerkingsscenario levert ten opzichte van de andere scenario's voor de ARN het meeste hergebruik en de geringste hoeveelheid te storten materiaal op.

De verwerkingsscenario's, zoals bij de stookproeven 2 en 3 hebben plaatsgevonden zullen waarschijnlijk tot een verhoging van de exploitatiekosten leiden. Het verdient aanbeveling de financiële aspecten nader te evalueren.

Naar verwachting zal ook een andere voorbehandeling van de verschillende opgewerkte RDF-fracties (toepassing spanwellen zeven) tot een hogere stookwaarde en een lager asgehalte van de RDF kunnen leiden. Een en ander zal nader dienen te worden onderzocht.

8 Nomenclatuur

AVI	Afvalverbrandingsinstallatie.
BSA	Bouw- en sloopafval.
GFT	Groente- Fruit- en Tuinafval
GFT-restfractie	Gescheiden ingezameld afval, exclusief GFT en chemisch afval.
KCA	Klein Chemisch Afval
m ³ ind.	Normaal kubieke meter droog gas; bij 101,3 Kpa en 273 K.
m ³ inv.	Normaal kubieke meter vochtig gas; bij 101,3 Kpa en 273 K.
NOH	Nationaal Onderzoek Hergebruik van afvalstoffen.
Rookgassen	Gassen die bij de verbranding vrijkomen.
RDF	Refuse Derived Fuel, brandstof uit huishoudelijk- en bedrijfsafval.
Slakken, Slak	Vast deel van de verbrandingsprodukten, dat via het rooster uit de verbrandingsoven wordt afgevoerd.
Verbrandingslucht	Lucht die gebruikt wordt om het verbrandingsproces te laten verlopen.
Dioxinen, PCDD's	Polychloordibenzo-p-dioxinen.
Effluent	Waswater van de rookgasreinigingsinstallatie, dat op het riool wordt geloosd.
Elektrofilteras	Het deel van het vlieggas, afkomstig van het verbrandings proces, dat door het elektrofilter wordt afgescheiden.
Furanen, PCDF's	Polychloordibenzofuranen.
Isomeer	Stof waarbij de plaats van de atoom (groepen) verschilt, en de bruto formule gelijk is.
Midgetimpinger	Genormaliseerde wasfles, die wordt toegepast voor rookgasmonsters.
NPR	Nederlandse Praktijk Richtlijn. Deze richtlijn is vastgesteld door het NNI
NNI	Nederlands Normalisatie Instituut
Roostervoeding	Te doseren hoeveelheid afval.
Wasser	Rookgasreinigingsinstallatie waarbij de rookgas- sen worden gewassen met water of waterige oplossing- en (kalkmelk).

9 Literatuur

- [1] Notitie inzake de preventie en hergebruik van afvalstoffen VROM

- [2] Hesseling, W.F.M;
RDF verbranding met energierugwinning
bij de afvalverwerking regio
Nijmegen (ARN)
MT TNO juli 1988, ref.nr:88-224

- [3] Hesseling, W.F.M;
Garantiemetingen aan de nieuwe
vuilverbrandingsinstallatie te Weurt
(Nijmegen)
MT TNO oktober 1987, ref.nr:87-012867

10 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

ARN BV
Nieuwe Pieckelaan 1
6551 DX Weurt
t.a.v. Dhr. A.P. de Weijer

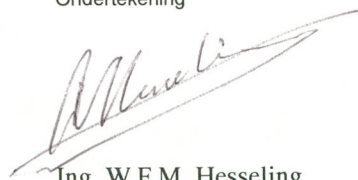
Namen en functies van de medewerkers

G. Kuipers
A. van der Velde
Ing. E. Smit
P. Kamphuis
J. van Heteren
J. Timmer
Ing. F. Harleman
Drs. L.J.M. Rodenburg
F.C.G.M. Langelaan
D. Schakelaar
F. Esmeijer
J. Pisa

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
n.v.t.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
januari 1990 - mei 1991

Ondertekening



Ing. W.F.M. Hesseling
projectleider

Goedgekeurd door



Ir. J. de Koning
werkgroep leider

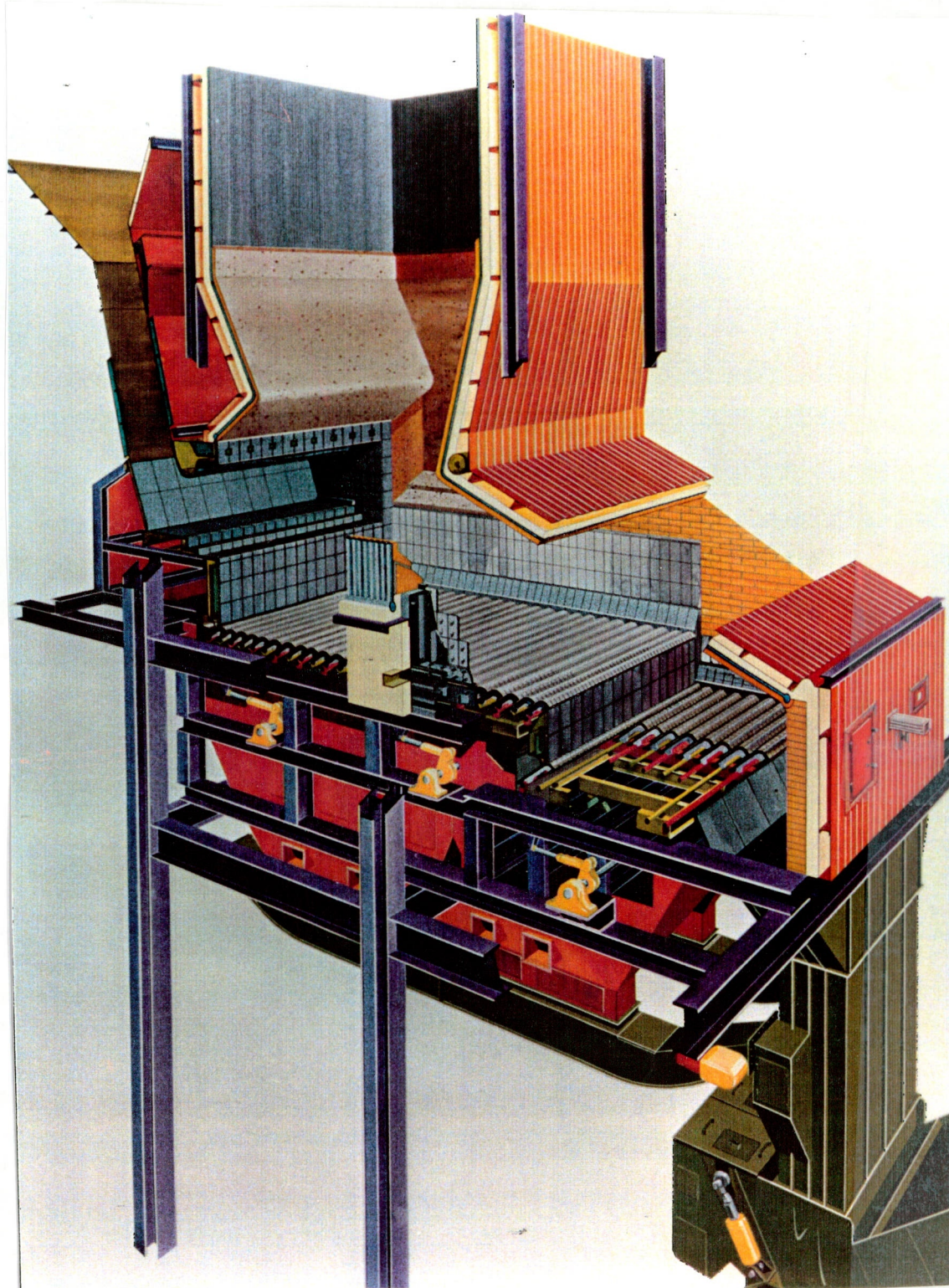
*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Bijlage A Bedrijfsgegevens

A.1	3 dimensionale weergave oven	2
A.2	Doorsnede AVI	3
A.3	Diverse foto's	5
A.4	Stookproef 1 bedrijfsgegevens	8
A.5	Stookproef 2 bedrijfsgegevens	18
A.6	Stookproef 3 bedrijfsgegevens	23
A.7	Gemiddelde waarden van in- en uitgaande stromen per stookproef	28

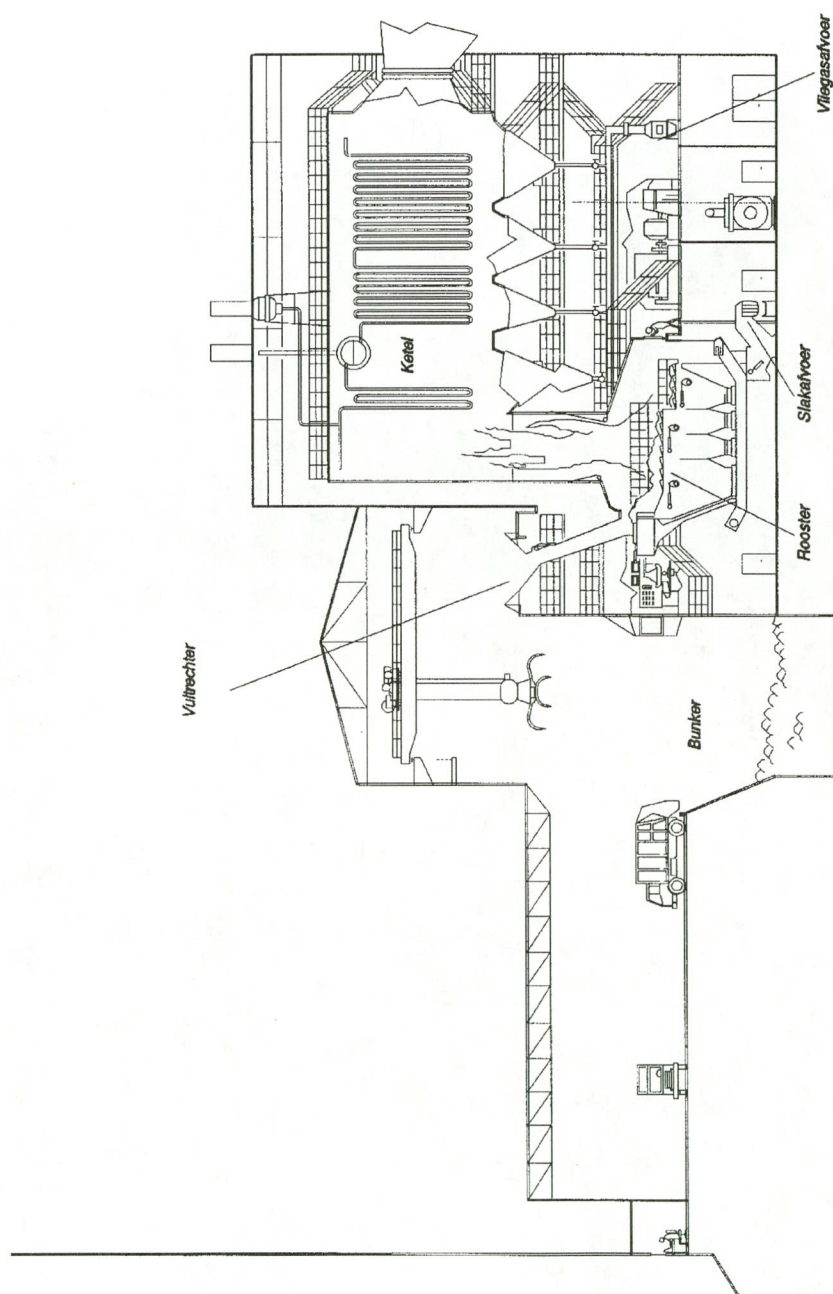
*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

A.1 3 dimensionale weergave oven



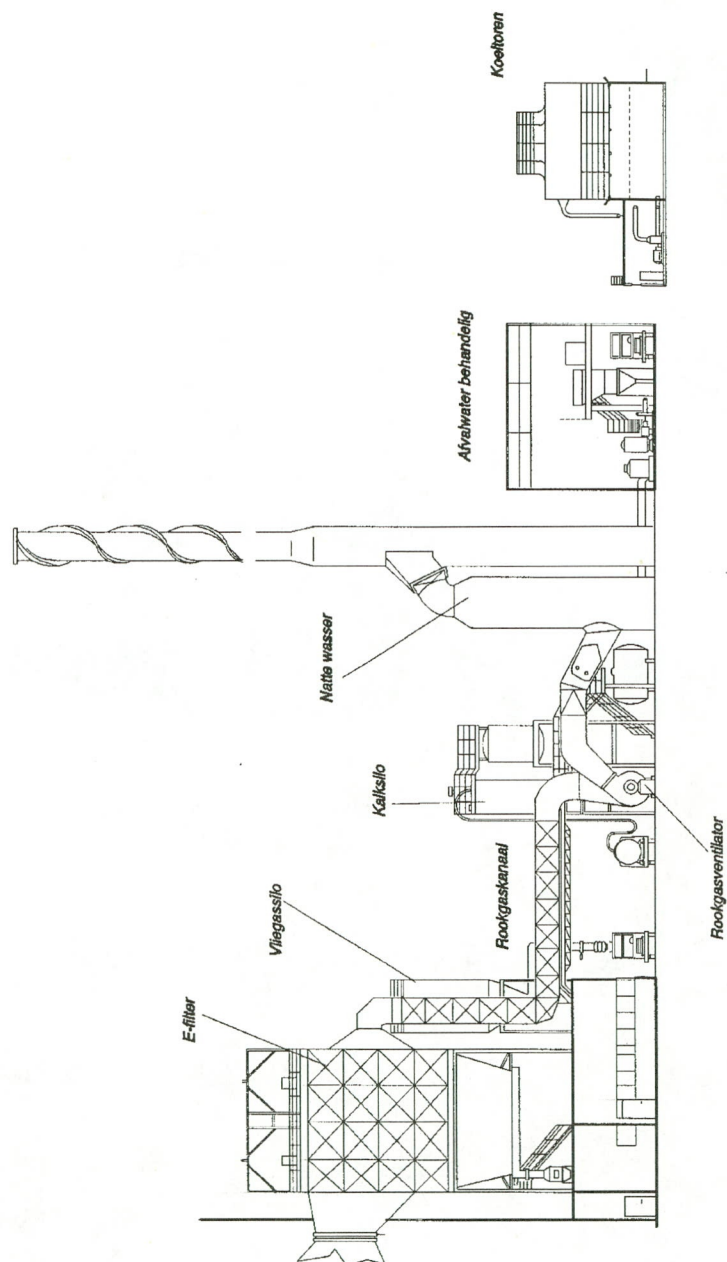
Figuur A.1.1 Geometrie van de bij de ARN toegepaste oven

A.2 Doorsnede AVI



Figuur A.2.1 Doorsnede oven en ketel

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*



Figuur A.2.2 Doorsnede rookgasreinigingssectie

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

A.3

Diverse foto's



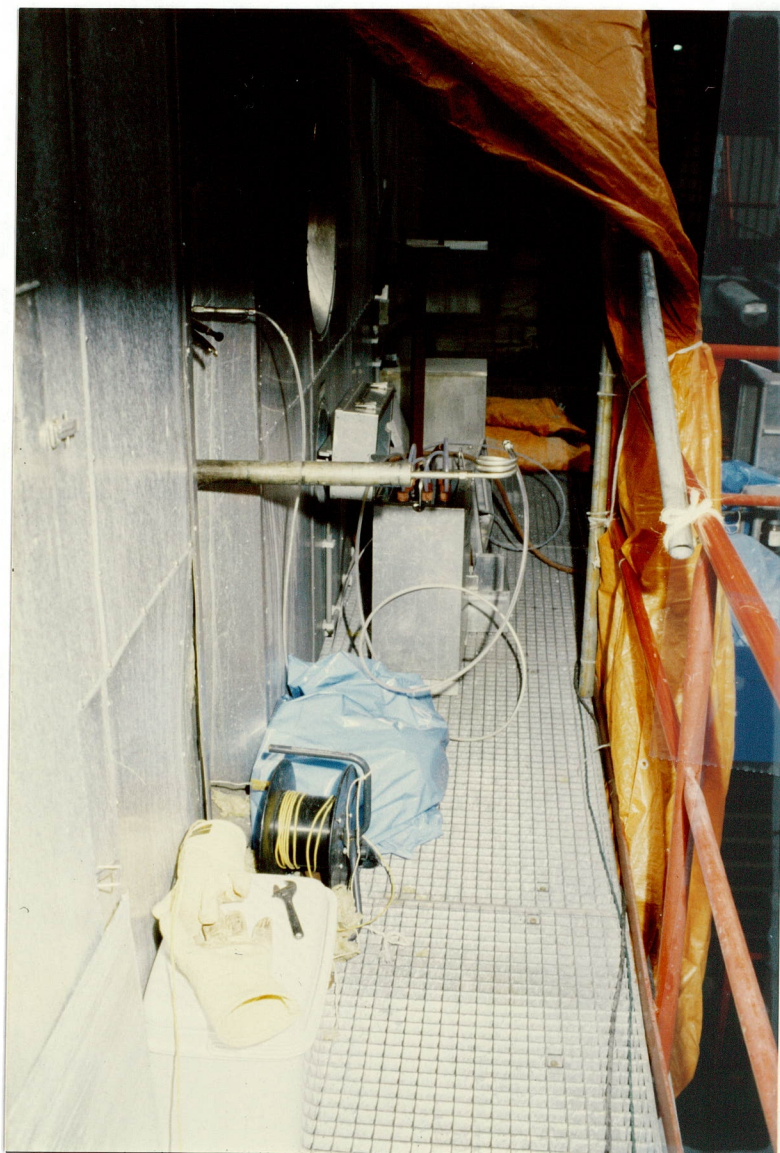
Figuur A.3.1 Foto van de TNO-meetauto tijdens stookproef 1

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*



Figuur A.3.2 Dioxine metingen tijdens stookproef 2

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*



Figuur A.3.3 Stofmeting voor wasser tijdens stookproef 3

A.4

Stookproef 1 bedrijfsgegevens

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS

Bladzijde 1

Registratie datum	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90
Registratie tijd	15.00	17.00	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	17.00
ELECTRICITEITSPRODUCTIE														
VERMOGEN_PGEM	7.5	6.5	6.2		6.3	6.6	6.3	6.0	6.7	6.2	6.5	6.6	6.4	6.2
VERMOGEN_TURBINE	7.3	6.4	7.2		7.0	7.4	7.4	7.0	7.0	6.8	7.0	7.1	7.0	6.8
TELLER_GENERATOR	11835.10	11857.00	11869.40	11881.50	11901.60	11910.90	11932.40	11940.70	11954.30	11967.90	11979.00	11993.20	12008.00	12019.80
TELLER_ABC	1068.00	107.40	107.80	1083.00	1098.00	1106.00	1121.00	1127.00	1132.00	1135.00	1139.00	1143.00	1152.00	1160.00
TELLER_DF	19340.00	19355.00	19459.00	19575.00	19770.00	19861.00	20066.00	20144.00	20272.00	2040.20	20510.00	20649.00	20795.00	20909.00
UURTELLER_DIESEL	409.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0
SCRUBBER														
PH_NEUTRALISATOR	4.7	5.2	5.3	5.3	5.5			5.3	5.0	5.3	5.3	5.2	5.5	5.5
PH_EFFLUENT	5.8	0.0	0.0	7.2	7.5			6.5	6.5	7.0	6.8	7.5	8.0	8.0
TEMP_EFFLUENT	38	37	36	36	36			34	35	36	37	37	36	36
DEB_EFFLUENT	8.0	7.0	4.5	9.0	11.0			10.0	9.0	6.5	8.0	6.0	7.0	6.5
ROOKDICHTHEID	15.0	0.0	0.0	8.0	2.0			5.0	1.0	12.0	8.0	10.0	10.0	8.0
ZWART	4.3	0.2	0.5	0.2	0.5			1.5	7.0	2.0	1.8	1.8	1.7	1.7
TEMP_VOOR_SCRUBBER	220	212	212	212	213			215	218	218	215	215	215	215
TEMP_NA_SCRUBBER	62	62	62	63	63			62	65	64	0	0	0	0
HCL_NA_SCRUBBER	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HF_NA_SCRUBBER	1.54	1.46	1.28	1.67	1.41			1.44	1.58	1.78	1.54	1.62	1.62	1.64
STAND_FLOCVOORRAAD	1110	1105	1102	1095	1090			1090	1088	1080	1078	1070	1070	1065
STAND_CORVOORRAAD	260	256	254	250	247			245	245	243	240	240	237	235
RIOOLDEBIET	636881	636913	636920	636980	636991			637022	637045	637059	637077	637093	637122	637139
Q_DEBIET	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5			26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
Q_DRUK	2.50	2.50	2.50	2.45	2.50			2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
BLEEKLOOG_NIVEAU	115	115	115	85	85			85	85	85	85	85	85	85

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 2

Registratie datum	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90
Registratie tijd	15.00	17.00	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	17.00
ROOKGAS EN STOOM														
TEMP_SLAKKENWATER1	110	75	80	80	80	100	90	100	100	90	80	90	90	90
TEMP_SLAKKENWATER2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEMP_SLAKKENWATER3	160	240	180	200	190	170	200	220	190	210	210	200	190	210
TEMP_VOOR	1100	800	840	800	830	480	850	800	830	900	860	820	830	800
TEMP_HOOFD	900	950	975	1050	960	1000	1000	1000	1000	1050	1000	1000	970	980
T_LOK	856	832	850	846	823	850	840	840	831	865	868	854	842	836
TEMP_UIT	580	710	660	720	705	610	770	740	670	830	790	740	640	690
TEMP_GAS	780	900	900	980	910	920	920	910	945	960	920	910	920	900
TEMP_NA	790	750	750	770	760	770	790	770	790	790	750	755	775	760
TEMP_KETEL	680	655	655	670	655	670	680	660	670	670	660	660	660	660
TEMP_AFGAS	200	192	192	192	191	195	195	192	195	195	192	192	192	192
TEMP_T1	110	110	110	105	100	100	100	100	110	105	105	110	105	105
TEMP_T2	160	160	160	155	155	155	150	150	158	155	155	160	155	155
O2	10.0	11.0	9.5	9.0	9.6	10.5	9.8	8.0	9.8	8.5	8.0	9.0	9.0	9.0
CO	40	30	20	40	20	20	20	30	30	25	20	20	30	30
DRUK_DRUM	42	42	42	43	43	43	43	43	43	42	42	42	43	43
TEMP_OVO1	290	287	285	285	280	283	283	282	282	280	282	280	280	283
TEMP_OVO2	400	400	400	400	400	400	400	400	400	405	400	400	400	400
DRUK_HDSTOOM	39.0	39.0	39.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	39.0	39.0	39.0	40.0	40.0
DEBIET_HDSTOOM	35.0	31.5	32.0	32.0	32.0	33.5	33.5	33.5	33.5	33.0	32.0	32.0	32.0	32.0
TEMP_KOELWATER_IN	18.0	17.0	17.0	18.0	18.0	18.0	17.0	17.0	19.0	19.0	16.0	16.0	18.0	18.0
TEMP_KOELWATER_UIT	22.0	20.0	20.0	22.0	22.0	22.0	21.0	21.0	22.0	23.0	20.0	20.0	22.0	22.0
TEMP_CONDENSOR	41.0	39.0	39.0	40.0	41.0	40.0	40.0	40.0	40.0	42.0	39.0	39.0	40.0	40.0
CON_DE_VOO	28	28	28	27	27	36	38	30	27	27	27	26	25	26
DRUK_CONDENSOR	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5
TEMP_NA_VO	90	88	88	89	89	90	90	90	90	91	88	87	88	88
HOEVEELH_VOED_WATER	36.0	34.0	35.0	33.0	34.0	36.0	34.0	32.0	28.0	38.0	40.0	29.0	33.0	32.0
KW_PERSDRUK	1.43	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
TEMP_BUITEN	4	8	7	7	6	8	8	7	7	8	8	8	8	7
TELLER_KETELV_WATER	722945	723051	723114	723172	723271	723316	723421	723461	723529	723595	723649	723719	723793	727850
TELLER_STOOM_KETEL	623141	623244	623305	623361	623456	623500	623602	623641	623706	623770	623822	623890	623961	624017
TELLER_STOOM_TURBINE	451599	451700	451758	451812	451904	451947	452046	452084	452147	452217	452260	452325	452394	452447
TURBINECON	82379	82556	82659	82755	82918	82993	83107	83234	83345	83456	83545	83660	83781	83876
TURBINEKW	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052
GELEIDBAARH_MENGBAD	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GELEIDBAARH_DEMI	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 3

Registratie datum	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90
Registratie tijd	15.00	17.00	17.00	19.00	19.00	21.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00
DRUK_STOOM_IN	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	38.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	38.0	38.0
TEMP_STOOM_IN	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
DRUK_STOOM UIT	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.94
TEMP_STOOM UIT	38	41	39	39	39	39	40	40	40	40	40	41	41	38	39

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 4

Registratie datum	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90
Registratie tijd	15.00	17.00	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	17.00
VERBRANDINGSLUCHT														
LUCHT_TOTAAL	45	43	43	44	45	47	46	43	44	44	44	43	44	45
VENTILATOR	170	150	170	150	150	155	160	150	160	165	150	160	150	160
VAANSTAND	80	37	70	35	33	48	58	40	52	95	30	42	32	40
HOOFDKLEP	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
KLEP_ONDERWIND_ZONE1	17	20	17	25	25	23	20	20	17	15	25	24	25	25
AFW_UWZ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE2	20	25	18	32	30	30	28	25	22	18	30	30	32	32
AFW_UWZ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE3	8	20	8	28	28	25	23	20	14	6	28	27	30	29
AFW_UWZ3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5	0.0	0.2	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE4	10	16	8	24	23	20	20	15	14	8	24	23	24	23
AFW_UWZ4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE5	12	13	13	14	13	14	12	13	13	13	13	13	13	13
AFW_UWZ5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DRUK_ONDERWIND_ZONE5	22	20	22	21	21	22	21	21	21	23	23	23	23	21
DRUK_PRIM.LUCHT_ZONE	3.0	0.5	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5
KLEP_P.LUCHT_ZONE1	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
DRUK_P.LUCHT_ZONE1	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.5	5.0	5.0	4.5
KLEP_P.LUCHT_ZONE2	75	75	75	55	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
DRUK_P.LUCHT_ZONE2	5.0	4.5	5.0	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
KLEP_P.LUCHT_ZONE3	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
DRUK_P.LUCHT_ZONE3	6.0	3.5	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	6.5	3.0	5.0	4.5	4.0
KLEP_SECUND.LUCHT	42	42	43	46	45	43	43	45	43	42	50	45	50	45
AFW_KLEPSEC.LUCHT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_KL_SECUND.LUCHT	7.0	5.5	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	7.0	6.0	5.5
VOLUME_TOTAAL*1000	36	30	34	30	34	32	32	34	32	37	33	34	30	30

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 5

Registratie datum	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	15/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90
Registratie tijd	15.00	17.00	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	17.00
RDF EN OVEN														

WEEGSTAND RDF	81467.0	81500.0	81519.0	81537.0	81557.0	81573.0	81593.0	81613.0	81633.0	81655.0	81675.0		81711.0	81730.0
INVOER	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
INVOER_V	99	52	44	70	43	80	72	63	78	65	60	40	65	70
INVOER_AFW	30	-30	0	-10	-10	4	5	5	5	-6	-11	-15	-15	-10
ROOSTER1	55	62	36	67	38	65	61	45	65	50	50	36	60	60
ROOSTER2	65	72	28	77	30	75	78	40	75	40	50	30	70	70
ROOSTER3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ONTSLAKKER	5	0	7	7	7	10	10	10	10	6	6	6	6	8
POMP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AMP_ZUIG TREK VENT.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	45	45	45	45
TOEREN ZT VENTILATOR	65	55	55	55	55	60	60	60	55	60	55	55	50	50
DRUK_ONDER	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DRUK_DP	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.1	1.2	1.1	1.6	1.5	1.4	1.2	1.4
DRUK_EFILT	2.2	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.8

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 6

Registratiedatum	16/01/90	16/01/90	16/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90
Registratietijd	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	21.00	23.00	
ELECTRICITEITSPRODUCTIE														
VERMOGEN_PGEM	6.4			6.1	5.9	6.2	6.3	6.0	5.5	6.0	5.5	6.4	6.1	
VERMOGEN_TURBINE	7.0			6.5	6.4	6.8	6.7	6.5	6.3	6.8	6.7	7.0	6.8	
TELLER_GENERATOR	12034.40			12080.00	17092.90	12101.10	12117.80	12127.50	14144.80	12154.50	12166.00	12047.90	12067.70	
TELLER_ABC	1173.00			1194.00	1197.00	1199.00	120.30	120.60	121.50	122.40	123.40	1184.00	1192.00	
TELLER_DF	21053.00			21499.00	21624.00	21706.00	21865.00	21961.00	22128.00	22219.00	22329.00	21185.00	21378.00	
UURTELLER_DIESEL	412.0			412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	412.0	
SCRUBBER														
PH_NEUTRALISATOR	5.3	5.5	4.8	5.5	5.5	5.5	5.6	5.3	5.0	5.2	5.2	4.2	5.5	5.5
PH_EFFLUENT	7.5	6.5	6.8	7.6	7.5	7.8	7.6	7.0	7.3	7.5	7.5	0.0	7.5	8.0
TEMP_EFFLUENT	36	36	36	36	36	35	36	35	35	35	35	35	36	38
DEB_EFFLUENT	7.0	6.5	6.3	9.0	8.0	9.0	9.1	8.0	6.5	6.5	6.8	6.9	6.5	6.5
ROOKDICHTHEID	12.0	6.0	5.0	10.0	5.0	8.0	10.0	8.0	8.0	10.0	12.0	5.0	12.0	10.0
ZWART	1.8	1.3	1.5	1.5	1.0	2.3	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	0.5	2.3	2.0
TEMP_VOOR_SCRUBBER	215	212	215	215	212	214	214	215	215	215	215	215	215	210
TEMP_NA_SCRUBBER	0	63	62			0		0	0			0		62
HCL_NA_SCRUBBER	0.00	0.00	0.00			0.00	0.01	0.00	0.00			0.00		0.00
HF_NA_SCRUBBER	1.54	2.12	1.23	1.23	0.67	0.07	0.23	0.72	1.04	0.76	0.82	0.86	1.44	1.53
STAND_FLOCVOORRAAD	1060	1100	1095	1151	1155	1147	1142	1140	1040	1039	1038	1037	1160	
STAND_CORVOORRAAD	233	253	250		232	238	226	220	240	238	237	230	232	194
RIOOLDEBIET	637159	636942	636966	637210	637194	637233	637256	637270	637282	637306	637327	637341	637171	637552
Q_DEBIET	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
Q_DRUK	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
BLEEKLOOG_NIVEAU	85	115	115		55								85	

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 7

Registratiedatum	16/01/90	16/01/90	16/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90
Registratietijd	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	21.00	23.00
ROOKGAS EN STOOM													
TEMP_SLAKKENWATER1	90			90	80	80	90	85	90	110	90	80	90
TEMP_SLAKKENWATER2	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEMP_SLAKKENWATER3	190			180	180	180	190	190	180	180	220	200	200
TEMP_VOOR	800			750	800	800	760	855	890	825	840	800	800
TEMP_HOOFD	990			910	910	970	950	950	950	990	1000	980	1000
T_LOK	838			800	880	900	817	826	818	815	867	842	848
TEMP_UIT	700			630	650	680	680	690	640	680	800	700	700
TEMP_GAS	900			830	820	840	880	900	885	890	885	890	895
TEMP_NA	760			750	820	770	760	765	760	755	755	760	760
TEMP_KETEL	660			655	650	650	655	660	655	655	655	660	660
TEMP_AFGAS	192			195	192	192	195	195	195	195	195	192	192
TEMP_T1	105			105	105	105	105	100	100	100	110	105	105
TEMP_T2	155			155	150	150	155	155	155	155	155	155	155
O2	10.0			10.5	10.0	9.0	9.5	9.5	9.8	10.5	9.5	8.0	8.0
CO	30			30	30	35	30	25	30	30	25	30	30
DRUK_DRUM	43			43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
TEMP_OVO1	282			280	280	282	282	280	282	280	280	280	285
TEMP_OVO2	400			400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
DRUK_HDSTOOM	40.0			40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
DEBIET_HDSTOOM	32.0			32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
TEMP_KOELWATER_IN	20.0			27.0	20.0	18.0	21.0	17.0	18.0	21.0	19.0	20.0	19.0
TEMP_KOELWATER_UIT	24.0			25.0	24.0	22.0	26.0	21.0	22.0	24.0	22.0	24.0	23.0
TEMP_CONDENSOR	42.0			42.0	41.0	40.0	43.0	40.0	41.0	42.0	41.0	42.0	42.0
CON_DE_VOO	26			26	26	25	27	28	26	26	27	26	26
DRUK_CONDENSOR	6.5			6.6	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5
TEMP_NA_VO	89			89	90	90	90	89	89	89	89	89	89
HOEVEELH_VOED_WATER	35.0			33.0	31.0	31.0	30.0	35.0	35.0	36.0	39.0	32.0	34.0
KW_PERSDRUK	1.45			1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
TEMP_BUITEN	7			7	7	8	7	6	7	7	8	8	8
TELLER_KETELV_WATER	723922			724147	724210	724250	724332	724380	724465	724513	724569	723989	724086
TELLER_STOOM_KETEL	624086			624304	624365	624402	624483	624530	624612	624066	624712	624152	624245
TELLER_STOOM_TURBINE	452514			452724	452783	452821	452898	452942	453021	453066	453119	452577	452668
TURBINECON	83995			84365	84470	84536	84671	84751	84891	84970	85063	84106	84205
TURBINEKW	47052			47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052	47052
GELEIDBAARH_MENGBAD	0.00			0.00	0.00	0.00	0.17	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GELEIDBAARH_DEMI	0.00			0.00	0.00	0.00	0.20	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)													
Bladzijde 8													
Registratiedatum	16/01/90	16/01/90	16/01/90	16/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90
Registratietijd	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	21.00	23.00
TURBINE													

DRUK_STOOM_IN	38.0			38.0	39.0	38.0	38.0	39.0	39.0	38.5	39.0	39.0	38.0
TEMP_STOOM_IN	400			400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
DRUK_STOOM UIT	0.93			0.92	0.90	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.91	0.91	0.92
TEMP_STOOM UIT	40			42	41	41	40	41	39	40	42	41	42

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 9

Registratiedatum	16/01/90	16/01/90	16/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90
Registratietijd	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	21.00	23.00
VERBRANDINGSLUCHT													
LUCHT_TOTAAL	44			45	45	45	43	43	42	44	42	44	65
VENTILATOR	155			160	150	150	165	165	155	165	160	160	150
VAANSTAND	45			38	30	30	55	45	43	55	45	46	34
HOOFDKLEP	100			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
KLEP_ONDERWIND_ZONE1	25			24	25	24	20	17	17	20	17	25	24
AFW_UWZ1	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE1	0.0			0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE2	32			30	30	30	26	18	20	24	18	32	31
AFW_UWZ2	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE2	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE3	30			28	28	25	20	7	8	20	9	29	29
AFW_UWZ3	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE3	0.0			0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE4	24			22	23	25	18	8	8	20	8	24	24
AFW_UWZ4	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE4	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE5	13			13	14	23	13	13	13	13	12	13	12
AFW_UWZ5	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DRUK_ONDERWIND_ZONE5	21			20	21	21	21	21	21	21	21	21	21
DRUK_PRIM.LUCHT_ZONE	1.5			1.0	1.0	1.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.0
KLEP_P.LUCHT_ZONE1	55			55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
DRUK_P.LUCHT_ZONE1	4.5			4.0	3.0	3.0	4.5	5.0	5.0	4.7	5.0	4.5	3.0
KLEP_P.LUCHT_ZONE2	75			75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
DRUK_P.LUCHT_ZONE2	5.0			4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	3.5
KLEP_P.LUCHT_ZONE3	25			25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
DRUK_P.LUCHT_ZONE3	4.0			3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	3.0
KLEP_SECUND.LUCHT	46			48	47	47	45	42	42	45	42	45	48
AFW_KLEPSEC.LUCHT	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_KL_SECUND.LUCHT	6.0			6.0	6.0	6.0	5.5	5.5	6.0	5.0	6.5	6.0	6.0
VOLUME_TOTAAL*1000	31			30	30	30	30	32	33	30	34	30	30

A.4 STOOKPROEF 1 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 10

Registratiedatum	16/01/90	16/01/90	16/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90	17/01/90
Registratietijd	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00	07.00	09.00	11.00	13.00	15.00	21.00	23.00	23.00
RDF EN OVEN														

WEEGSTAND RDF	81749.0			81808.0	81828.0	81848.0	81868.0	81885.0	81905.0	81926.0		81769.0	81789.0	
INVOER	100			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
INVOER_V	70			68	70	68	75	75	45	75	38	75	68	
INVOER_AFW	-10			-12	-12	0	0	0	0	0	-12	-10	-10	
ROOSTER1	60			65	68	50	65	65	38	65	35	60	58	
ROOSTER2	70			75	75	55	75	75	30	75	28	70	65	
ROOSTER3	20			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
ONTSLAKKER	8			8	10	10	10	10	10	10	8	8	8	
POMP	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
AMP_ZUIG TREK VENT.	45			45	50	50	52	50	50	50	45	45	45	
TOEREN ZT VENTILATOR	50			50	55	55	55	55	55	55	52	50	50	
DRUK_ONDER	1.0			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
DRUK_DP	1.2			1.2	1.4	1.6	1.3	1.4	1.2	1.4	1.5	1.2	1.5	
DRUK_EFILT	1.6			1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	1.6	2.0	1.8	1.6	2.0	

A.5 Stookproef 2 bedrijfsgegevens

A.5 STOOKPROEF 2 BEDRIJFSGEGEVENS

Bladzijde 1

Registratie datum	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90
Registratie tijd	01.30	05.00	09.00	12.00	17.00	21.00	00.00	05.00	09.00	13.00	17.00	21.00
ELECTRICITEITSPRODUCTIE												
VERMOGEN_PGEM	7.2	6.4		6.2	6.3	4.5	4.4	4.6		6.0	6.5	5.0
VERMOGEN_TURBINE	7.8	7.2	6.0	6.8	7.2	5.2	5.2	5.2		6.6	7.5	6.0
TELLER_GENERATOR	3999.6	40244.0	40443.0	40730.0	41070.0	41330.0	4144.5	4169.4	42037.0	42218.0	42488.0	42828.0
TELLER_ABC	881.6	882.0	882.8	8830.0	8837.0	8842.0	884.5	885.2	885.9	8863.0	8874.0	8901.0
TELLER_DF	30717.0	30960.0	31158.0	31446.0	31791.0	32101.0	32259.0	32584.0	32994.0	33132.0	33416.0	33761.0
UURTELLER_DIESEL	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0
SCRUBBER												
PH_NEUTRALISATOR	6.2	5.2	5.2	5.5	6.3	7.0	7.0	6.5	3.7	5.5	4.0	6.0
PH_EFFLUENT	3.0	9.5	9.0	9.0	9.0	9.0	8.8	8.5	9.0	10.0	9.8	8.0
TEMP_EFFLUENT	39	39	39	39	40	39	38	38	38	38	38	39
DEB_EFFLUENT	7.0	8.0	6.4	7.0	6.0	6.0	6.5	7.0	6.5	6.5		6.0
ROOKDICHTHEID	19.0	10.0	11.0	2.0	22.0	7.0	7.0	8.0	9.5	10.0	48.0	11.0
ZWART	4.0	2.2	2.0	2.3	2.5	1.0	1.5	1.8	2.0	2.2	3.0	2.0
TEMP_VOOR_SCRUBBER	218	212	211	215	210	198	198	200	213	210	208	203
TEMP_NA_SCRUBBER	62	63	64	64	62	59	60	60	64	63	62	59
HCL_NA_SCRUBBER	9.00	0.00	3.32	0.01	0.09	0.07	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00
HF_NA_SCRUBBER	1.32	1.58	0.26	0.56	1.44	1.06	0.72	0.78	0.24	1.36	1.36	0.93
STAND_FLOCVOORRAAD	995	990	985	970	955	950	950	945	935	920	915	900
STAND_CORVOORRAAD	390	385	380	375	365	360	355	350	345	340	335	325
RIOLDEBIET	700801	700948	700999	701106	701235	701294	701379	701412	701426	701508	701665	701804
Q_DEBIET	25.0	25.0	25.0	23.5	23.1	23.2	23.1	23.4	23.5	23.5	23.3	23.2
Q_DRUK	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
BLEEKLOOG_NIVEAU	325	325	325	325	325	325	300	300	300	300	300	300

A.5 STOOKPROEF 2 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 2

Registratie datum	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90
Registratie tijd	01.30	05.00	09.00	12.00	17.00	21.00	00.00	05.00	09.00	13.00	17.00	21.00
ROOKGAS EN STOOM												
TEMP_SLAKKENWATER1	90	80	90	80	100	110	100	110	90	90	110	100
TEMP_SLAKKENWATER2	120	125	140	110	120	160	140	140	120	120	140	130
TEMP_SLAKKENWATER3	160	160	200	210	200	220	180	150	170	210	160	205
TEMP_VOOR	830	840	820	800	875	900	860	900	870	850	940	930
TEMP_HOOFD	980	950	1000	1000	950	960	900	900	960	950	960	960
TEMP_UIT	700	680	720	820	800	800	650	640	631	700	700	750
TEMP_GAS	890	870	930	920	860	820	800	800	873	860	850	840
TEMP_NA	760	750	730	760	755	700	720	720	720	750	760	740
TEMP_KETEL	650	640	620	640	620	560	580	580	618	625	640	610
TEMP_AFGAS	192	190	186	190	189	181	182	185	188	188	189	188
O2	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.5	11.3	9.5	10.0	8.8	9.5
CO	40	30	20	30	40	35	35	30	20	30	40	40
DRUK_DRUM	43	42	44	44	44	40	43	43	44	44	43	42
TEMP_OVO1	282	280	280	280	282	310	295	305	280	275	278	285
TEMP_OVO2	400	405	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
DRUK_HDSTOOM	39.0	39.0	39.0	40.0	40.0	39.0	40.0	40.0	39.0	40.0	40.0	39.0
DEBIET_HDSTOOM	38.0	36.0	35.0	36.0	34.0	27.0	27.0	27.0	35.0	33.0	35.0	32.0
TEMP_KOELWATER_IN	18.0	16.0	17.0	19.0	19.0	19.0	18.0	19.0	17.0	18.0	18.0	20.0
TEMP_KOELWATER_UIT	23.0	21.0	21.0	23.0	23.0	21.0	21.0	20.0	20.0	22.0	22.0	23.0
TEMP_CONDENSOR	43.0	42.0	42.0	43.0	42.0	41.0	40.0	41.0	42.0	42.0	42.0	41.0
CON_DE_VOO	32	31	30	30	28	24	24	25	31	31	31	28
DRUK_CONDENSOR	6.7	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8
TEMP_NA_VO	92	90	90	91	89	82	83	83	88	88	89	86
HOEVEELH_VOED_WATER	36.0	28.0	35.0	37.0	30.0	27.0	26.0	23.5	27.0	33.0	30.0	28.0
KW_PERSDRUK	1.50	1.50	1.45	1.40	1.42	1.42	1.40	1.41	1.45	1.45	1.45	1.40
TEMP_BUITEN	17.0	15.0	17.0	26.0	23.0	21.0	17.0	13.0	17.0	27.0	23.0	22.0
TELLER_KETELV_WATER	809938	810039	810700	810237	810375	810489	810543	810657	810799	810873	810984	811124
TELLER_STOOM_KETEL	708160	708281	708475	708519	708685	708819	708882	709014	709185	709273	709406	709572
TELLER_STOOM_TURBINE	534203	534316	534398	534540	534695	534816	534871	534987	535193	535228	535352	535509
TURBINECON	225661	225884	226190	226265	226543	226766	226871	227093	227380	227529	227751	228032
TURBINEKW	47254	47254	47255	47255	47255	47255	47255	47255	47255	47255	47255	
GELEIDBAARH_MENGBAD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
GELEIDBAARH_DEMI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00

A.5 STOOKPROEF 2 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 3

Registratie datum	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90
Registratie tijd	01.30	05.00	09.00	12.00	17.00	21.00	00.00	05.00	09.00	13.00	17.00	21.00
TURBINE												

DRUK_STOOM_IN	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
TEMP_STOOM_IN	396	399	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
DRUK_STOOM UIT	0.95	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94
TEMP_STOOM UIT	42	41	41	42	42	41	40	41	41	42	42	42

A.5 STOOKPROEF 2 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 4

Registratie datum	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90
Registratie tijd	01.30	05.00	09.00	12.00	17.00	21.00	00.00	05.00	09.00	13.00	17.00	21.00
VERBRANDINGSLUCHT												
LUCHT_TOTAAL	55	52	51	48			36	37	36	48	46	45
VENTILATOR	155	165	145	145			140	140	142	143	145	150
VAANSTAND	38	60	35	34			30	21	22	30	36	41
HOOFDKLEP	100	100	100	100			100	100	100	100	100	100
KLEP_ONDERWIND_ZONE1	28	20	22	27			15	22	16	26	24	23
AFW_UWZ1	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE1	1.5	11.0	0.5	1.5			0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE2	34	25	28	35			18	27	20	32	32	30
AFW_UWZ2	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE2	0.0	0.5	0.5	1.5			0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE3	31	15	23	32			8	27	15	33	28	23
AFW_UWZ3	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE3	0.0	0.0	0.0	1.0			0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.5
KLEP_ONDERWIND_ZONE4	16	14	15	25			5	22	17	25	20	20
AFW_UWZ4	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE4	0.0	0.0	0.0	0.5			0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
KLEP_ONDERWIND_ZONE5	15	14	13	15			14	12	14	13	13	15
AFW_UWZ5	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DRUK_ONDERWIND_ZONE5	24	22	23	28			22	22	23	22	22	23
DRUK_PRIM.LUCHT_ZONE	3.0	3.0	2.0	4.0			1.0	0.0	0.5	2.0	2.5	3.0
KLEP_P.LUCHT_ZONE1	25	55	55	55			55	55	55	53	55	55
DRUK_P.LUCHT_ZONE1	6.0	5.0	5.0	5.0			3.0	2.5	2.8	4.3	4.0	5.0
KLEP_P.LUCHT_ZONE2	75	75	75	75			75	75	75	75	75	75
DRUK_P.LUCHT_ZONE2	4.0	5.0	5.0	5.0			4.0	3.5	3.8	5.0	5.0	5.0
KLEP_P.LUCHT_ZONE3	55	25	25	25			25	25	25	25	25	25
DRUK_P.LUCHT_ZONE3	5.0	6.0	4.0	5.0			3.0	1.5	2.5	4.0	4.0	5.0
KLEP_SECUND.LUCHT	51	42	45	56			45	50	46	50	50	48
AFW_KLEPSEC.LUCHT	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
DRUK_KL_SECUND.LUCHT	8.0	6.0	6.0	7.0			4.0	4.5	4.0	6.0	7.0	7.0
VOLUME_TOTAAL*1000	37	33	33	34			28	28	28	30	32	33

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

A.5 STOOKPROEF 2 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 5

Registratie datum	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	02/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90	03/05/90
Registratie tijd	01.30	05.00	09.00	12.00	17.00	21.00		00.00	05.00	09.00	13.00	17.00	21.00
RDF EN OVEN													

WEEGSTAND RDF	101443.0	101464.0	101495.0	101517.0				101604.0	101627.0	101651.0	101678.0	101707.0	101743.0
INVOER	100	100	100	100				100	100	100	100	100	100
INVOER_V	78	62	53	80				38	48	52	70	60	55
INVOER_AFW	-20	-30	0	-10				-30	-30	-25	-30	-30	-10
ROOSTER1	55	60	50	75				34	55	60	70	65	50
ROOSTER2	33	33	31	75				10	30	31	30	28	30
ROOSTER3	26	22	22	22				15	16	16	22	22	23
ONTSLAKKER	5	5		1				3	5	5	3	1	5
POMP	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1
AMP_ZUIG TREK VENT.	55	55		55				45	45	45	50	45	50
TOEREN ZT VENTILATOR	60	60	60	60				50	48	50	50	55	60
DRUK_ONDER	1.0	1.0		1.0				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DRUK_DP	1.2	1.2		1.4				1.3	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3
DRUK_EFILT	1.9	1.8		1.8				1.7	1.6	1.8	2.0	1.8	1.8

A.6

Stookproef 3 bedrijfsgegevens

A.6 STOOKPROEF 3 BEDRIJFSGEGEVENS

Bladzijde 1

Registratie datum	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90
Registratie tijd	00:00	04:00	08:00	12:00	16:02	20:00	23:58	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	23:58

ELECTRICITEITSPRODUKTIE

VERMOGEN_PGEM	7.8	7.4	7.6	7.6	7.6	7.2	7.5	7.3	7.4	7.1	6.9	7.2	7.1	7.1
VERMOGEN_TURBINE	8.6	8.3	8.4	8.3	8.5	8.2	8.6	8.2	8.4	8.1	8.5	8.1	8.1	8.3
TELLER_GENERATOR	31910.50	31943.50	31976.50	32018.50	32051.50	32084.50	32117.50	32118.50	32151.50	32184.50	32218.50	32251.50	32284.50	32315.50
TELLER_ABC	187.96	187.96	187.96	187.96	188.96	188.96	188.96	188.96	188.96	188.96	188.96	188.96	189.96	189.96
TELLER_DF	2919.87	2922.87	2925.87	2929.87	2932.87	2935.87	2938.87	2938.87	2941.87	2944.87	2947.87	2950.87	2953.87	2956.87
UURTELLER_DIESEL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SCRUBBER

PH_NEUTRALISATOR	9.8	9.7	9.6	9.4	9.6	9.5	9.7	9.7	9.6	9.4	10.1	9.6	9.5	9.6
PH_EFFLUENT	8.1	7.2	7.1	7.5	7.7	7.8	8.0	8.0	7.8	7.8	7.9	7.8	7.9	7.7
TEMP_EFFLUENT	36.4	36.5	32.8	38.3	39.5	40.3	40.4	39.4	40.3	38.9	39.1	39.9	39.2	37.3
DEBIET_EFFLUENT	7.8	7.2	4.8	8.3	6.8	8.4	4.2	6.0	6.3	8.9	7.5	5.0	9.6	4.6
STOF(RÖÖKGASDICHTHEID)	17.6	14.1	22.3	16.5	12.3	15.8	15.7	13.5	14.7	22.6	16.3	20.2	10.8	16.9
ZWART	5.5	2.5	3.2	3.3	2.5	3.1	5.2	2.9	4.1	3.7	4.7	2.5	2.3	2.9
TEMP_VOOR_SCRUBBER	229.5	230.3	230.9	232.0	232.2	232.6	230.1	229.9	231.6	231.8	229.5	230.1	229.9	228.5
TEMP_NA_SCRUBBER	63.6	63.5	64.6	63.9	64.5	63.5	64.3	61.7	63.4	63.5	63.7	63.3	65.5	64.1
HCL_NA_SCRUBBER	14.60	20.90	13.80	14.70	19.20	5.76	-1.80	-0.29	-0.98	-0.98	0.10	1.95	4.10	0.49
HF_NA_SCRUBBER	1.67	0.77	0.35	0.11	0.12	0.11	0.15	0.15	0.16	-0.04	0.04	0.21	0.09	0.12
Q_DEBIET	29.1	29.3	29.3	29.4	29.3	29.4	29.5	29.3	29.4	29.6	29.5	29.3	29.1	29.5

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

STOOKPROEF 3		BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)													
Bladzijde 2															
Registratie datum		01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	
Registratie tijd		00:00	04:00	08:00	12:00	16:02	20:00	23:58	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	23:58
ROOKGAS EN STOOM															
TEMP_SLAKENWATER1		92	70	87	86	95	93	99	99	93	98	101	96	108	120
TEMP_SLAKENWATER2		119	104	107	105	110	99	107	106	110	104	113	103	112	116
TEMP_SLAKENWATER3		152	171	156	179	180	169	158	158	162	151	157	168	166	152
TEMP_VOOR		869	821	798	819	847	920	976	983	883	898	953	864	843	935
TEMP_HOOFD		1070	1064	1051	1022	1043	1063	1059	1060	1061	1059	1085	1039	994	1051
TEMP_UIT		614	659	664	720	701	703	656	659	669	645	668	649	648	644
TEMP_GAS		967	944	932	911	922	937	957	952	956	931	952	926	911	944
TEMP_NA		792	754	768	755	763	756	780	768	767	763	775	766	759	763
TEMP_KETEL		664	664	665	663	665	665	665	664	668	666	667	668	657	663
TEMP_AFGAS		200	200	200	201	201	201	200	200	200	201	199	200	200	199
O2		9.3	9.9	9.4	9.7	9.4	9.5	9.0	9.3	9.3	10.0	9.2	9.7	8.9	9.7
CO		23	14	23	16	15	10	17	12	18	12	19	15	19	18
DRUK_DRUM		43.6	42.1	42.7	42.1	42.5	42.2	43.2	42.7	42.6	42.4	43.0	42.6	42.3	42.5
TEMP_OVO1		397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397
TEMP_OVO2		399	399	399	399	398	399	398	398	401	399	400	398	401	400
DRUK_HDSTOOM		38.5	38.4	38.5	38.5	38.5	38.4	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
DEBIET_HDSTOOM		40.7	39.4	40.4	39.7	39.9	39.4	40.8	39.5	39.9	38.8	40.7	39.2	38.4	39.2
TEMP_KOELWATER_IN		23.9	21.9	21.4	21.7	21.7	21.0	20.0	20.0	19.6	20.2	21.6	21.9	20.8	21.7
TEMP_KOELWATER_UIT		33.2	31.4	30.6	30.8	31.1	30.3	29.4	29.5	29.0	29.4	31.1	31.2	29.5	30.7
TEMP_CONDENSOR		45.9	44.5	43.7	43.9	44.0	43.2	42.3	42.5	42.1	42.3	43.9	43.9	41.7	43.6
CON DE VOO		35.3	34.9	35.2	35.1	36.0	35.2	35.1	34.9	35.4	35.0	34.9	34.8	32.2	33.8
DRUK_CONDENSOR		6.7	6.7	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.6	6.6	6.7	6.6	6.6	6.6
TEMP_NA_VO		93.5	93.2	92.7	92.6	93.0	92.8	92.7	92.9	92.9	92.1	93.1	92.9	91.7	92.3
HOEVEELH_VOED_WATER		41.0	39.0	40.0	41.0	39.0	39.0	40.0	38.0	39.0	39.0	40.0	39.0	37.0	40.0
KW_PERSDRUK		1.42	1.44	1.43	1.43	1.45	1.45	1.42	1.46	1.44	1.44	1.43	1.45	1.44	1.44
TEMP_BUITEN		19.0	15.0	19.0	17.0	19.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.0	20.0	21.0	19.0	17.0
TELLER_KETELV_WATER		2193	2353	2513	116	1	160	318	320	480	639	800	148	305	454
TELLER_STOOM_KETEL		3650	3917	4183	192	2	265	530	532	799	1065	1332	245	506	756
TELLER_STOOM_TURBINE		2079	2231	2383	109	1	151	302	303	455	606	758	140	288	430
TURBINECON		1915	2055	2195	101	1	139	278	279	419	558	699	129	266	396
TURBINEKW		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GELEIDBAARH_MENGAD		0.21	0.21	0.25	0.18	0.19	0.21	0.17	0.17	0.18	0.21	0.23	0.17	0.18	0.21
GELEIDBAARH_DEMI		0.70	0.75	0.77	0.64	0.61	0.74	0.63	0.63	0.70	0.76	0.80	0.66	0.71	0.74

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

A.6 STOOKPROEF 3		BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)													
Bladzijde 3															
Registratie datum	Registratie tijd	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90
		00:00	04:00	08:00	12:00	16:02	20:00	23:58	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	23:58
TURBINE															

Druk stoom in	Temp stoom in	37.6	37.6	37.6	37.7	37.7	37.6	37.7	37.6	37.6	37.8	37.6	37.7	37.7	37.7
		398.7	399.4	398.7	398.9	398.2	398.7	397.2	397.5	400.9	398.9	399.9	397.9	399.2	399.2
		-0.88	-0.90	-0.90	-0.91	-0.91	-0.92	-0.92	-0.92	-0.92	-0.92	-0.91	-0.91	-0.92	-0.91
		45.3	43.5	42.8	43.0	43.2	43.2	42.3	41.6	41.5	41.2	41.2	42.9	41.0	42.0
Druk stoom uit															
Temp stoom uit															

STOOKPROEF 3 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 4

Registratie datum	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90
Registratie tijd	00:00	04:00	08:00	12:00	16:02	20:00	23:58	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	23:58
VERBRANDINGSLUCHT														
LUCHT_TOTAAL	57	60	58	59	58	59	57	59	59	60	57	61	58	59
VENTILATOR	150	148	145	143	143	150	147	150	154	146	156	149	144	152
VAANSTAND	46	40	36	33	35	41	36	39	45	35	59	38	31	44
HOOFDKLEP	95.6	95.6	95.6	95.6	95.5	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6
KLEP_ONDERWIND_ZONE1	19	24	24	25	25	24	23	23	23	26	21	26	26	24
AFW_UWZ1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DRUK_ONDERWIND_ZONE1	0.0	0.9	-0.2	0.1	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.3	-0.5	-0.3
KLEP_ONDERWIND_ZONE2	25	28	31	33	31	27	27	27	29	30	25	30	34	36
AFW_UWZ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE2	-0.5	1.0	-0.3	0.2	0.5	0.3	0.0	-0.6	0.2	-0.1	-0.2	0.4	-0.3	-0.2
KLEP_ONDERWIND_ZONE3	24	42	37	43	37	32	25	30	31	45	24	49	65	36
AFW_UWZ3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE3	0.0	1.7	-0.3	0.8	0.5	0.4	0.0	-0.5	0.4	0.9	-0.5	2.0	0.4	0.1
KLEP_ONDERWIND_ZONE4	23	27	29	31	28	24	23	26	24	33	21	31	31	28
AFW_UWZ4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_ONDERWIND_ZONE4	0.0	0.7	0.0	0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.4	-0.4	-0.5
KLEP_ONDERWIND_ZONE5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
DRUK_ONDERWIND_ZONE5	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DRUK_PRIM.LUCHT_ZONE	4.5	5.3	3.7	3.4	3.7	5.1	4.3	4.4	4.2	2.3	4.6	3.2	2.5	2.3
KLEP_P.LUCHT_ZONE1	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
DRUK_P.LUCHT_ZONE1	4.2	4.2	5.2	5.1	5.9	4.1	6.5	6.4	6.7	4.3	4.1	5.0	4.3	5.6
KLEP_P.LUCHT_ZONE2	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
DRUK_P.LUCHT_ZONE2	3.7	3.7	3.6	6.6	3.6	3.6	4.3	4.3	4.3	5.7	3.6	6.6	5.5	4.3
KLEP_P.LUCHT_ZONE3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
DRUK_P.LUCHT_ZONE3	6.8	7.3	5.4	5.1	5.7	7.0	6.3	6.4	6.7	4.4	7.4	5.0	4.1	5.0
KLEP_SECUND.LUCHT	52	51	55	59	57	51	54	51	49	54	47	51	56	48
AFW_KLEPSEC.LUCHT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRUK_KL_SECUN.LUCHT	9.3	7.9	8.3	8.8	9.3	8.5	9.1	8.2	8.6	8.2	8.8	7.9	8.7	7.3
VOLUME_TOTAAL*1000	38.0	36.0	36.0	34.0	35.0	37.0	38.0	37.0	36.0	33.0	37.0	33.0	32.0	34.0

A.6 STOOKPROEF 3 BEDRIJFSGEGEVENS (vervolg)

Bladzijde 5

Registratie datum	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	01-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90	02-Oct-90
Registratie tijd	00:00	04:00	08:00	12:00	16:02	20:00	23:58	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	23:58
RDF EN OVEN														

DRALL(WEEGSTAND RDF)	1172.1	1554.9	1593.7	302.9	358.8	385.7	422.3	422.3	556.2	589.4	618.9	372.1	406.3	437.2
INVOER	99	99	99	99	99	97	100	100	98	99	99	97	99	99
INVOER_V	79	66	90	91	73	71	53	59	63	93	55	88	98	96
INVOER_AFW	6	-6	4	-1	0	-1	5	-6	-4	-5	3	-8	0	0
ROOSTER1	43	58	62	65	62	54	48	57	57	75	42	72	69	59
ROOSTER2	41	47	54	54	58	42	47	45	51	55	36	53	67	47
ROOSTER3	25	25	26	25	26	26	26	25	26	26	26	25	24	25
ONTSLAKKER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POMP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AMP_ZUIG TREK VENT.	56.8	60.6	56.4	59.3	56.3	57.1	56.3	52.6	56.6	61.1	55.4	66.7	56.9	59.4
TOEREN ZT VENTILATOR	73	75	76	76	74	73	72	72	72	76	71	75	73	76
DRUK_ONDER	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DRUK_DP	1.7	1.5	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.5
DRUK_EFILT	2.3	1.8	2.7	2.2	2.2	2.1	2.4	2.1	2.1	2.3	2.0	2.3	2.2	2.7

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

A.7 Gemiddelde waarden van in- en uitgaande stromen per stookproef

		Stookproef 1	stookproef 2 *	stookproef 3
Electriciteitsproductie				
Turbine	MWh	6.9	6.9	8.3
Vuurhaardtemperatuur	°C	896	859	938
Stoomproductie	ton/h	32.4	35.1	39.7
Verbrandingslucht, totaal	m ³ /h	44300	48700	58600
Slak	kg/h	1511	2702	1910
E-as, v	kg/h	229	340	373
F-koek, v	kg/h	23	18	12
RDF x 1000	kg/h	9.8	7.8	9.6

* omgerekend naar situatie overdag tijdens uitvoeren van metingen

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Bijlage B Meetresultaten

B.1	Samenvatting van de meetresultaten	
B.1.1	Rookgassen	3
B.1.2	Andere verbrandingsresiduen	4
B.1.3	RDF	5
B.2	Schoorsteen metingen (na de natte wasser)	
B.2.1	Stof en water	6
B.2.2	Zware metalen	7
B.2.3	Halogenen	8
B.2.4	PCDD/F	9
B.2.5	Rookgascompositie	10
	(CO ₂ , CO, O ₂ , NO _x , SO ₂ , C _x H _y , Temperatuur)	
B.3	Metingen voor de natte wasser	
B.3.1	Stof	17
B.3.2	Zware metalen	18
B.3.3	Halogenen	19
B.3.4	PCDD/F	20
B.3.5	Debiet	21
B.4	Metingen voor het E-filter	
B.4.1	PCDD/F	24
B.5	Metingen in de ketel	
B.5.1	PCDD/F	25
B.5.2	Temperatuur traverse	26
B.6	Vuurhaardmetingen	
B.6.1	Stookproef 1	27
B.6.2	Stookproef 2	32
B.6.3	Stookproef 3	37

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.7	Bepalingen in verbrandingsresidu	
B.7.1	Slak	42
B.7.2	E-as	43
B.7.3	Filterkoek	44
B.7.4	Effluent	45
B.8	Bepalingen in RDF en scheidingsresidu	
B.8.1	Sorteer analyses	46
B.8.2	Asgehalte en stookwaardes	49

Toelichting op tabellen:

--= niet bepaald

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

B.1.1 Samenvatting van de meetresultaten, Rookgassen

		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Algemeen				
Datum		16/17-01-90	2/3-05-90	1/2-10-90
Debiet	[m ³ ind/h]	56500	52400	57100
Temp. voor water	[°C]	211	212	229
Temp. na water	[°C]	65	62	65
H ₂ O voor water	[g/m ³ ind]	133	142	141
H ₂ O na water	[g/m ³ ind]	223	208	207
Bepaling in rookgassen				
<i>Na water</i>				
O ₂	[vol% droog]	9.3	9.7	9.4
CO ₂	[vol% droog]	11.0	9.8	9.8
CO	[mg/m ³ ind]	18	25	25
C _x H _y	[mg/m ³ ind]	<2	<5	<5
NO _x	[mg/m ³ ind]	337	365	372
SO ₂	[mg/m ³ ind]	116	229	163
Stof	[mg/m ³ ind]	15	10	7
Cd	[mg/m ³ ind]	0.010	0.013	0.019
Pb	[mg/m ³ ind]	0.21	0.30	0.37
Zn	[mg/m ³ ind]	0.33	0.43	1.03
Hg	[mg/m ³ ind]	0.011	0.041	0.060
Cl ⁻	[mg/m ³ ind]	3.3	4.5	2.1
F ⁻	[mg/m ³ ind]	1.5	0.7	0.3
PCDD/F	[ng TEQ/m ³ ind]	6.9	2.6	5.1
<i>Voor water</i>				
Stof	[mg/m ³ ind]	22	22	28
Cd	[mg/m ³ ind]	0.041	0.038	0.054
Pb	[mg/m ³ ind]	0.85	0.83	1.56
Zn	[mg/m ³ ind]	2.34	1.40	2.29
Hg	[mg/m ³ ind]	0.075	0.185	0.100
Cl ⁻	[mg/m ³ ind]	874	912	1050
F ⁻	[mg/m ³ ind]	19.2	9.2	8.2
PCDD/F	[ng TEQ/m ³ ind]	6.5	--	--
<i>Voor e-filter</i>				
PCDD/F	[ng TEQ/m ³]	--	2.0	--
<i>In ketel</i>				
PCDD/F	[ng TEQ/m ³]	--	--	2.8

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.1.2 Samenvatting meetresultaten, Andere verbrandingsresiduen

		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Bepaling in andere verbrandingsresiduen				
<i>Slak</i>				
Cd	[ppm]	270	3	<2
Pb	[ppm]	2000	2700	1280
Zn	[ppm]	3600	4700	2400
Hg	[ppm]	<1	<2	<0.4
PCDD/F	[ng TEQ/g]	--	--	<0.02
<i>Elektrofilter as</i>				
Cd	[ppm]	980	520	440
Pb	[ppm]	13000	12000	12200
Zn	[ppm]	40200	27200	23100
Hg	[ppm]	2.4	<2.0	<0.3
PCDD/F	[ng TEQ/g]	2.45	1.28	6.58
<i>Filterkoek</i>				
Cd	[ppm]	240	180	300
Pb	[ppm]	8400	5900	10000
Zn	[ppm]	19000	9700	16600
Hg	[ppm]	200	320	270
PCDD/F	[ng TEQ/g]	0.45	0.15	1.65
<i>Effluent</i>				
Cd	[ppm]	0.17	0.04	0.07
Pb	[ppm]	1.2	0.03	0.2
Zn	[ppm]	4.8	0.1	0.3
Hg	[ppm]	1.2	0.9	0.7
Cl ⁻	[ppm]	5886	8340	8750
F ⁻	[ppm]	11.9	11.6	12.5
Br ⁻	[ppm]	--	--	20

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.1.3 Samenvatting meetresultaten, RDF

		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Bepaling in RDF				
GFT	%	5.1	21.5	30.1
papier	%	42.5	36	21.9
kunststof	%	25.4	20	9.8
textiel	%	11.7	6.1	5.6
glas	%	--	1.8	--
metaal	%	2.8	4.4	2.6
hout	%	11.6	3.8	14.6
KCA	%	--	0.4	--
rest	%	0.9	6	13.8
stookwaarde	MJ/kg	9.9	11.3	9.7
vocht	%	34.8	23.4	35.3
as	%	21.8	22.7	26.6

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

B.2.1 Schoorsteen metingen (na de natte wasser), Stof en water

Stof, H ₂ O	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	17-01-90	2-05-90	1-10-90
Einde monstername	16:25 ¹⁾	13:02	13:51
Begin monstername	13:05	10:46	11:00
Meetas	B en C ²⁾		
Afgezogen volume [m ³ ind]	3.62	3.76	4.44
Stofhoeveelheid [mg]	45	22	32
Stof [mg/m ³ ind]	12	6	7
Stof [mg/m ³ inv]	10	5	6
H ₂ O [g/m ² ind]	219	208	207
Einde monstername	16:25 ¹⁾	17:17	18:45
Begin monstername	13:05	14:59	16:00
Meetas	A en B ²⁾		
Afgezogen volume [m ³ ind]	2.91	3.70	3.98
Stofhoeveelheid [mg]	51	55	28
Stof [mg/m ³ ind]	18	15	7
Stof [mg/m ³ inv]	14	12	6
H ₂ O [g/m ² ind]	226	207	146 ³⁾
Gemiddeld			
Stof [mg/m ³ ind]	15	10	7
Stof [mg/m ³ inv]	12	8	6
H ₂ O [g/m ³ ind]	223	208	207

1) Monstername gelijktijdig uitgevoerd op vermelde meetassen; monstername onderbroken van 14:05 tot 15:25

2) In verband met een storing aan het rooster van de verbrandingsinstallatie konden de stofmetingen niet worden voortgezet op de meetassen A en C

3) H₂O gehalte beschouwd als uitbijter

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.2.2 Schoorsteen metingen (na de natte wasser), Zware metalen

Cd, Pb, Zn	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	17-01-90	2-05-90	1-10-90
Einde monstername	16:25	13:02	13:51
Begin monstername	13:05	10:46	11:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	3.62	3.76	4.44
Cd [mg/m ³ ind]	0.008	0.010	0.022
Pb [mg/m ³ ind]	0.18	0.24	0.38
Zn [mg/m ³ ind]	0.30	0.28	1.59
Einde monstername	16:25	17:17	18:45
Begin monstername	15:25	14:59	16:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	2.91	3.70	3.98
Cd [mg/m ³ ind]	0.011	0.016	0.016
Pb [mg/m ³ ind]	0.23	0.35	0.36
Zn [mg/m ³ ind]	0.36	0.57	1.46
Gemiddeld			
Cd [mg/m ³ ind]	0.010	0.013	0.019
Pb [mg/m ³ ind]	0.21	0.30	0.37
Zn [mg/m ³ ind]	0.33	0.43	1.03

Hg	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Einde monstername	14:58	12:45	14:05
Begin monstername	13:00	10:45	11:05
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.550	0.501	0.743
Hg [mg/m ³ ind]	0.011	0.070	0.048
Einde monstername	16:23	16:54	19:00
Begin monstername	15:52	14:52	16:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.140	0.518	0.681
Hg [mg/m ³ ind]	0.014	0.014	0.072
Gemiddeld			
Hg [mg/m ³ ind]	0.011	0.041	0.060

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

B.2.3 Schoorsteen metingen (na de natte wasser), Halogenen

Cl ⁻ , F ⁻ , H ₂ O	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	17-01-90	3-05-90	2-10-90
Einde monstername	14:58	12:35	12:54
Begin monstername	12:58	10:35	9:54
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.484	0.524	0.754
Cl ⁻ [mg/m ³ ind]	3.1	3.7	2.1
F ⁻ [mg/m ³ ind]	1.5	0.3	0.3
H ₂ O [g/m ³ ind]	230	--	215
Einde monstername	16:23	14:47	--
Begin monstername	15:50	12:47	--
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.122	0.650	--
Cl ⁻ [mg/m ³ ind]	4.1	5.2	--
F ⁻ [mg/m ³ ind]	1.1	1.1	--
H ₂ O [g/m ³ ind]	207	173	--
Gemiddeld			
Cl ⁻ [mg/m ³ ind]	3.3	4.5	2.1
F ⁻ [mg/m ³ ind]	1.5	0.7	0.3
H ₂ O [g/m ³ ind]	225	173	215

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

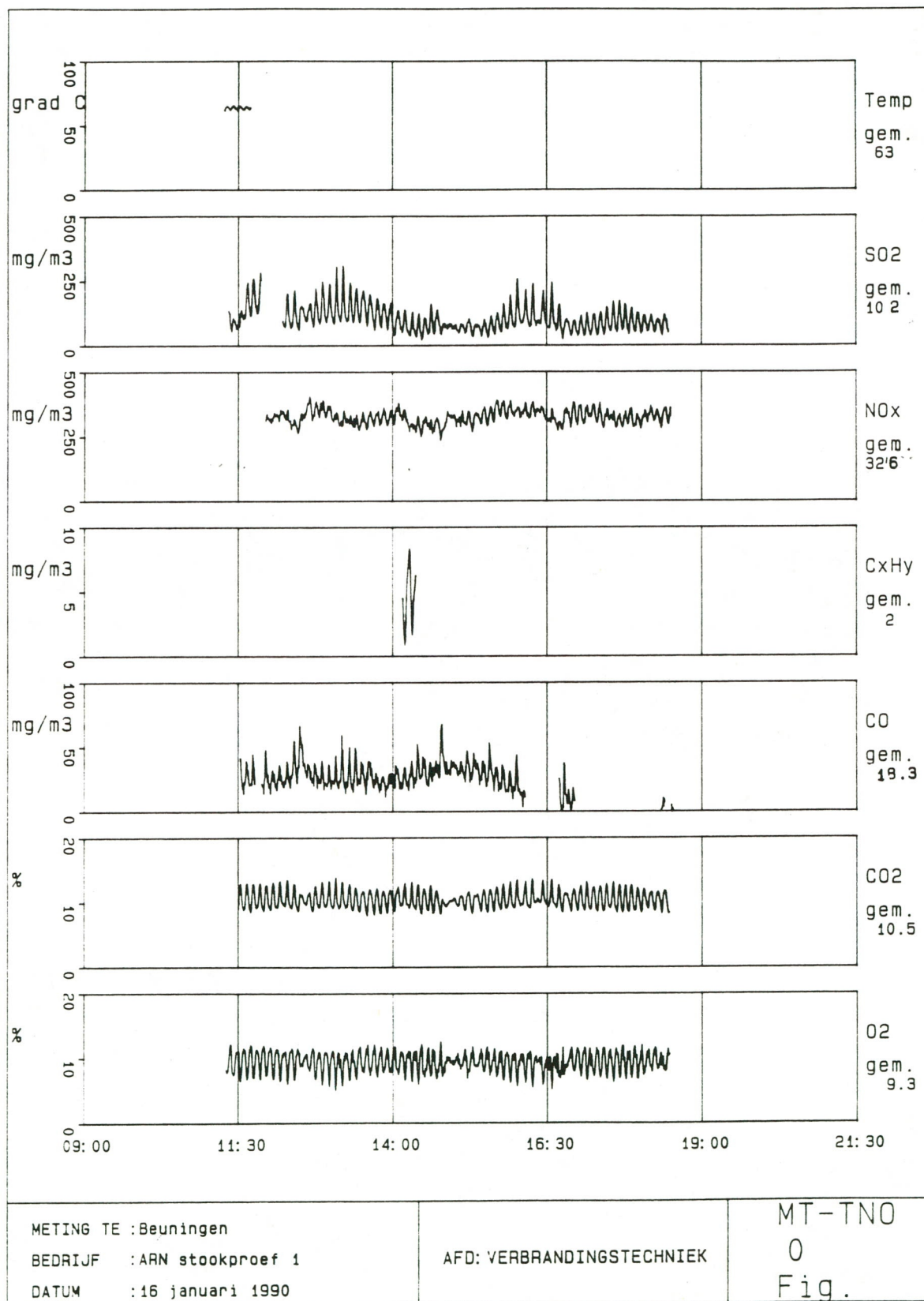
B.2.4 Schoorsteen metingen (na de natte wasser), PCDD/F

PCDD/F		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum		17-01-90	3-05-90	2-10-90
Einde monstername		15:10	15:20	15:00
Begin monstername		10:10	8:30	9:05
Afgezogen volume [m ³ ind]		17.5	23.7	19.9
Totaal PCDD/F	[ng TEQ]	120.5	62	101.3
H ₂ O	[g/m ³ ind]	223	208	207
PCDD/F	[ng TEQ/m ³ ind]	6.9	2.6	5.1
O ₂	[vol%]	9.1	9.8	9.3
PCDD/F bij 11% O ₂	[ng TEQ/m ³ ind]	5.8	2.3	4.3

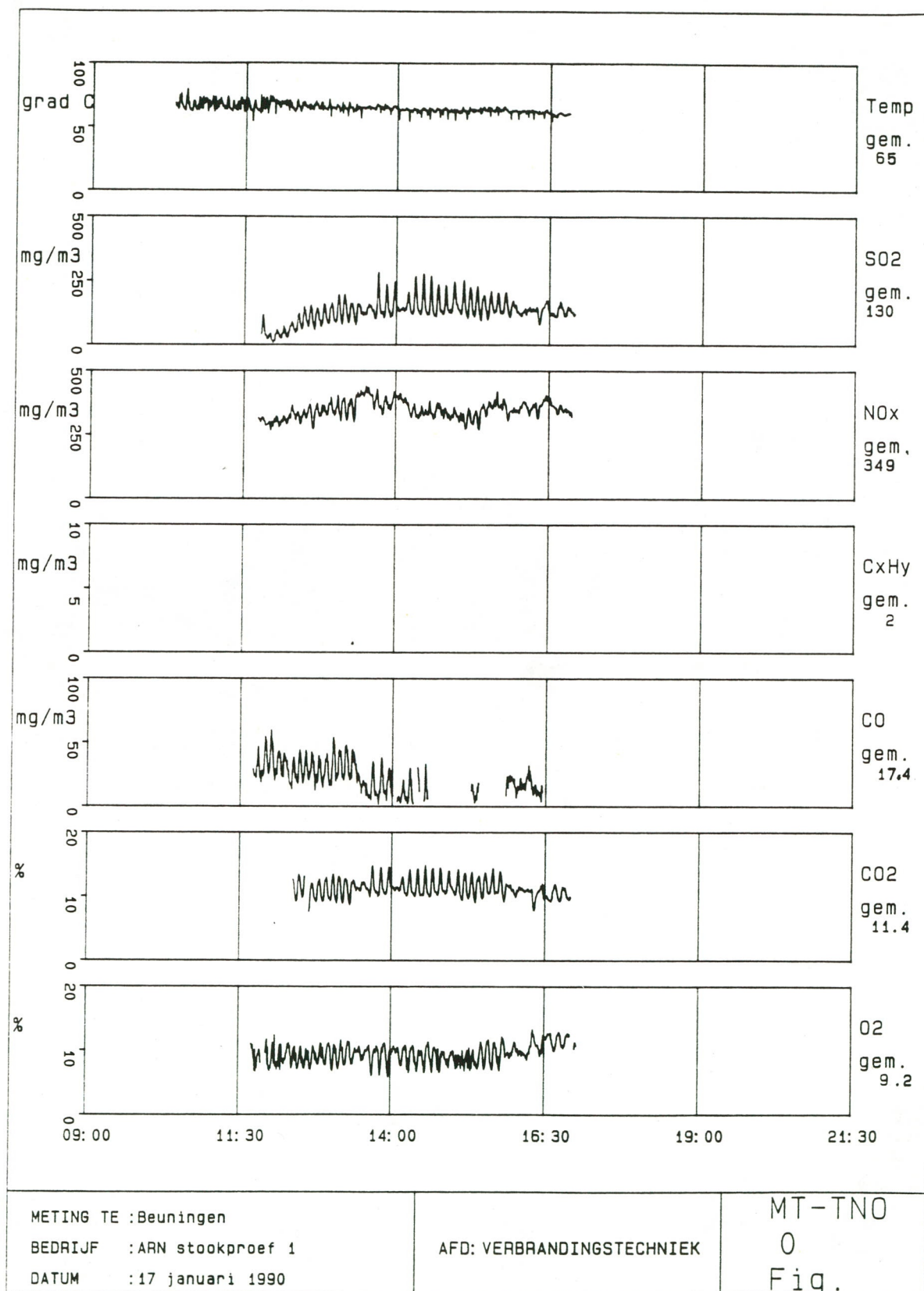
*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

**B.2.5 Schoorsteen metingen (na de natte wasser),
Rookgascompositie (CO₂, CO, O₂, NO_x, SO₂,
C_xH_y, temperatuur)**

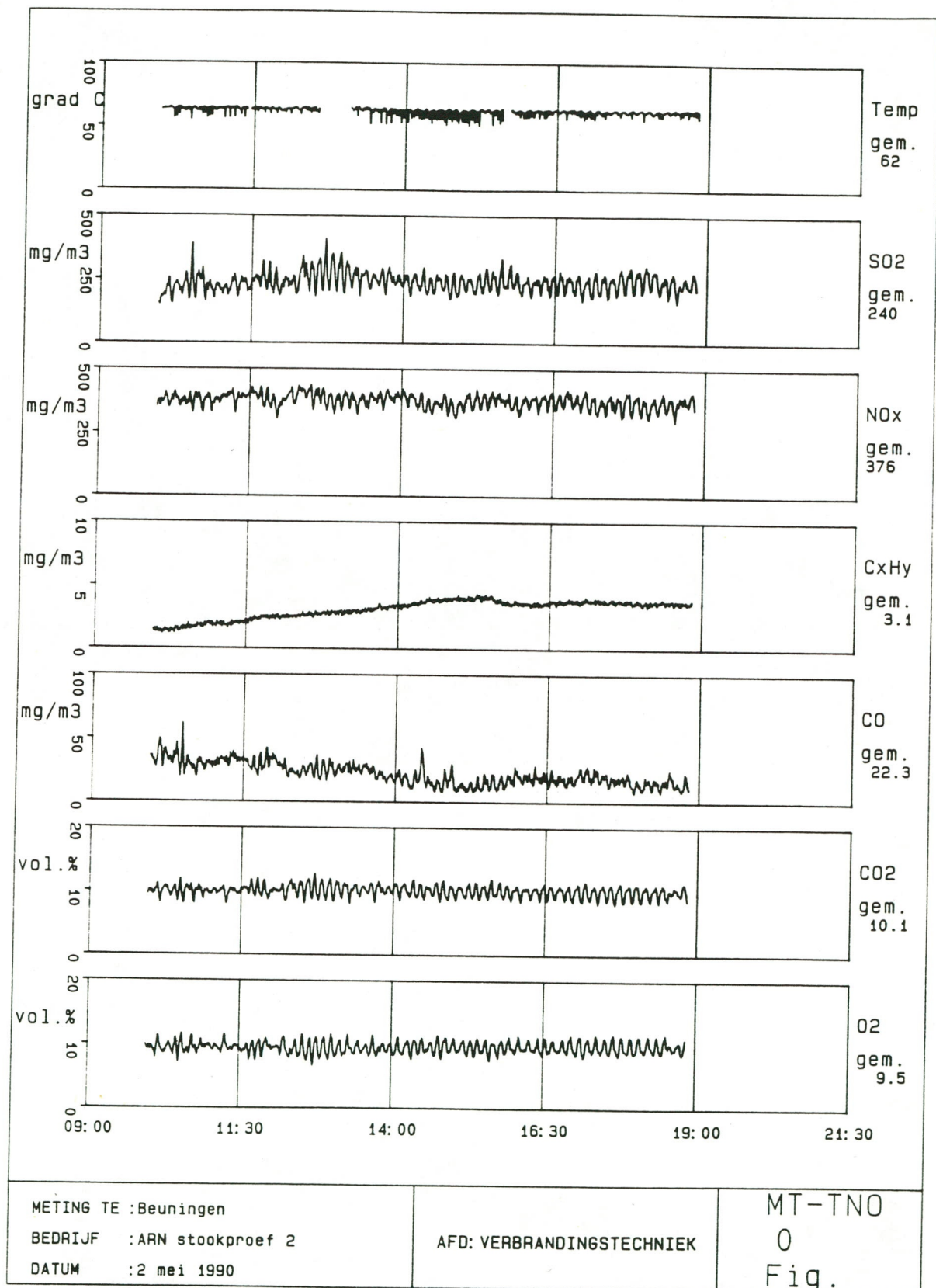
Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



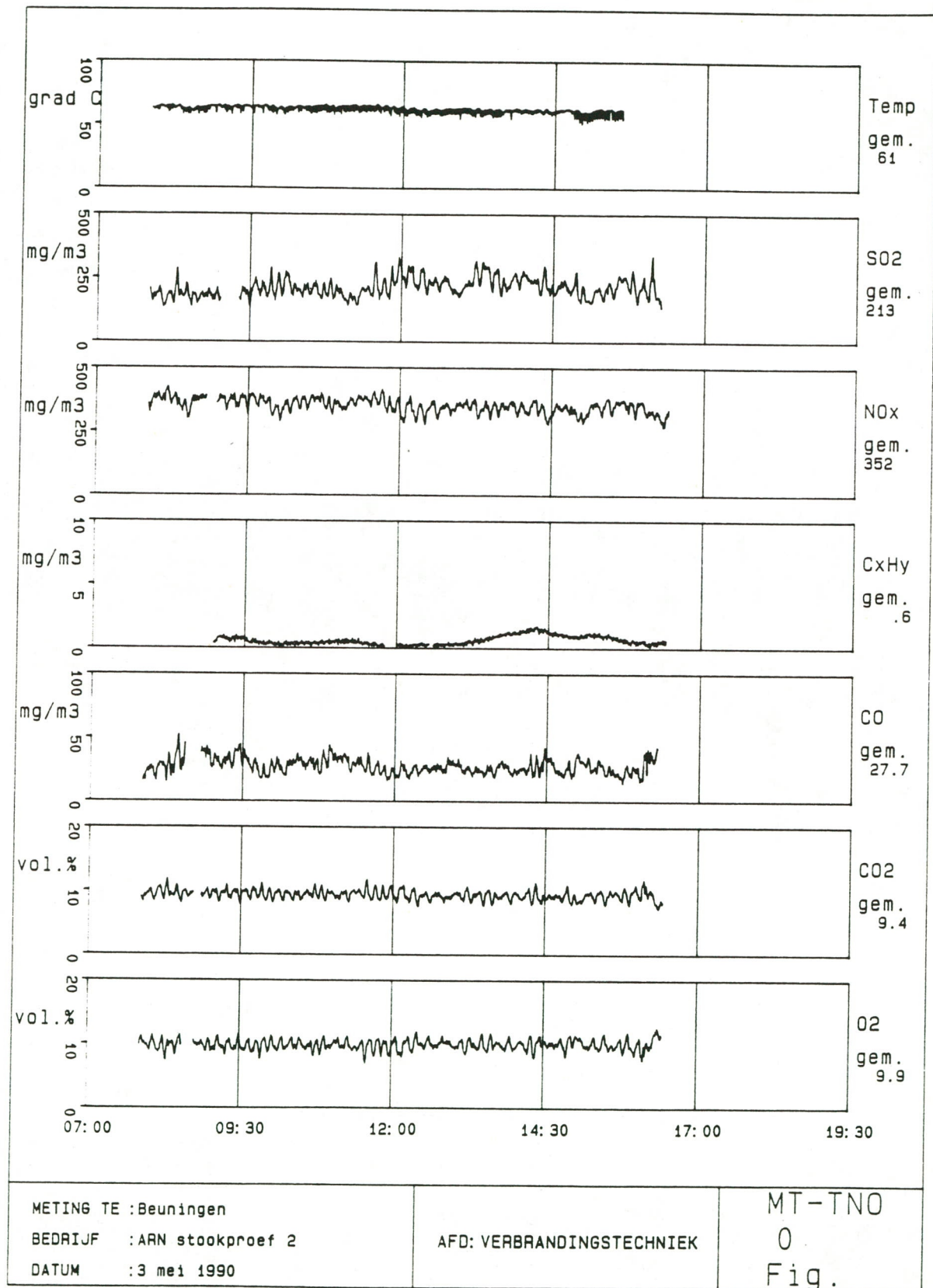
Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



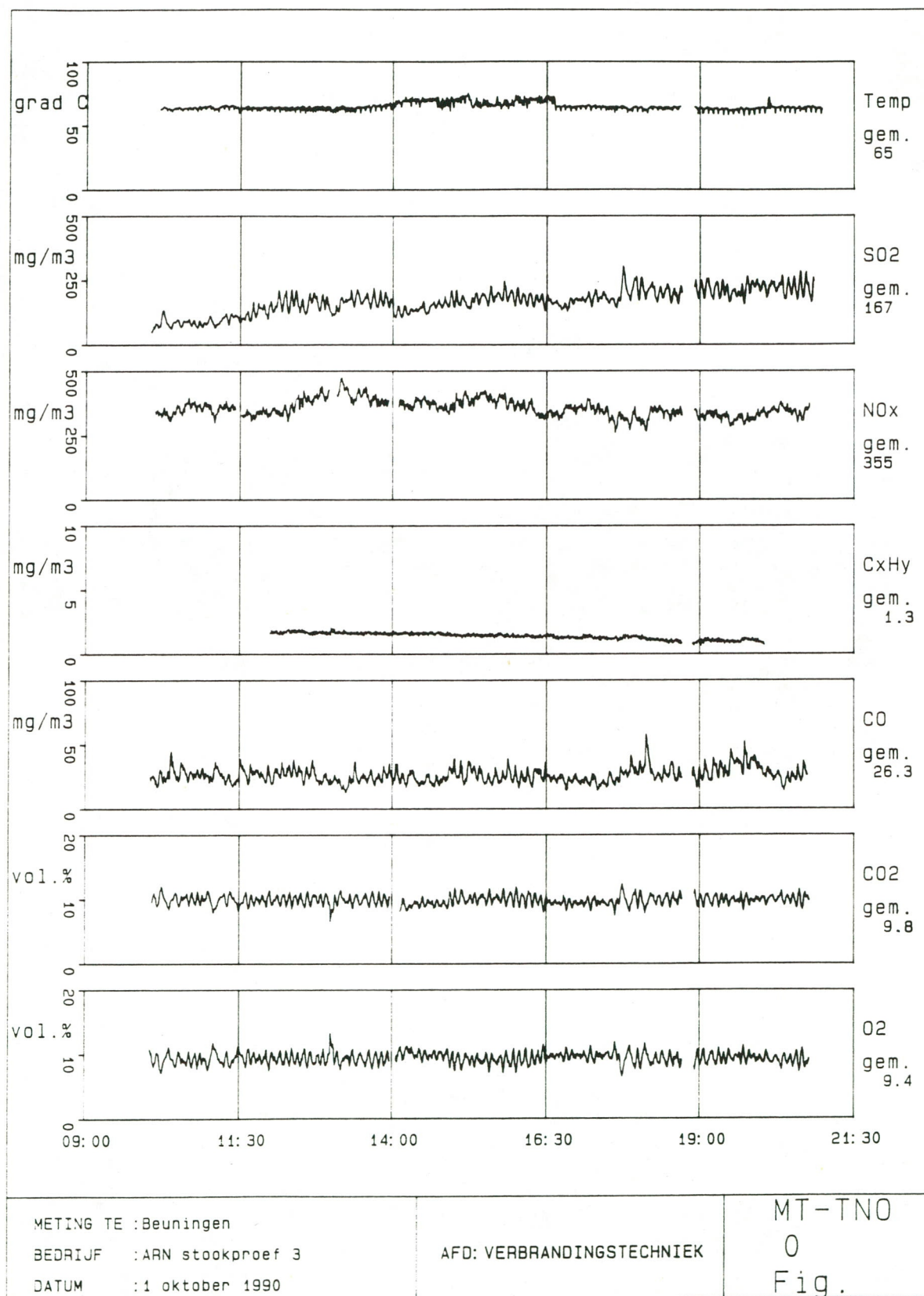
Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



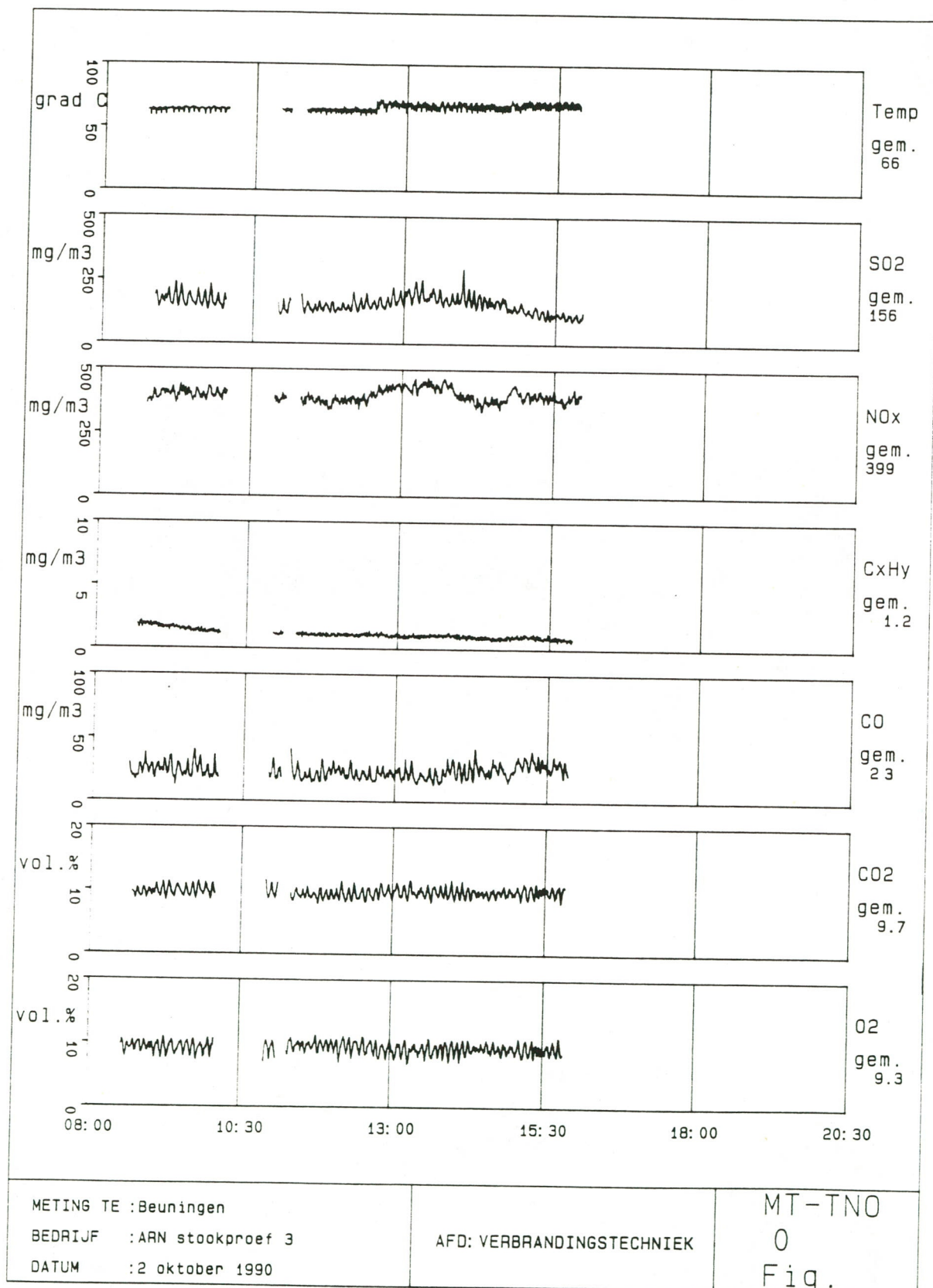
Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.3.1 Metingen voor de natte wasser, Stof

Stof, H ₂ O	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	17-01-90	2-05-90	1-10-90
Einde monstername	13:58	13:02	14:00
Begin monstername	11:54	10:46	11:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	3.43	2.79	4.66
Stofhoeveelheid [mg]	84	74	133
Stof [mg/m ³ ind]	25	26	29
Stof [mg/m ³ inv]	21	22	24
H ₂ O [g/m ² ind]	135	147	140
Einde monstername	16:22	17:13	19:00
Begin monstername	15:14	14:59	16:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	1.75	2.72	2.86
Stofhoeveelheid [mg]	29	48	77
Stof [mg/m ³ ind]	17	18	27
Stof [mg/m ³ inv]	14	15	23
H ₂ O [g/m ² ind]	130	138	141
Gemiddeld			
Stof [mg/m ³ ind]	22	22	28
Stof [mg/m ³ inv]	19	19	24
H ₂ O [g/m ³ ind]	133	142	141

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.3.2 Metingen voor de natte wasser, Zware metalen

Cd, Pb, Zn	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	17-01-90	2-05-90	1-10-90
Einde monstername	13:58	13:02	14:00
Begin monstername	11:54	10:46	11:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	3.43	2.79	4.66
Cd [mg/m ³ ind]	0.045	0.046	0.052
Pb [mg/m ³ ind]	0.97	0.98	1.49
Zn [mg/m ³ ind]	0.89	1.68	2.23
Einde monstername	16:22	17:13	19:00
Begin monstername	15:14	14:59	16:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	1.75	2.72	2.86
Cd [mg/m ³ ind]	0.037	0.031	0.056
Pb [mg/m ³ ind]	0.74	0.67	1.63
Zn [mg/m ³ ind]	3.79	1.13	2.34
Gemiddeld			
Cd [mg/m ³ ind]	0.041	0.038	0.054
Pb [mg/m ³ ind]	0.85	0.83	1.56
Zn [mg/m ³ ind]	2.34	1.40	2.29

Hg, H ₂ O	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Einde monstername	13:58	12:49	14:00
Begin monstername	11:26	10:51	11:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.81	0.51	0.94
Hg [mg/m ³ ind]	0.087	0.216	0.068
H ₂ O [g/m ³ ind]	143	153	145
Einde monstername	16:24	16:54	19:00
Begin monstername	15:08	14:51	16:00
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.29	0.52	0.83
Hg [mg/m ³ ind]	0.063	0.153	0.133
H ₂ O [g/m ³ ind]	143	137	140
Gemiddeld			
Hg [mg/m ³ ind]	0.075	0.185	0.100
H ₂ O [g/m ³ ind]	143	145	143

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.3.3 Metingen voor de natte wasser, Halogenen

Cl ⁻ , F ⁻ , H ₂ O	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	17-01-90	3-05-90	2-10-90
Einde monstername	13:58	12:53	12:56
Begin monstername	11:24	10:37	9:59
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.831	0.643	0.886
Cl ⁻ [mg/m ³ ind]	908	880	1050
F ⁻ [mg/m ³ ind]	16.4	8.9	8.2
H ₂ O [g/m ³ ind]	133	132	136
Einde monstername	16:24	14:59	--
Begin monstername	15:07	12:59	--
Afgezogen volume [m ³ ind]	0.403	0.570	--
Cl ⁻ [mg/m ³ ind]	804	947	--
F ⁻ [mg/m ³ ind]	25.1	9.5	--
H ₂ O [g/m ³ ind]	131	122	--
Gemiddeld			
Cl ⁻ [mg/m ³ ind]	874	912	1050
F ⁻ [mg/m ³ ind]	19.2	9.2	8.2
H ₂ O [g/m ³ ind]	132	128	136

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.3.4 Metingen voor de natte wasser, PCDD/F

PCDD/F		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum		17-01-90	--	--
Einde monstername		15:09	--	--
Begin monstername		10:06	--	--
Afgezogen volume [m ³ inv]		20.0	--	--
Totaal PCDD/F	[ng TEQ]	130	--	--
H ₂ O	[g/m ³ ind]	120	--	--
PCDD/F	[ng TEQ/m ³ ind]	6.5	--	--
O ₂	[vol%]	9.1	--	--
PCDD/F bij 11% O ₂	[ng TEQ/m ³ ind]	5.4	--	--

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.3.5 Metingen voor de natte water, Debiet

Stookproef 1

Datum 17 januari 1990

Debiet	Meetas A	Meetas B	Meetas C	Meetas D	Meetas E
Insteek- diepte [cm]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]
10	12.1	11.8	12.1	10.8	12.2
20	11.8	12.1	12.7	13.5	12.5
30	11.6	12.9	12.5	13.7	12.7
40	11.1	12.9	12.2	13.7	12.6
50	10.7	12.9	12.1	13.8	12.7
60	11.1	13.5	11.8	14.0	12.6
70	11.3	12.7	12.1	14.0	12.8
80	11.1	12.6	12.4	14.0	12.8
90	11.1	12.3	12.4	13.5	12.7
100	10.8	12.3	12.4	13.5	12.4
110	11.6	12.7	12.3	13.7	12.7
120	12.1	12.7	12.4	13.5	12.9
130	12.2	12.3	12.5	13.3	12.4
140	12.4	11.8	12.6	13.5	11.9
150	12.1	10.6	12.7	13.5	11.8

Rekenkundig gemiddelde

afmetingen rookgaskanaal

Snelheid	[m act./s]	12.5	Hoogte	[m]	1.70
	[m inv./s]	6.6		[m]	1.60
	[m ind./s]	5.8			
Debiet	[m ³ act/h]	122000	Oppervlak	[m ²]	2.72
	[m ³ inv/h]	64900			
	[m ³ ind/h]	56500			
Rookgastemp.	[°C]	213			

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Metingen voor de natte wasser, Debiet (vervolg)

Stookproef 2

Datum 2 mei 1990

Debiet	Meetas A	Meetas B	Meetas C	Meetas D	Meetas E
Insteek- diepte [cm]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]
10	11.7	10.7	11.9	12.6	10.7
20	12.1	11.2	11.7	12.4	11.0
30	12.1	11.3	11.7	12.2	11.2
40	11.7	11.6	11.7	12.7	11.3
50	11.1	11.2	11.4	12.4	11.4
60	10.4	11.0	11.3	12.6	11.2
70	10.7	11.0	11.7	13.0	11.1
80	10.7	10.4	11.4	12.6	11.3
90	10.7	10.8	11.4	13.0	11.3
100	11.2	11.0	11.6	12.6	11.3
110	11.4	11.1	11.4	12.4	11.2
120	11.9	11.2	11.6	12.0	11.0
130	11.7	11.4	11.4	12.0	11.0
140	11.9	11.0	11.4	12.0	11.0
150	11.4	10.4	11.4	12.1	10.8

Rekenkundig gemiddelde

afmetingen rookgaskanaal

Snelheid	[m act./s]	11.5	Hoogte	[m]	1.70
	[m inv./s]	6.3		[m]	1.60
	[m ind./s]	5.3			
Debiet	[m ³ act/h]	112600	Oppervlak	[m ²]	2.72
	[m ³ inv/h]	61600			
	[m ³ ind/h]	52400			
Rookgastemp.	[°C]	213			

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Metingen voor de natte wasser, Debiet (vervolg)

Stookproef 3

Datum 1 oktober 1990

Debiet	Meetas A	Meetas B	Meetas C	Meetas D	Meetas E
Insteek- diepte [cm]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]	snelheid actueel [m/s]
10	13.6	--	13.8	--	12.7
20	13.6	--	13.4	--	12.9
30	13.8	--	13.6	--	12.8
40	13.6	--	13.4	--	13.1
50	13.0	--	13.4	--	12.9
60	12.9	--	12.9	--	12.9
70	12.6	--	13.1	--	12.7
80	12.7	--	13.1	--	12.8
90	12.8	--	13.1	--	12.7
100	12.9	--	13.1	--	12.9
110	13.8	--	13.4	--	12.9
120	13.5	--	13.0	--	13.1
130	13.7	--	13.6	--	12.9
140	13.4	--	13.8	--	12.7
150	13.1	--	13.8	--	11.8

Rekenkundig gemiddelde

afmetingen rookgaskanaal

<i>Snelheid</i>	[m act./s]	13.1	Hoogte	[m]	1.70
	[m inv./s]	6.9		[m]	1.60
	[m ind./s]	5.8			
<i>Debiet</i>	[m ³ act/h]	128700	Oppervlak	[m ²]	2.72
	[m ³ inv/h]	67100			
	[m ³ ind/h]	57100			
<i>Rookgastemp.</i>	[°C]	230			

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.4.1 Metingen voor het E-filter, PCDD/F

PCDD/F		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum		--	3-05-90	--
Einde monstername		--	15:24	--
Begin monstername		--	8:42	--
Afgezogen volume [m ³ inv]		--	20.1	--
Totaal PCDD/F	[ng TEQ]	--	41	--
H ₂ O	[g/m ³ ind]	--	142	--
PCDD/F	[ng TEQ/m ³ ind]	--	2.0	--
O ₂	[vol%]	--	9.5	--
PCDD/F bij 11% O ₂	[ng TEQ/m ³ ind]	--	1.8	--

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.5.1 Metingen in de ketel, PCDD/F

PCDD/F	Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Datum	--	--	2-10-90
Einde monstername	--	--	15.02
Begin monstername	--	--	9.10
Afgezogen volume [m ³ inv]	--	--	22.6
Totaal PCDD/F [ng TEQ]	--	--	62
H ₂ O [g/m ³ ind]	--	--	141
PCDD/F [ng TEQ/m ³ ind]	--	--	2.8
O ₂ [vol%]	--	--	9.3
PCDD/F bij 11% O ₂ [ng TEQ/m ³ ind]	--	--	2.4

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.5.2 Metingen in de ketel, Temperatuur traverse

			Meetauto	Bedrijfsmeter
Meetpunt	Tijd		°C	°C
B1:	11.20 - 11.35	gem.:	203	200
		max.:	204	200
		min.:	203	200
B2:	11.36 - 11.51	gem.:	204	199
		max.:	214	200
		min.:	91	199
B3:	11.52 - 12.07	gem.:	203	199
		max.:	205	199
		min.:	201	199
M1:	12.10 - 12.25	gem.:	198	199
		max.:	203	200
		min.:	154	199
M2:	12.26 - 12.41	gem.:	206	199
		max.:	212	200
		min.:	202	199
M3:	12.42 - 12.59	gem.:	207	200
		max.:	212	200
		min.:	203	200
O1:	13.03 - 13.18	gem.:	297	199
		max.:	307	200
		min.:	288	199
O2:	13.19 - 13.34	gem.:	323	199
		max.:	336	200
		min.:	313	199
O3:	13.35 - 13.50	gem.:	290	199
		max.:	304	200
		min.:	282	199

Meetplaatsen van meetauto en bedrijfsmeter zijn niet identiek
 B = Boven
 M = Midden
 O = Onder

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.6.1 Vuurhaardmetingen, Stookproef 1

Stookproef 1

Datum 16 januari 1990

Meetas	Insteek- diepte cm	Meetpunt	Meetperiode
A	365	2	12.07 - 12.35
B	318	1	13.21 - 13.50
B	318	3	15.00 - 15.27
C	215	2	11.36 - 12.00
D	168	1	13.55 - 14.15
D	168	3	15.32 - 15.34
E	65	2	11.05 - 11.31
F	18	1	14.19 - 14.41
F	18	3	15.58 - 16.23

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Vuurhaardmetingen, Stookproef 1 (resultaten)

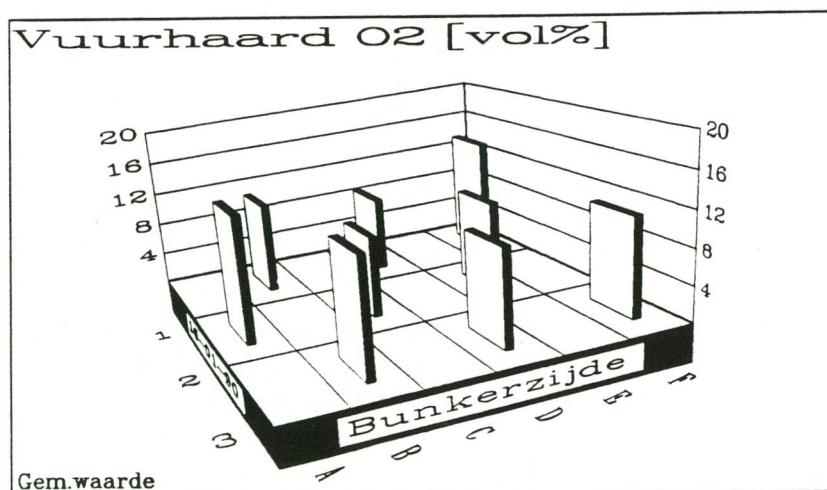
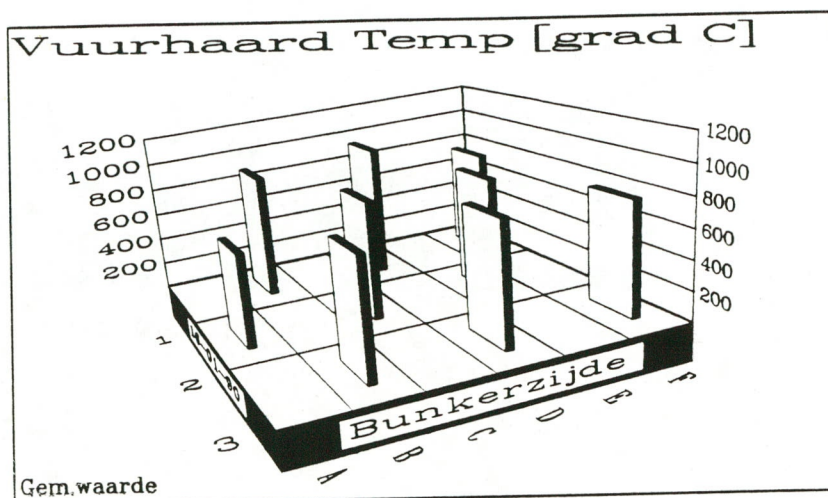
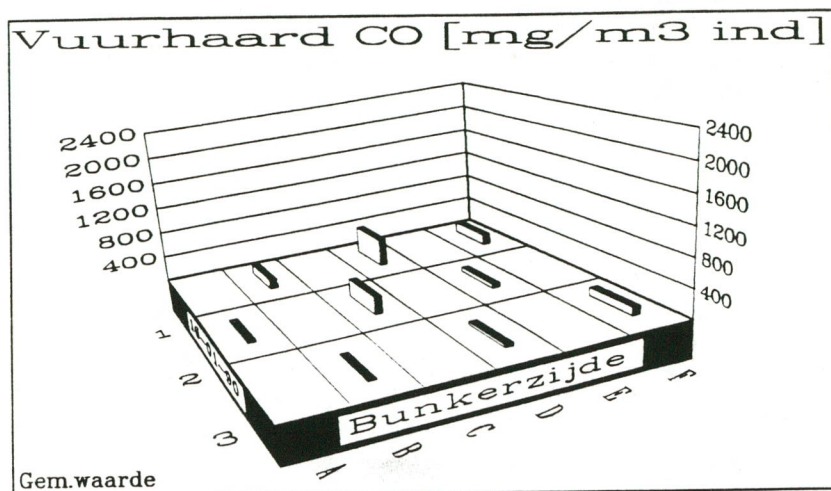
Stookproef : 1
Datum : 16 januari 1990

Gemiddelde waarde																		
O ₂ [vol %]							CO [mg/m ³ ind]						Temp. [°C]					
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as F	as A	as B	as C	as D	as E	as F	as A	as B	as C	as D	as E	as F
1		10.9		8.9		13.6		132		416		156		891		945		750
2	14.6		9.4		10.5		27		252		61		654		830		817	
3		13.1		10.9		11.2		14		38		114		807		839		781

Maximum waarde																		
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]						Temp. [°C]						
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as F	as A	as B	as C	as D	as E	as F	as A	as B	as C	as D	as E	as F
1		13.2		11.9		15.2		1030		2240		570		954		1047		840
2	16.3		13.2		14.0		194		2030		1230		706		932		887	
3		14.7		15.4		13.5		43		180		1290		858		883		866

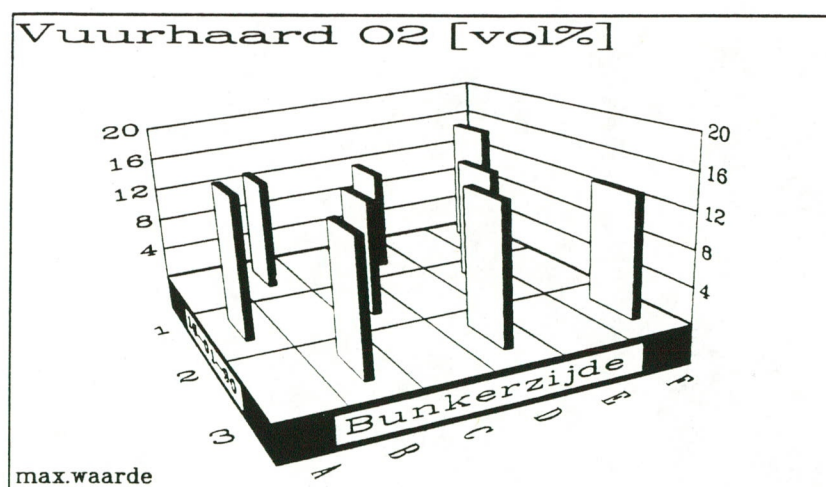
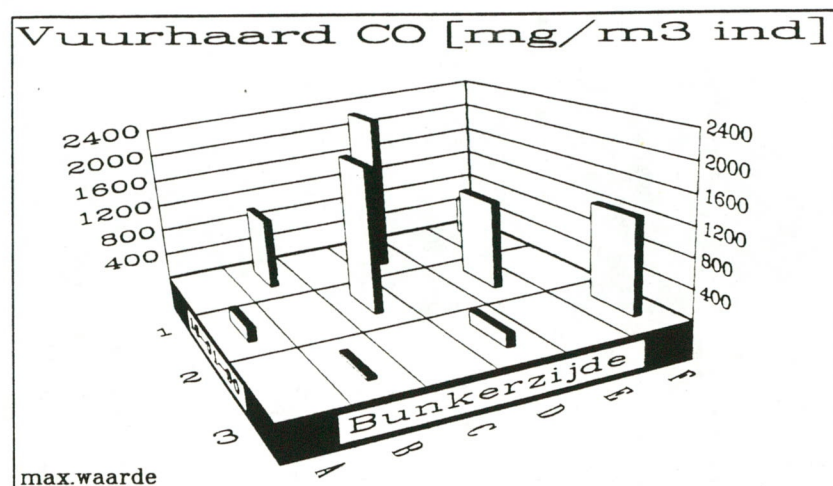
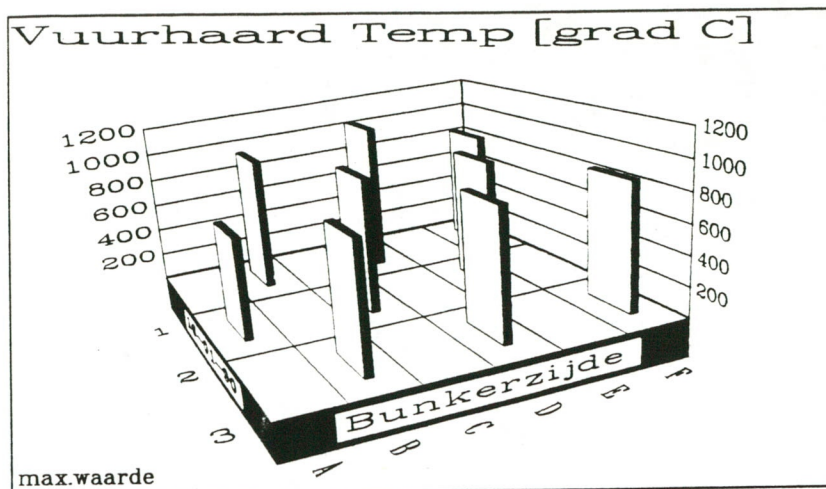
Minimum waarde																		
O ₂ [vol %]							CO [mg/m ³ ind]						Temp. [°C]					
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as F	as A	as B	as C	as D	as E	as F	as A	as B	as C	as D	as E	as F
1		8.2		4.9		9.9		3		13		53		713		842		703
2	11.8		4.5		5.3		11		13		13		568		738		742	
3		12.0		8.3		5.2		6		13		12		739		781		731

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



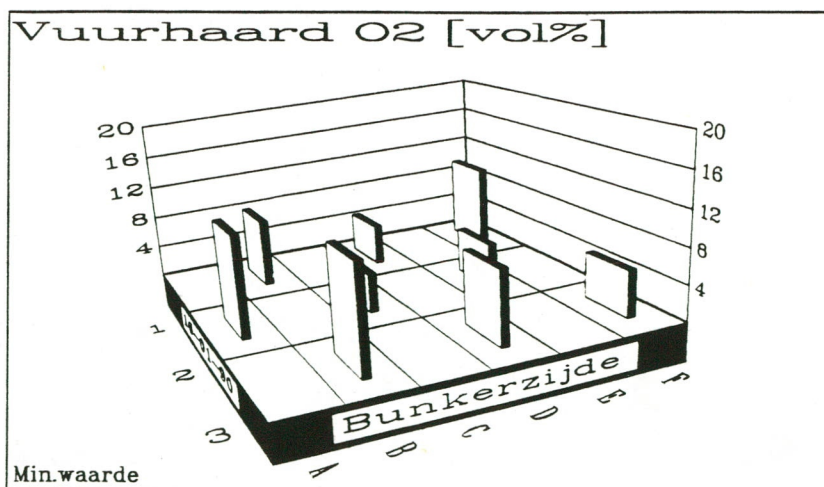
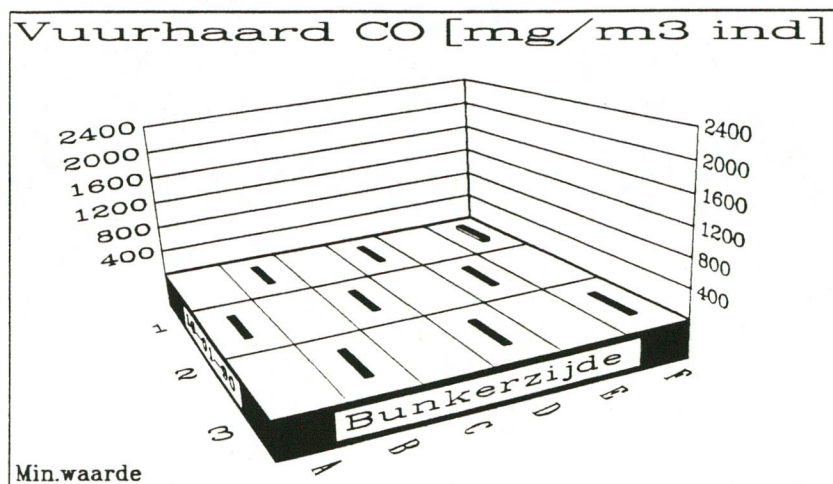
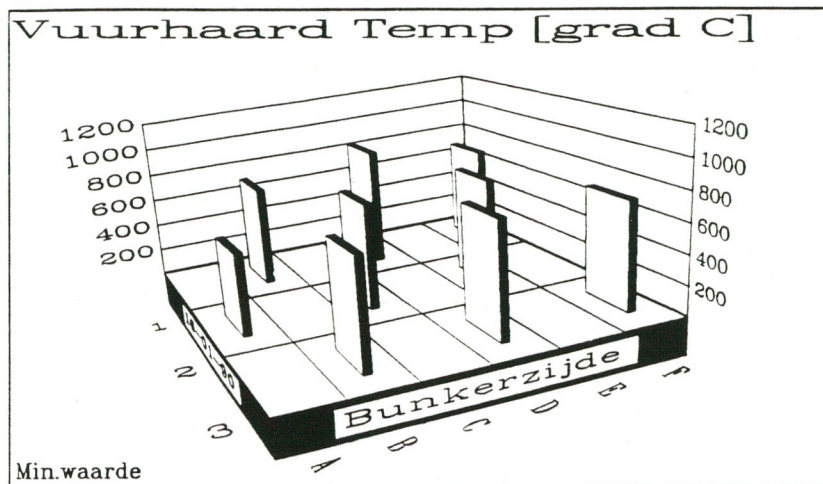
Vuurhaardmetingen stookproef 1 op 16 januari 1990, gem. waarde

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Vuurhaardmetingen stookproef 1 op 16 januari 1990, max. waarde

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Vuurhaardmetingen stookproef 1 op 16 januari 1990, min. waarde

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.6.2 Vuurhaardmetingen, Stookproef 2

Stookproef 2

Datum 2 mei 1990

Meetas	Meetpunt	Meetperiode
A	1	16.55 - 17.30
A	2	16.03 - 16.22
A	3	12.20 - 12.40
B	1	17.30 - 17.45
B	2	15.38 - 16.03
B	3	12.00 - 12.20
C	1	17.45 - 18.00
C	2	15.17 - 15.38
C	3	11.40 - 12.00
D	1	18.01 - 18.15
D	2	14.55 - 15.17
D	3	11.20 - 11.40
E	1	18.15 - 18.28
E	2	14.30 - 14.55
E	3	11.00 - 11.20

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Vuurhaardmetingen, Stookproef 2 (resultaten)

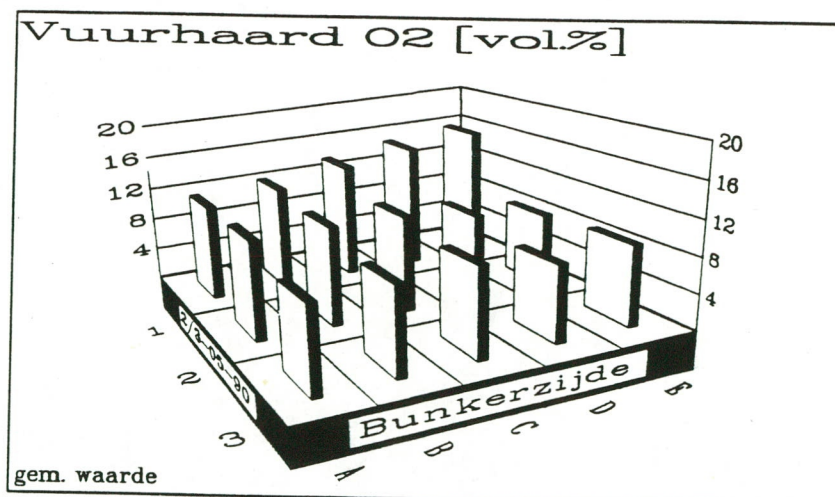
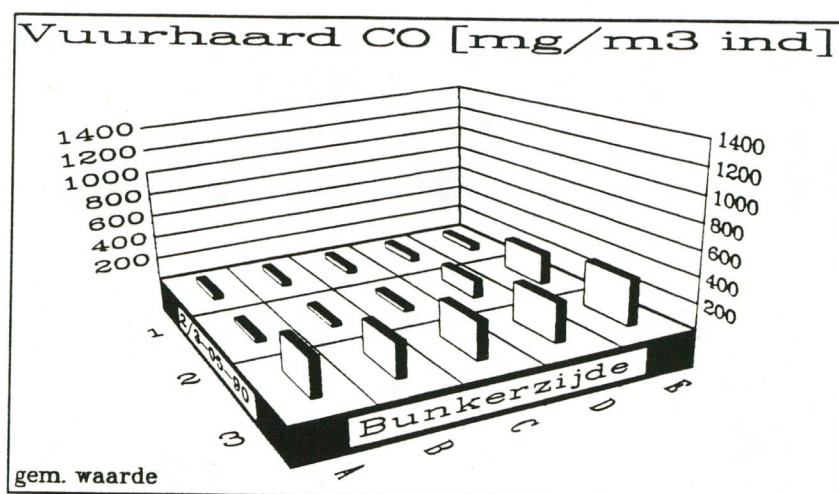
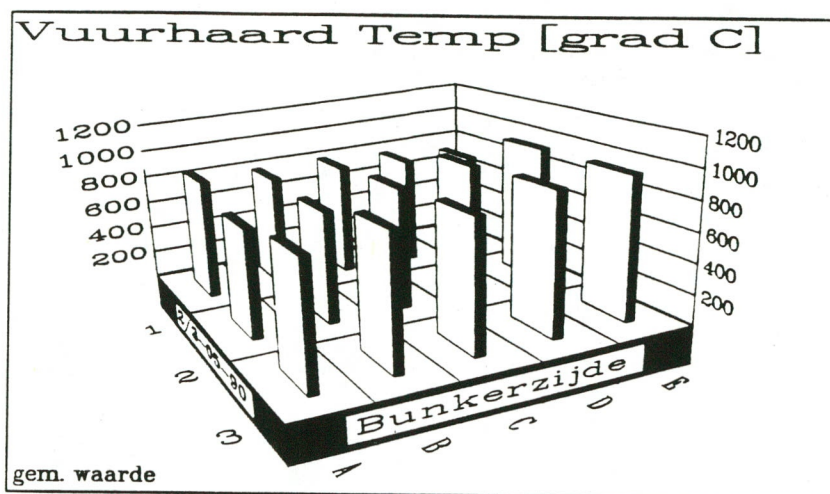
Stookproef : 2
Datum : 2 mei 1990

Gemiddelde waarde																
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]					Temp. [°C]					
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	
1	11.4	12.2	13.7	14.8	15.7	45	45	51	55	53	853	795	801	768	723	
2	11.4	11.4	11.1	9.8	8.5	34	31	35	141	261	748	771	839	911	957	
3	9.6	9.7	10.0	8.5	9.1	300	272	297	314	365	831	890	879	949	960	

Maximum waarde																
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]					Temp. [°C]					
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	
1	15.8	14.5	15.2	15.9	16.6	270	112	134	143	298	1073	863	886	1076	1020	
2	13.6	13.3	12.5	11.5	11.0	102	90	74	391	1269	781	824	1082	982	1054	
3	13.1	12.9	13.0	10.6	12.0	421	581	818	513	1063	949	994	1037	999	1045	

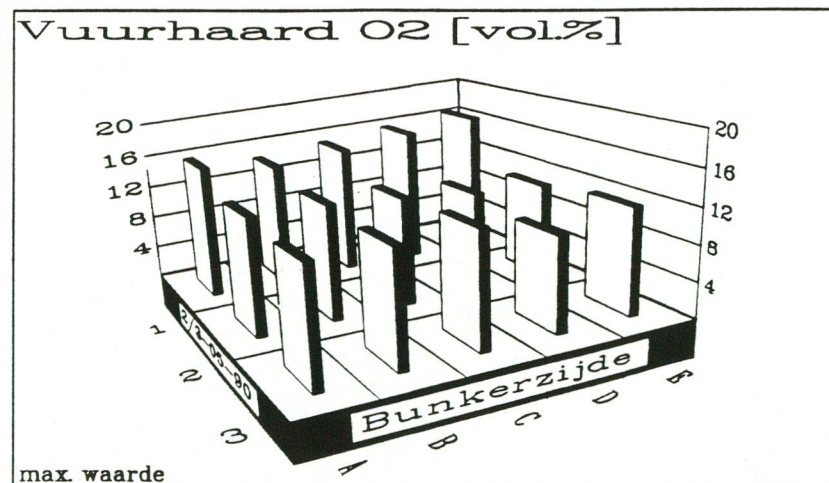
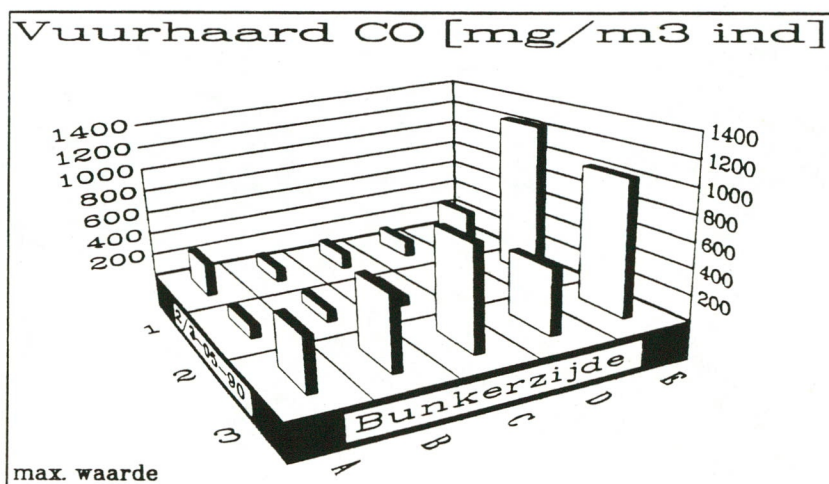
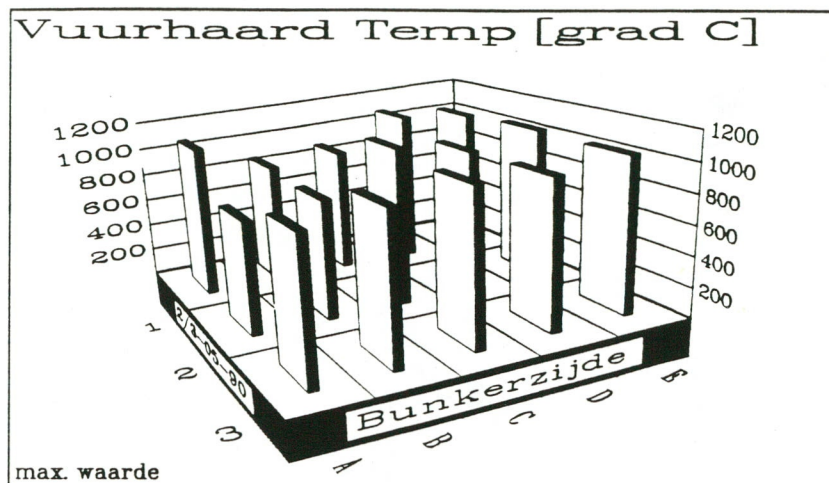
Minimum waarde																
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]					Temp. [°C]					
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	
1	8.7	10.2	12.2	12.4	14.6	15	21	24	25	30	738	708	724	706	683	
2	10.2	9.7	9.9	7.6	5.4	19	17	17	31	46	711	728	755	852	883	
3	6.7	6.7	5.2	7.1	7.4	222	207	130	252	192	691	734	764	822	821	

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



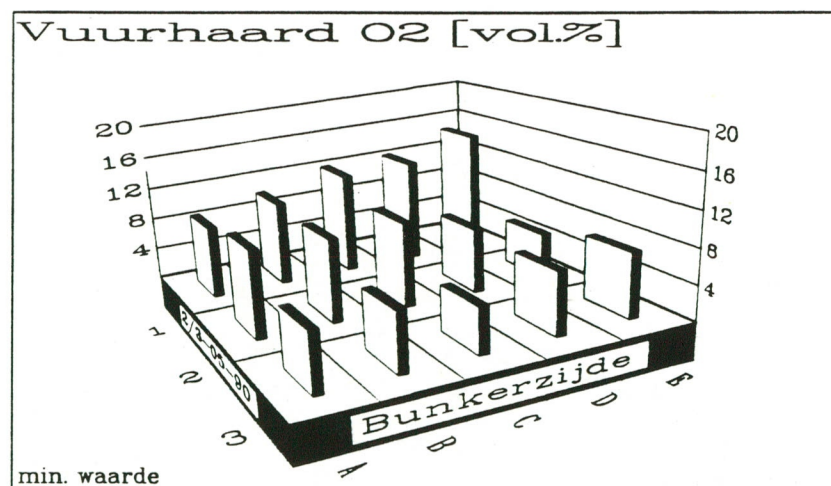
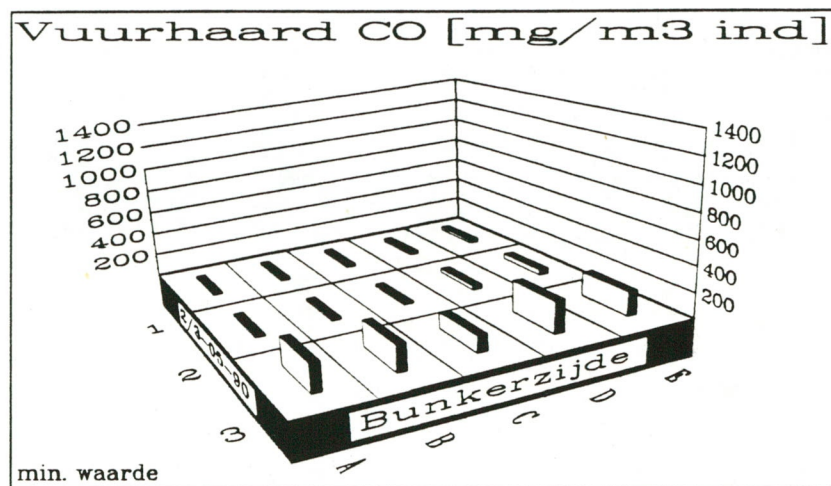
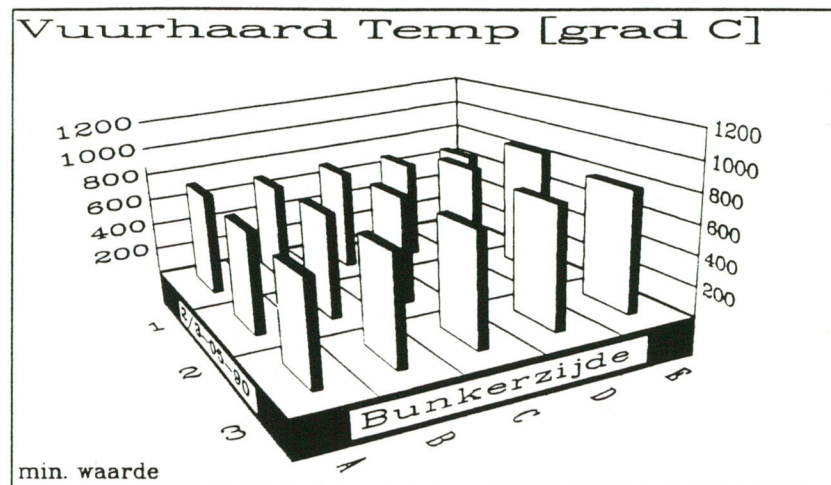
Vuurhaardmetingen stookproef 2 op 2 mei 1990, gem. waarde

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Vuurhaardmetingen stookproef 2 op 2 mei 1990, max. waarde

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Vuurhaardmetingen stookproef 2 op 2 mei 1990, min. waarde

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.6.3 Vuurhaardmetingen, Stookproef 3

Stookproef 3

Datum 1 en 2 oktober 1990

Datum	Meetas	Meetpunt	Meetperiode
2-10-1990	A	1	13.18 - 13.55
1-10-1990	A	2	12.15 - 12.45
1-10-1990	A	3	15.40 - 16.10
2-10-1990	B	1	12.30 - 13.00
1-10-1990	B	2	11.45 - 12.15
1-10-1990	B	3	15.00 - 15.30
2-10-1990	C	1	12.00 - 12.30
1-10-1990	C	2	11.15 - 11.45
1-10-1990	C	3	14.30 - 15.00
2-10-1990	D	1	11.30 - 12.00
1-10-1990	D	2	10.45 - 11.15
1-10-1990	D	3	14.00 - 14.30
2-10-1990	E	1	11.00 - 11.30
1-10-1990	E	2	10.10 - 10.40
1-10-1990	E	3	13.10 - 13.40

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Vuurhaardmetingen, Stookproef 3 (resultaten)

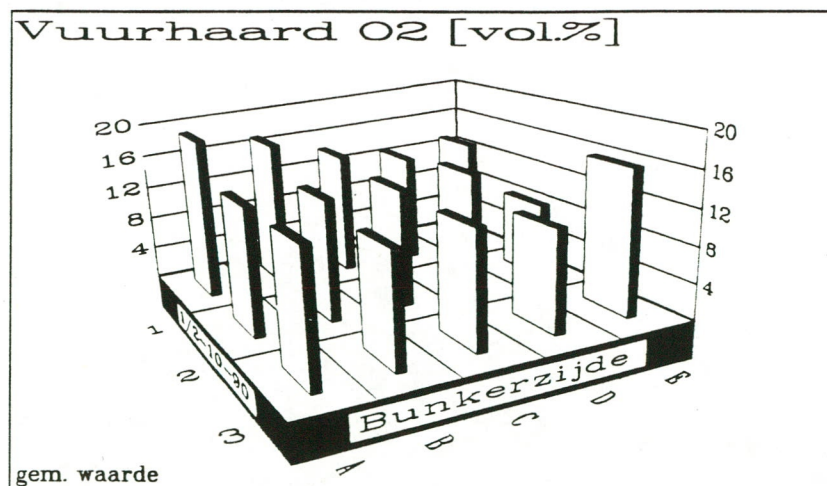
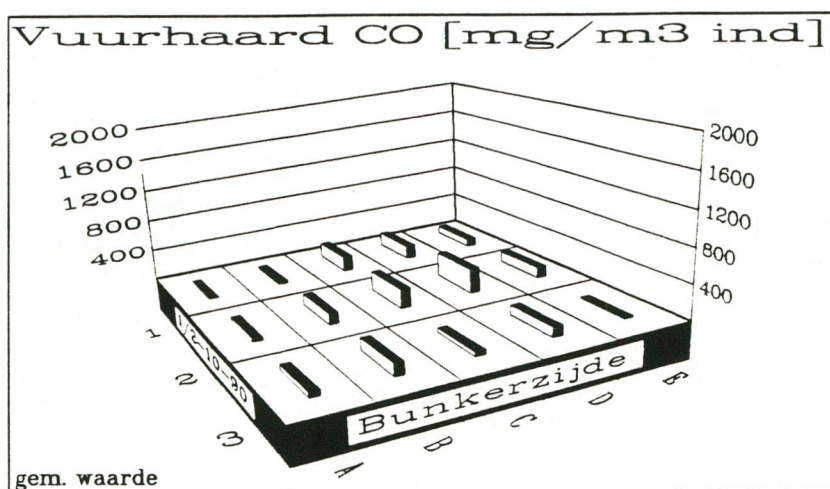
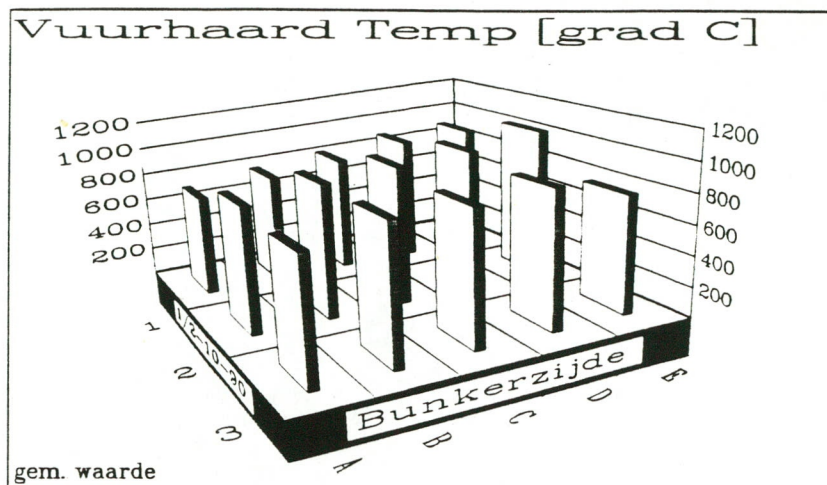
Stookproef : 3
Datum : 1 en 2 oktober 1990

Gemiddelde waarde															
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]					Temp. [°C]				
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E
1	19.0	17.2	14.4	12.8	13.3	3	30	186	164	93	712	777	820	882	898
2	14.8	14.0	13.6	13.9	8.8	37	129	226	285	131	873	927	954	976	1040
3	14.9	12.8	13.2	11.5	16.2	57	142	50	111	12	830	920	902	925	793

Maximum waarde															
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]					Temp. [°C]				
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E
1	19.4	18.8	15.9	14.9	15.5	7	155	1517	1180	1291	749	829	894	936	974
2	16.6	15.8	15.5	18.8	9.9	157	1214	1763	1172	246	947	981	1030	1057	1066
3	16.6	15.5	17.0	13.1	17.1	577	1058	475	850	103	943	1008	971	988	903

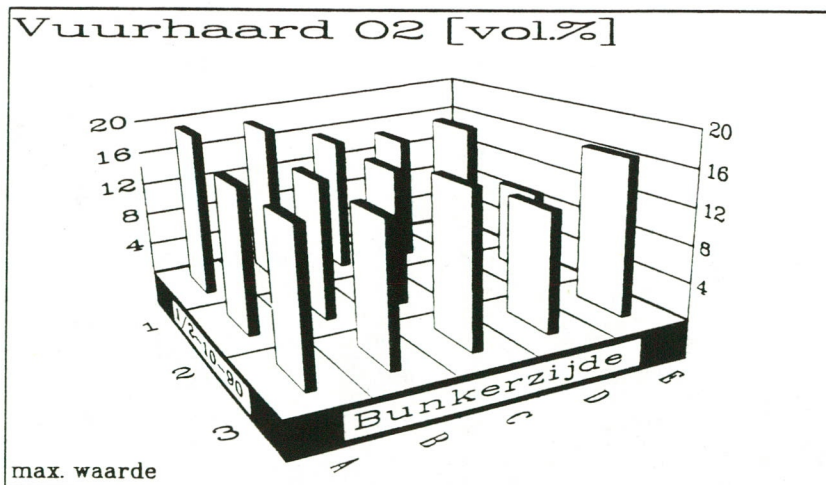
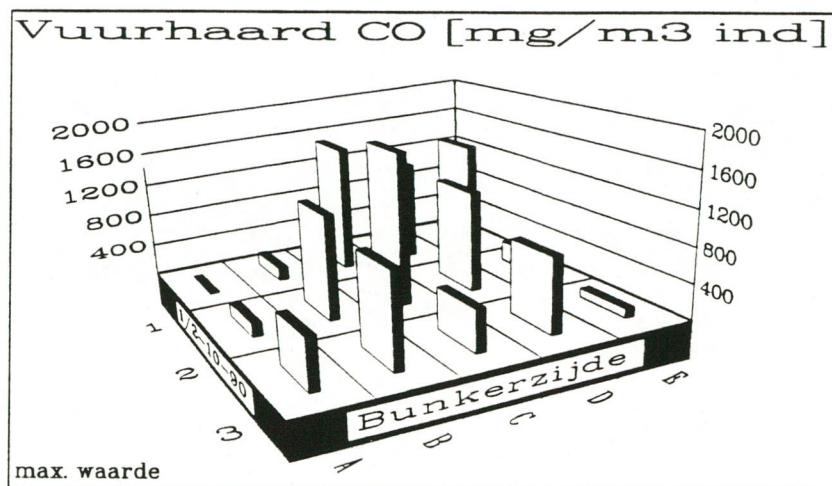
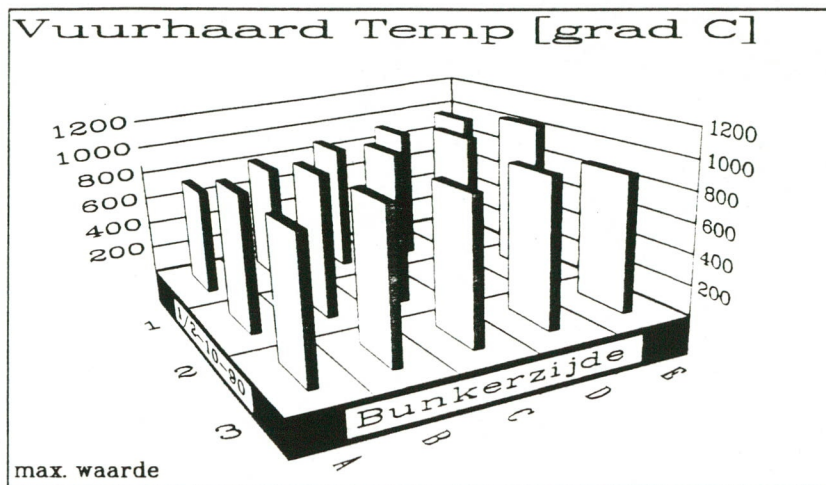
Minimum waarde															
O ₂ [vol %]						CO [mg/m ³ ind]					Temp. [°C]				
meet- punt 1)	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E	as A	as B	as C	as D	as E
1	17.7	14.0	11.0	9.6	10.5	1	4	12	17	14	680	739	755	830	808
2	12.7	12.2	12.1	7.1	6.1	4	2	5	45	37	807	854	869	891	995
3	12.0	10.2	8.4	7.5	14.8	9	9	10	21	0	750	751	813	869	713

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



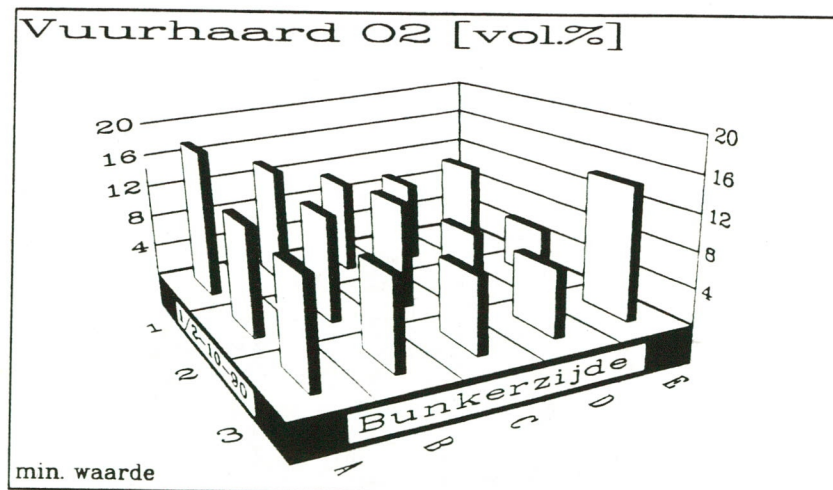
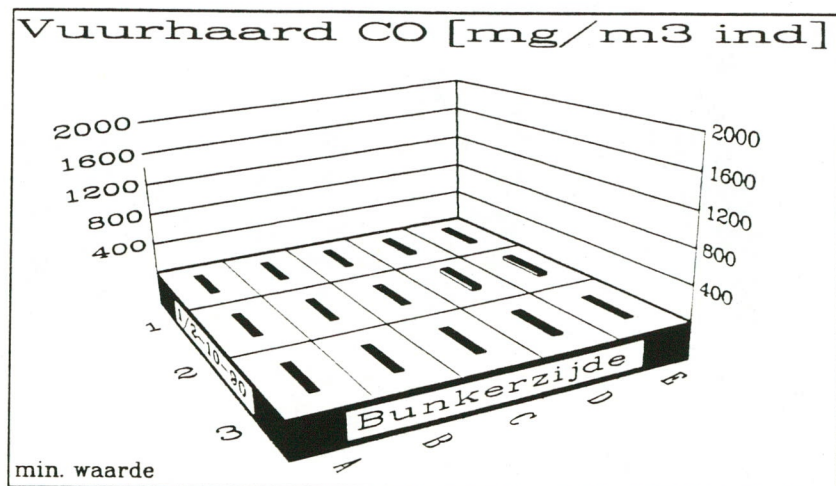
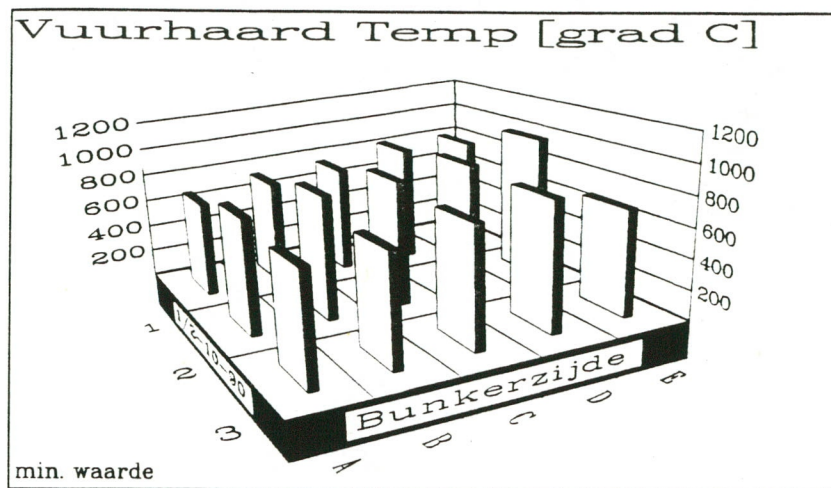
Vuurhaardmetingen, Stookproef 3 op 1 en 2 oktober 1990, gem. waarde

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Vuurhaardmetingen stookproef 3 op 1 en 2 oktober 1990, max. waarde

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Vuurhaardmetingen stookproef 3 op 1 en 2 oktober 1990, min. waarde

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.7.1 Bepalingen in verbrandingsresidu, Slak

Slak		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Cd	[ppm]	270	3	<2
Pb	[ppm]	2000	2700	1280
Zn	[ppm]	3600	4700	2400
Hg	[ppm]	<1	<2	<0.4
Droge stof	[%]	85.7	86.0	87.7
Gloeiverlies	[%]	1.65	3.45	1.84
Totaal C	[%]	0.96	1.34	1.18
PCDD/PCDF	[ng TEQ/g]	--	--	<0.02

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.7.2 Bepalingen in verbrandingsresidu, E-as

E-as		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Cd	[ppm]	980	520	440
Pb	[ppm]	13000	12000	12200
Zn	[ppm]	40200	27200	23100
Hg	[ppm]	2.4	<2.0	<0.3
Droge stof	[%]	91.0	99.1	89.3
PCDD/PCDF	[ng TEQ/g]	2.45	1.28	6.58

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.7.3 Bepalingen in verbrandingsresidu, Filterkoek

Filterkoek		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Cd	[ppm]	240	180	300
Pb	[ppm]	8400	5900	10000
Zn	[ppm]	19000	9700	16600
Hg	[ppm]	200	320	270
Droge stof	[%]	48.6	35.9	31.8
PCDD/PCDF	[ng TEQ/g]	0.45	0.15	1.65

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

B.7.4 Bepalingen in verbrandingsresidu, Effluent

Effluent		Stookproef 1	Stookproef 2	Stookproef 3
Cd	[ppm]	0.17	0.04	0.07
Pb	[ppm]	1.2	0.03	0.2
Zn	[ppm]	4.8	0.1	0.3
Hg	[ppm]	1.2	0.9	0.74
Cl ⁻	[ppm]	5886	8340	8750
F ⁻	[ppm]	11.9	11.6	12.5
Br ⁻	[ppm]	--	--	20
pH		6.4	9.0	8.5

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

B.8.1 Bepalingen in RDF en scheidingsresidu, Sorteer analyses

Proef 1, RDF uit restfractie Tiel bij ARN.

Afval afkomstig uit		Wijk: Tiel E.O.	Wijk: Tiel E.O.
Week		28	28
Soort fractie		rest*	RDF**
GFT	%	28.2	-
papier	%	32.5	60.3
kunststof	%	17.1	20.6
textiel	%	3.2	7.8
glas	%	2.3	--
metaal	%	6.5	2.2
hout	%	2.5	3.2
KCA	%	0.1	--
rest	%	7.6	5.9

* = uit gescheiden ingezameld huishoudelijk afval
 ** = RDF na opwerking gescheiden ingezameld vast fractie

Proef 2, Onderzoeken diverse soorten RDF

		Wijk: regio Nijmegen	Wijk: regio Nijmegen	Wijk: regio Tiel E.O.	Wijk: regio Tiel E.O.
Week		30	30	30	30
Soort fractie		RDF./Bedr. grofv.	RDF/BSA	rest	RDF/grof/fijn VAGRON
GFT	%	--	--	36.9	--
papier	%	82.6	2.9	24.4	49.6
kunststof	%	9	3	13.8	17
textiel	%	4.3	--	3.1	12.6
glas	%	--	--	2.8	--
metaal	%	0.3	0.4	4.8	8.4
hout	%	1.9	82.1	3.5	3.3
KCA	%	--	--	0.6	--
rest	%	1.9	11.6	10.1	9.2

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

**Bepalingen in RDF en scheidingsresidu,
Sorteer analyses (vervolg)**

Proef 3, onderzoeken andere residuen bij ARN en VAGRON

		Wijk: Tiel	Wijk: Tiel	Wijk: Tiel
Week		37	37	37
Soort fractie		rest*	RDF/grof** VAGRON	RDF/fijn** VAGRON
GFT	%	29.6	19.4	28.2
papier	%	28.1	34.3	41.4
kunststof	%	18.3	25.7	10.7
textiel	%	2.6	3.8	4.1
glas	%	3.8	0.9	2.6
metaal	%	4.1	5.0	3.8
hout	%	5.2	2.7	3.4
KCA	%	--	--	--
rest	%	8.3	8.1	5.8

* = uit gescheiden ingezameld huishoudelijkafval

** = opgewerkt uit gescheiden ingezamelde restfractie

Sorteeranalyses op de restfractie uit de ARN-scheidingsinstallatie

		ARN inert <20 37	ARN organisch <20-32> 37
Week			
GFT	%	28.4	54.3
papier	%	8.1	19.6
kunststof	%	10.5	5.8
metaal	%	0.9	4.9
glas	%	4.5	-
steen	%	5.0	12.9
zand	%	29.8	-
hout	%	12.8	2.5

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Bepalingen in RDF en scheidingsresidu, Sorteeranalyses (vervolg)

Diverse restfracties stookproef 3

		Wijk: Tiel	Wijk: Tiel	Wijk: Tiel
Week		40	40	40
Soort fractie		rest*	zeef overloop	Inert
GFT	%	34.8	7	47.3
papier	%	26.4	40.7	14.1
kunststof	%	14.7	22.4	6.2
textiel	%	4.1	9.7	1.4
glas	%	2.8	--	0.6
metaal	%	5.4	1.6	1.1
hout	%	3.8	11.5	9.7
KCA	%	0.1	0.7	--
rest	%	7.9	6.4	19.6

* = uit gescheiden ingezameld huishoudelijk afval

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

B.8.2 Bepalingen in RDFen scheidingsresidu, Asgehalte en stookwaardes

Proef 1, RDF uit restfractie Tiel bij ARN

RDF		restfractie Tiel	RDF uit restfractie Tiel
Week		28	28
Stookwaarde	MJ/kg	11.7	11.9
Vocht	%	23.8	22.2
As	%	25.8	21.4

Proef 2, Onderzoeken diverse soorten RDF

			Restfractie Tiel	RDF uit-restfractie Tiel VAGRON	RDF uit BSA	RDF uit Bedrijfsafval; en grofvuil
Week			30	30	30	30
Stookwaarde	MJ/kg	9.5	10	15.5	7.4	
Vocht	%	25.9	21.1	12.5	30	
As	%	36.9	17.6	12.7	37.8	

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Bijlage C Toegepaste meet- en monsternamemethodieken

C.1	In rookgassen	
C.1.1	Stof en rookgasdebiet	2
C.1.2	Zware metalen	5
C.1.3	Cl ⁻ , F ⁻ , H ₂ O.....	6
C.1.4	PCDD/PCDF	7
C.1.5	O ₂ , CO ₂ , CO, C _x H _y , NO _x , SO ₂ , Temperatuur (meetauto)	8
C.1.6	Vuurhaard metingen	11
C.1.7	Temperatuurprofiel in de ketel	12
C.2	In filterkoek, E-as, effluent en slak	
C.2.1	Monstername	14
C.2.2	Analyses	15
C.3	In afval, opgewerkte RDF en scheidingsresiduen	
C.3.1	Sorteeranalyses	16
C.3.2	Stookwaarde, as- en vochtgehalte.....	16

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

C.1 In rookgassen

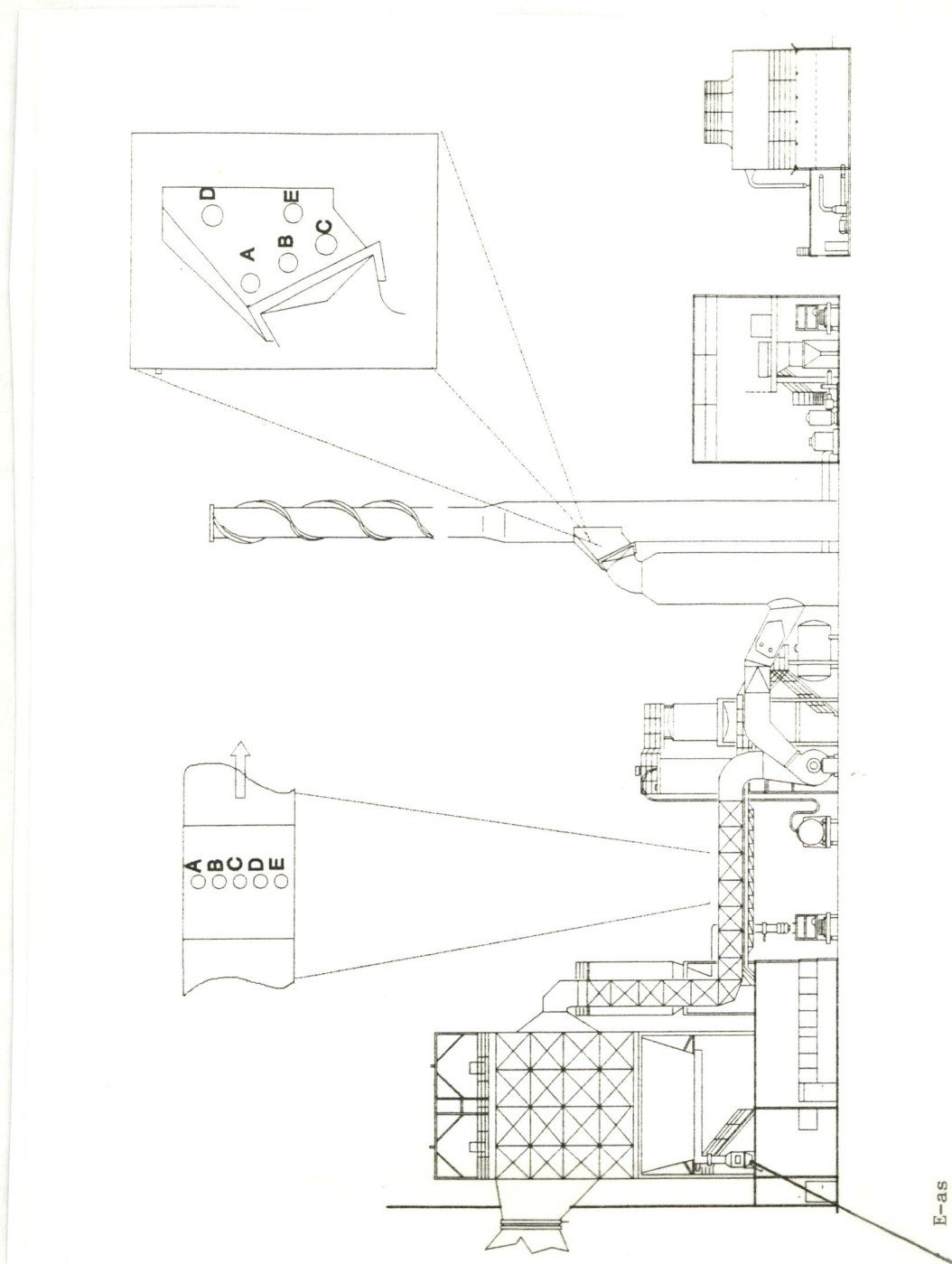
C.1.1 Stof en rookgasdebiet

Gebruikte meetapparatuur:

- 'Goldschmidt' stofmeter, voorzien van kwartswoldieptefilter en micro-kwartsvlakfilter.
- Sartorius filterhouder, voorzien van een kwartswoldieptefilter en een verwarmde afzuigsonde (sartoriusset).
- Micromanometer, fabrikaat Airflow Developments Ltd.
- Pitotbuis volgens Prandtl.
- Cr/Al-thermokoppel.
- Afzuig-unit bestaande uit condenstrap, rookgaspomp, flowregelaars, flowmeter en droge gasmeter.
- Vleugelradanemometer, fabrikaat "Huntz".

Met de Goldschmidt-stofmeter werd over 5 meetassen in het rookgaskanaal voor de natte wasser een aantal stofmonsters verzameld overeenkomstig NPR 2788. Met de sartoriusset werd op analoge wijze een aantal stofmonsters verzameld in het schoorsteenkanaal na de natte wasser. De bijbehorende afzuigsonde werd elektrisch op circa 120°C gehouden om condensatie van in het rookgas aanwezige water te voorkomen. De meetpunten bevinden zich zoveel mogelijk op de zwaartepunten van een aantal deelvlakken gelijk verdeeld over de totale meetvlakken. In figuur C.1 is een schets weergegeven van de meetpunten en is aangegeven op welke plaatsen in de verbrandingsinstallatie stof is gemeten. Voor de wasser is gemeten op 3 meetpunten op de meetassen A, B, C, D en E. Na de wasser is gemeten op 3 meetpunten op de meetassen A, B en C.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Figuur C.1 Meetpunten

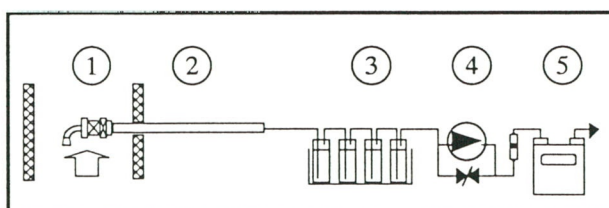
Voordat tot bemonstering van de rookgassen wordt overgegaan, wordt de snelheidsverdeling in het rookgaskanaal en het vochtgehalte van de rookgassen bepaald. Het meten van de snelheid geschiedt met een pitotbuis, een micromanometer en een thermokoppel. Aan de hand van deze gegevens kan de afzuigsnelheid van de Goldschmidt-stofmeter en de sartoriusset worden ingesteld. Na de wasser wordt de snelheid niet met een pitotbuis maar met een vleugelradanemometer gemeten, vanwege het hoge vochtgehalte van de rookgassen.

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Voor natte wasser (figuur C.2):

Bij het uitvoeren van de stofmetingen in het rookgaskanaal voor de natte wasser (Goldschmidt stofmeter) bevinden zich het kwartswoldieptefilter en glasvezelvlakfilter in het rookgaskanaal (in stack). Bij het afzuigen van de rookgassen worden achtereenvolgens het grove stof in het kwartswoldieptefilter en het zeer fijne stof op het glasvezelvlakfilter afgescheiden. De rookgassen worden vervolgens door een aantal in smeltend ijs geplaatste Greenburg-Smith impingers ontvochtigd.

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



- 1= G.S.-filtercombinatie
- 2= afzuigsonde
- 3= impingerset
- 4= gaspomp
- 5= gasmeter

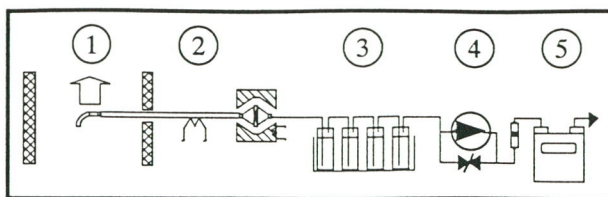
Figuur C.2 Schema monsternameset voor stof en zware metalen, voor natte wasser (Goldschmidt stofmeter)

Na natte wasser (figuur C.3):

Bij het uitvoeren van de stofmetingen in het rookgaskanaal na de natte wasser wordt het te bemonsteren rookgas via een verwarmde sonde (circa 120°C) aangezogen naar een buiten het rookgaskanaal geplaatst glasvezelvlakfilter. Dit filter bevindt zich in een verwarmd blok dat op een temperatuur van circa 120°C wordt gehouden.

Verder verloopt deze meting analoog aan de stofmeting van voor de natte wasser.

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*



- 1= afzuigopening
2= verwarmde sonde, met verwarmd sartoriusfilter
3= impingerset
4= gaspomp
5= gasmeter

Figuur C.3 Schema monsternameset voor stof en zware metalen, na natte wasser

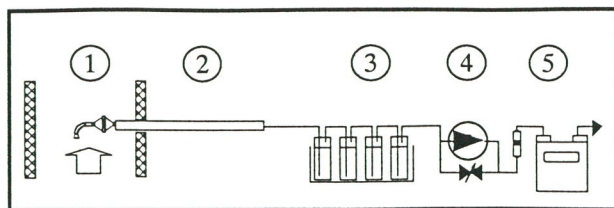
C.1.2 Zware metalen

De bepaling van het gehalte aan de zware metalen Cd, Pb, en Zn wordt overeenkomstig ontwerp NPR 2817 uitgevoerd in combinatie met een stofmeting (zie ook bijlage C.1). De impingers zijn hiertoe gevuld met circa 150 ml, 1 M HNO_3 voor het afvangen van de vluchtige fractie van de metalen.

De verkregen stofmonsters worden bij aankomst op het laboratorium gewogen en vervolgens ontsloten. De verkregen oplossingen worden geanalyseerd op bovengenoemde zware metalen, evenals de impingervloeistoffen, overeenkomstig de NEN 6400 serie (atomaire absorptiespectrometrie).

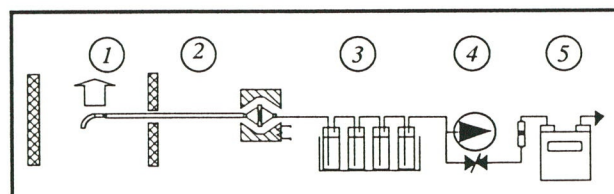
Voor Hg (gasvormig) werd een aparte monsternametrein ingezet. De daarbij gebruikte - in smeltend ijs geplaatste - midgetimpingers zijn achtereenvolgens gevuld met een mengsel van KMnO_4 en H_2SO_4 (3x) en vervolgens silicagel. De verkregen impingermonsters en filters worden na afloop van de metingen op het chemisch laboratorium geanalyseerd volgens NEN 6449 (atomaire absorptie spectrometrie). In de figuren C.4 en C.5 is in een schema de meetopstelling weergegeven.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



- 1= sartoriusfilter
2= afzuigsonde
3= impingerset
4= gaspomp
5= gasmeter

Figuur C.4 Schema monsternameset zoals gebruikt voor natte wasser



- 1= afzuigopening
2= afzuigsonde met verwarmd sartoriusfilter
3= impingerset
4= gaspomp
5= gasmeter

Figuur C.5 Schema monsternameset zoals gebruikt na natte wasser

In de figuren is aangegeven dat er verschil is in de plaatsing van het sartoriusfilter en de sonde. Na de wasser wordt het filter elektrisch verwarmd en bevindt het zich buiten het rookgaskanaal. Voor de wasser bevindt het filter zich in het rookgaskanaal.

C.1.3 Cl^- , F^- en H_2O

De monsternamen voor de bepaling van de concentratie van de rookgascomponenten Cl^- , F^- en H_2O wordt, analoog aan de trein voor het bemonsteren van kwik, met behulp van - in smeltend ijs geplaatste - midgetimpingers verricht.

De rookgassen worden via een glasvezelvlakfilter door de vier in serie geplaatste impingers geleid.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Bij de metingen voor de natte wasser bevond dit filter zich in het rookgaskanaal (figuur C.4) en bij de metingen na de natte wasser was het buiten het rookgaskanaal in een verwarmd blok geplaatst (figuur C.5).

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

Als impingervloeistof is NaOH (1 molair) gebruikt. Het in de rookgassen aanwezige vocht condenseert in de impingervloeistoffen. In de laatste impinger worden de rookgassen gedroogd door het silicagel, dat zich in deze impinger bevindt. Na afloop van de metingen worden de aldus verkregen impingermonsters in het chemisch laboratorium geanalyseerd.

De daarbij gebruikte analysemethoden zijn:

- het fluoride-gehalte volgens NEN 3104
- het chloride-gehalte volgens NEN 6660/ionchromatografie

Door terugweging van de vloeistoffen en het silicagel is het watergehalte van de rookgassen bepaald.

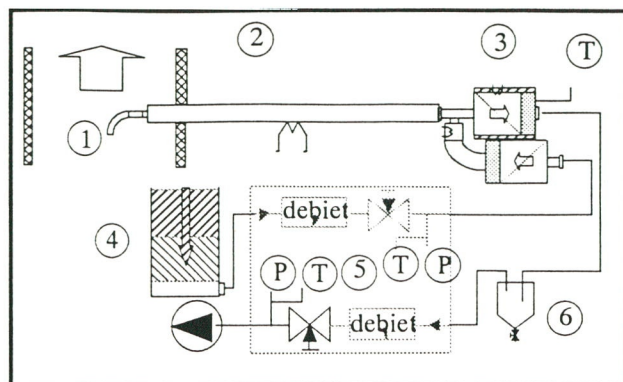
C.1.4 PCDD/PCDF

De monsternamen vindt plaats met behulp van het Ströhlein verdunningsapparaat, dat schematisch is weergegeven in figuur C.6. Het principe berust op het afkoelen van een deelstroom rookgassen door verdunning met gedroogde en gefilterde lucht. Hierbij condenseert de aanwezige PCDD/F en wordt vervolgens met het stof afgevangen op een absoluutfilter. Dit filtermateriaal en het daarop aanwezige stof wordt geëxtraheerd en geanalyseerd op PCDD/F.

De rookgassen worden met een elektrisch verwarmde monsternameneiding van titaan, zoveel mogelijk isokinetisch volgens NPR 2788, uit het rookgaskanaal aangezogen. De verdunningslucht wordt aangezogen door een luchtbehandelingskast waarin zich een laag silicagel bevindt. De hoeveelheid verdunningslucht wordt gemeten met een volumestroommeter en kan met een regelklep worden ingesteld.

In een speciaal menggedeelte wordt de verdunningslucht, nadat dit door een hoedfilter (identiek aan boven beschreven absoluutfilter) is geleid, met de afgezogen rookgassen turbulent gemengd. De menging vindt zodanig plaats, dat de temperatuur van het mengsel tussen de 40 en 50 °C blijft. Bij deze temperatuur is de PCDD/F grotendeels aan de stofdeeltjes geadsorbeerd. Door deze wijze van afkoelen kan worden voorkomen dat het dauwpunt van de rookgassen wordt overschreden. Het mengsel passeert daarna boven beschreven (absoluut) hoedfilter. De hoeveelheid verdunde rookgassen wordt met een volumestroommeter gemeten en kan met een regelklep worden ingesteld. Voor de afzuiging van het mengsel wordt een drietraps turboventilator toegepast.

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



- 1= afzuigopening
- 2= verwarmde afzuigsonde
- 3= monster- en mengluchtfILTER
- 4= luchtbehandelingskast
- 5= regeleenheid
- 6= vochtafscheider

Figuur C.6 Schema Ströhlein verdunningsapparaat

De monsters worden zo snel mogelijk ter analyse aangeboden en in de tussentijd koel en donker bewaard. Het hoedfilter wordt op het laboratorium geanalyseerd. Het filtermateriaal wordt daartoe uit het omhulsel gehaald, ontsloten en geëxtraheerd in een Soxhletopstelling. Het extract wordt daarna geconcentreerd door indampen. Het opgeloste residu ondergaat een clean-up en wordt vervolgens geïnjecteerd op de scheidingskolom van een gaschromatograaf. Identificatie en kwantificering vindt plaats met behulp van een massaspectrometer, in de 'selected ion monitoring' (SIM) mode.

Geanalyseerd worden 17 toxische congenere overeenkomstig de richtlijnen van VROM. Deze worden middels 'toxiteits equivalentie factoren' omgerekend tot zogenaamde toxische equivalenten (TEQ) en vervolgens gesommeerd.

De concentratie aan PCDD/F in de rookgassen wordt berekend uit het afgezogen rookgasvolume, betrokken op standaardcondities en de massa aan toxische equivalenten van de op het absoluutfilter afgevangen PCDD/F.

C.1.5 O₂, CO₂, CO, C_xH_y, NO_x, SO₂, Temperatuur (meetauto)

De bemonsterde rookgassen worden door een 40 meter lange temperatuur geregelde teflonleiding (≥ 120 °C) naar de meetauto gevoerd. In de meetauto wordt het waterdampdeel gecondenseerd en worden de gedroogde gassen naar de meetinstrumenten geleid.

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

De volgende continu registrerende meetapparatuur is in de meetwagen opgesteld:

zuurstof	O ₂	Taylor Servomex type OA272 0-25%, paramagnetisch
kooldioxyde	CO ₂	Beckman model 864 0-20%, infrarood (zie VDI-2459, blad 6)
koolmonoxyde	CO	Beckman model 864 0-2500 ppm, infra- rood (zie VDI 2459, blad 6)
koolwaterstoffen	C _x H _y	Beckman model 400 0-10000 ppm, vlam ionisatie brandstof H ₂ /He mengsel (zie VDI 3481 blad 1,3)
stikstofoxyden	NO _x	Beckman model 951 0-2500 ppm, chemiluminescent (NEN 2039)
zwaveldioxyde	SO ₂	Beckman model 880 0-2000 ppm, infra- rood (zie ISO/DP 7935)
temperatuur	°C	Chromel-Alumel thermokoppel type K, DIN 73710, IPTS 1986, 0-1200 °C

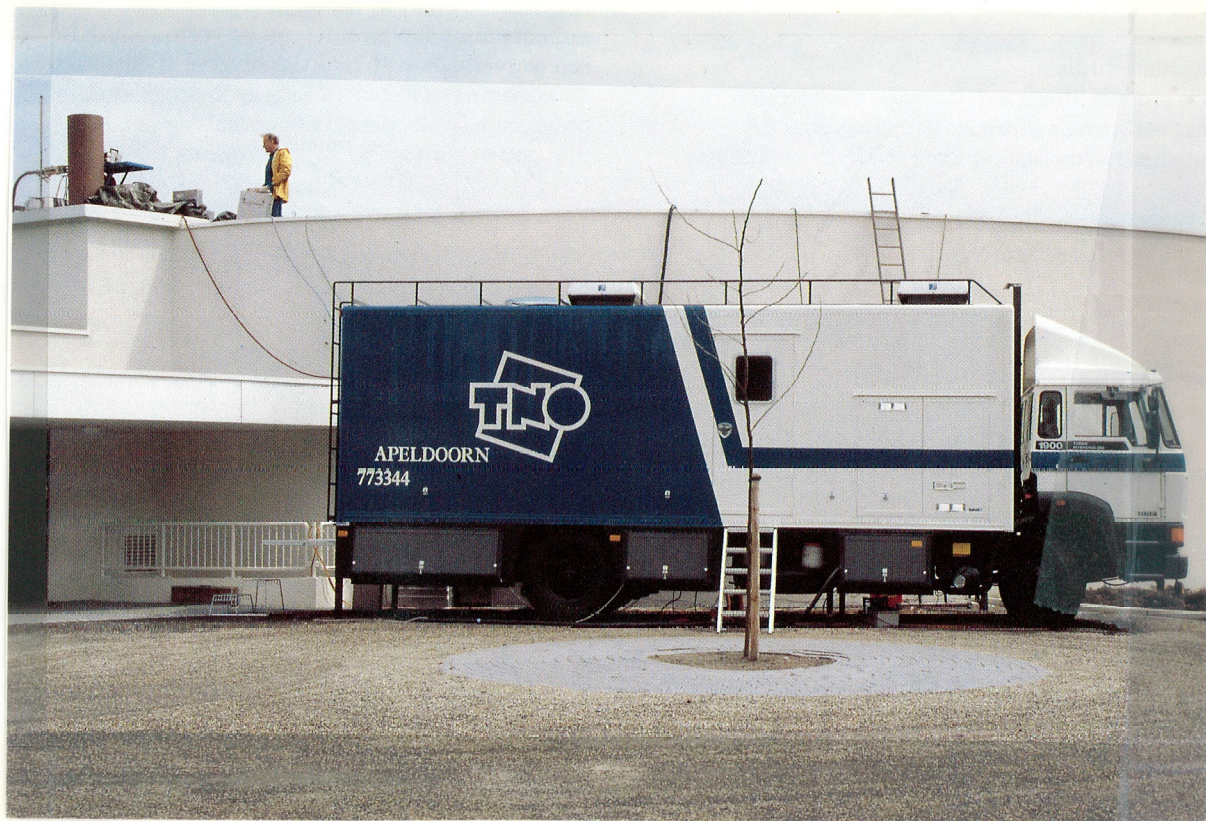
De rookgasanalyse-apparatuur wordt op lokatie voordat de metingen beginnen
gejusteerd met behulp van gecalibreerde ijkgasen.

Data-acquisitie.

De inzameling van de meetsignalen ge-
schiedt met behulp van een HP 7852 data
acquisition/control unit en de verwerking
daarvan met een HP 9133 computereen-
heid met randapparatuur.

In figuur C.7 is een foto opgenomen van de meetauto

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*



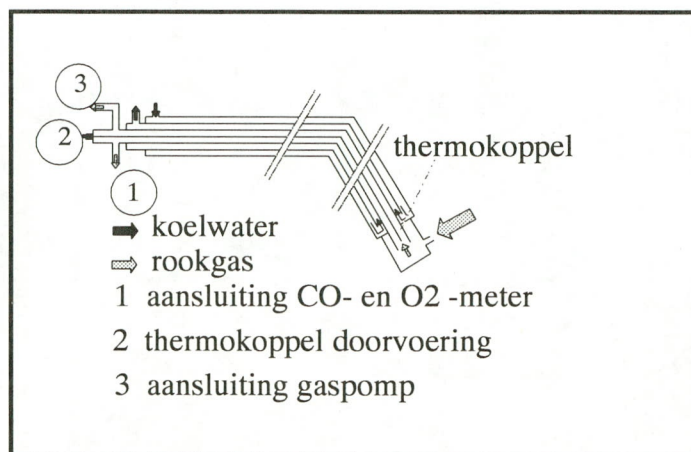
Figuur C.7 Foto van de meetauto van IMET-TNO

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

C.1.6 Vuurhaardmetingen

De vuurhaardmetingen werden uitgevoerd met behulp van een watergekoelde zuigpyrometer zoals weergegeven in figuur C.8.

De vuurhaardtemperatuur werd gemeten met behulp van een Pt/Rh thermokoppel. Dit thermokoppel is door een dubbel keramisch stralingsschild afgeschermd. Door tevens met hoge snelheid (> 100 m/s) rookgassen uit de vuurhaard langs het koppel af te zuigen, kan de juiste rookgastemperatuur worden bepaald. In de sonde worden de afgezogen gassen gekoeld tot circa 120 °C. Een deelstroom van deze afgezogen gassen wordt via een monsternameleiding naar de meetauto gevoerd, waar zij worden geanalyseerd op CO en O₂. Zie ook bijlage C.1.5.



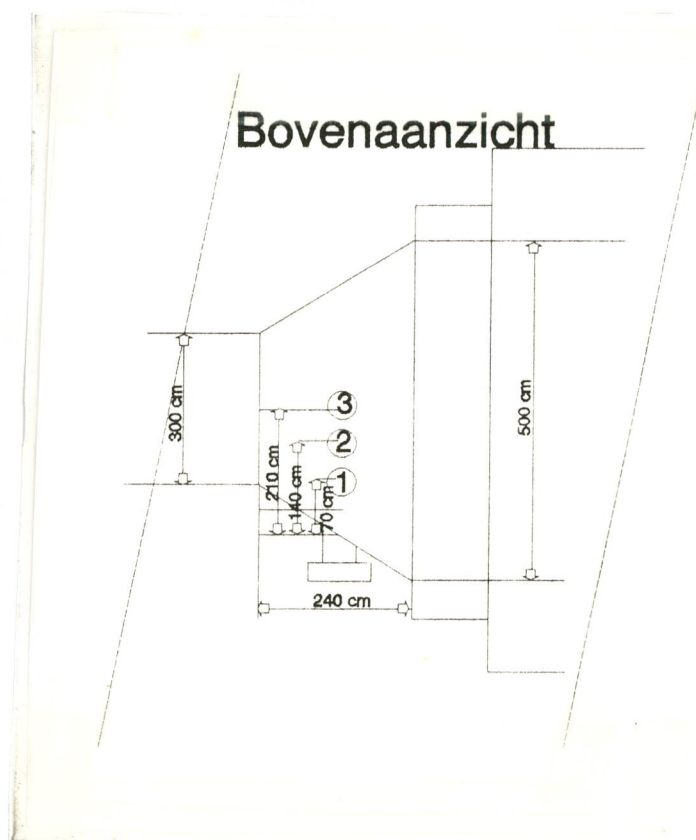
Figuur C.8 Schema watergekoelde zuigpyrometer

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

C.1.7 Temperatuurprofiel in de ketel

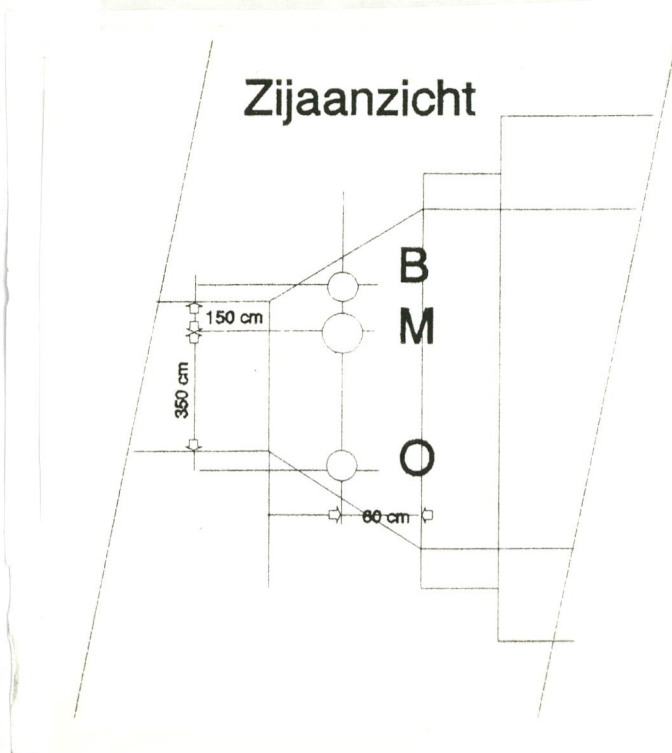
Gebruikte meetapparatuur: Chromel Alumel thermokoppel.

Tijdens stookproef 3 werd aan het einde van de ketel, juist voor de intrede in het elektrofilter de temperatuurverdeling over de dwarsdoorsnede van het kanaal gemeten. In totaal werd op 9 meetpunten gedurende een kwartier per meetpunt gemeten. In figuren C.1.7 en C.1.8 zijn de meetpunten aangegeven in een bovenaanzicht en een zijaanzicht van het rookgaskanaal. Het signaal van het thermokoppel werd geregistreerd met behulp van de computer in de meetauto. Naderhand werd het temperatuurprofiel in een driedimensionale staafdiagram weergegeven (zie figuur 18).



Figuur C.1.7 Meetpunten in rookgaskanaal aan de intrede van het elektrofilter voor het bepalen van het temperatuurprofiel

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen



Figuur C.1.8 Meetpunten in rookgaskanaal aan de intrede van het elektrofilter voor het bepalen van het temperatuurprofiel

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

C.2 In filterkoek, E-as effluent en slak

C.2.1 Monstername

Voor het uitvoeren van de monsternames werd door TNO in nauwe samenwerking met de ARN te voren een monsternameprotocol opgesteld. Tijdens het uitvoeren van de stookproeven is de monstername volgens dit protocol door personeel van de ARN uitgevoerd. De volgende monsternames werden verricht:

Het bemonsteren van filterkoek

Na afloop van de metingen werd de filterkamer leeggeperst. Tijdens het leegpersen werd een aantal monsters genomen, welke in een glazen pot werden samengevoegd tot een verzamelmonster.

Het bemonsteren van E-as

Er vonden twee soorten bemonsteringen plaats. Voor het bepalen van emissies via het elektorfilteras werd uit het zendvat gemonsterd, vanwaar regelmatig E-as naar de vliegassilo wordt getransporteerd. Een tweede soort bemonstering vond plaats tijdens het legen van de vliegassilo (E-as + ketelas) na de beëindigen van elke stookproef. Dit monster diende voor de bepaling van het vochtgehalte van het vlieggas, omdat tijdens het legen van de silo water wordt gesuppleerd (tegen het wegwaaien van vlieggas). Tijdens de uitvoering van de TNO-metingen werd ieder uur een E-asmonster genomen bij het zendvat. De aldus verkregen E-asmonsters werden in een verzamelpot samengevoegd voor analyse in het TNO laboratorium.

Het bemonsteren van effluent

Tijdens de uitvoering van de TNO-metingen werd ieder uur een monster genomen uit de afvoer van het effluent naar het riool.

De aldus verkregen monsters werden in een verzamelpot samengevoegd voor analyse in het TNO laboratorium.

Het bemonsteren van slak

Tijdens de uitvoering van de TNO-metingen werd ieder uur een slakmonster genomen van de lopende band naar de afvoercontainer en in een verzamelpot samengevoegd voor analyse in het TNO laboratorium.

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

C.2.2 Analyses

In filterkoek, E-as effluent en slak werden diverse analyses uitgevoerd. Hieronder is een overzicht gegeven van de daarbij toegepaste normen.

Cd	Grafietoven AAS, volgens NEN 6458
Pb	Grafietoven AAS, volgens NEN 6429
Zn	Grafietoven AAS, volgens NEN 6443
Hg	Koude damp AAS, volgens NEN 6449
Voor de metaalanalyse werden de asmonsters ontsloten volgens NVN 2507.	
Droge stof	ASTM D-95
Gloeiverlies	NEN 2476
Totaal C	ASTM E1019 (IR-detectie na verbranding)
PCDD/F	Capillaire gaschromatografie in combinatie met hoge resolutie massa spectrometrie.

Toelichting op PCDD/F-analyses

Aan elk monster werd een mengsel van tien koolstof-13 gemerkte PCDD/F als interne standaard toegevoegd. Hierna zijn de monsters ieder afzonderlijk ontsloten met zoutzuur. Na droging werd elk monster geëxtraheerd met behulp van een Soxhletextractie. De zo verkregen extracten werden kwantitatief overgebracht in een 25 ml maatkolf en aangevuld tot de merkstreep. De extracten werden achtereenvolgens geleid over een aantal kolommen te weten een actieve koolstofkolom, een zogenaamde multi-layer kolom en een aluminiumoxydekolom. Na deze behandelingen werden aan elk van de verkregen oplossingen een zogenaamde injectiestandaard toegevoegd, ter correctie van monstervolume en onnauwkeurigheden in de injectie van een deel van het monster in de gaschromatograaf.

Analyse vond plaats met behulp van een gaschromatograaf voorzien van een polaire capillaire fused silica kolom, en een hoge resolutie massaspectrometer in de zogenaamde "selected ion monitoring" mode, bij een massaspectrometrische resolutie van circa 10.000.

Aan de hand van interne en externe standaarden zijn de terugwinstpercentages van de interne standaarden bepaald, evenals de gehalten PCDD/F in de monsters.

C.3 In afval, opgewerkte RDF en scheidingsresiduen

C.3.1 Sorteeralyses

De sorteeralyses, die op de diverse monsters werden uitgevoerd vonden als volgt plaats. Het te analyseren afvalmonster (grootte 200 tot 10.000 kg) werd met een container naar het TNO laboratorium vervoerd. In de daar aanwezige sorteerinstallatie werd het afval op een lopende band gedoseerd. Via handsortering werd vanaf de lopende band de volgende fracties geselecteerd: GFT, papier, kunststof, textiel, glas, metaal, hout, KCA en rest. Door weging van de diverse fracties kan het procentuele aandeel van iedere fractie worden bepaald. In figuur C.8 is een foto afgebeeld van de apparatuur waarmee de sorteeralyses aan huishoudelijkafval worden uitgevoerd.



Figuur C.8 Foto van sorteeralyse aan huishoudelijk afval

C.3.2 Stookwaarde, as- en vochtgehalte

Onderstaand is een overzicht gegeven van de wijze waarop de stookwaarde, het as- en vochtgehalte van afval, RDF en andere afvalresiduen zijn bepaald.

Stookwaarde	NEN-ISO 1928
As	NEN 2476
Vocht	ASTM D-95.

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Bijlage D Massa en energiebalans van de stookproeven

D.1	Balansgegevens stookproef 1, op 16 en 17 januari 1990	2
D.2	Balansgegevens stookproef 2, op 2 en 3 mei 1990	5
D.3	Balansgegevens stookproef 3, op 1 en 2 oktober 1990	8

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

**D.1 Balans gegevens stookproef 1,
16 en 17 januari 1990**

Berekening stookwaarde RDF

Invoeren			Berekenen		
Verbr. Warmte*	kJ/kg	18843	Verbr. W dr	kcal/kg	4500
H ₂ **	%	4.75	Stookw. dr	kcal/kg	4245
H ₂ O in afval	%	34.8	Stookw. nat	kcal/kg	2560
			Stookw. dr	kJ/kg	17774
			Stookw. nat	kJ/kg	10718

* Berekend uit onderstaande balans

** Berekend uit H₂O in rookgas en afval

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Input stookproef 1

Invoeren			Berekenen		
<i>RDF</i>					
Doorzet nat	kg/h	9784	Doorzet dr	kg/h	6379
H ₂ O	%	34.8	Doorzet H ₂ O	kg/h	3405
Temp. RDF	°C	5	Vormings H ₂ O	kg/h	2727
			Warmte-inhoud		
			W.Inh. H ₂ O	kW	20
			Reactie W.	kW	33390
			Totaal	kW	33409
<i>Verbrandingslucht</i>					
Debiet	m ³ inv./h	44300	Debiet nat	kg/h	57590
H ₂ O	g/m ³	7	Debiet H ₂ O	kg/h	310
Temp.	°C	5			
			Warmte-inhoud		
			Latent	kW	215
			Voelbaar	kW	61
			Totaal	kW	276
<i>Voedingswater</i>					
Hoeveelheid	kg/h	32600			
Druk	bar	41			
Temp.	°C	140			
			Warmte-inhoud		kW
					5433
Entalpie	kJ/kg	600	Totaal	kW	5433

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Output stookproef 1

Invoeren			Berekenen		
<i>Rookgassen</i>					
Debiet nat	m ³ inv/h	56500	Debiet dr	m ³ ind/h	48446
H ₂ O	g/m ³	133	H ₂ O	kg/h	6443
Temp.	°C	230	Rookgas dr	kg/h	62980
			H ₂ O, uit RDF	g/m ³ ind	133
Warmte-inhoud					
			Latent	kW	4476
			Voelbaar	kW	4981
			Totaal	kW	9458
<i>Stoom</i>					
Productie	kg/h	32400	Warmte-inhoud kW		
Druk	bar	39			28800
Temp.	°C	250			
Entalpie	kJ/kg	3200	Totaal	kW	28800
<i>Spui</i>					
Hoeveelheid	kg/h	200	Warmte-inhoud kW		
Druk	bar	41.4			56
Temp.	°C	250			
Entalpie	kJ/kg	1000	Totaal	kW	56
<i>Slak</i>					
Hoeveelheid	kg/h	1511	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	1000			420
			Totaal	kW	420
<i>Vliegas</i>					
Hoeveelheid	kg/h	229	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	1000			64
			Totaal	kW	64

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

**D.2 Balans gegevens stookproef 2,
2 en 3 mei 1990**

Berekening stookwaarde RDF

Invoeren			Berekenen		
Verbr. Warmte*	kJ/kg	21661	Verbr. W dr	kcal/kg	5173
H ₂ **	%	9.6	Stookw. dr	kcal/kg	4657
H ₂ O in afval	%	22.7	Stookw. nat	kcal/kg	3465
			Stookw. dr	kJ/kg	19500
			Stookw. nat	kJ/kg	14506

* Berekend uit onderstaande balans

** Berekend uit H₂O in rookgas en afval

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Input stookproef 2

Invoeren			Berekenen		
RDF					
Doorzet nat	kg/h	7800	Doorzet dr	kg/h	6029
H ₂ O	%	22.7	Doorzet H ₂ O	kg/h	1771
Temp. RDF	°C	10	Vormings H ₂ O	kg/h	5209
			Warmteinhoud		
			W.Inh. H ₂ O	kW	21
			Reactie W.	kW	36279
			Totaal	kW	36299
Verbrandingslucht					
Debiet	m ³ inv./h	48700	Debiet nat	kg/h	63310
H ₂ O	g/m ³	9	Debiet H ₂ O	kg/h	438
Temp.	°C	10			
			Warmte-inhoud		
			Latent	kW	304
			Voelbaar	kW	134
			Totaal	kW	438
Voedingswater					
Hoeveelheid	kg/h	35300			
Druk	bar	41			
Temp.	°C	140	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	600	Totaal	kW	5883

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Output stookproef 2

Invoeren			Berekenen		
<i>Rookgassen</i>					
Debiet nat	m ³ inv/h	61600	Debiet dr	m ³ ind/h	52314
H ₂ O	g/m ³	142	H ₂ O	kg/h	7429
Temp.	°C	212	Rookgas dr	kg/h	68008
			H ₂ O, uit RDF	g/m ³ ind	142
Warmte-inhoud					
			Latent	kW	5161
			Voelbaar	kW	5006
			Totaal	kW	10167
<i>Stoom</i>					
Productie	kg/h	35100	Warmte-inhoud kW		
Druk	bar	40			31200
Temp.	°C	400			
Entalpie	kJ/kg	3200	Totaal	kW	31200
<i>Spui</i>					
Hoeveelheid	kg/h	200	Warmte-inhoud kW		
Druk	bar	40			56
Temp.	°C	250			
Entalpie	kJ/kg	1000	Totaal	kW	56
<i>Slak</i>					
Hoeveelheid	kg/h	2702	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	1000			751
			Totaal	kW	751
<i>Vliegas</i>					
Hoeveelheid	kg/h	340	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	1000			94
			Totaal	kW	94

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

**D.3 Balans gegevens stookproef 3,
1 en 2 oktober 1990**

Berekening stookwaarde RDF

Invoeren			Berekenen		
Verbr. Warmte*	kJ/kg	23532	Verbr. W dr	kcal/kg	5620
H ₂ **	%	7.1	Stookw. dr	kcal/kg	5239
H ₂ O in afval	%	35.3	Stookw. nat	kcal/kg	3178
			Stookw. dr	kJ/kg	21934
			Stookw. nat	kJ/kg	13308

* Berekend uit onderstaande balans

** Berekend uit H₂O in rookgas en afval

*Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen*

Input stookproef 3

Invoeren			Berekenen		
<i>RDF</i>					
Doorzet nat	kg/h	9600	Doorzet dr	kg/h	6211
H ₂ O	%	35.3	Doorzet H ₂ O	kg/h	3389
Temp. RDF	°C	10	Vormings H ₂ O	kg/h	3969
			Warmte-input uit RDF		
			W.Inh. H ₂ O	kW	39
			Reactie W.	kW	40601
			Totaal	kW	40640
<i>Verbrandingslucht</i>					
Debiet	m ³ inv./h	58600	Debiet nat	kg/h	76180
H ₂ O	g/m ³	12	Debiet H ₂ O	kg/h	703
Temp.	°C	10			
			Warmte-inhoud		
			Latent	kW	489
			Voelbaar	kW	161
			Totaal	kW	650
<i>Voedingswater</i>					
Hoeveelheid	kg/h	39900			
Druk	bar	41			
Temp.	°C	140	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	600	Totaal	kW	6650

Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende
afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen

Output stookproef 3

Invoeren			Berekenen		
<i>Rookgassen</i>					
Debiet nat	m ³ inv/h	67100	Debiet dr	m ³ ind/h	57046
H ₂ O	g/m ³	141	H ₂ O	kg/h	8043
Temp.	°C	229	Rookgas dr	kg/h	74159
			H ₂ O, uit RDF	g/m ³ ind	142
			Warmte-inhoud		
			Latent	kW	5588
			Voelbaar	kW	5890
			Totaal	kW	11478
 <i>Stoom</i>					
Productie	kg/h	39700	Warmte-inhoud kW		
Druk	bar	38.5	35289		
Temp.	°C	399			
Entalpie	kJ/kg	3200	Totaal	kW	35289
 <i>Spui</i>					
Hoeveelheid	kg/h	200	Warmte-inhoud kW		
Druk	bar	40	56		
Temp.	°C	250			
Entalpie	kJ/kg	1000	Totaal	kW	56
 <i>Slak</i>					
Hoeveelheid	kg/h	1910	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	1000	531		
			Totaal	kW	531
 <i>Vliegas</i>					
Hoeveelheid	kg/h	373	Warmte-inhoud kW		
Entalpie	kJ/kg	1000	104		
			Totaal	kW	104

