Studie naar de haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding

Ref.nr. 90-348
Dossiernr. 8726-22255
Datum december 1990
NP

Auteur(s)
Ir. A.B.M. Heesink

Trefwoord(en)
— afvalverbranding
— kleinschalig
— sloophout
— Richtlijn Verbranden '89
— haalbaarheid
— vergassing

Nederlandse maatschappij voor energie en milieu bv
Novem

Bestemd voor
Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu
(NOVEM) B.V.
t.a.v. Drs. G. Smakman
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Colofon

Contractnummer: 55120/0110

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het programma Energiewinning uit afval en biomassa (EWAB).

Beheer en coördinatie van het EWAB-programma berust bij:
NOVEM,
Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu B.V.
St. Jacobsstraat 61
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
Telefoon 030-363444

Contactpersoon Drs. G. Smakman, programmamanager EWAB.

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

De studie is uitgevoerd door TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie te Apeldoorn.

Datum van rapportage: december 1990.

Meer exemplaren van dit rapport zijn verkrijgbaar door overmaking van *f* 53,-, inclusief 6% BTW, op girorekening 416269 ten name van IMET-TNO te Apeldoorn, ten name van de heer J.J.M. Post onder vermelding van rapportnummer 90-348 en rapporttitel 'Studie haalbaarheid kleinschalige afvalverbranding'.

Summary

The Incineration Technology Department of MT-TNO has made an economic feasibility study of small-scale waste incineration, in particular scrap wood incineration, on behalf of NOVEM. The plants in question have a thermal capacity of up to 10 MW.

The first step was to establish what environmental standards the government requires small-scale waste incineration to comply with. It was confirmed by the provinces of Gelderland and South Holland and the Chief Medical Officer for Environmental Hygiene that:

1) the aim in the Netherlands is large-scale incineration of waste whose production cannot be avoided and which cannot be recycled;
2) small-scale incineration is explicitly discouraged to ensure that waste finds its way to the large incineration plants (AVIs) and that the various waste flows are subject to proper control;
3) with effect from 30 November 1993 all waste incineration plants, also small ones, will have to comply with the Dutch1989 Incineration Directive (RV 89, see table).

Guideline for emission limits for waste incineration (RV 89)

Component	**Maximum emission values (mg/Nm³)** (1)
total particulate matter	5
hydrochloric acid	10
fluorides	1
CO	50
organic compounds (as C)	10
SO_x (as SO_2)	40
NO_x (as NO_2)	70
heavy metals:	
Sb + Pb + Cr + Cu + Mn + V + Sn + As + Co + Ni + Se + Te	1.0
Cd	0.05
Hg	0.05
PCDD's + PCDF's	0.1 ng TEQ/Nm³ (2)

(1) Related to dry fluegas, 11% O_2, hourly average
(2) expressed in toxic equivalents 2,3, 7, 8 TCDD
Ref. letter ministry VROM, DGM/A nr. 0779512 of 15-8-1989.

Various suppliers were approached to see whether they could supply an incineration plant and/or flue gas cleaning plant to comply with RV 89. It seems that small-scale incineration in compliance with RV 89 is technically feasible in theory. But it has yet to be demonstrated in practice.

On the basis of the information provided by the suppliers it was examined whether small-scale incineration of scrap wood in compliance with RV 89 is economically viable. First the composition and the incineration properties of a representative scrap wood sample, were determined. Armed with the results of the analysis various incineration plant and flue gas cleaning equipment suppliers were asked for prices. It seems that the cost of a plant complying with RV 89 is around 120 per cent higher than that of a conventional plant (equipped only with a cyclone). A conventional scrap wood incineration plant with a capacity of 5 MWth costs about 900,000 guilders, while an RV 89 plant with the same capacity would cost at least two million guilders.

The additional cost is for the most part due to the relatively high cost, 700,000 guilders, of a (semi-)dry flue gas cleaning system for reducing emissions of dust, heavy metals and acid components. The relatively high cost of the analysers and flow meters required by RV 89 is surprising: about 150,000 guilders for continuous recording equipment.

On the basis of the prices quoted by the suppliers and realistic assumptions about depreciation, interest, maintenance, wage costs, consumption of chemicals, energy prices, etc., the cost price of small-scale scrap wood incineration in a conventional plant and in an RV 89 plant, was determined. It was assumed that the scrap wood can be procured for transport and prereduction costs (total costs of 50 guilders per tonne).

The obtained cost price of an RV 89 plant is an optimistic figure, since it is based on the cheapest possible incineration plant that has yet to prove itself in practice.

While scrap wood incineration in a conventional plant may be cheaper than natural gas incineration, this does not appear to be the case in an RV 89 plant. The calculated net cost price (after deducting the energy yield) of an RV 89 plant is positive, which means that scrap wood incineration in compliance with RV 89 is more expensive than natural gas incineration.

Persuading the owner of a plant with a capacity of 5 MWth (equivalent wood throughput 1.4 tonnes/hour) and 4000 operating hours per year to burn scrap wood (in compliance with RV 89) instead of natural gas will require the additional payment, at the current natural gas price of 0.25 guilders per nm^3, of a minimum of 100 guilders per tonne of scrap wood (50 guilders of which for transport and prereduction). Large-scale incineration at an AVI (in compliance with RV 89) is estimated to cost 180 guilders per tonne (including transport). This means that small-scale scrap wood incineration may be cheaper than large-scale incineration at an AVI. This is subject to the incineration taking place in a relatively large small-scale plant (from around 3 MWth) in operation for a great many (from around 4000) hours per year. Since the calculated cost price of small- scale incineration in an RV 89 plant is on the optimistic side, a detailed estimate per case should make things clearer.

The gross cost price of scrap wood incineration in an RV 89 plant (without deducting the energy yield) appears to be around twice as high as the gross cost price of conventional incineration. Roughly speaking, the additional costs can be apportioned as follows:

- costs associated with a dry or semi-dry system for the removal of SO_2, HCl, HF, heavy metals and dust (excluding wage costs): 51 per cent of the additional costs;
- emission measurements by third parties (four times a year): 15 per cent of the additional costs;
- additional wage costs: 12 per cent of the additional costs;
- costs associated with analysers and flow meters (excluding wage costs): 7 per cent of the additional costs;
- costs associated with additional afterburning area + back-up gas burner for CO and C_xH_y removal (excluding wage costs): 7 per cent of the additional costs;
- costs associated with a SNCR system for NO_x removal (excluding wage costs): 6 per cent of the additional costs;
- costs associated with active carbon injection for the removal of PCDD/PCDF (excluding wage costs): 2 per cent of the additional costs.

While the flue gas cleaning system for the removal of acid components, dust and heavy metals is responsible for most of the additional costs, it also removes most contaminants. The share of the additional costs per contaminant appears to be of the same order of magnitude: 5 - 15 per cent (including the additional wage costs and the additional costs associated with analysers and emission measurements). The additional costs to be incurred to comply with the RV 89 standards for PCDD/PCDF appear to be relatively low.

It must be remembered here that the concept discussed above for PCDD/PCDF removal (active carbon injection) requires the presence of a dry flue gas system. The costs of this system have not been on-charged to PCDD/PCDF removal above.

The costs associated with analysers, flow meters and annual emission measurements make a substantial contribution to the additional costs to be incurred in complying with RV 89: around 22 per cent.

We can conclude from the findings relating to scrap wood that small- scale waste incineration in compliance with RV 89 is not generally economically attractive when the aim is energy generation. Cheaper to use is natural gas. However, in some cases small-scale incineration may be cheaper than large-scale incineration in an AVI and thus economically attractive when the aim is waste removal.

Small-scale gasification of scrap wood, whether or not in compliance with RV 89, appears to be more expensive than small-scale scrap wood incineration in compliance with RV 89.

It makes no difference whether the fuel gas is used for heating or for power generation in a gas engine. Generally speaking it may be said that small-scale waste gasification is not economically interesting. Incineration, whether or not in an AVI, is a cheaper option.

Finally, we should note that it is not clear whether some waste flows not containing any chlorine and/or heavy metals, should be designated as fuel (instead of waste). Designating them as fuel will lead to substantially lower incineration costs.

Samenvatting

In opdracht van de NOVEM werd door de afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO de financieel-economische haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding, in het bijzonder sloophoutverbranding, onderzocht. Het gaat daarbij om installaties met een thermisch vermogen tot 10 MW.

Eerst werd vastgesteld welke milieu-eisen de overheid aan kleinschalige afvalverbranding stelt. Uit navraag bij de provincies Gelderland en Zuid-Holland en de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu is gebleken dat:

- in Nederland wordt gestreefd naar grootschalige verbranding van afval waarvan produktie niet kan worden voorkomen en dat niet kan worden hergebruikt;
- om de aanvoer van afval naar de grote afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) te waarborgen en de diverse afvalstromen goed te kunnen beheersen, kleinschalige verbranding expliciet wordt ontmoedigd;
- alle afvalverbrandingsinstallaties, hoe klein ook, per 30 november 1993 aan de Richtlijn Verbranden '89 (RV '89) moeten voldoen.

Diverse leveranciers zijn benaderd met de vraag of zij een verbrandingsinstallatie en/of rookgasreinigingsinstallatie kunnen leveren waarmee aan de RV '89 kan worden voldaan. Het blijkt dat kleinschalige verbranding volgens de RV '89 in theorie technisch haalbaar is. Eén en ander is echter nog niet in de praktijk gedemonstreerd.

Op grond van de door de leveranciers verstrekte informatie is onderzocht of kleinschalige verbranding van sloophout met inachtneming van de RV '89 ook economisch haalbaar is. Eerst zijn de samenstelling en de verbrandingseigenschappen van een representatief geacht sloophoutmonster bepaald. Op basis van de analyseresultaten zijn vervolgens bij diverse leveranciers van verbrandingsinstallaties en rookgasreinigingsapparatuur prijzen opgevraagd. Het blijkt dat de prijs van een installatie welke voldoet aan de RV '89 ca. 120% hoger is dan die van een conventionele installatie (alleen voorzien van cycloon). Zo kost een conventionele sloophoutverbrandingsinstallatie met een vermogen van 5 MWth 900 kf terwijl een RV '89-installatie met hetzelfde vermogen tenminste 2000 kf kost. De meerprijs wordt vooral veroorzaakt door de relatief hoge prijs van 700 kf voor een (semi-)droog rookgasreinigingssysteem waarmee de emissies van stof, zware metalen en zure componenten kunnen worden teruggebracht. Opvallend is de relatief hoge prijs van de door de RV '89 geëiste analyzers en debietmeters: ca. 150 kf voor continu registrerende apparatuur.

Op basis van de door de leveranciers verstrekte prijzen en reële aannamen inzake afschrijving, rente, onderhoud, loonkosten, chemicaliënverbruik, energieprijzen enz., werd de kostprijs van kleinschalige sloophoutverbranding in een conventionele en in een RV '89-installatie bepaald.

Wat de kostprijs voor een RV '89 installatie betreft, gaat het daarbij om een optimistisch cijfer, omdat wordt uitgegaan van een zo goedkoop mogelijke verbrandingsinstallatie welke zich nog niet in de praktijk heeft bewezen.
Terwijl sloophoutverbranding in een conventionele installatie goedkoper kan zijn dan aardgasverbranding, blijkt dat dit in een RV '89-installatie niet het geval is. De berekende netto kostprijs (na aftrek van de energie opbrengst) voor een RV '89-installatie is positief hetgeen betekent dat sloophoutverbranding met inachtneming van de RV '89 duurder is dan aardgasverbranding. Daarbij is ervan uitgegaan dat het sloophout tegen transport- + voorverkleiningskosten (*f* 50,- per ton) kan worden betrokken.

Om een bezitter van een installatie met een vermogen van 5 MWth (equivalente houtdoorzet 1.4 ton/uur) en 4000 bedrijfsuren per jaar er toe te brengen om in plaats van aardgas sloophout te gaan verbranden (volgens RV '89), moet, bij de huidige aardgasprijs van *f* 0.25,- per nm^3, een bedrag van minimaal *f* 100,- per ton sloophout worden toebetaald (waarvan *f* 50,- voor transport en voorverkleining).
Grootschalige verbranding bij een AVI (volgens RV '89) zal naar schatting *f* 180,- per ton gaan kosten (inclusief transport). Dit betekent dat kleinschalige verbranding van sloophout goedkoper *kan* zijn dan grootschalige verbranding bij een AVI. Voorwaarde is dat de verbranding plaatsvindt in een relatief grote installatie (vanaf ca. 3 MWth) welke gedurende een groot aantal uren per jaar in bedrijf is (vanaf ca. 4000 uur). Omdat de berekende kostprijs van kleinschalige verbranding in een RV '89 installatie aan de optimistische kant is, zal een gedetailleerde prijsopgaaf duidelijkheid moeten verschaffen.

De bruto kostprijs van sloophoutverbranding in een RV '89-installatie (zonder aftrek van energie opbrengst) blijkt ca. twee keer zo hoog te zijn als de bruto kostprijs van conventionele verbranding. De meerkosten zijn globaal als volgt verdeeld:
- kosten verbonden aan een droog dan wel semi-droog systeem voor de verwijdering van SO_2, HCl, HF, zware metalen en stof (exclusief loonkosten): 51% van meerkosten;
- emissiemetingen door derden (4x per jaar): 15% van meerkosten;
- extra loonkosten: 12% van meerkosten;
- kosten verbonden aan analyzers en debietmeters (exclusief loonkosten): 7% van meerkosten;
- kosten verbonden aan extra naverbrandingsruimte + back-up gasbrander, onder meer voor CO- en C_xH_y-reductie (exclusief loonkosten): 7% van meerkosten;
- kosten verbonden aan SNKR-systeem voor NO_x-reductie (exclusief loonkosten): 6% van meerkosten;
- kosten verbonden aan actief kool inspuiting voor de verwijdering van PCDD/PCDF (exclusief loonkosten): 2% van meerkosten.

Het rookgasreinigingssysteem voor de verwijdering van zure componenten, stof en metalen veroorzaakt weliswaar de meeste meerkosten, het verwijdert ook de meeste contaminanten. Het aandeel in de meerkosten blijkt per contaminant van dezelfde orde van grootte te zijn: 5 - 15% (inclusief de extra loonkosten en de meerkosten verbonden aan analyzers en emissiemetingen). De extra kosten die gemaakt moeten worden om aan de RV '89 normen voor PCDD/PCDF te voldoen blijken relatief gering zijn.

Hierbij moet worden bedacht dat het hierboven besproken concept voor PCDD/PCDF-verwijdering (actief kool inspuiting) de aanwezigheid van een droog rookgassysteem vereist. Hierboven zijn de kosten van dit systeem niet aan PCDD/PCDF-verwijdering doorberekend.

De kosten verbonden aan analyzers, debietmeters en jaarlijkse emissiemetingen dragen wezenlijk bij aan de meerkosten die gemaakt moeten worden om aan de RV '89 te voldoen: ca. 22%.

Uit de bevindingen met betrekking tot sloophout wordt geconcludeerd dat kleinschalige verbranding van afval volgens de RV '89 in het algemeen economisch niet aantrekkelijk is wanneer het doel energie opwekking is. De inzet van aardgas is goedkoper. In voorkomende gevallen kan kleinschalige verbranding goedkoper zijn dan grootschalige verbranding in een AVI.

Kleinschalige vergassing van sloophout, al dan niet volgens de RV '89, blijkt duurder te zijn dan kleinschalige sloophoutverbranding volgens de RV '89. Het maakt daarbij niet uit of het stookgas wordt gebruikt voor ondervuring of voor krachtopwekking in een gasmotor. In z'n algemeenheid kan worden gesteld dat kleinschalige afvalvergassing economisch niet interessant is. Verbranding, al dan niet in een AVI, is een goedkopere optie.

Tot slot wordt opgemerkt dat van sommige, met name vloeibare afvalstromen, die geen chloor en/of zware metalen bevatten, niet duidelijk is of deze als brandstof (in plaats van als afval) mogen worden aangeduid. Aanduiding als brandstof zal tot aanzienlijk lagere verbrandingskosten leiden.

Inhoudsopgave

Colofon *2*

Summary *3*

Samenvatting *7*

1 **Inleiding** *12*

2 **Emissie-eisen voor kleinschalige afvalverbranding** *14*
- 2.1 Stellingname provincies *15*
- 2.2 Stellingname centrale overheid *16*
- 2.3 Conclusies *17*

3 **Eigenschappen sloophout** *18*
- 3.1 Samenstelling *18*
- 3.2 Verbrandingseigenschappen *19*

4 **Investeringskosten verbrandingsinstallatie** *22*
- 4.1 Investeringskosten conventionele installatie *23*
- 4.2 Investeringskosten RV '89-installatie *24*
  - 4.2.1 Verwijdering van zure componenten, zware metalen en stof *25*
  - 4.2.2 Verwijdering van CO en C_xH_y *26*
  - 4.2.3 Verwijdering van NO_x *27*
  - 4.2.4 Verwijdering van PCDD/PCDF *29*
  - 4.2.5 Overige posten *31*
- 4.3 Overzicht *31*
  - 4.3.1 Alternatief *32*

5 **Economische haalbaarheid** *33*
- 5.1 Sloophout *33*
- 5.2 Algemeen *37*
  - 5.2.1 Haalbaarheid kleinschalige verbranding van vast afval *38*
  - 5.2.2 Haalbaarheid kleinschalige verbranding van slurries *39*
  - 5.2.3 Haalbaarheid kleinschalige verbranding van vloeibare afvalstromen *39*
- 5.3 Conclusies *40*

6 **Vergassing als alternatief** *41*
- 6.1 Kostprijs van sloophoutvergassing; ondervuring *41*
- 6.2 Kostprijs van sloophoutvergassing; krachtopwekking *42*
- 6.3 Conclusies *43*

7 Conclusies *45*

8 Referenties *47*

9 Verantwoording *50*

Figuren

Bijlagen

1 Inleiding

De Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu (NOVEM) B.V. onderzoekt in het kader van het programma Energiewinning uit Afval de mogelijkheden van kleinschalige verbranding van specifieke (bedrijfs-) afvalstromen die nu nog (in gemengde vorm) worden gestort (1-10 MWth). Hoofddoelstelling van het programma Energiewinning uit Afval is het bevorderen van de toepassing van afval als energiebron door de uitvoering van demonstratieprojecten waarmee wordt aangetoond dat uit afval op economisch en mileuhygienisch verantwoorde wijze energie kan worden gewonnen. In dit verband heeft de NOVEM in april 1990 de afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO opdracht verleend om de financieel economische haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding met optimale energieterugwinning te onderzoeken. Het gaat daarbij om bedrijfsafval in het algemeen en sloophout in het bijzonder. De jaarlijkse hoeveelheid vrijkomend sloophout wordt geschat op 150000 tot 200000 ton. Daarvan wordt slechts ca. 30% hergebruikt (vooral in spaanplaat). De rest wordt gestort waarmee jaarlijks een hoeveelheid energie equivalent aan ca. 50 miljoen m^3 aardgas verloren gaat [1].

Sinds bekend is geworden dat de verbranding van huishoudelijk afval gepaard gaat met de uitstoot van de sterk giftige dioxinen en furanen, staat afvalverbranding volop in de belangstelling. Het ministerie van VROM gaf in 1989 een richtlijn [2] uit waarin is aangegeven waaraan een afvalverbrandingsinstallatie (AVI) zou moeten voldoen om voor een vergunning in aanmerking te komen. Deze richtlijn, bekend geworden onder de naam 'richtlijn verbranden 1989' (RV '89), is primair bedoeld voor de grootschalige verbranding van huishoudelijk afval hoewel ook andere afvalsoorten zoals kabels en slib met name zijn genoemd.

Het spreekt voor zich dat de financieel economische haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding in hoge mate afhangt van de emissie-eisen die door de vergunningverlenende instanties worden gesteld. Het onderzoek richtte zich daarom in eerste instantie op de vraag in hoeverre de RV '89 wordt toegepast bij kleinschalige afvalverbranding (< 10 MWth). De milieudiensten van de provincies Gelderland en Zuid-Holland alsmede de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu en het ministerie van VROM werden in dit verband geraadpleegd. Hoofdstuk 2 van dit rapport bevat de resultaten van het overleg met de genoemde instanties. Voor het bepalen van de financieel economische haalbaarheid van kleinschalige sloophoutverbranding moeten de samenstelling en de verbrandingseigenschappen van sloophout bij benadering bekend zijn. Daarom werden een drietal representatief geachte houtmonsters geanalyseerd. De bevindingen zijn in hoofdstuk 3 gegeven.

Bij diverse leveranciers zijn de kostprijzen van (componenten voor) een installatie voor de verbranding van sloophout, welke kan voldoen aan de in hoofdstuk 2 omschreven emissie-eisen, opgevraagd. De prijzen zijn in hoofdstuk 4 gegeven. De informatie van de leveranciers werd gebruikt om de economische haalbaarheid van kleinschalige sloophoutverbranding in hoofdstuk 5 te bepalen. In dat hoofdstuk worden ook enige uitspraken gedaan omtrent de haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding in het algemeen. In hoofdstuk 6 wordt globaal onderzocht of vergassing bij de gegeven emissie-eisen een aantrekkelijk alternatief voor verbranding kan zijn. In hoofdstuk 7, tenslotte, worden de conclusies van dit onderzoek gegeven.

2 Emissie-eisen voor kleinschalige afvalverbranding

Wanneer een bedrijf of instantie afval wil verbranden moet zij daartoe een vergunning aanvragen. De gemeentes behandelen de aanvragen van Hinderwet-plichtige bedrijven terwijl de provincies de aanvragen behandelen van bedrijven die vallen onder de Wet op de Luchtverontreiniging (WLV). Daarnaast behandelen de provincies ook de aanvragen die betrekking hebben op afval dat onder de Afvalstoffen wet valt. De regionale milieu-inspecties zien erop toe dat de emissie-eisen die in een vergunning worden genoemd consistent zijn met het beleid van de centrale overheid (ministerie van VROM). De regionale inspecties vallen onder het toezicht van de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu die erop toeziet dat het beleid van het ministerie van VROM in de praktijk wordt nageleefd.

In Nederland bestaan geen expliciete emissie-eisen voor kleinschalige afvalverbranding (< 10 MWth) welke gemeentes en provincies kunnen hanteren bij de behandeling van een vergunning-aanvraag. Wel bestaat er de eerder genoemde RV '89 waarvan niet duidelijk is of deze ook voor kleinschalige afvalverbranding is bedoeld. Vóór het verschijnen van de RV '89 legden de gemeentes en provincies per vergunning-aanvraag de emissie-eisen op waaraan een kleinschalige verbrandingsinrichting moest voldoen. De vraag is nu in hoeverre de vergunning-verlenende instanties de RV '89 ook bij kleinschalige afvalverbranding (gaan) toepassen. Voor de volledigheid is dat deel van de RV '89 dat de emissie-eisen bevat als bijlage 1 bijgevoegd. Zoals vermeld is de RV '89 voor nieuwe verbrandingsinstallaties direct van toepassing. Voor bestaande installaties moet worden gestreefd de emissie-grenswaarden te bereiken per 31 december 1992. In ieder geval moeten de emissies van bestaande installaties per 30 november 1993 binnen de gegeven grenswaarden liggen.

Om na te gaan in hoeverre de provincies de RV '89 toepassen bij de vergunning-verlening voor kleinschalige afvalverbranding, werden enkele van de betrokken beleidsmedewerkers van de provincies Gelderland en Zuid-Holland geraadpleegd. Het beleid van de genoemde provincies wordt representatief geacht voor dat van alle Nederlandse provincies. Het door deze beleidsmedewerkers geformuleerde beleid komt in paragraaf 2.1 aan de orde. Behalve de provincies werden via de stuurgroep 'Uitvoering richtlijn verbranden 1989', die in het leven is geroepen om de implementatie van de RV '89 in de praktijk te begeleiden, ook de VROM-onderdelen Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu en de Direktie Afvalstoffen geraadpleegd. De reacties van deze onderdelen van de centrale overheid worden in paragraaf 2.2 gegeven.

2.1 Stellingname provincies

Op 11 juni 1990 bezochten de heren De Koning en Heesink van MT-TNO de Dienst Milieu en Water van de provincie Gelderland. De heren Van Dam en Ter Maat lichtten het beleid van de provincie Gelderland inzake afvalverwerking toe. De provincie Gelderland streeft allereerst naar het voorkomen of hergebruiken van afval. Het afval dat dan overblijft wil Gelderland grootschalig verbranden teneinde het stortvolume te minimaliseren. Kleinschalige afvalverbranding wordt door Gelderland expliciet ontmoedigd. Zie daartoe het door de Koningin goedgekeurde besluit van de Provinciale Staten van Gelderland, dat als bijlage 2 is bijgevoegd. Letterlijk staat hierin: 'Wanneer verbranding van afval plaatsvindt zal moeten zijn voldaan aan de richtlijn verbranden, zoals opgenomen in de Afvalstoffenreeks, nr. 28 (en aangescherpt in 1989, auteur). Gelet op de milieuhygiënische eisen en de eis van een rookgasreinigingsinstallatie dient kleinschaligheid te worden vermeden. Dit geldt ook voor installaties ten behoeve van de warmte-krachtkoppeling.' In het kader van bovengenoemd beleid hanteert de provincie Gelderland de RV '89 ook bij kleinschalige afvalverbranding. Gelderland beseft dat daardoor veel iniatieven (zullen) sneuvelen. Dit is echter nodig om de aanvoer van afval naar de grote verbrandingsinstallaties, die slechts tegen hoge kosten aan de RV '89 kunnen voldoen, te waarborgen. De heren van Dam en Ter Maat stellen dat van de confrontatie van vergunning-aanvragers met de RV '89 een zeefwerking uitgaat. Alleen serieuze aanvragen blijven gehandhaafd. Aanvragers die willen onderzoeken hoe aan de RV '89 kan worden voldaan worden op een constructieve wijze bijgestaan door de provincie mits het de verbranding van relatief schone afvalstromen, vrij van chloor en zware metalen, betreft. In dergelijke gevallen is de provincie Gelderland eventueel bereid om de emissie-eisen ten aanzien van de macro-componenten CO, NO_X, SO_X en stof ietwat te verzachten.

Op 13 juni 1990 werd een bezoek gebracht aan de Dienst Water en Milieu van de provincie Zuid-Holland. Tijdens dit bezoek, waarbij behalve de heren de Koning en Heesink van MT-TNO ook de heer Smakman van de NOVEM en de heer Vos van het RIVM aanwezig waren, vertolkten de heren Buijs, Maas en van Muijden de visie van de provincie Zuid-Holland op kleinschalige afvalverbranding. Zuid-Holland wil de RV '89 behalve voor grootschalige ook voor kleinschalige afvalverbranding toepassen. Zelfs de kleinste vergunning-plichtige afvalverbrandingsinstallatie (huishoudelijke open haarden en allesbranders dus uitgezonderd) moet aan de RV '89 voldoen. In Zuid-Holland is men van mening dat het ministerie van VROM bewust bezig is met een sanering onder kleinschalige afvalverbrandingsinstallaties om zo de afvalstromen beter te kunnen beheersen en het aanbod van afval naar de grote AVI's te waarborgen. Net als Gelderland, streeft Zuid-Holland naar grootschalige verbranding van afval waarvan de produktie niet kan worden voorkomen en dat niet kan worden hergebruikt. Tot slot wordt opgemerkt dat Zuid-Holland ook bij de kleinschalige verbranding van relatief schone afvalstromen (bijvoorbeeld biomassa vrij van chloor en zware metalen) de RV '89 zal hanteren.

In dit verband wordt echter aangegeven dat er toch enige onduidelijkheid bestaat ten aanzien van de toepasbaarheid van de RV '89. Zuid-Holland stelt dat de beleidsmakers van VROM hierin klaarheid moeten verschaffen. Gesuggereerd wordt om de stuurgroep 'Uitvoering richtlijn verbranden 1989', waarin vertegenwoordigers van de Directies Afvalstoffen en Lucht van het ministerie van VROM, het Inter Provinciaal Overleg (IPO), de Vereniging van Exploitanten van AfvalverBRandingsInstallaties in Nederland (VEABRIN), de AVI Amsterdam Noord, de Hoofdinspectie van de volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu (onderdeel VROM), en de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond (DCMR) zitting hebben, te benaderen om zo inzicht te krijgen in het standpunt van VROM.

De besprekingsverslagen van de gesprekken met de beleidsmedewerkers van de provincies Gelderland en Zuid-Holland, zijn als bijlage 3 bijgevoegd.

Tenslotte wordt opgemerkt dat tijdens deze studie door divers overleg naar voren kwam dat de provincie Noord-Holland in januari 1990 een vergunning heeft verstrekt aan de firma Transclean B.V. te Heemstede voor het verbranden van bouw- en sloopafval waarbij niet aan de RV '89 eisen behoeft te worden voldaan [23] (zie ook hoofdstuk 4).

2.2 Stellingname centrale overheid

Van de centrale overheid zijn via de stuurgroep 'Uitvoering richtlijn verbranden 1989' zowel de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu als de Directie Afvalstoffen, beide onderdelen van het ministerie van VROM, benaderd om te vernemen wat het standpunt van de centrale overheid inzake kleinschalige afvalverbranding is. Van de Directie Afvalstoffen was bij het uitbrengen van dit rapport nog geen reactie ontvangen. De Hoofdinspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne geeft middels de brief die als bijlage 4 is bijgevoegd, aan dat de overheid, conform de gedachte van de Landelijke Coördinatie Commissie Afvalverwerking (LCCA) streeft naar een beperkt aantal grootschalige AVI's verdeeld over het hele land. Daarbij wordt getracht het ontstaan van verspreide kleine emissie-bronnen te voorkomen. Voorts wordt letterlijk gesteld: 'Alle verbrandingsinrichtingen voor afvalstoffen zullen na 30 november 1993 moeten voldoen aan de Richtlijn Verbranden '89'.

2.3 Conclusies

Op grond van de informatie, die door de provincies Gelderland en Zuid-Holland enerzijds en de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu anderzijds is verstrekt, kan in zijn algemeenheid het volgende worden geconcludeerd:

- in Nederland wordt gestreefd naar grootschalige verbranding van afval waarvan produktie niet kan worden voorkomen en dat niet kan worden hergebruikt;
- om de aanvoer van afval naar de grote AVI's te waarborgen en de diverse afvalstromen goed te kunnen beheersen wordt kleinschalige verbranding expliciet ontmoedigd;
- alle afvalverbrandingsinstallaties, hoe klein ook, moeten per 30 november 1993 aan de RV '89 voldoen.

Ondanks het feit dat nu nog in voorkomende gevallen van de RV '89 wordt afgeweken, wordt gezien bovenstaande reacties van de overheid, voor de hierna omschreven haalbaarheidsstudie verondersteld dat bij de kleinschalige verbranding van afval in de toekomst altijd moet worden voldaan aan de emissie-eisen die in de RV '89 worden genoemd (zie bijlage 1).

3 Eigenschappen sloophout

Om de haalbaarheid van kleinschalige sloophoutverbranding te kunnen bepalen is het nodig dat de samenstelling en verbrandingseigenschappen van sloophout bekend zijn. Een viertal voor sloophout representatief geachte houtmonsters zijn daartoe opgewerkt volgens het schema van figuur 1 en vervolgens geanalyseerd. Drie van de vier monsters (Soest A, Soest B en Soest-meng) waren afkomstig van het houtrecycling bedrijf Kuyer te Soest. Bij Kuyer wordt gemengd houtafval (onbehandeld, geverfd of geïmpregneerd) gemalen. Na het malen wordt gezeefd op een diameter van 10 mm zodat zand en mogelijk ook verfdeeltjes worden afgescheiden. De deeltjesgrootte van het eindprodukt varieert tussen 10 en ca. 300 mm. Het produkt wordt verkocht als brandstof of als grondstof voor de spaanplaatindustrie. Een monster was afkomstig van het bedrijf Houtsnip Recycling uit Amsterdam. Dit bedrijf, net als Kuyer eigendom van BFI, verwerkt schoon en licht verontreinigd houtafval tot grondstof voor de spaanplaatindustrie. Met behulp van molens, zeven, magneten en stofafzuigapparatuur wordt bij Houtsnip een gegranuleerd eindprodukt gefabriceerd met een deeltjesdiameter van 10 mm of kleiner.

3.1 Samenstelling

Van ieder opgewerkt houtmonster werd ca. 100 g aangeboden ter analyse. Het monster Soest-meng werd als meest representatief voor willekeurig sloophout beschouwd en werd uitgebreid geanalyseerd. Van de overige monsters werden alleen het lood-, zink- en chloorgehalte bepaald om een indruk te krijgen van de spreiding die in de samenstelling van sloophout kan optreden. Alle analyses werden in duplo uitgevoerd. De analyseresultaten zijn in tabel 1 gegeven.

Tabel 1 Analyseresultaten van de vier houtmonsters; alle waarden hebben betrekking op uitgangsmateriaal

Eigenschap	Waarde				Eenheid
	Soest-meng	Soest-A	Soest-B	A'dam	
Vochtgehalte	9.66	-	-	-	gew%
Asgehalte	1.42	-	-	-	gew%
Stookwaarde	16.44	-	-	-	MJ/kg
C-gehalte	43.3	-	-	-	gew%
H-gehalte	5.75	-	-	-	gew%
O-gehalte	39.1	-	-	-	gew%
N-gehalte	0.73	-	-	-	gew%
S-gehalte	0.23	-	-	-	gew%
Cl-gehalte	400	520	380	340	mg/kg
F-gehalte	<50	-	-	-	mg/kg
Pb-gehalte	780	830	580	430	mg/kg
Zn-gehalte	625	880	540	218	mg/kg
Cd-gehalte	15.0	-	-	-	mg/kg
Hg-gehalte	6.7	-	-	-	mg/kg
Sb-gehalte	5.0	-	-	-	mg/kg
Mn-gehalte	114	-	-	-	mg/kg
Cr-gehalte	16	-	-	-	mg/kg
Cu-gehalte	13	-	-	-	mg/kg
V-gehalte	15	-	-	-	mg/kg
Sn-gehalte	6.7	-	-	-	mg/kg
As-gehalte	5.0	-	-	-	mg/kg
Co-gehalte	<2	-	-	-	mg/kg
Ni-gehalte	7.5	-	-	-	mg/kg
Se-gehalte	0.7	-	-	-	mg/kg
Te-gehalte	<0.2	-	-	-	mg/kg

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de spreiding in de chloor-, zink- en loodgehaltes van de twee Soester houtmonsters (A en B) relatief gering is. De betreffende gehaltes van het houtmonster afkomstig uit Amsterdam zijn lager dan bij de Soester monsters, hetgeen in overeenstemming is met de verwachting. Bij de firma Houtsnip vinden meer bewerkingen plaats waardoor het produkt schoner is dan bij de firma Kuyer.

3.2 Verbrandingseigenschappen

Aan de hand van bovenstaande analyseresultaten kunnen de belangrijkste verbrandingseigenschappen van sloophout worden bepaald. Deze zijn voor het monster Soest-meng gegeven in tabel 2.

Tabel 2 Verbrandingseigenschappen van sloophout; gebaseerd op analyseresultaten Soest-meng monster

Eigenschap	Waarde	RV '89 eis	Eenheid
Stookwaarde	16.44	-	MJ/kg
Vochtgehalte	9.66	-	gew%
Asgehalte	1.42	-	gew%
As-verwekingspunt*	1140	-	°C
—halve bol punt *	1180	-	°C
—vloeipunt*	1240	-	°C
Luchtbehoefte:			
—stoechiometrisch	4.1	-	nm^3/kg
—6 vol% O_2 in droog rookgas	5.8	-	nm^3/kg
—11 vol% O_2 in droog rookgas	8.7	-	nm^3/kg
Rookgasproduktie (nat)			
—stoechiometrisch	4.8	-	nm^3/kg
—6 vol% O_2 in droog rookgas	6.5	-	nm^3/kg
—11 vol% O_2 in droog rookgas	9.4	-	nm^3/kg
Adiabatische vlamtemperatuur			
—stoechiometrisch	2040	-	°C
—6 vol% O_2 in droog rookgas	1560	-	°C
—11 vol% O_2 in droog rookgas	1100	-	°C
Berekende concentraties in droog rookgas zonder reiniging bij stoechiometrische verbranding (+):			
Stof	3510	10.5	mg/nm^3
SO_2	1140	84	mg/nm^3
HCl	101	21	mg/nm^3
Fluoriden	< 12	2.1	mg/nm^3
Sb + Pb + Cr + Cu + Mn + V + Sn + As + CO + Ni + Se + Te	240	2.1	mg/nm^3
Cd	3.7	0.105	mg/nm^3
Hg	1.7	0.105	mg/nm^3
Indicatie concentraties in droog rookgas zonder reiniging bij stoechiometrische verbranding (uit [3],[4] en [5]):			
CO	700	105	mg/nm^3
C_xH_y (als C)	15	15	mg/nm^3
NO_x	500	147	mg/nm^3
PCDD's + PCDF's	1-100	0.21	ng/nm^3 T.E.Q

* bepaling door Laboratoria voor Materialenonderzoek en Industrie (LMI) B.V. te Eygelshoven
n.b. niet bekend
\+ aangenomen is dat alle restprodukten met het rookgas worden meegevoerd
TEQ Toxiciteits equivalenten 2,3,7,8-TCDD (zie [6])

Uit tabel 2 blijkt dat:

— de O_2-concentratie in de droge rookgassen ca. 10 vol% moet bedragen wanneer het sloophout in een ongekoelde vlam wordt verbrand; dit om smelten van de as bij de brandermond te voorkomen; bij montage van de brander in een gekoelde vuurhaard (bijvoorbeeld vlampijp) zijn lagere O_2-concentraties toelaatbaar;

— uitgebreide rookgasreiniging noodzakelijk is om te voldoen aan de eisen van de RV '89; zonder reiniging worden de normen met een factor 5 (fluoriden) tot 350 (stof) overschreden.

Uitgebreide rookgasreiniging brengt aanzienlijke kosten met zich mee. In het volgende hoofdstuk zal worden uitgezocht welke kosten gepaard gaan met de verbranding van sloophout.

4 Investeringskosten verbrandingsinstallatie

In dit hoofdstuk zal worden onderzocht welke investeringskosten verbonden zijn met de kleinschalige verbranding van sloophout, met en zonder uitgebreide rookgasreiniging. Onder kleinschalige afvalverbranding wordt in dit verband verstaan verbranding waarbij het vrijkomend thermisch vermogen minder dan 10 MW bedraagt. Omdat in het verleden is gebleken dat kleinschalige elektriciteitsopwekking door middel van een nageschakelde stoomturbine/generator-combinatie economisch niet interessant is (onder andere [26]) en veel problemen van onder andere logistieke aard met zich mee brengt, wordt er in deze studie van uitgegaan dat de bij de verbranding vrijkomende warmte alleen thermisch wordt benut.

Om de haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding exact te bepalen zouden prijsopgaven beschikbaar moeten zijn voor oven, ketel en rookgasreinigingsapparatuur voor elk willekeurig vermogen beneden 10 MWth en voor elke afvalsoort. Dit is erg omslachtig. Daarom werd alleen de prijs van een houtverbrandingsinstallatie met een vermogen van 5 MWth (of componenten daarvan) bij diverse leveranciers opgevraagd. De verstrekte prijzen hebben betrekking op de in tabel 3 gegeven specificaties.

Tabel 3 Specificaties sloophoutverbrandingsinstallatie

Brandstof	**sloophout**
Thermisch vermogen	5 MW
Thermisch rendement	80%
Sloophoutdoorzet	1400 kg/h
Luchtdebiet	12200 nm^3/h
Rookgasdebiet	13200 nm^3/h
Vochtgehalte rookgas	8 vol%
Rookgassamenstelling (droog)	
$-O_2$	11 vol%
$-CO_2$	8.6 vol%
$-N_2$	80.4 vol%
Verontreinigingen	volgens RV '89

De prijsopgaven voor bovenomschreven installatie kunnen ook worden gebruikt om de prijzen van apparatuur met afwijkende dimensies te bepalen. De prijs, P1, van een installatie met vermogen V1 kan middels onderstaande relatie worden gebruikt om de prijs, P2, van een vergelijkbare installatie met vermogen V2 redelijk betrouwbaar te schatten (zie onder andere [7], [8] en [9]):

$$\frac{P1}{P2} = \left(\frac{V1}{V2}\right)^{R} \times \left(\frac{I1}{I2}\right) \qquad (1)$$

De exponent R varieert voor procesinstallaties tussen 0.6 en 0.8. In deze studie wordt gerekend met een R-waarde van 0.7. Om de prijsindex, I, van een bepaald jaar te kunnen berekenen wordt uitgegaan van een inflatie van 2%.

4.1 Investeringskosten conventionele installatie

Een installatie voor de verbranding van sloophout zal bestaan uit:
- houtverspaner;
- houtsilo;
- lucht- en/of rookgasventilatoren;
- oven c.q. brander;
- ketel voor produktie warm water en/of stoom;
- (multi-) cycloon;
- (rookgasreiniging);
- schoorsteen;
- leidingen;
- meet- en regelapparatuur.

In deze paragraaf wordt onderzocht welke investeringskosten gepaard gaan met de aanschaf van een conventionele (niet aan de RV '89-eisen beantwoordende) verbrandingsinstallatie. Bij verschillende leveranciers werd de prijs voor een 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallatie opgevraagd. Alleen de firma Comprimo reageerde binnen de gevraagde termijn. Comprimo gaf echter alleen een prijs op voor een cycloonbrander. De overige firma's zegden toe te zullen reageren maar hun reacties waren bij het uitbrengen van dit rapport nog niet beschikbaar. Daarom werd gebruik gemaakt van gegevens uit het recente verleden. Vergelijking (1) werd gebruikt om deze gegevens om te rekenen naar de huidige kostprijs van een 5 MWth installatie. Tabel 4 geeft de resultaten.

Tabel 4 (berekende) prijzen van enkele conventionele 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallaties

configuratie	vermogen	prijs	jaar	prijs 5 MW	bron
(-)	(kW)	(k*f*)	(-)	(1990, k*f*)	(-)
Cycloonbrander + Fans + assysteem	5000	660	1990	660	[10]
Compleet excl. Verspaner	1860	255	1988	530	[3]
Compleet	1300	330	1990	850	[4]
Compleet	3000	700	1988	900	[1]

Op grond van bovenstaande tabel wordt de aanschafprijs van een complete conventionele 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallatie op 900 k*f* gesteld. Het gaat dan om een oven voorzien van een vast rooster of een schroefstuwer.

4.2 Investeringskosten RV '89 verbrandingsinstallatie

In deze paragraaf zal worden onderzocht hoeveel additionele investeringskosten moeten worden gemaakt om aan de RV '89 te kunnen voldoen.

Bij aanvang van de studie was het de bedoeling om de economische haalbaarheid van kleinschalige sloophoutverbranding bij verschillende emissie-eisen te bepalen. Omdat alle benaderde overheden stellig waren in hun standpunt dat aan de RV '89 moet worden voldaan werd echter besloten om alleen van apparatuur dat aan de RV '89 kan voldoen de kostprijs op te vragen c.q. te bepalen. Wel zullen per verontreiniging de kosten worden bepaald om aan de RV '89 emissie-eis te voldoen.

In tabel 5 is per verontreiniging aangegeven welke verwijderingsgraad moet worden gehaald om aan de eisen van de RV '89 te voldoen. De gegevens zijn gebaseerd op de berekeningen c.q. schattingen van tabel 2.

Tabel 5 Voor RV '89 vereiste verwijderingsgraad per verontreiniging

Verontreiniging	Vereiste verwijderingsgraad
(-)	(%)
Stof*	95
SO_2	93
HCl	79
Fluoriden	<83
Sb + Pb + Cr + Cu + Mn + V + Sn + As + Co + Ni + Se + Te*	90
Cd*	<90
Hg*	<94
Indicaties op basis van [3], [4] en [5]:	
CO	85
C_xH_y (als C)	0
NO_x	70
PCDD's + PCDF's	80-99.9

* stofconcentratie met cycloon reeds teruggebracht tot ca. 200 mg/nm^3

4.2.1 Verwijdering van zure componenten, zware metalen en stof

Waar het de verontreinigingen SO_2, HCl, HF, zware metalen en (eventueel) stof betreft kan rookgasreiniging globaal worden verdeeld in de volgende technieken:

- *droog*: gewerkt wordt met vaste sorbents welke na gebruik moeten worden afgevoerd;
- *semi-droog*: de rookgassen worden gewassen met een suspensie waarin zich het sorbent in al dan niet gedissocieerde vorm bevindt; de afgewerkte suspensie wordt met behulp van de nog in de rookgassen aanwezige warmte ingedampt waardoor een vast materiaal overblijft dat moet worden afgevoerd;
- *nat*: net als bij de semi-droge methode wordt gewerkt met een suspensie; deze wordt na gebruik echter niet ingedampt maar in een zuiveringsinstallatie behandeld.

Van de besproken technieken zijn de investeringskosten voor 'nat' gemiddeld ca. 50% hoger dan voor 'droog' en 'semi-droog'. Daarnaast zijn de bedrijfskosten voor 'nat' ca. 100% hoger dan voor de beide andere technieken. Deze gegevens zijn ontleend aan [12]. Als dan ook nog wordt bedacht dat het bedrijven van een zuiveringsinstallatie naast een verbrandingsinstallatie voor de hier beschouwde schaalgrootte naar alle waarschijnlijkheid tot veel problemen zal leiden, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat natte rookgasreiniging bij kleinschalige verbranding onhaalbaar is. Daarom worden in deze studie verder alleen de droge en de semi-droge techniek beschouwd.

Bij de firma DCE Benelux B.V. zijn de investeringskosten voor een droog reinigingssysteem opgevraagd. De gedetailleerde reactie van DCE [11] is in bijlage 5 opgenomen. DCE berekent een prijs van 720 k*f* voor haar systeem waarbij kalkhydraat bij een temperatuur van ca. 200 °C in de rookgassen wordt gespoten. DCE garandeert dat met haar systeem ten aanzien van de genoemde verontreinigingen SO_2, HCl, HF, stof en de niet vluchtige zware metalen (alle uitgezonderd Hg) aan de RV '89-eisen kan worden voldaan.

Voor de investeringskosten van een semi-droog reinigingssysteem is uitgegaan van de prijsopgaaf van Comprimo/Biocomb [10]. Een prijs van 540 k*f* wordt opgegeven voor de zogenaamde ADL-scrubber waarin de rookgassen met een alkalische suspensie worden gewassen. In bijlage 5 wordt de scrubber in detail beschreven. Voor deze scrubber worden de volgende verwijderingsrendementen opgegeven:

- stof: 94%
- Cl/HF: 94%
- SO_2: 88%
- Hg: 93%.

Wanneer deze rendementen worden vergeleken met de eisen van tabel 5 blijkt dat de ADL-scrubber ten aanzien van stof, HCl/HF en Hg (bij benadering) kan voldoen. Wat betreft SO_2 blijft de scrubber achter bij de eis. De leverancier beveelt in een dergelijk geval de installatie van twee venturiscrubbers in serie aan. De verdampingssectie (zie bijlage 5) behoeft niet te worden aangepast. Daarom, en omdat in de literatuur wordt gesteld dat droge en semi-droge rookgasreiniging in aanschaf ongeveer even duur zijn [12], wordt er voor de verdere beschouwing vanuit gegaan dat de investeringskosten voor een droog dan wel semi-droog systeem voor de verwijdering van SO_2, HCl, HF, zware metalen en stof 700 k*f* kost.

4.2.2 Verwijdering van CO en C_xH_y

Wat betreft de emissie-eisen voor CO en C_xH_y kan het volgende worden opgemerkt. In de RV '89 zijn eisen opgenomen ten aanzien van temperatuur, O_2-gehalte en verblijftijd in de oven c.q. naverbrandingsruimte. Deze eisen luiden (zie ook bijlage 1):

- temperatuur minimaal 850 C;
- O_2-gehalte minimaal 6 vol% (op droge basis);
- verblijftijd minimaal 2 s.

Ervan uitgaande dat de menging in de oven c.q. naverbrandingsruimte volledig is, kan met behulp van de kinetiekdata van Howard e.a. [13] de CO-conversie als functie van de verblijftijd worden berekend. Figuur 2 toont de parameter (1-[CO]conversie) als functie van de verblijftijd bij een naverbrandingstemperatuur van 850 °C, een H_2O-gehalte in de rookgassen van 8 vol% en een O_2-gehalte van 11 vol% (op droge basis).

Het blijkt dat bij volledige menging en de gegeven condities reeds na ca. 0.05 s de CO-conversie is bereikt waarbij wordt voldaan aan de CO-emissie eis van de RV '89. Het is duidelijk dat volledige menging in de praktijk niet wordt gehaald. Wanneer echter wordt voldaan aan de door de RV '89 geëiste minimale verblijftijd van 2 s is de beschikbare tijd om de vereiste CO-conversie te bereiken een factor 40 langer dan de volgens de kinetiek vereiste verblijftijd. Dit gegeven en ervaringen binnen de afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO wijzen erop dat aan de CO-eis van de RV '89 wordt voldaan bij vuurhaardtemperaturen van 850 °C en hoger in combinatie met verblijftijden van 2 s of langer. In het algemeen geldt dat de omzetting van koolwaterstoffen in CO sneller verloopt dan de omzetting van CO in CO_2. Daarom wordt gesteld dat wanneer aan de emissie eis voor CO wordt voldaan, impliciet ook aan de emissie eis voor C_xH_y wordt voldaan.

Om in de in tabel 3 (zie pagina 17) gespecificeerde installatie een verblijftijd van 2 s te bereiken is een oven- c.q. naverbrandingsruimte nodig van ca. 30 m^3. De in tabel 4 genoemde conventionele verbrandingsinstallaties zijn niet van een dergelijk grote naverbrandingsruimte voorzien.

Op basis van gegevens uit onder andere [7] wordt geschat dat een extra investering van 150 k*f* nodig zal zijn om aan de verblijftijdseis, en impliciet de CO-emissie eis, van de RV '89 te voldoen.

In dit bedrag is een post van 50 k*f* [22] opgenomen voor een aardgasgestookte 5 MWth low-NO_x ondersteuningsbrander welke volgens de RV '89 is vereist om de temperatuur in de naverbrandingsruimte ten allen tijde op 850 °C te houden (ook tijdens opstart en uit bedrijfname). Deze brander biedt de mogelijkheid om de installatie in geval van een storing op aardgas te stoken.

4.2.3 Verwijdering van NO_x

Om aan de NO_x-emissie eis van de RV '89 te voldoen moet de NOx-emissie van een conventionele houtverbrandingsinstallatie met 70% worden verlaagd (zie tabel 5). Maatregelen ter voorkoming van NO_x-emissies kunnen worden onderscheiden in:
- primaire maatregelen: voorkomen dat NO_x wordt gevormd;
- secundaire maatregelen: het verwijderen van eenmaal gevormd NO_x.

De meest effectieve primaire maatregelen voor het terugbrengen van de NO_x-emissie zijn gebaseerd op het getrapt toevoeren van de verbrandingslucht dan wel de brandstof (reburning). In plaats van hout kan bij reburning bijvoorbeeld ook aardgas worden gebruikt als secundaire brandstof. Diverse ervaringen wijzen uit dat met primaire maatregelen NO_x-reducties van 50 tot 70% haalbaar zijn (onder andere [14] en [15]).

Toepassing van de genoemde maatregelen bij de verbranding van (sloop) hout behoeft extra aandacht om te voorkomen dat de asrest door het optreden van te hoge temperaturen tijdens een verbrandingstrap gaat smelten. De investeringskosten die gepaard gaan met de uitvoering van primaire maatregelen zijn alleen voor grote installaties bekend: 10 tot 30 gulden per kWth geïnstalleerd vermogen [14]. Omdat de specifieke kosten voor kleine installaties naar verwachting relatief hoog zullen zijn wordt uitgegaan van een kostprijs van 30 gulden per kWth. De kostprijs voor een 'low-NO_X' verbrandingssysteem geschikt voor een 5 MWth houtverbrandingsinstallatie wordt daarom geschat op 150 k*f*.

Wanneer primaire maatregelen niet leiden tot de gewenste NO_X-reductie van 70% zullen (aanvullende) secundaire maatregelen nodig zijn. Daarbij kunnen de volgende technieken worden onderscheiden:

— *Selectieve Niet-Katalytische Reductie (SNKR) ofwel Thermal DeNO_X.*
Bij een temperatuur tussen 800 en 1000 °C wordt NH_3 of een stof die na ontleding NH_3 afgeeft (bijvoorbeeld ureum) in de rookgasstroom gespoten waarna een reactie optreedt tussen NO_X, NH_3 en O_2 met als eindproducten N_2 en H_2O. Praktijkervaringen duiden op een maximaal verwijderingsrendement tussen 50 en 70%. De investeringskosten voor een SNKR-systeem geschikt voor een 5 MWth houtverbrandingsinstallatie worden geschat op 100 k*f* ([14] en [18]).

— *Selectieve Katalytische Reductie (SKR).*
Ook bij SKR wordt NH_3 gebruikt om het NO_X tot N_2 en H_2O te reduceren. Door toepassing van een katalysator (bijvoorbeeld V_2O_5) verloopt de reactie echter al bij temperaturen tussen 300 en 400 °C. Met SKR kan in de praktijk een verwijderingsrendement van meer dan 90% worden bereikt. De investeringskosten voor een SKR-systeem geschikt voor een 5 MWth houtverbrandingsinstallatie worden geschat op 600 k*f*, waarvan ca. 100 k*f* voor de katalysator ([14],[16] en [17]).

— *Natte wassing van NO_X (al dan niet in combinatie met SO_X).*
Er zijn twee varianten: het absorptie-reductie proces waarbij soda en Fe.EDTA als reagentia worden gebruikt en het oxidatie-absorptie-reductie proces waarbij NO eerst in de gasfase met O_3 of ClO_2 wordt geoxideerd naar NO_2 waarna het NO_2 met $CaSO_3$ wordt gebonden in de waterfase. Beide processen verwijderen zowel NO_X als SO_2 voor 90 tot 95%. De kosten van natte NO_X-verwijderingsprocessen zijn in het algemeen zeer hoog in vergelijking met SNKR en SKR [16].

Kostentechnisch gezien is SNKR de meest optimale methode om de vereiste NO_X-reductie van 70% te bereiken. Hieronder wordt ervan uitgegaan dat toepassing van alleen SNKR (dus zonder uitgebreide primaire maatregelen) leidt tot de vereiste 70% reductie in NO_X-emissie en een investering vergt van 100 k*f* bij een 5 MWth houtverbrandingsinstallatie.

4.2.4 Verwijdering van PCDD/PCDF

Polychloordibenzo(para)dioxinen (PCDD) en polychloordibenzofuranen (PCDF) mogen slechts in zeer geringe mate worden geëmitteerd: 0.21 ng/nm^3 T.E.Q. bij stoechiometrische verbranding. De nieuwste theorieën aangaande het voorkomen van PCDD en PCDF in rookgassen gaan uit van 'post-flame' vorming bij temperaturen tussen 200 tot 400 °C (onder andere [19]). PCDD en PCDF kunnen in het rookgas, dat bij de verbranding van (sloop-)hout ontstaat, voorkomen wanneer aan elk van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. er ten gevolge van een onvolledige verbranding organische (met name aromatische) brokstukken in het rookgas (onder andere op stof) voorkomen (benzeen, tolueen en dergelijke),
2. er Cl in het hout zit (organisch dan wel anorganisch) zodat HCl in het rookgas voorkomt,
3. er O_2 en as in het rookgas voorkomen zodat bij temperaturen tussen 200 en 400 °C door de katalytische werking van het as (met name CuO) de zogenaamde Deacon-reactie kan optreden onder de vorming van Cl_2:

$$2\,HCl + 1/2\,O_2 \xrightarrow[as]{} Cl_2 + H_2O$$

Ad 1 Aan de eerste voorwaarde wordt altijd voldaan zij het dat de koolwaterstofconcentraties in de meeste gevallen in de ppm-range liggen.

Ad 2 Ook aan deze voorwaarde wordt voldaan. De HCl-concentratie in het rookgas bedraagt ca. 100 mg/nm^3 bij stoechiometrische sloophoutverbranding (zie tabel 2).

Ad 3: O_2 en as komen in het rookgas voor en het rookgas doorloopt in de ketel het temperatuurtraject tussen 300 en 400 °C zodat ook aan deze voorwaarde wordt voldaan.

Gezien bovenstaande beschouwing is de aanwezigheid van PCDD/PCDF in het rookgas dat ontstaat bij de verbranding van (sloop-)hout zo goed als zeker. Over de hoeveelheid PCDD/PCDF die bij sloophoutverbranding wordt uitgestoten zijn nog geen gegevens bekend. Aangenomen wordt dat deze hoeveelheid qua orde van grootte vergelijkbaar is met de hoeveelheid PCDD/PCDF die door grootschalige AVI's wordt uitgestoten: 1-100 ng/nm^3 T.E.Q. Dit betekent dat de PCDD/PCDF-emissie met 80 tot 99.9% moet worden gereduceerd om aan de RV '89 eis van 0.1 ng/nm^3 T.E.Q. te voldoen.

Vooralsnog komen de volgende technieken in aanmerking:

— *natte wassers:*
de afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO heeft door middel van metingen en via informatie van derden vastgesteld dat wassers, ontworpen voor de afvangst van zure componenten, nauwelijks PCDD/PCDF afvangen; de verwachting is dan ook dat de semi-droge ADL-scrubber, hierboven genoemd in verband met de verwijdering van stof, metalen en zure componenten, de RV '89 eis ten aanzien van PCDD/PCDF niet kan halen;

— *actief kool (cokes) filters:*
dit procédé heeft zich reeds bewezen in de praktijk; de vuilverbrandingsinstallatie Spittelau-Wenen is uitgerust met actief kool filters waarmee de RV '89 eis ten aanzien PCDD/PCDF wordt gehaald [20]; de AVI AVR in Rotterdam heeft onlangs besloten haar installatie ook te voorzien van actief kool filters; de filters worden bij een temperatuur van ca. 100 °C bedreven; op basis van vertrouwelijke informatie, kan worden geschat dat een filterhouder voor een 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallatie een diameter van ca. 7 m en een hoogte van ca. 5 m zal hebben; de vereiste hoeveelheid kool wordt geschat op 17 ton; de prijs van de kool bedraagt ongeveer 1 k*f* per ton; de prijs van filterhouder en koolfilter te zamen, inclusief de vereiste meet- en regelapparatuur, leidingen etc., wordt geschat op 200 k*f*; de initiële hoeveelheid van 17 ton kool is in principe voldoende voor naar schatting 10 jaar bedrijf, mits de rookgassen voor het filter zijn ontdaan van stof (< 5 mg/nm^3);

— *actief kool inspuiting*:
actief kool kan, eventueel samen met kalk in een droog rookgasreinigingssysteem, in de rookgasstroom worden ingespoten (temperatuur ca. 200 °C); ervaringen bij de vuilverbrandingsinstallaties van München [20] en Berlijn (DCE-bijlage 5) geven aan dat ook op deze wijze de RV '89 eis ten aanzien van PCDD/PCDF kan worden gehaald; DCE bereikt de RV '89 eis door aan het in te spuiten kalkhydraat voor de verwijdering van zure componenten 5 tot 8% actief kool toe te voegen; de prijs die DCE opgeeft voor de kool bedraagt ca. 1 k*f* per ton; DCE stelt dat het kalkhydraat/kool mengsel in twee maal de stoechiometrische hoeveelheid, gebaseerd op de zure componenten HCl en SO_2, moet worden ingespoten; hergebruik van het afgewerkte kalkhydraat is niet goed mogelijk vanwege transportproblemen die optreden door het hygroscopische karakter van het gevormde $CaCl_2$; op basis van deze gegevens en de gegevens van tabel 2 kan worden becijferd dat het actief kool verbruik van een 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallatie, die full-time (8000 uur per jaar) wordt bedreven, 15 tot 24 ton per jaar zal bedragen resulterend in een kostenpost van 15 tot 24 k*f* per jaar; bij deze opzet hoeven geen extra investeringskosten te worden gepleegd.

4.2.5 Overige posten

Behalve met rookgasreinigingsapparatuur moet een RV '89 installatie ook worden uitgerust met continu-registrerende analyzers voor de bepaling van de concentraties van stof, HCl, C_xH_y (als C), CO, SO_2, NO_x en O_2 in het rookgas. Tevens moet continu het rookgasdebiet worden bepaald. De gezamenlijke kostprijs van de vereiste apparaten wordt op basis van ervaring binnen de afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO en op basis van informatie van de firma Petromation [31] geschat op 150 k*f*. Daarbij is uitgegaan van onderhoudsarme in-situ apparatuur en IR-analyzers. De genoemde kostprijs is onafhankelijk van het vermogen van een verbrandingsinstallatie.

4.3 Overzicht

Voor de bepaling van de financieel economische haalbaarheid van sloophoutverbranding wordt uitgegaan van de goedkoopst mogelijke configuratie waarmee aan de RV '89 eisen kan worden voldaan. Deze configuratie met bijbehorende investeringskosten wordt voor een 5 MWth verbrandingsinstallatie in onderstaande tabel 6 gegeven.

Tabel 6 Goedkoopst mogelijke configuratie en bijbehorende kostprijs voor een 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallatie welke voldoet aan de RV '89

Component	Ten behoeve van contaminant	prijs
(-)	(-)	(k*f*)
Conventioneel, compleet (schroefstuwer of vast rooster)	-	900
Extra verbrandingsruimte	CO, C_xH_y	150
SNKR-systeem	NO_x	100
Droog rookgasreinigings-systeem, met inspuiting kalkhydraat/actief kool	SO_2, HCl, HF, stof, metalen, PCDD/PCDF	700
Analyzers + debietmeter	-	150
Totaal		2000

Uit tabel 6 blijkt dat de kostprijs van een 5 MWth sloophoutverbrandings-installatie door de vereiste aanpassingen om te kunnen voldoen aan de RV '89 met meer dan 120% toeneemt van 900 tot 2000 k*f*. Opgemerkt moet worden dat van de in tabel 6 voorgestelde configuratie nog niet op kleine schaal is gedemonstreerd dat deze aan de RV '89 eisen voldoet.

4.3.1 Alternatief

Van de firma D&C Engineering B.V. werd een kostenopgaaf ontvangen voor een complete 5 MWth sloophoutverbrandingsinstallatie exclusief houtverspaner en analyzers welke afwijkt van bovengenoemde kostprijs: 1000 k*f*. De installatie betreft een combinatie van een zogenoemde CYCO Combustor en een zogenoemd AES vibrerende platen emissie controle systeem. De leverancier verwacht dat deze installatie aan de RV '89 emissie-eisen kan voldoen (zie bijlage 5). Dit is echter nog niet op praktijkschaal bewezen. Vooralsnog worden door D&C de volgende emissie-grenswaarden bij de verbranding van bouw- en sloopafval gegarandeerd:

— NO_X	60 mg/nm^3 bij 11 vol%	O_2
— SO_X	60	---
— CO	< 1	---
— koolwaterstoffen (als C)	4	---
— stof	20	---
— zware metalen in gasvorm	3	---
— zware metalen in stof	5	---

Ten aanzien van HCl, fluoriden en PCDD/PCDF worden geen uitspraken gedaan.

Een nadeel van het rookgasreinigingssysteem van de D&C-installatie is dat dit ca. 0.4 m^3 afvalwater per MWh(th) produceert. Dit water, dat in het geval van sloophoutverbranding ca. 500 mg/m^3 Cl (en mogelijk zware metalen) bevat, mag (nu nog) op het riool worden geloosd. Het is echter niet ondenkbaar dat in de toekomst eisen ten aanzien van de afvalwaterkwaliteit zullen worden gesteld.

Binnenkort zal het bedrijf Transclean B.V. in Heemstede een 8.5 MWth bouw- en sloophoutverbrandingsinstallatie van D&C Engineering B.V. in bedrijf nemen. Deze installatie hoeft niet aan de RV '89 te voldoen (zie ook hoofdstuk 2). Het is echter interessant om te onderzoeken of de genoemde installatie daadwerkelijk aan de emissie-eisen van de RV '89 kan voldoen.

De D&C-installatie voldoet wat betreft de verblijftijd (min. 2 s) en de aanwezigheid van een back-up gasbrander niet aan de RV '89. Een complete RV '89-installatie op basis van het D&C-concept, voorzien van houtverspaner, naverbrandingsruimte met back-up gasbrander en de benodigde analyzers en debietmeters zal naar schatting 1500 k*f* kosten. De D&C-installatie is daarmee 500 k*f* goedkoper dan de in tabel 6 gegeven installatie. Echter, omdat in de praktijk nog niet is bewezen dat de D&C-installatie aan de emissie-eisen van de RV '89 kan voldoen, wordt vooralsnog uitgegaan van de in tabel 6 genoemde kostprijs van 2000 k*f* voor een 5 MWth RV '89 sloophoutverbrandingsinstallatie.
Op basis van de prijs voor een 5 MWth installatie kunnen met behulp van vergelijking (1) redelijk betrouwbaar de investeringskosten van een installatie met een afwijkend vermogen tussen 1 en 10 MW worden bepaald. Figuur 3 toont de resultaten.

5 Economische haalbaarheid

5.1 Sloophout

Om tot een uitspraak te komen over de economische haalbaarheid van kleinschalige sloophoutverbranding moet de kostprijs van verbranding per ton hout worden bepaald. Vergelijking van deze kostprijs met de kostprijzen van alternatieve verwijderingsmethoden (storten, grootschalig verbranden) geeft dan het antwoord op de vraag of kleinschalige verbranding van sloophout economisch haalbaar is. Wat de RV '89 installatie betreft, wordt uitgegaan van de in tabel 6 (pagina 26) gegeven goedkoopst mogelijke configuratie. De berekende kostprijs zal dus aan de optimistische kant zijn.

De exploitatiekosten van een sloophoutverbrandingsinstallatie zijn als volgt opgebouwd:

1 Vaste kosten (jaarlijks):
- afschrijving apparatuur in 10 jaar: 10% van de investeringskosten;
- rente over investeringen: naar schatting 14% (50% vreemd vermogen a 12% + 50% eigen vermogen a 16%);
- verzekeringskosten: naar schatting 1% van de investeringskosten;
- onderhoud + reparatie: naar schatting 5% van investeringen;
- kosten gebouw + infrastructuur: naar schatting 10 kf;
- loonkosten: de bruto loonkosten behorende bij een conventionele installatie worden, ongeacht het aantal draaiuren, geraamd op 80 kf per jaar; gezien de extra apparatuur en de bijbehorende handelingen is het redelijk om aan te nemen dat de loonkosten bij een RV '89 installatie het dubbele zullen bedragen: 160 kf per jaar; zowel voor de conventionele als de RV '89 installatie wordt verondersteld dat tijdelijk onbemand bedrijf mogelijk is;
- de RV '89 eist dat 4 keer per jaar de emissies worden gemeten van zware metalen, fluoriden en SO_3/H_2SO_4; daarnaast moeten twee keer per jaar de emissies van PCDD/PCDF en andere gechloreerde koolwaterstoffen worden gemeten; deze metingen moeten door een gespecialiseerde instantie worden uitgevoerd; de jaarlijkse kosten van deze metingen worden geraamd op 100 kf.

Voor een conventionele verbrandingsinstallatie leidt dit tot:
totale vaste kosten per jaar:

$$[0.3 \times (\frac{V}{5})^{0.7} \times 900 + 90] kf \qquad (2)$$

en voor een RV '89 installatie tot:

$$[0.3 \times (\frac{V}{5})^{0.7} \times 1850 + 150) + 270] kf \qquad (3)$$

met V = vermogen installatie in MWth.

2. *Variabele kosten/opbrengsten (per ton, per uur of per MWh(th)):*
- inkoopkosten: er wordt van uitgegaan dat het sloophout gratis vanaf een centraal depot kan worden betrokken;
- transportkosten: naar schatting *f* 30,- per ton hout [1], voor transport van centraal depot naar verbrandingsinstallatie;
- voorverkleining van het hout (tot stukken van max. 40 cm): *f* 20,- per ton hout [1]; deze kosten staan los van de kosten aan de houtverspaning zijn verbonden (tot max. ca. 1 cm);
- energieverbruik: naar schatting *f* 2,- per MWh(th), waarvan *f* 1,- per MWh(th) voor houtverspaner [4], voor een conventionele installatie; naar schatting *f* 3,- voor een RV '89 installatie [11];
- ureum c.q. NH_3 verbruik SNKR en bijkomende kosten bij RV '89 installatie: naar schatting *f* 0.60,- per MWh(th) (mede op basis van [17]);
- kalk verbruik droog rookgasreinigingssysteem bij RV '89 installatie: *f* 1.60,- per MWh(th) [11];
- actief kool verbruik droog rookgasreinigingssysteem bij RV '89 installatie: *f* 0.60,- per MWh(th) [11];
- afvoeren asrest naar AVR-chemie of depot: *f* 1,- per MWh(th) ofwel *f* 250,- per ton as (geschat op basis van gegevens uit [21]);
- afvoeren afgewerkt kalk naar AVR-chemie of depot bij RV '89 installatie: *f* 3.80,- per MWh(th) ofwel *f* 250,- per ton kalk (geschat op basis van gegevens uit [21]);
- afvoeren afgewerkt actief kool naar AVR-chemie of depot: *f* 0.20,- per MWh(th) ofwel *f* 250,- per ton kool (geschat op basis van gegevens uit [21]);
- energieopbrengst: de geproduceerde warmte vervangt warmte die anders met aardgas had moeten worden geproduceerd; de totale kosten voor warmteproduktie uit aardgas worden op grond van [1] en [4] geraamd op *f* 40,- per MWh(th), waarvan *f* 25,- voor het aardgas (*f* 0.25,- per nm^3); de warmteopbrengst van de houtverbrandings-installatie wordt daarom gewaardeerd tegen *f* 40,- per MWh(th).

Voor een conventionele verbrandingsinstallatie leidt dit tot:
totale variabele kosten per uur: $(2+1\text{-}40)\times V = -37\times V\ f$ (4)
totale variabele kosten per ton: $30 + 20 = 50\ f$ (5)

en voor een RV '89 installatie tot:
per uur: $(3+0.6+1.6+0.6+1+3.8+0.2\text{-}40)\times V = -29.2\times V\ f$ (6)
per ton: $30 + 20 = 50\ f$ (7)

Een vermogen van 1 MWth correspondeert met een sloophoutdoorzet van 0.28 ton per uur (zie tabel 3). Met dit gegeven kunnen de totale kosten van sloophoutverbranding worden berekend in guldens per ton als functie van de capaciteit van een installatie en het aantal draaiuren per jaar. De figuren 4, 5 en 6 tonen de resultaten. Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat het volgens de RV '89 verbranden van sloophout op kleine schaal (< 10 MWth) duurder is dan aardgas verbranding (kostprijs > 0).

Dit strookt met de reactie die van de firma Fläkt werd ontvangen (zie bijlage 5). Daarin wordt gesteld dat afvalverbranding volgens de RV '89 bij vermogens tot 20 MWth economisch niet interessant is.

Om een bezitter van een installatie met een vermogen van 5 MWth (equivalente houtdoorzet 1.4 ton/uur) en 4000 bedrijfsuren per jaar er toe te brengen om in plaats van aardgas sloophout te verbranden, moet per ton sloophout een bedrag van minimaal 100 gulden (waarvan *f* 50,- voor transport en voorverkleining) worden toebetaald.

Grootschalige verbranding volgens de RV '89 normen bij een AVI zal naar schatting *f* 180,- per ton gaan kosten (inclusief transport) [24]. Dit betekent dat kleinschalige verbranding van sloophout goedkoper kan zijn dan grootschalige verbranding bij een AVI. Voorwaarde is dat de verbranding plaats vindt in een relatief grote installatie (vanaf ca. 3 MW) welke gedurende een groot aantal uren per jaar in bedrijf is (vanaf ca. 4000 uur).

Figuur 7 toont hoe de bruto verbrandingskosten (zonder aftrek van energie opbrengst) bij een conventionele en een RV '89 installatie zijn opgebouwd. Als voorbeeld is gekozen een installatie met een vermogen van 5 MWth (capaciteit 1.4 ton/uur) welke 4000 uur per jaar wordt bedreven. Figuur 7 C toont hoe de kosten, welke gemoeid zijn met het aanpassen van een conventionele installatie tot een RV '89-installatie, zijn opgebouwd:

- kosten verbonden aan een droog dan wel semi-droog systeem voor de verwijdering van SO_2, HCl, HF, zware metalen en stof (exclusief loonkosten): *f* 61,- per ton sloophout ofwel 51% van meerkosten;
- emissiemetingen (4x per jaar): *f* 18,- per ton ofwel 15% van meerkosten;
- extra loonkosten: *f* 15,- per ton ofwel 12% van meerkosten;
- kosten verbonden aan analyzers en debietmeters (exclusief loonkosten): *f* 8,- per ton ofwel 7% van meerkosten;

- kosten verbonden aan extra naverbrandingsruimte + back-up gasbrander, onder meer voor CO- en C_xH_y-reductie (exclusief loonkosten): *f* 8,- per ton ofwel 7% van meerkosten;
- kosten verbonden aan SNKR-systeem voor NO_x-reductie (exclusief loonkosten): *f* 7,- ofwel 6% van meerkosten;
- kosten verbonden aan actief kool inspuiting voor PCDD/PCDF-verwijdering (exclusief loonkosten): *f* 3,- per ton of 2% van meerkosten.

Het droge dan wel semi-droge rookgasreinigingssysteem voor de verwijdering van zure componenten, stof en metalen veroorzaakt weliswaar de meeste meerkosten, het verwijdert ook de meeste contaminanten. De meerkosten per bestreden contaminant blijken van dezelfde orde van grootte te zijn: *f* 5,- tot *f* 15,- (5 - 15%) per contaminant per ton sloophout (inclusief de extra loonkosten en de meerkosten verbonden aan analyzers en emissiemetingen). Opvallend is dat de extra kosten die gemaakt moeten worden om aan de RV '89 normen voor PCDD/PCDF te voldoen relatief gering zijn. Hierbij moet worden bedacht dat het hierboven besproken concept voor PCDD/PCDF-verwijdering (actief kool inspuiting) de aanwezigheid van een droog rookgassysteem vereist. Echter ook wanneer geen droog systeem aanwezig is en speciale filters voor de afvangst van PCDD/PCDF moeten worden gebouwd, vallen de meerkosten voor PCDD/PCDF-verwijdering mee (ca. *f* 15,- per ton sloophout, inclusief de extra loonkosten en de meerkosten verbonden aan analyzers en emissiemetingen).

Eén en ander leidt tot de conclusie dat elk van de in de RV '89 gestelde eisen ongeveer evenveel kosten met zich meebrengt. Het is vermeldenswaardig dat de meerkosten, die de RV '89 ten aanzien van analyzers, debietmeters en jaarlijkse emissiemetingen met zich meebrengt, wezenlijk bijdragen aan de kostprijs van kleinschalige verbranding in een RV '89 installatie.

De bruto kostprijs van sloophoutverbranding in een RV '89-installatie met een vermogen van 5 MWth (capaciteit 1.4 ton/uur), welke 4000 uur per jaar wordt bedreven, bedraagt *f* 245,- per ton. De energie, die deze installatie produceert, correspondeert met een opbrengst van *f* 145,- per ton sloophout zodat de netto kostprijs uitkomt op *f* 100,- per ton. Een stijging (daling) van de aardgasprijs met *f* 0.05,- per nm^3 resulteert in een stijging (daling) in energie opbrengst van *f* 18,- per ton sloophout. Sloophoutverbranding in de genoemde installatie is economisch aantrekkelijk wanneer de aardgasprijs ca. *f* 0.50 per nm^3 of meer bedraagt.

Een RV '89-installatie met een vermogen van 5 MWth (capaciteit 1.4 ton/uur) en 4000 bedrijfsuren per jaar welke volgens het D&C-concept is gebouwd kent een bruto kostprijs van ca. *f* 200,- per ton sloophout, ca. *f* 50,- per ton minder dan bij de boven besproken installatie. Daarbij is ervan uitgegaan dat het door de D&C-installatie geproduceerde afvalwater zonder meer mag worden geloosd op het riool. Het is echter nog niet zeker of deze installatie aan alle RV '89 eisen kan voldoen.

5.2 Algemeen

Om de haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding in het algemeen te bepalen zou eigenlijk voor elke afvalsoort een onderzoek, zoals hierboven beschreven voor sloophout, moeten worden uitgevoerd. Dit is onmogelijk. Wel kunnen enkele grote lijnen worden aangegeven.

Afval kan worden onderscheiden in:
- vast afval; bijvoorbeeld (sloop-)hout, papier en plastic;
- slurries; mengsels van vast en vloeibaar materiaal als slib en het meeste 'biomassa'-afval;
- vloeibaar afval; diverse vetten, chemicaliën;
- afgassen; bijvoorbeeld NH_3-houdende afgassen van mestdrogers; verbranding van dit type afval kost in de regel energie in plaats van dat het energie levert en wordt daarom niet nader besproken.

Alvorens de haalbaarheid van kleinschalige verbranding per afvalsoort te beoordelen worden eerst enkele algemene opmerkingen gemaakt.

Afval kan in verschillende oven- c.q. brandertypes worden verbrand:
- ovens voorzien van een vast rooster en een schroefstuwer voor het transport van het afval (indien nodig voorverkleind tot ca. 3x3x3 cm);
- ovens met een bewegend rooster dat het transport van het afval van in- naar uitgang verzorgt (veelal gebruikt bij grote AVI's); voorverkleining van het afval is in de regel niet nodig;
- wervelbedovens waarin het afval, indien nodig na voorverkleining tot ca. 1x1x1 cm, gefluïdiseerd wordt verbrand;
- ovens voorzien van een cycloonbrander waarin het afval, indien nodig na voorverkleining tot ca. 2x2x2 cm, wordt verbrand; het transport geschiedt pneumatisch;
- ovens voorzien van poederbranders (solid fuel burners) waarin vast afval na aanzienlijke voorverkleining tot ca. 0.1x0.1x0.1 mm op dezelfde wijze als poederkool wordt verbrand; het transport geschiedt pneumatisch;
- ovens voorzien van oliebranders, die geschikt zijn voor zeer zware stookolie en die ook bepaalde vloeibare, al dan niet visceuse, afvalstromen kunnen verbranden (bijvoorbeeld dierlijke vetten);
- gasbranders of fakkels waarin gasvormige afvalstromen in de regel zonder veel problemen kunnen worden verbrand; bijstoken van aardgas is meestal nodig.

In het algemeen geldt dat een oven met een vast rooster en een schroefstuwer goedkoper is dan een oven met een bewegend rooster. Wervelbedovens zijn een factor ca. 5 duurder dan ovens met een vast rooster [25]. Ovens voorzien van een cycloonbrander zijn duurder dan 'vast rooster'-ovens maar zijn gebruikersvriendelijker. Poederbranders voor vast afval zijn zeer gebruikersvriendelijk maar kunnen voor lang niet alle afval worden gebruikt (denk aan de aanwezigheid van bijvoorbeeld spijkers in sloophout).

Daarnaast vereist een poederbrander uitgebreide verkleining van het afval hetgeen veel kosten met zich meebrengt. Olie- en gasbranders zijn goedkoop en gemakkelijk in gebruik maar kunnen alleen voor vloeibare respectievelijk gasvormige afvalsoorten worden gebruikt.

De samenstelling van afval is van invloed op de kostprijs van verbranding:
- de samenstelling bepaalt de stookwaarde van het afval; een hoog gehalte aan de elementen C en H (in organische vorm) resulteert in een hoge stookwaarde; een hoge stookwaarde geeft een hoge energie opbrengst; de stookwaarde kan oplopen tot ca. 40 MJ/kg (bepaalde kunststoffen) resulterend in een energie opbrengst van maximaal ca. *f* 350,- per ton afval; de stookwaarde van afval moet minimaal ca. 8 MJ/kg bedragen voor autotherme verbranding; wanneer een afvalstroom veel inert materiaal (as) en/of water bevat daalt de stookwaarde;
- de samenstelling bepaalt de hoeveelheid rookgas die per kg afval wordt gevormd; de hoeveelheid rookgas is een maat voor de dimensies van een verbrandingsinstallatie; in de regel geldt dat naarmate de stookwaarde van een afvalstroom stijgt ook de rookgasproduktie toeneemt; de hoeveelheid rookgas die bij afvalverbranding ontstaat varieert van ca. 3 nm^3 (slib met 20% droge stof) tot ca. 15 nm^3 (organische chemicaliën) per kg afval;
- de gehaltes aan S, N, Cl, F, as en zware metalen bepalen of rookgasreiniging is vereist; bij relatief geringe gehaltes van deze stoffen moet echter al rookgasreiniging plaats vinden om aan de RV '89 eisen te kunnen voldoen; daarom wordt aangenomen dat voor elke afvalstroom een rookgasreinigingssysteem, zoals boven omschreven voor sloophout, is vereist.

Uit bovenstaande blijkt dat een afvalstroom met een hoge stookwaarde, enerzijds een hoge energie opbrengst geeft maar anderzijds een grotere verbrandingsinstallatie vereist. Dit maakt dat de kostprijs per ton niet evenredig afneemt met de stookwaarde van een afvalstroom. (Sloop-)hout neemt met een stookwaarde van ca. 16 MJ/kg een middenpositie in.

5.2.1 Haalbaarheid kleinschalige verbranding van vast afval

Zoals hierboven reeds werd gesteld is kleinschalige verbranding van vast afval het goedkoopst in een oven met een vast rooster of een schroefstuwer. Wervelbedovens en ovens met een bewegend rooster zijn te duur voor kleinschalige verbranding. Sloophout neemt met z'n stookwaarde van ca. 16 MJ/kg een middenpositie in het spectrum van vaste afvalsoorten. Het is daarom geoorloofd om te stellen dat de opmerkingen, die in paragraaf 5.1 werden gemaakt ten aanzien van de haalbaarheid van kleinschalige sloophoutverbranding (volgens de RV '89), ook gelden voor de haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding van vaste afvalstromen in het algemeen.

Resumerend:
- kleinschalige verbranding van vast afval volgens de normen van de RV '89 is duurder dan aardgas verbranding en daarmee economisch niet interessant als het erom gaat aardgas te besparen;
- kleinschalige afvalverbranding in een installatie met een vermogen van ca. 3 MWth of meer, welke gedurende 4000 uur of meer per jaar wordt bedreven, is goedkoper dan grootschalige verbranding in een AVI.

5.2.2 Haalbaarheid kleinschalige verbranding van slurries

Slurries zijn mengels van vast en vloeibaar materiaal. Vaak is alleen het vaste materiaal brandbaar en het vloeibare, bijvoorbeeld water, niet. In dergelijke gevallen moet worden getracht de slurry op mechanische wijze zoveel mogelijk in te dikken.

In de regel kunnen zo vaste stof gehaltes tot ca. 40% worden verkregen (bijvoorbeeld met filterpers ontwaterd slib). Indikking heeft tot gevolg dat de stookwaarde van de slurry een acceptabele waarde van 8 MJ/kg of hoger bereikt terwijl de dimensies van de verbrandingsinstallatie geringer kunnen zijn door de verminderde waterballast.

Slurries kunnen, eventueel samen met andere afvalstromen, het best in een wervelbedoven worden verbrand. Echter, uit een oriënterende studie die de afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO samen met het TNO Instituut voor Leder en Schoenen heeft uitgevoerd naar de economische haalbaarheid van kleinschalige slibverbranding in een wervelbedoven (5 MWth, 4000 uur per jaar) kan worden afgeleid dat de netto kostprijs per ton slib uitkomt op ca. *f* 200,- per ton slib [26]. Daarbij was nog geen rekening gehouden met de RV '89 eisen. Wanneer achter de wervelbedoven een rookgasreiningsinstallatie, zoals hierboven is beschreven voor sloophoutverbranding, moet worden geplaatst moet rekening worden gehouden met een hogere netto kostprijs.

Eén en ander leidt tot de conclusie dat de kleinschalige verbranding van slurries economisch niet haalbaar is. Het maakt daarbij niet uit of al dan niet aan de RV '89 moet worden voldaan. Het blijkt dat grootschalige verbranding in een AVI goedkoper is.

5.2.3 Haalbaarheid kleinschalige verbranding van vloeibare afvalstromen

De kosten van stookolieverbranding in een installatie zonder rookgasreinigingssysteem, worden geraamd op *f* 60,- per MWh(th) [1]. Daarvan wordt ca. *f* 25,- per MWh(th) toegekend aan de stookolie (met een prijs van *f* 300,- per ton) zodat de kosten verbonden aan de installatie *f* 35,- per MWh(th) bedragen.

Hieruit kan worden afgeleid dat verbranding van een vloeibare afvalstroom met een (gemiddelde) stookwaarde van 30 MJ/kg welke tegen transportkosten à *f* 30,- per ton beschikbaar is, ca. *f* 320,- per ton zal kosten. De netto kostprijs (na aftrek van de energie opbrengst gewaardeerd tegen aardgas kostprijs (*f* 40,- per MWh(th))) zal ca. - *f* 10,- per ton bedragen. De negatieve kostprijs geeft aan dat de verbranding van het vloeibare afval voor het genoemde geval goedkoper is dan aardgasverbranding. Tot dusver is echter nog geen rekening gehouden met de RV '89 eisen. Voor een installatie met een vermogen van 5 MWth (capaciteit 1.4 ton/uur) en 4000 bedrijfsuren per jaar kan worden berekend dat de meerkosten die gemaakt moeten worden om aan de RV '89 eisen te voldoen, ca. *f* 170,- per ton zullen bedragen. De netto kostprijs zal dan ca. *f* 160,- per ton bedragen. Uit bovenstaande blijkt dat ook de verbranding van hoog calorische vloeibare afvalstromen duurder is dan aardgasverbranding wanneer aan de eisen van de RV '89 moet worden voldaan. De netto kostprijs voor het genoemde geval is ca. *f* 20,- per ton lager dan de kostprijs van grootschalige verbranding in een AVI. Verbranding in eigen beheer kan dus voordeliger zijn dan grootschalige verbranding bij een AVI.

Tenslotte wordt opgemerkt dat sommige vloeibare stromen niet zonder meer als afval behoeven worden aangeduid. Zo is bij een recent onderzoek naar de haalbaarheid van de verbranding van dierlijk vet gebleken dat ook bij het ministerie van VROM geen 100% duidelijkheid bestaat over de vraag wanneer iets als afval en wanneer iets als brandstof moet worden aangeduid [27]. Het verschil in aanduiding moge duidelijk zijn. Wanneer een stroom als brandstof wordt aangemerkt moet worden voldaan aan de emissie-eisen welke in het Besluit Emissie-eisen Stookinstallaties (B.E.S.) zijn genoemd. Deze eisen zijn veel soepeler dan de RV '89 eisen waardoor uitgebreide rookgasreiniging lang niet altijd nodig is.

5.3 Conclusies

Uit bovenstaande kan worden geconcludeerd dat de kleinschalige verbranding van sloophout en ander afval economisch niet aantrekkelijk is wanneer aan de RV '89 moet worden voldaan en wanneer het doel energie opwekking is. De inzet van aardgas is goedkoper. In voorkomende gevallen kan kleinschalige verbranding van vast en vloeibaar afval goedkoper zijn dan grootschalige verbranding in een AVI. De kleinschalige verbranding van slurries in een wervelbed is duurder dan grootschalige verbranding in een AVI en daarmee niet interessant.

6 Vergassing als alternatief

Naast verbranding is ook vergassing een methode om de in een afvalstroom aanwezige chemische energie om te zetten in thermische energie. Bij vergassing wordt stookgas geproduceerd dat kan worden verbrand in een brander voor ondervuring van een ketel of in een gasmotor voor de opwekking van mechanische energie. Uit recente haalbaarheidsstudies is gebleken dat vergassing op kleine schaal duurder is dan verbranding (onder andere [28]). Daarbij was echter nog geen rekening gehouden met de RV '89 eisen. In dit verband moet worden opgemerkt dat er geen volledige duidelijkheid bestaat over de vraag of afvalvergassing ook aan de RV '89 moet voldoen.

Hieronder zal de kostprijs van sloophoutvergassing, zowel conventioneel als volgens RV '89, globaal worden bepaald. Onderscheid zal worden gemaakt naar toepassing van het stookgas: ondervuring of verbranding in een gasmotor. Aangenomen wordt dat, net als bij de berekeningen van hoofdstuk 5, het sloophout gratis ter beschikking wordt gesteld. Er moeten dan alleen nog transport- en voorverkleiningskosten worden betaald (totaal *f* 50,- per ton).

6.1 Kostprijs van sloophoutvergassing; ondervuring

De investeringskosten van een 5 MWth (netto) luchtgeblazen houtvergasser inclusief opslag- en verspaaninrichting worden aan de hand van [29] geraamd op 3000 k*f*. Het gaat daarbij om een wervelbed vergasser (goedkoper dan vastbedvergasser [29]) met een thermisch rendement van 70%. Dit houdt in dat 70% van de in het hout aanwezige chemische energie in het geproduceerde stookgas resteert. De genoemde houtvergasser kan per uur ca. 1.7 ton sloophout omzetten in ca. 4500 nm^3 stookgas dat moet worden ontdaan van stof en teer alvorens het in een brander kan worden verbrand. Daarvoor kan een semi-droge of natte wasser worden gebruikt waarvan de prijs op basis van gegevens uit [10] en [29] op 300 k*f* wordt geschat. Met deze scrubber kunnen naast stof en teer, ook H2S, HCl, HF en zware metalen worden verwijderd zodat wat betreft deze verontreinigingen aan de emissie-eisen van de RV '89 kan worden voldaan.

Het is aannemelijk dat niet alle in het stookgas aanwezige NH_3 door het basische waswater in de scrubber wordt afgevangen. Verbranding van het stookgas in een low-NO_X brander zal echter naar verwachting leiden tot een volgens de RV '89 aanvaardbare NO_X-emissie. Omdat in het stookgas geen O_2 voorkomt is de vorming van PCDD/PCDF in de ruimte tussen vergasser en scrubber niet aannemelijk. Zonder O_2 kan zich namelijk geen Cl_2 vormen uit HCl (zie §4.2.4).

Dit wordt onder andere bevestigd door metingen van Scheidl e.a. [30] die in stookgassen, geproduceerd middels de vergassing van verschillende afvalstromen, maximale PCDD/PCDF-concentraties van 0.04 ng/nm^3 T.E.Q. maten. Er wordt daarom vanuit gegaan dat geen extra inspanning is vereist om de PCDD/PCDF-emissie te beperken.

Voor de kostprijs van stookgasverbranding in een ketelinstallatie wordt uitgegaan van de prijs die voor aardgasverbranding geldt: *f* 15,- per MWh(th) (exclusief aardgaskosten). Aangenomen wordt dat 65% van de in het hout opgeslagen energie uiteindelijk in de ketel beschikbaar komt (ketelrendement 93%).

Met de boven gegeven informatie en aanvullende gegevens omtrent de bedrijfskosten uit [29] (grotendeels overeenkomend met aannames uit §5.1), kan de kostprijs van sloophoutvergassing per ton sloophout worden berekend als functie van het aantal draaiuren per jaar en de capaciteit van de vergasser/ketel-combinatie. Figuur 8 toont de netto kostprijs (na aftrek van de energie opbrengst) voor 4000 draaiuren per jaar. Net als bij verbranding is rekening gehouden met een kostprijs van *f* 30,- per ton voor transport en *f* 20,- per ton voor voorverkleining. Het blijkt dat kleinschalige sloophoutvergassing in combinatie met ondervuring duurder is dan aardgasverbranding (positieve netto kostprijs) en dus economisch niet interessant is wanneer het er alleen om gaat energie op te wekken. De meerkosten die gemaakt moeten worden om bij vergassing + ondervuring aan de RV '89 te voldoen blijken relatief gering te zijn. Toch blijkt kleinschalige sloophoutvergassing in combinatie met ondervuring duurder te zijn dan kleinschalige sloophoutverbranding (beide volgens RV '89; zie figuur 5).

Resumerend kan worden gesteld dat kleinschalige vergassing van sloophout in combinatie met ondervuring duurder is dan kleinschalige sloophoutverbranding (beide volgens de RV '89).

6.2 Kostprijs van sloophoutvergassing; krachtopwekking

Een belangrijk voordeel van vergassing is dat vaste en vloeibare afvalstromen en brandstoffen kunnen worden omgezet in stookgas dat vervolgens in een gasmotor kan worden verbrand om elektriciteit op te wekken. Daardoor kan op plaatsen waar geen thermische maar wel mechanische energie wordt verbruikt afval zoals bijvoorbeeld sloophout nuttig worden toegepast. Hieronder wordt de kostprijs van de combinatie sloophoutvergassing/krachtopwekking globaal bepaald.

Net als in § 6.1 wordt uitgegaan van een 5 MWth luchtgeblazen wervelbedvergasser (1.7 ton/uur sloophoutdoorzet) met een kostprijs van 3000 k*f* 'all-in'. Voor de semi-droge reinigingsinstallatie wordt opnieuw 300 k*f* in rekening gebracht. De prijs van een bijpassende gasmotor/ generatorcombinatie (vermogen ca. 1.5 MWel) wordt aan de hand van [29] geschat op 2300 k*f*.

Aangenomen wordt dat de rookgassen van de gasmotor, waarin naar verwachting dezelfde verontreinigingen in dezelfde mate zullen voorkomen als in de rookgassen van een aardgasgestookte gasmotor, niet hoeven te worden gereinigd. De in de gasmotor/generatorcombinatie opgewekte elektriciteit wordt gewaardeerd tegen een prijs van *f* 120,- per MWh(el). Electriciteit is daarmee een factor ca. 3 duurder dan thermische energie dat een prijs heeft van ca. *f* 40,- per MWh(th) (prijsniveaus van mei 1990).

Uitgaande van bovenstaande gegevens en aanvullende gegevens uit [29] en §5.1 is de kostprijs berekend van sloophoutvergassing in combinatie met verbranding in een gasmotor. Daarbij zijn twee gevallen onderscheiden. In het eerste geval wordt de thermische energie in de rookgassen van de gasmotor (ca. 0.9 MWh(th) per ton sloophout) niet benut. In het tweede geval wordt dit door middel van warmte-kracht koppeling wel gedaan. De meerkosten voor de bijbehorende ketel worden geraamd op *f* 15,- per MWh(th) (op basis van kostprijs aardgasgestookte ketel). Figuur 9 toont voor beide gevallen de kostprijs als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 draaiuren per jaar. Het blijkt dat de kostprijs van sloophoutvergassing met krachtopwekking hoger is dan van kleinschalige verbranding. Het maakt daarbij niet uit of al dan niet aan de RV '89 moet worden voldaan en/of warmtekrachtkoppeling wordt toegepast.

Resumerend wordt gesteld dat ook de combinatie van kleinschalige sloophoutvergassing met krachtopwekking economisch niet interessant is. Kleinschalige verbranding is goedkoper.

6.3 Conclusies

Aan de hand van bovenstaande voorbeelden kunnen de volgende conclusies ten aanzien van de haalbaarheid van kleinschalige vergassing worden gegeven.

Kleinschalige vergassing van sloophout, al dan niet volgens RV '89, is duurder dan kleinschalige sloophoutverbranding volgens de RV '89. Het maakt daarbij niet uit of het stookgas wordt gebruikt voor ondervuring of voor krachtopwekking.

Omdat droog sloophout een van de makkelijker brandstoffen is voor een vergasser en veel andere afvalstromen hogere vergassingskosten met zich mee brengen, wordt in z'n algemeenheid gesteld dat kleinschalige afvalvergassing economisch niet interessant is. Verbranding, al dan niet in een AVI is een goedkopere optie.

7 Conclusies

Uit navraag bij de provincies Gelderland en Zuid-Holland en de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu is gebleken dat:

- in Nederland wordt gestreefd naar grootschalige verbranding van afval waarvan produktie niet kan worden voorkomen en dat niet kan worden hergebruikt;
- om de aanvoer van afval naar de grote AVI's te waarborgen en de diverse afvalstromen goed te kunnen beheersen kleinschalige verbranding expliciet wordt ontmoedigd,;
- alle afvalverbrandingsinstallaties, hoe klein ook, per 30 november 1993 aan de RV '89 moeten voldoen.

Kleinschalige verbranding van afval waarbij aan de RV '89 wordt voldaan is technisch haalbaar. Diverse leveranciers van rookgasreinigingssystemen durven garanties af te geven. In de praktijk is één en ander echter nog niet volledig gedemonstreerd.

Het blijkt dat de aanschafprijs van de goedkoopste installatie die kan voldoen aan de RV '89 ca. 120% hoger is dan die van een conventionele installatie. Een conventionele installatie voor de verbranding van sloophout met een vermogen van 5 MWth kost ca. 900 k*f* terwijl een RV '89-installatie met hetzelfde vermogen minimaal 2000 k*f* kost, waarvan ca. 150 k*f* voor analyzers en debietmeters.

De bruto kostprijs (zonder aftrek energie opbrengst) van kleinschalige sloophoutverbranding volgens de RV '89 is tenminste ca. twee keer zo hoog dan de bruto kostprijs van conventionele verbranding. De meerkosten per contaminant blijken voor elk van de in de RV '89 genoemde contaminanten van dezelfde orde van grootte te zijn: 5 - 15% van de totale meerkosten.

De kosten, die de door de RV '89 vereiste analyzers, debietmeters en jaarlijkse emissiemetingen met zich meebrengen, dragen wezenlijk bij aan de bruto kostprijs van kleinschalige verbranding in een RV '89 installatie: ca. 22% van de meerkosten.

Kleinschalige sloophoutverbranding met inachtneming van de RV '89 is duurder dan aardgas verbranding en daarmee economisch niet haalbaar wanneer het doel energie opwekking is.

Kleinschalige verbranding van sloophout kan goedkoper zijn dan grootschalige verbranding bij een AVI. Voorwaarde is dat de verbranding plaats vindt in een relatief grote installatie (vanaf ca. 3 MW) welke gedurende een groot aantal uren per jaar in bedrijf is (vanaf ca. 4000 uur). Kleinschalige sloophoutverbranding kan dus economisch haalbaar zijn wanneer het doel verwijdering is.

Om een bezitter van een installatie met een vermogen van 5 MWth (equivalente houtdoorzet 1.4 ton/uur) en 4000 bedrijfsuren per jaar er toe te brengen om in plaats van aardgas sloophout te gaan verbranden, moet een bedrag van minimaal 100 gulden per ton sloophout worden toebetaald (waarvan *f* 50,- voor transport en voorverkleining). De bruto kostprijs van sloophoutverbranding in de genoemde installatie bedraagt *f* 245,- per ton. De energie, die deze installatie produceert, correspondeert met een opbrengst van *f* 145,- per ton sloophout. Daarbij is uitgegaan van een aardgasprijs van *f* 0.25,- per nm^3. Een stijging (daling) van de aardgasprijs met *f* 0.05,- per nm^3 resulteert in een stijging (daling) in opbrengst van *f* 18,- per ton sloophout. Sloophoutverbranding in de genoemde installatie is dus economisch aantrekkelijk wanneer de aardgasprijs ca. *f* 0.50 per nm^3 of meer bedraagt.

In z'n algemeenheid kan worden gesteld dat kleinschalige verbranding van afval volgens de RV '89 economisch niet aantrekkelijk is wanneer het doel energie opwekking is. De inzet van aardgas is goedkoper. In voorkomende gevallen kan kleinschalige verbranding goedkoper zijn dan grootschalige verbranding in een AVI. Per geval zal een gedetailleerde prijsopgaaf duidelijkheid moeten verschaffen.

Kleinschalige vergassing van sloophout, al dan niet volgens de RV '89, is duurder dan kleinschalige sloophoutverbranding volgens de RV '89 en daarmee economisch niet interessant.

In z'n algemeenheid kan worden gesteld dat kleinschalige afvalvergassing economisch niet interessant is. Verbranding, al dan niet in een AVI, is een goedkopere optie.

Tenslotte wordt opgemerkt dat van sommige, met name vloeibare afvalstromen, die geen chloor en/of zware metalen bevatten, niet altijd duidelijk is of deze als brandstof (in plaats van als afval) mogen worden aangeduid. Aanduiding als brandstof zal tot aanzienlijk lagere verbrandingskosten leiden.

8 Referenties

[1] F.G. Esmeijer e.a.;
Toepassingsmogelijkheden van resthout, beplantingen en bouw- en sloophoutafval; afzetmogelijkheden en knelpunten;
TNO-rapport 88-027; februari 1988.

[2] Richtlijn 'Verbranden' 1989:
aanscherping emissies naar de lucht; brief van de minister van VROM aan de Gedeputeerde Staten van de 12 provincies,
dd 15 augustus 1989.

[3] F.C. Poot;
Afvalhout voor de glastuinbouw; een energetische, economische en milieuhygiënische analyse van een gerealiseerde toepassing;
TNO-rapport 89-235, augustus 1989.

[4] W.F. Sulilatu;
Hergebruik van sloophout bij het aannemingsbedrijf P.G. Vissers & Zn.;
TNO-rapport 90-138, april 1990.

[5] Ervaring binnen afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO inzake PCDD/PCDF-emissies van afvalverbrandingsinstallaties.

[6] Voorstel tot een methode voor de beoordeling van de toxiciteit van mengsels van gehalogeniseerde dibenzo-p-dioxines en dibenzo-p-furanen;
advies van de 'Werkgroep toxiciteitsequivalentie factoren';
maart 1988.

[7] D.S. Remer e.a.;
Estimate costs of scaled-up process plants;
Chemical Engineering/april 1990, pagina 138.

[8] R.S. Hall e.a.;
Estimating process equipment costs;
Chemical Engineering/november 21,1988, pagina 66.

[9] L.L. van Dierendonck;
Schaalvergroten ambacht of wetenschap ?;
deel 1. Algemene aspecten;
PT-procestechniek nr. 2,februari 1990.

[10] Brieven Comprimo d.d. 5 september 1990 en d.d. 18 september 1990.

[11] Brieven DCE-Benelux d.d 4 september 1990 + diverse telefoongesprekken.

[12] H.W. Keller e.a.;
Entwicklungsstand der SO_2-Minderung fur Kleinanlagen;
Brennstof, Warme und Kraft, bd. 40 (1988) nr. 12; december 1988.

[13] J.B. Howard e.a.;
Kinetics of carbonmonoxide oxidation in postflame gases;
14th symposium (international) on combustion;
The Combustion Institute; 1973.

[14] Proceedings mini-symposium 'NO_X-reductie bij stationaire verbrandingsinstallaties'; NPT-vereniging Lucht;
Nijmegen, 29 september 1988.

[15] D. Eskinazi e.a.;
Stationary Combustion NO_X Control - A summary of the 1989 Symposium;
Journal of the Air Pollution Control Association (JAPCA), volume 39, no. 8 augustus 1989.

[16] A.A. Siddiqi e.a.;
NO_X-controls in review; Hydrocarbon Processing, oktober 1981.

[17] U. Hansen e.a.;
Modellmasige Kostenerfassung der Emissionsminderung von Schadstoffen aus Kraftwerken; Dokumentation Rauchgasreinigung; band 45, september 1985.

[18] R.K. Lyon;
Thermal DeNO_X - Controlling nitrogen oxides emissions by a noncatalytic process; Environmental Science and Technology, vol. 21, nr. 3, 1987.

[19] H. Vogg e.a.;
Recent findings on the formation and decomposition of PCDD/PCDF in municipal solid waste incinerators; Waste Management & Research 5, 1987.

[20] R. Krijgsman;
Kunnen de waarden uit de RV '89 in de praktijk worden waargemaakt ?; Lucht en Omgeving, september 1990.

[21] Folder AVR-chemie;
Tarieven en verwerkingsmogelijkheden per 1 januari 1988 voor bijzonder en chemisch afval; 1988.

[22] A.N. Bogtstra;
Aangepaste gasbranders duiken onder toekomstige NO_X-norm;
Polytechnisch tijdschrift; nr. 5, mei 1990.

[23] Brief van de Gedetuteerde Staten van Noord-Holland aan de directie van Transclean B.V. te Heemstede d.d. 16 januari 1990.

[24] Interne informatie afdeling Verbrandingstechniek MT-TNO.

[25] Brief van Comprimo Zaandam d.d. 17 maart 1989 met kostenschattingen zijn gegeven voor de kleinschalige wervelbedverbranding van slib.

[26] A.B.M. Heesink en J.I.A. Koene;
Verbranding van chroomhoudende afvallen van de leder- en schoenindustrie; Haalbaarheidsstudie;
intern TNO-rapport ILS 6008 89066 002, 1989.

[27] A.B.M. Heesink;
Onderzoek naar de verbranding van mestvet afkomstig uit de MeMon-proefinstallatie;
TNO-rapport 89-275; december 1989.

[28] A. Verbeek;
Vergassing van afvalstoffen aantrekkelijk ?;
PT/Procestechniek 43 (1988), nr. 6/7

[29] A.V. Bridgewater;
Economic and market opportunities for biomass derived fuels;
publikatie in proceedings van het 'Pyrolysis and Gasification'- congres, Luxemburg, mei 1989.

[30] K. Scheidl e.a.;
High temperature gasification (HTG) pilot plant studies with different waste materials; formation of PCDD/F and other organic pollutants;
publikatie in proceedings van EPRI-seminar Dioxin'90; Bayreuth, augustus 1990.

[31] Telefoongesprek met vertegenwoordiger van de firma Petromation;
d.d. 15 oktober 1990.

9 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu (NOVEM) B.V.
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de medewerkers

W.F. Sulilatu - research medewerker
F.G. Esmeijer - research medewerker
Ir. A.B.M. Heesink - wetenschappelijk medewerker

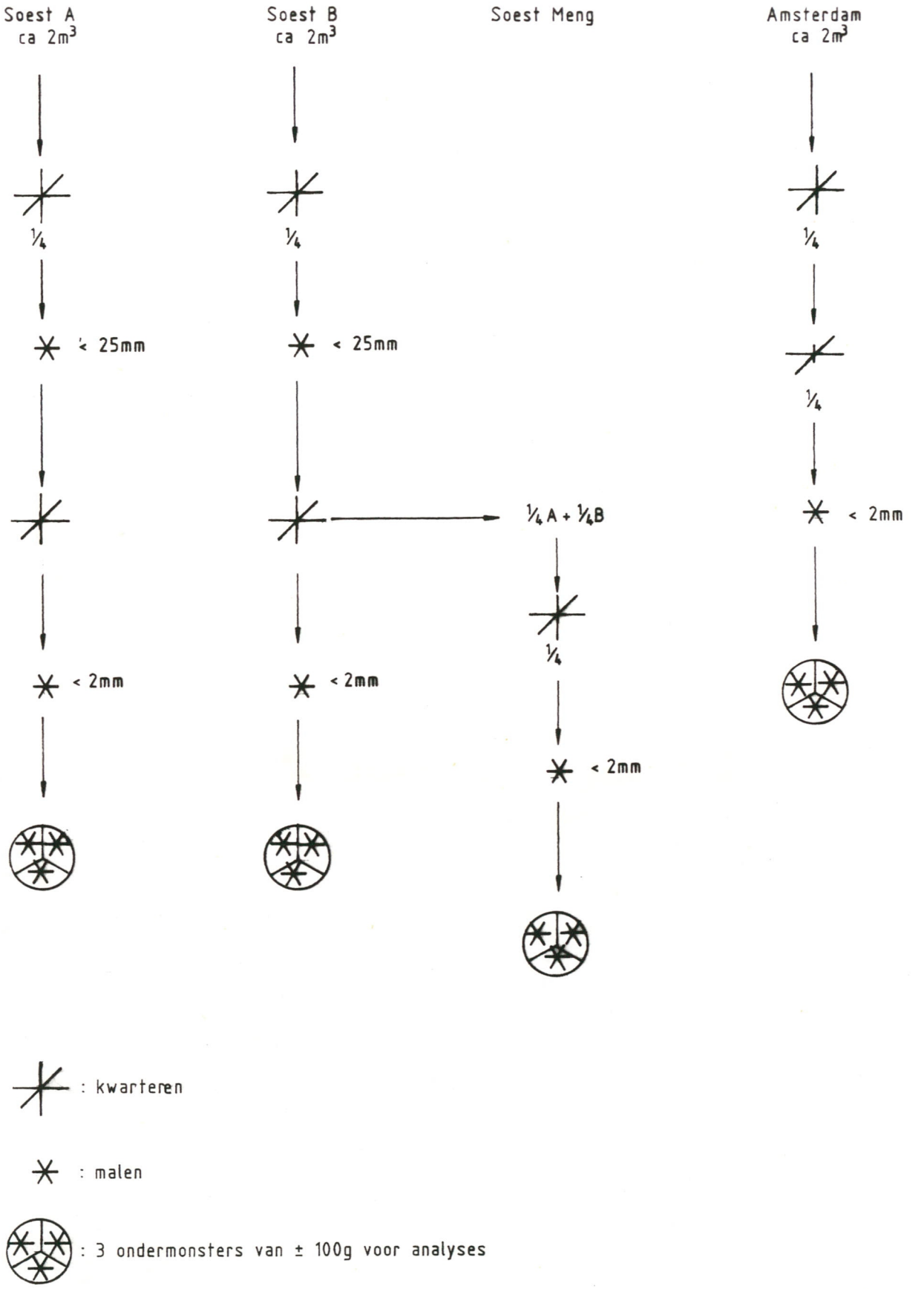
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

n.v.t.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

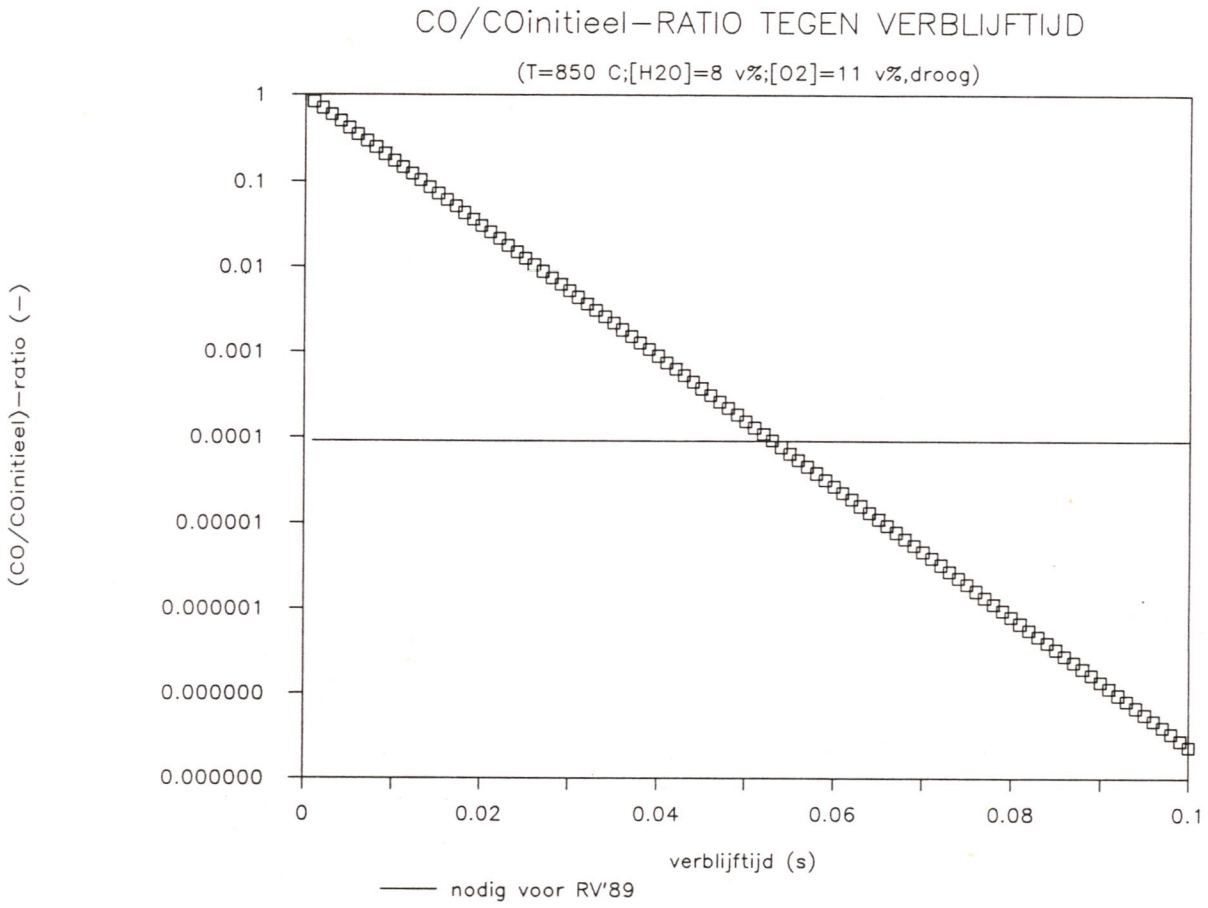
mei-september 1990

Ondertekening	Goedgekeurd door
Ir. A.B.M. Heesink	Ir. J. de Koning
onderzoekleider	werkgroepleider



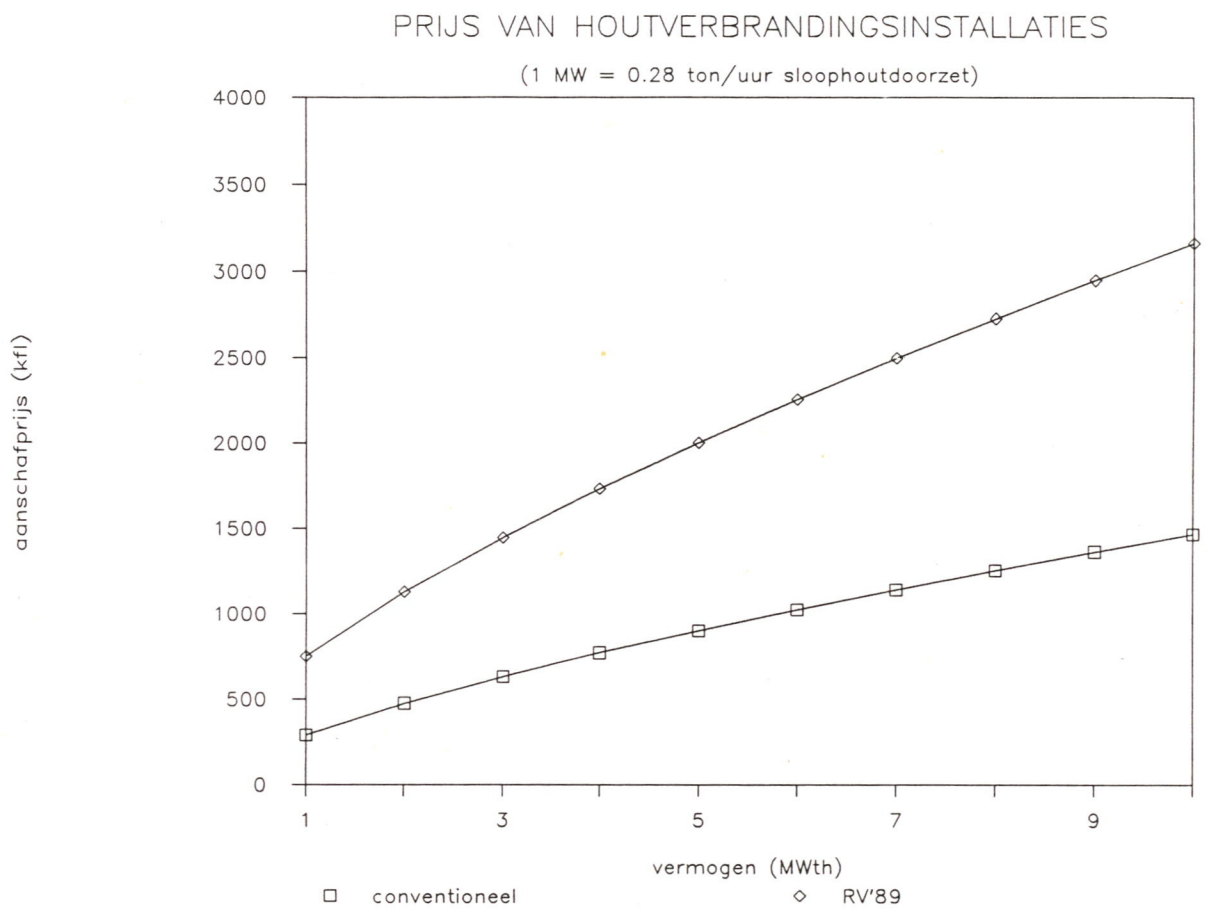
Opwerkschema houtmonsters.

MT-TNO
90-348
Fig.1



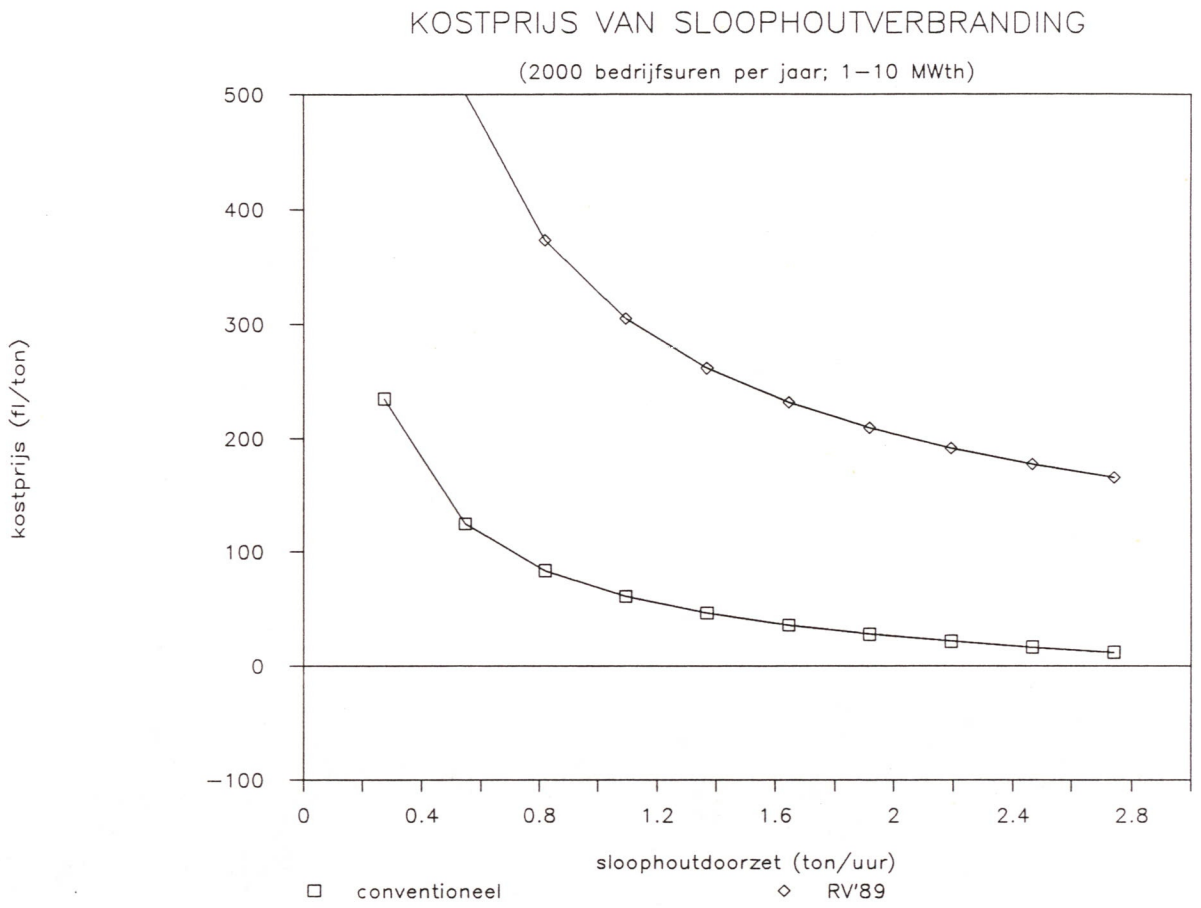
CO-restant tegen de verblijftijd bij een temperatuur van 850°C, een H_2O-concentratie van 8 vol.% en een O_2-concentratie van 11 vol.% (droog).

MT-TNO
90-348
Fig.2



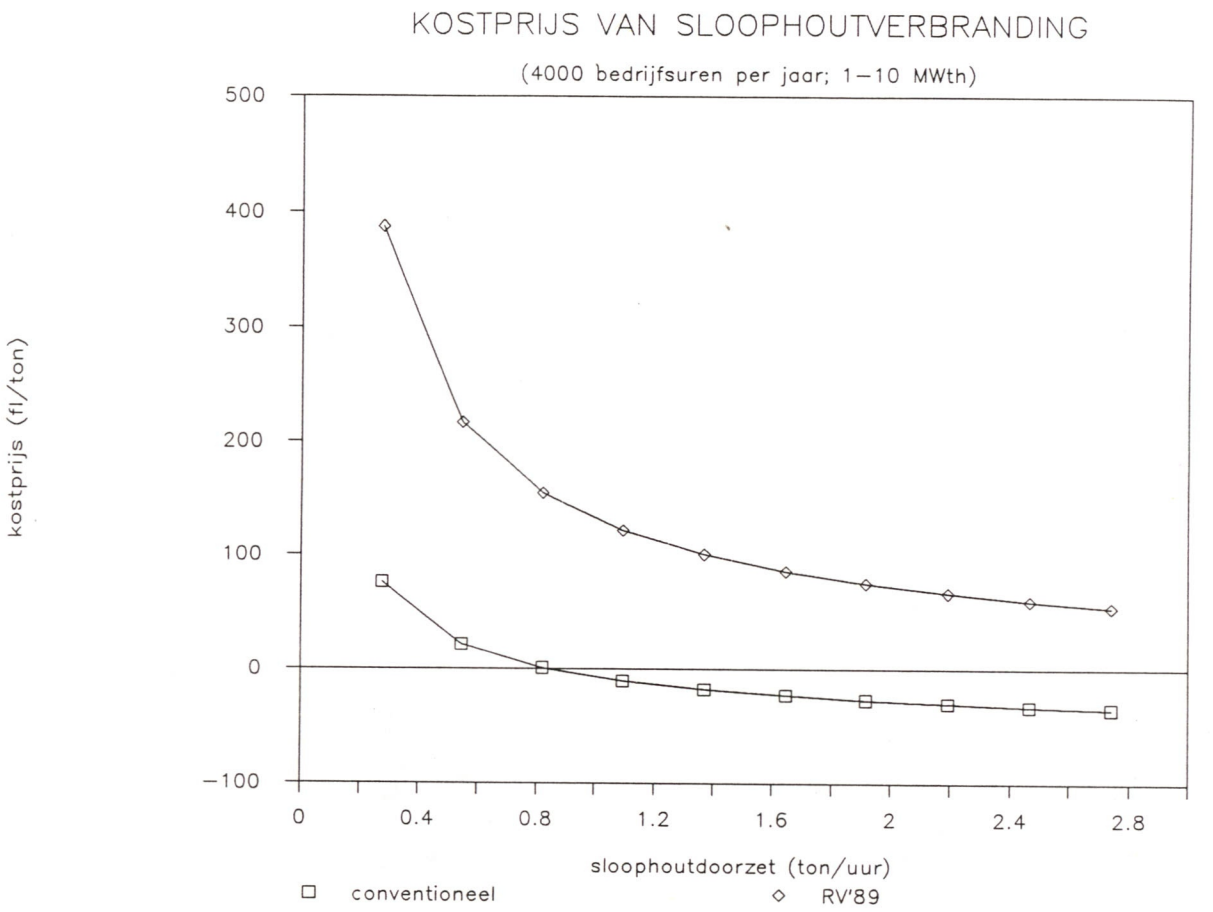
Prijs van conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties voor sloophout als functie van het thermisch vermogen.

MT-TNO
90-348
Fig.3



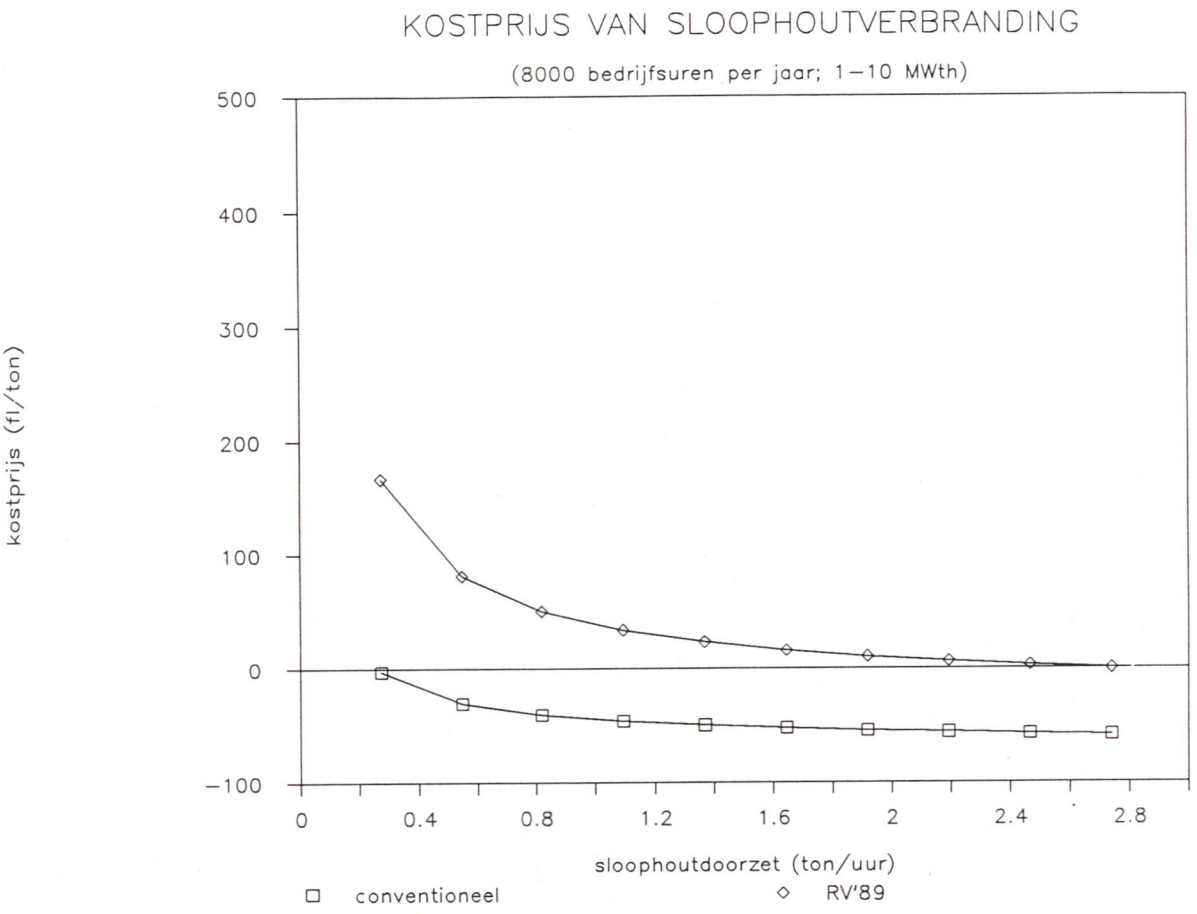
Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 2000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 4



Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

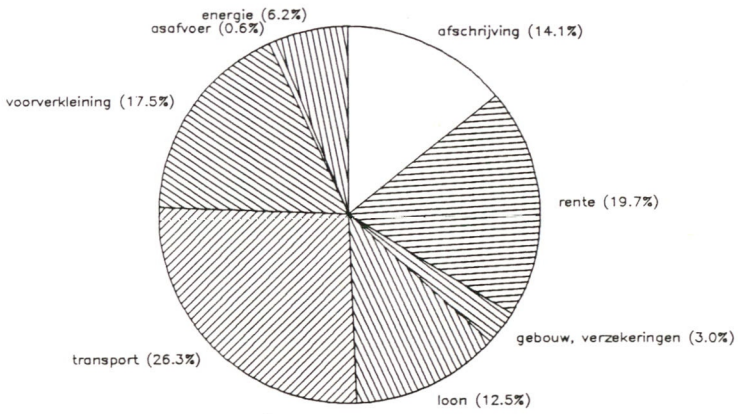
MT-TNO
90-348
Fig. 5



Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 8000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

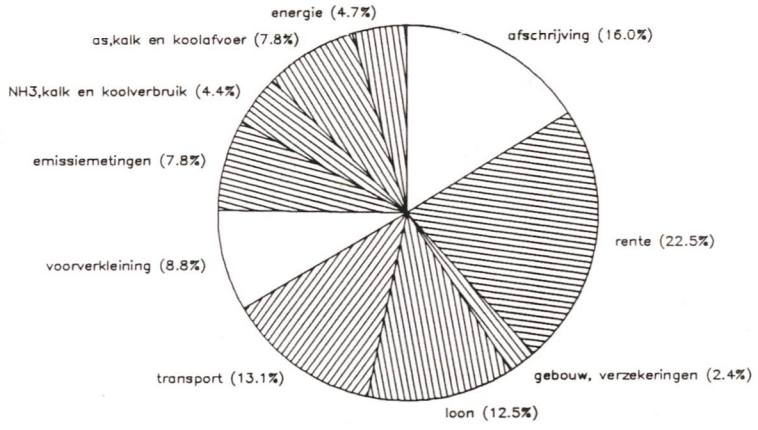
MT-TNO
90-348
Fig. 6

OPBOUW KOSTPRIJS CONVENTIONEEL
(4000 bedrijfsuren per jaar;5 MWth)



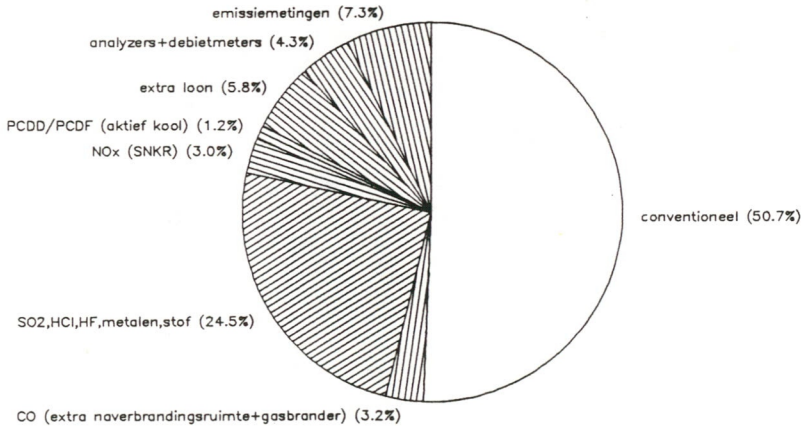
A

OPBOUW KOSTPRIJS RV'89
(4000 bedrijfsuren per jaar;5 MWth)



B

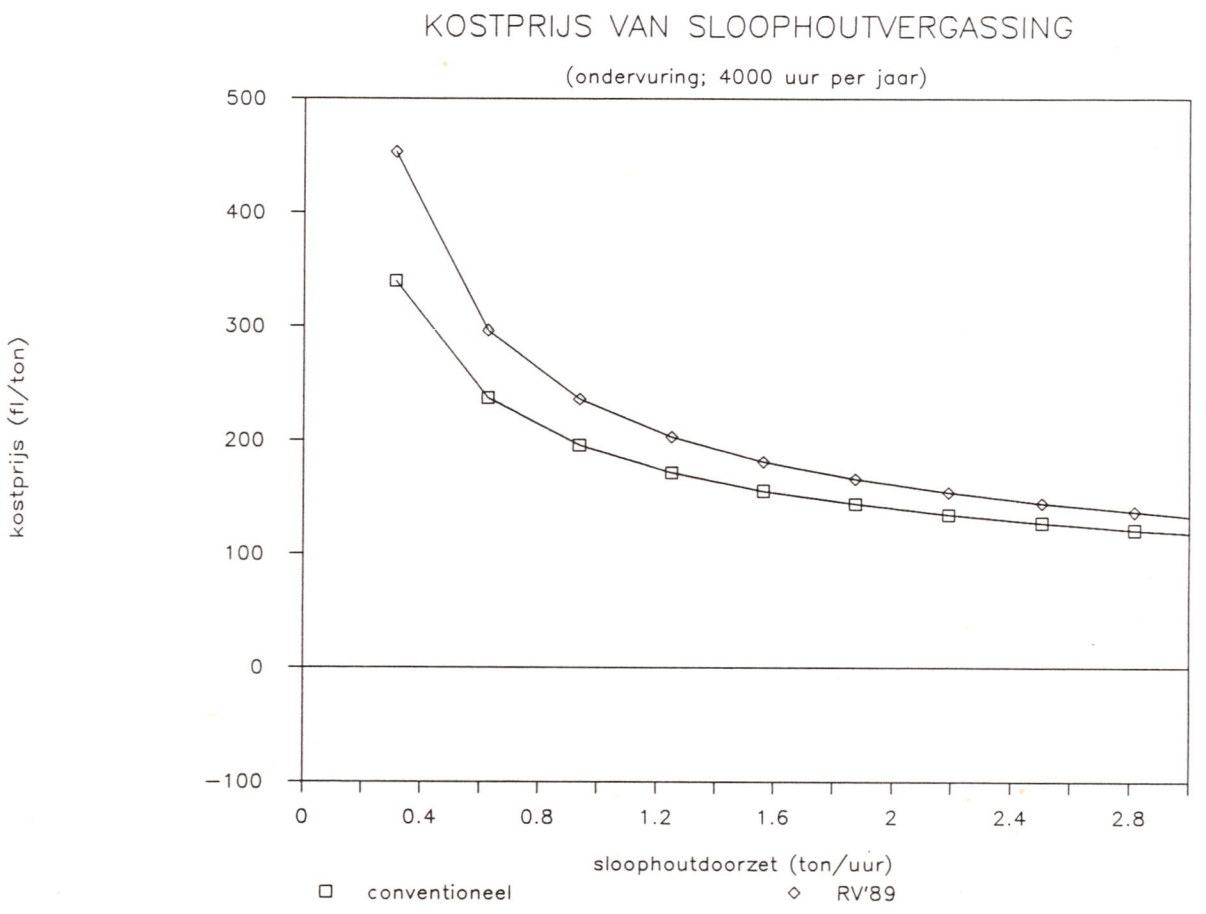
OPBOUW KOSTPRIJS RV'89
(4000 bedrijfsuren per jaar;5 MWth)



C

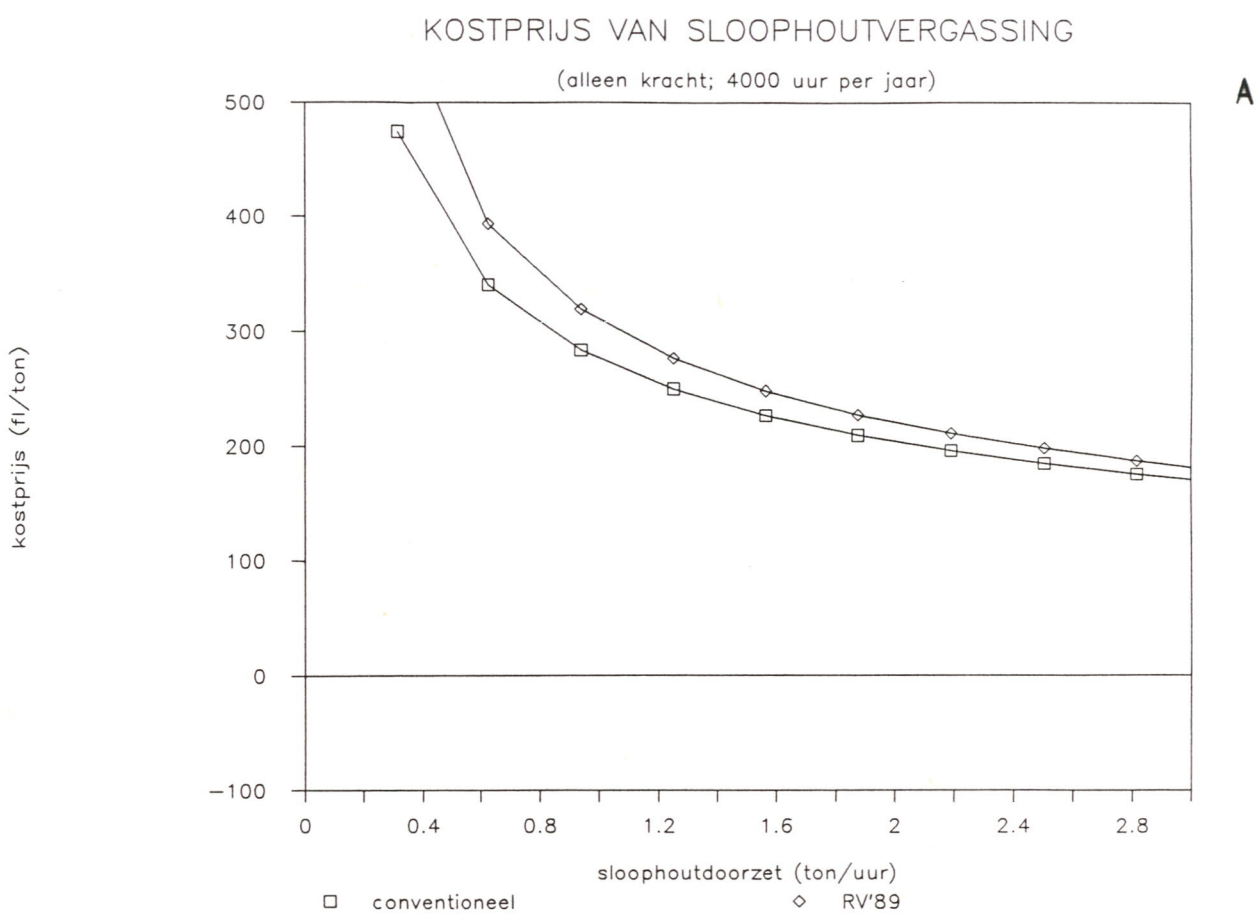
Opbouw van kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallatie bij 5 MWth vermogen en 4000 bedrijfsuren per jaar (transport fl.30,-per ton en voorverkleining fl.20,- per ton).

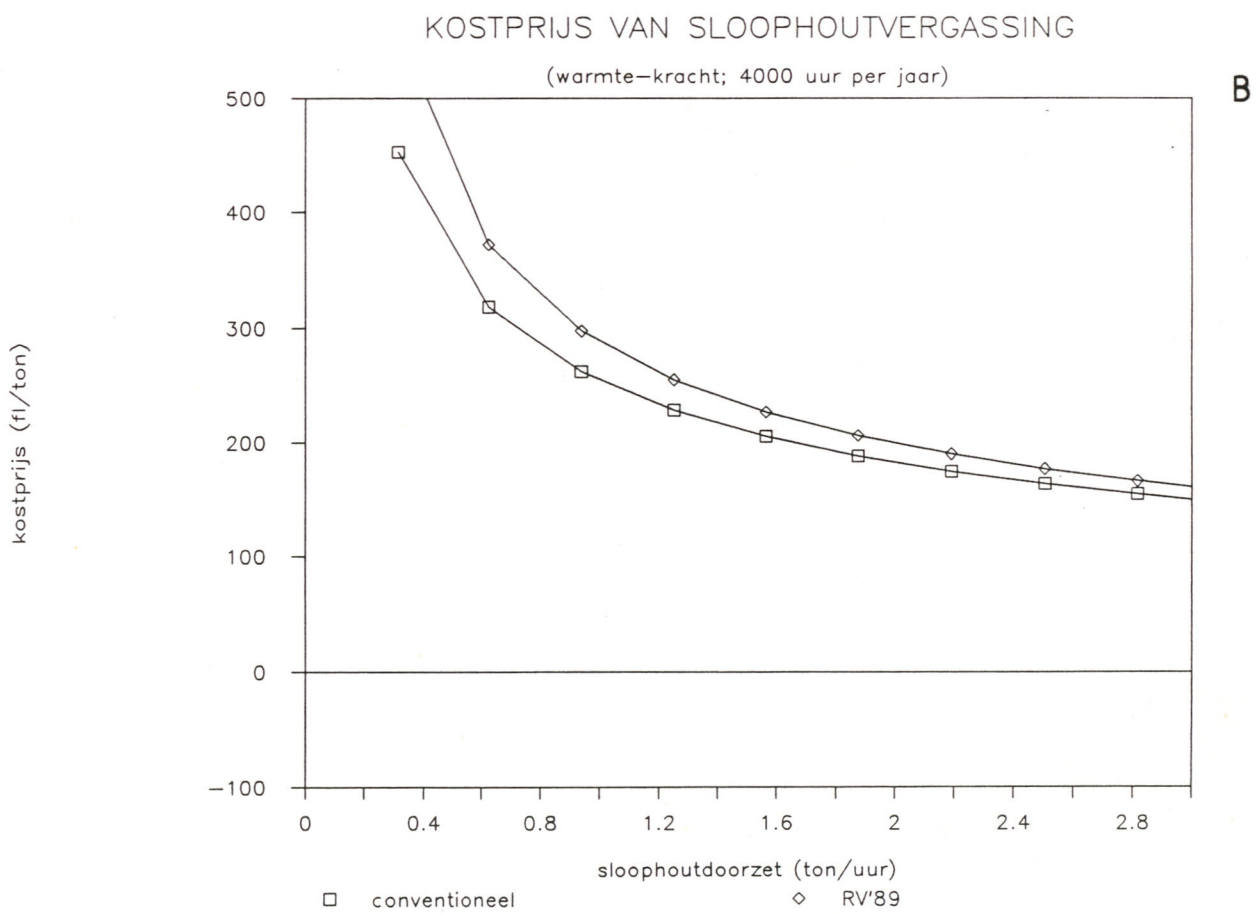
MT-TNO
90-348
Fig.7



Kostprijs van sloophoutvergassing met ondervuring als functie van de doorzetcapaceit bij 4000 bedrijfsuren per jaar; conventioneel en volgens RV'89 (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig.8





Kostprijs van sloophoutvergassing met krachtopwekking als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining);A:alleen kracht;B:warmte-kracht

MT-TNO
90-348
Fig.9

Bijlagen

Bijlage 1	Emissie-eisen volgens Richtlijn Verbranden '89
Bijlage 2	Besluit provincie Gelderland inzake afvalverwerking
Bijlage 3	Besprekingsverslagen provincies Gelderland en Zuid-Holland
Bijlage 4	Brief van de Hoofdinspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne
Bijlage 5	Reacties leveranciers op prijsaanvragen

Bijlage 1 Emissie-eisen volgens Richtlijn Verbranden '89

richtlijn "Verbranden" 1989:
nieuwe paragraaf 8: "Beinvloeding Milieucompartimenten".

Emissiegrenswaarden voor **nieuw op te richten AVI's, verbrandingsinstallaties voor RDF en andere afvalcategorieën en voor bestaande AVI's.**

TERMIJN:
Voor nieuwe installaties is deze richtlijn direct van toepassing.
Voor **bestaande AVI's, verbrandingsinstallaties voor RDF en andere afvalcategorieën** moet worden **gestreefd** de onderstaande emissiegrenswaarden te bereiken **per 31 december 1992. In ieder geval zal per 30 november 1993 aan onderstaande grenswaarden moeten worden voldaan.**

Luchtverontreiniging:
De emissie van de verbrandingsoven(s) naar de lucht mag de hieronder vermelde maximale emissiegrenswaarden niet overschrijden.
Hiertoe moeten emissiebeperkende voorzieningen worden getroffen.

Component	Maximale emissie-waarde (mg/m^3_o)	
Totaal stof	5	
Zoutzuur	10	
Fluoriden	1	
CO	50	
Organische verbindingen (als C)	10	
SO_x	40	
NO_x	70	**(bestaande AVI's uiterlijk 31.12.1997)**
Zware metalen: Sb+Pb+Cr+Cu+Mn+V+Sn+ As+Co+Ni+Se+Te	1,0	
Cd	0,05	
Hg	0,05	
PCDD's en PCDF's	0,1 nanogram T.E.Q./m^3_o *	

De vermelde maximale emissiegrenswaarden zijn betrokken op droge rookgassen onder normale condities (273 K; 101,3 kPa), omgerekend op 11% zuurstof en gemeten als uurgemiddelde waarden.

Toelichting:
* PCDD's en PCDF's worden uitgedrukt in toxische equivalenten 2,3,7,8,-TCDD volgens het advies van de werkgroep toxiciteitsequivalentiefactoren (zie hiervoor het rapport "Voorstel tot een methode voor de beoordeling van de toxiciteit van mengsels van gehalogeneerde dibenzo-p-dioxines en dibenzofuranen" van maart 1988). Gestelde emissiegrenswaarde komt overeen met de grenswaarde die wordt gesteld in de Zweedse en Deense richtlijn ten aanzien van de verbranding van huishoudelijke afvalstoffen.

Richtlijn "Verbranden" 1989:
nieuwe paragraaf 4 betreffende

Verbrandingsomstandigheden

De rookgastemperatuur in de oven dient minimaal 850 C te bedragen bij een minimum-zuurstofgehalte van 6% en een minimum-verblijftijd van de rookgassen van twee seconden op genoemde temperatuur.
Deze temperatuur dient exact gecontroleerd te kunnen worden.
Het vastgestelde temperatuurniveau en het zuurstofgehalte zijn minimum-waarden waaraan permanent moet worden voldaan.
Deze gegevens dienen gemeten en vastgelegd te worden t.b.v. het bevoegd gezag.
Om aan de voorwaarde met betrekking tot de temperatuur te voldoen zal de (nieuwe) verbrandingsinstallatie moeten worden uitgerust met steunbranders.
Deze branders moeten in actie komen zodra de temperatuur van de verbrandingsgassen beneden de 850 C daalt. Deze steunbranders dienen ook te worden gebruikt tijdens het opstarten en stilleggen van de installatie om er zeker van te zijn dat de temperatuur boven de vastgestelde waarde blijft.
Met de verbranding van het te verwerken materiaal mag pas worden begonnen, als de minimumtemperatuur is bereikt; het handhaven hiervan moet tot het einde van de bedrijfstijd zijn gewaarborgd.

Meetmethoden:

De maximale emissiegrenswaarden moeten als uursgemiddelden volgens de hierna te noemen standaard meetmethoden worden vastgesteld, over minimaal een drietal meetperioden van 1 uur bij vollast. Bij het meten van stofvormige emissies waaronder begrepen totaal stof, zware metalen, PCDD's en PCDF's als T.E.Q., moet door een lang genoeg durende monsternametijd worden gewaarborgd, dat de hoeveelheid van het monstermateriaal 1 promille van het filtergewicht bedraagt. De maximale monsternametijd mag echter niet meer dan 8 uur bedragen. Het meetresultaat moet in verband worden gebracht met de gebruikte monsternametijd.

De CO-concentratie kan direct achter de ketel worden gemeten.

Meetfrequentie:

Voor de componenten stof, HCl, organische verbindingen (als C), CO, SO_2, NO_x en O_2 zal de concentratie in de rookgassen continu gemeten dienen te worden evenals het totale rookgasdebiet. Deze meetgegevens dienen vastgelegd en bewaard te worden t.b.v. het bevoegd gezag.

Voor de componenten in de categorie zware metalen, fluoriden en SO_3 /H_2SO_4 dienen vier maal per jaar emissiemetingen te worden gedaan.

Voor de categorie TCDD's en PCDF's zal tweemaal per jaar een emissiemeting moeten worden uitgevoerd. Tevens dient de som van de emissies van gechloreerde organische verbindingen te worden gemeten waarbij een specifieke analyse moet worden uitgevoerd naar PCDD's en PCDF's.

DGM 960 A

Bijlage 2 Besluit provincie Gelderland inzake afvalverwerking

WIJ BEATRIX, BIJ DE GRATIE GODS,
KONINGIN DER NEDERLANDEN,
PRINSES VAN ORANJE-NASSAU,
ENZ. ENZ. ENZ.

Besluit van

30 NOVEMBER 1988 No 11.

tot goedkeuring van het besluit van Provinciale Staten van Gelderland van 9 november 1987, als bedoeld in artikel 11, eerste lid, van de Afvalstoffenwet

Beschikken bij dit besluit over de goedkeuring van de bij besluit van Provinciale Staten van Gelderland op 9 november 1987 vastgestelde herziening van het plan inzake de verwijdering van huishoudelijke afvalstoffen, grof huisafval, bedrijfsafvalstoffen die tezamen met huishoudelijke afvalstoffen zullen worden verwerkt, en bouw- en sloopafval.
Op voordracht van Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 15 november 1988, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Afvalstoffen, nr. 1218507 en gelet op artikel 11, eerste lid, van de Afvalstoffenwet (Stb. 1977, 455).

Overwegingen

Het plan is op de voorgeschreven wijze overeenkomstig het gestelde in de Afvalstoffenwet tot stand gekomen. Bij de beoordeling van de inhoud van het plan zijn de tegen het ontwerp van het plan ingediende wijzigingen, de ten opzichte van het ontwerp van het plan aangebrachte bezwaren en het met redenen omklede besluit tot vaststelling van het plan in beschouwing genomen.

Provinciale Staten van Gelderland hebben het eerste plan inzake de verwijdering van huishoudelijke afvalstoffen, grof huisafval, samen met huishoudelijke afvalstoffen te verwerken bedrijfsafvalstoffen en bouw- en sloopafval vastgesteld op 28 oktober 1981. Overeenkomstig artikel 14, eerste lid van de Afvalstoffenwet dient het plan binnen vijf jaar te worden herzien, dat wil zeggen in dit geval uiterlijk op 28 oktober 1986.
Provinciale Staten hebben het herziene plan op 9 november 1987 vastgesteld. De termijn, als bedoeld in artikel 14, eerste lid, van de Afvalstoffenwet is een termijn van orde. De geldigheidsduur van het bestaande plan wordt door overschrijding van de termijn waarbinnen herziening van het plan dient te geschieden niet aangetast. De geldigheid van het bestaande plan expireert, overeenkomstig het gestelde in artikel 14, tweede lid, van de Afvalstoffenwet, wanneer het herziene en vastgestelde afvalstoffenplan is goedgekeurd.

Het beleid ten aanzien van stortplaatsen was op het moment van totstandkoming van het plan in overeenstemming met het toen vigerende landelijk beleid. Echter, het huidige beleid is erop gericht om bestaande stortplaatsen binnen vijf jaar aan de IBC-criteria te laten voldoen. Dit wil zeggen dat deze stortplaatsen, voor zover dit nog niet het geval is, milieuvoorzieningen dienen aan te brengen opdat

STAATSUITGEVERIJ 'S-GRAVENHAGE Form 19 00-A - 2104771 C

de milieukwaliteit gewaarborgd wordt. Daarnaast dient na beëindiging van de exploitatie rekening gehouden te worden met een zeer langdurige nazorg. Daarom wordt aanbevolen dusdanige tarieven te doen vaststellen om deze toekomstige voorzieningen te kunnen financieren. Aangenomen wordt dat de provincie de toekomstige ontwikkelingen nauwlettend in het oog houdt en haar beleid daarop afstemt, met inachtneming van paragraaf 4.10 van het plan waarin de procedure voor afwijking van het plan is vermeld.

Het beleid van de provincie is erop gericht dat alleen onverwerkbare afvalstoffen worden gestort. Echter, om te voldoen aan milieu-eisen en de kosten aanvaardbaar te houden is een minimum schaalgrootte van de verwerkingsinrichting noodzakelijk. Derhalve dient te worden gestreefd naar maximaal een stortplaats per samenwerkingsgebied aan het einde van deze planperiode. Daarnaast geldt dat door vergroting van verwerkingsgebieden een grotere flexibiliteit kan worden bereikt ten aanzien van de verwerkingsmogelijkheden van afvalstoffen. Gezien het overleg dat met de provincie is gevoerd, hebben wij het vertrouwen dat Gedeputeerde Staten dit zullen bevorderen.

Een minimum schaalgrootte voor verbrandingsinstallaties is eveneens noodzakelijk. Dit kan worden bereikt door een vergroting van het verwerkingsgebied en het creëren van een groter draagvlak ten aanzien van de samenwerking tussen deze inrichtingen; daarnaast door het bevorderen van een milieuhygiënisch verantwoorde en doelmatige verwijdering binnen Gelderland en tussen de provincies onderling. De ontwikkelingen met betrekking tot de Afvalverwerking Regio Nijmegen te Beuningen verdienen bijzondere aandacht van de provincie. Het realiseren van voldoende invoer van verwerkbare afvalstoffen uit andere gebieden dan het huidige verzorgingsgebied van de installatie is noodzakelijk om een beter draagvlak en een adequate schaalgrootte voor deze installatie te bereiken.

Wanneer verbranding van het afval plaatsvindt zal moeten zijn voldaan aan de richtlijn verbranden, zoals opgenomen in de Afvalstoffenreeks, nr. 28. Gelet op de milieuhygiënische eisen en de eis van een rookgasreinigingsinstallatie dient kleinschaligheid te worden vermeden. Dit geldt ook voor installaties ten behoeve van de warmtekrachtkoppeling.

Door de vertraging bij de vergunningverlening wordt de handhaving bemoeilijkt. Door de provincie is toegezegd dat in 1988 alle in aanmerking komende stortplaatsen een vergunning zullen hebben.

De samenwerkingsgebieden komen geheel overeen met de gebiedsindeling conform de Wet gemeenschappelijke regelingen. De provincie is hiermede de eerste van de twaalf provincies, hetgeen waardering verdient.

In het ontwerpplan werd op de pagina's 73 en 84 een beleid ten aanzien van de bestaande puinbreekinstallaties aangegeven. Het toen verwoorde beleid ging uit van het realiseren van een doelmatige verwijdering van bouw- en sloopafval overeenkomstig de richtlijn voor de provinciale plannen inzake de verwijdering van bouw- en sloopafval op basis van artikel 6 van de Afvalstoffenwet en vastgesteld op 15 mei 1986, Afvalstoffenreeks 1986, nr. 28.
Tijdens de behandeling door Provinciale Staten, op 9 november 1987, is een amendement aangenomen, nr. 87-313A, waarbij de doelmatigheidstoetsing voor bestaande installaties is losgelaten. Dit roept bezwaar op om de volgende reden. In een door de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal gezonden notitie dd. 24 februari 1988, (Tweede Kamer, vergaderjaar 1987-1988, 20.200, hfdst. XI, nr. 69) is een raamwerk met een strategische hoofdlijn gepresenteerd voor de behandeling en verwijdering van afvalstoffen. In deze notitie wordt geconstateerd dat de huidige infrastructuur voor de verwerking en verwijdering van afvalstoffen ondoorzichtig en onvoldoende is en dat een aanpak door middel van samenspel met andere overheden en met het bedrijfsleven noodzakelijk is. Dit samenspel impliceert dat de overheid richting moet geven aan de totstandkoming van de verwijderingsstructuur en dit niet kan overlaten aan het vrije marktmechanisme. Voor de verwijdering van bouw- en sloopafval betekent dit dat bij de provincie de primaire zorg berust om in samenspel met andere overheden en het betrokken bedrijfsleven een goede infrastructuur tot stand te brengen. Dit houdt in dat niet alle bestaande inrichtingen zonder meer aanspraak kunnen maken op een Afvalstoffenwetvergunning, gelet op het in het ontwerpplan neergelegde beleid. Niet uitgesloten moet immers worden geacht dat anders een onaanvaardbare overcapaciteit kan ontstaan tussen de aangegeven hoeveelheden bouw- en sloopafval en de geamendeerde uitgangspunten in het vastgestelde plan.
Het in het ontwerpplan neergelegde beleid om 90% van het te breken materiaal te bewerken in puinbreekinstallaties lijkt een grotere kans van slagen te hebben dan het thans in paragraaf 4.3.3. neergelegde beleid ten aanzien van het bewerken van bouw- en sloopafval waarbij de bestaande puinbreekinstallaties alleen zullen worden getoetst aan het belang van de bescherming van het milieu, waardoor het gevaar van de grotere overcapaciteit zeer reëel is. Daarom dienen de vergunningaanvragen voor bestaande installaties naast een stringente toetsing aan het belang van de bescherming van het milieu op doelmatigheid te worden getoetst. Toekomstige installaties dienen in elk geval op doelmatigheid getoetst te worden. De betreffende passages dienaangaande kunnen daarom alleen maar in de context van het voorgaande worden gelezen. De uitvoering van het plan dient met behulp van de procedure voor afwijking van het plan (paragraaf 4.10) in deze zin voorzover nodig te worden bijgesteld.

In het plan staat in paragraaf 4.5 "In- en uitvoer" aangegeven dat de in- respectievelijk uitvoer van afvalstoffen slechts kan plaatsvinden als dat de instemming heeft van de bevoegde instanties. Ten aanzien van het overlaadstation Frederiks B.V. te Nijmegen is door Gedeputeerde Staten van Noord-Holland bij brief van 23 augustus 1988, nr. 2B/27, medegedeeld, dat kan worden ingestemd met het voortzetten van de verwerking van bij Frederiks vrijkomende afvalstoffen bij ICOVA te Amsterdam tot 1 januari 1989. Daarna zal gebruik moeten worden gemaakt van de binnen Gelderland bestaande voorziening, in casu de Afvalverwerking Regio Nijmegen te Beuningen.

Gelet op het gestelde in deze overwegingen, verschaft het plan voldoende duidelijkheid met betrekking tot het opzetten en instandhouden van een milieuhygiënische en doelmatige verwijderingsstructuur voor de in het plan genoemde afvalstoffen. Vertrouwd wordt dat Provinciale Staten het plan doen uitvoeren met inachtneming van het gestelde in deze overwegingen.

Beslissing

Hebben goedgevonden en verstaan:
het door Provinciale Staten van Gelderland op 9 november 1987 vastgestelde plan inzake de verwijdering van huishoudelijke afvalstoffen, grof huisafval en bedrijfsafvalstoffen die tezamen met huishoudelijke afvalstoffen zullen worden verwerkt, en bouw- en sloopafval, goed te keuren.

Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer is belast met de uitvoering van dit besluit.

's-Gravenhage, 30 november 1988

w.g. BEATRIX

DE MINISTER VAN VOLKSHUISVESTING,
RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER,

w.g. E.H.T.M. Nijpels

Overeenkomstig het oorspronkelijke,
De Chef Kabinetszaken,

Bijlage 3 Besprekingsverslagen provincies Gelderland en Zuid-Holland

BEZOEKVERSLAG

Verslag naar aanleiding van bezoek TNO aan de Dienst Milieu en Water
van de provincie Gelderland te Arnhem
Ref.nr. 90-07810/8725-22255/ru

Onderwerp: toepassing Richtlijn Verbranden-'89 (RV89) op kleinschalige verbrandingsinstallaties

Aanwezig : J.L. van Dam - Provincie
H.J. ter Maat - Provincie
J. de Koning - MT-TNO
A.B.M. Heesink - MT-TNO

Achtergrond

De afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO verricht in opdracht van de NOVEM een onderzoek naar de financieel economische haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding. Deze haalbaarheid zal in grote mate afhangen van de door de vergunningverlenende instanties op te leggen milieuhygiënische randvoorwaarden. De provincies bepalen deze randvoorwaarden voor WLV-plichtige bedrijven en voor afval dat valt onder de Afvalstoffenwet. Daarom is op 11 juni jl. een bezoek gebracht aan de Dienst Milieu en Water van de provincie Gelderland. Primair doel van het bezoek was om te vernemen in hoeverre de provincie Gelderland de vorig jaar door VROM uitgegeven Richtlijn Verbranden (RV 89) ook op kleinschalige afvalverbranding toepast.

Besprokene

De heren Van Dam en Ter Maat lichten het beleid van de provincie Gelderland inzake afval toe. Dit beleid is primair gericht op het voorkomen dan wel hergebruiken van afval. Wanneer dit niet lukt moet het afval grootschalig worden verbrand teneinde het stortvolume te minimaliseren. Kleinschalige afvalverbranding wordt expliciet ontmoedigd (zie aangehecht Koninklijk Besluit). Daarom wordt de RV 89 in principe ook gehanteerd bij kleinschalige afvalverbranding. De provincie beseft dat daardoor veel initiatieven (zullen) sneuvelen. Dit is echter nodig om de aanvoer van afval naar grotere, relatief dure installaties, waarmee wel aan de RV 89 kan worden voldaan, te waarborgen.

De heren Van Dam en Ter Maat stellen nog eens dat de confrontatie met de RV 89 een zeefwerking heeft: de serieuze initiatieven worden geselecteerd. De initiatiefnemers, die serieus willen onderzoeken hoe ze aan de RV 89 kunnen voldoen, worden op een constructieve wijze bijgestaan door de provincie mits het de verbranding van relatief schone afvalstromen betreft (vrij van chloor en zware metalen). In dergelijke gevallen is de provincie eventueel bereid de emissie-eisen ietwat te verzachten.

BESPREKINGSVERSLAG

n.a.v. bezoek aan de Dienst Water en Milieu van de

provincie Zuid-Holland d.d. 13 juni 1990

ref.nr. 90-010264/8726-22255/HEE/TDR

Betreft : toepassing Richtlijn Verbranden '89 (RV 89) op kleinschalige verbrandingsinstallaties

Aanwezig :

H. van Muijden	- provincie
T. Buijs	- provincie
P. Maas	- provincie
G. Smakman	- Novem
J.J. Vos	- RIVM
J. de Koning	- MT-TNO
A.B.M. Heesink	- MT-TNO

Achtergrond

De afdeling Verbrandingstechniek van MT-TNO verricht in opdracht van de NOVEM een onderzoek naar de financieel economische haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding. Deze haalbaarheid zal in grote mate afhangen van de door de vergunningverlenende instanties op te leggen milieuhygiënische randvoorwaarden. De provincies bepalen deze randvoorwaarden voor WLV-plichtige bedrijven en voor afval dat valt onder de Afvalstoffenwet. Daarom is op 13 juni j.l. een bezoek gebracht aan de dienst Milieu en Water van de provincie Zuid-Holland. Primair doel van het bezoek was om te vernemen in hoeverre de provincie Zuid-Holland de vorig jaar door VROM uitgegeven Richtlijn Verbranden (RV 89) ook op kleinschalige afvalverbranding toepast.

Besprokene

Na een inleiding van de heer Buijs vindt een discussie plaats. De provincie stelt dat zij de RV 89 op alle afvalverbrandingsinstallaties, groot- en kleinschalig, zal toepassen. De heer Smakman merkt op dat toch ergens een ondergrens moet worden gesteld aan het vermogenstraject waarop de RV 89 van toepassing is (denk aan open haarden e.d.). De heer Van Muijden stelt dat de provincie de RV 89 alleen toepast bij bedrijfsmatige verbranding, waarvoor de provincie vergunningverlenend gezag is. Op de vraag of de RV 89 ook wordt toegepast bij hinderwetplichtige bedrijven, waarvoor niet de provincies maar de gemeentes vergunningen verstrekken, wordt geantwoord dat voor zover bekend er geen voorbeelden zijn wwarbij van de RV 89 wordt afgeweken. Meer informatie hierover kan wellicht worden verkregen bij de Regionale Inspecties daar zij adviseren bij de vergunning verlening van zowel de Wet Luchtverontreiniging, de Afvalstoffenwet als de Hinderwet. Naar aanleiding van de opmerking van de heer Smakman dat er niet voldoende grootschalige verbrandingscapaciteit is om alle bedrijfsafval, dat nu nog wordt gestort, te verbranden, verwijst de provincie naar VROM. De provincie merkt daarbij op dat met de RV 89 wordt beoogd de emissies naar het milieu met de beste technische middelen zoveel mogelijk te beperken.

Deze technieken zijn duur voor kleinschalige projecten. Het gevolg is in wezen een "koude sanering" voor kleinschalige projecten. Een bijkomend voordeel kan zijn dat verwerking van afvalstromen bij enkele grote inrichtingen beter controleerbaar zal zijn

De heer Maas maakt melding van een initiatief om sloophout te verpulveren en vervolgens samen met poederkool in elektriciteitscentrales te verbranden. De heer Smakman is hierin geïnteresseerd. De heer Buijs merkt nog op dat de provincie Zuid-Holland in z'n algemeenheid streeft naar grootschalige afvalverwerking (o.a. bij slib, shredder afval). Op de vraag of de provincie Zuid-Holland bij de verbranding van relatief schone afvalstromen (vrij van chloor en zware metalen) mildere emissie-eisen stelt, wordt ontkennend gereageerd. In dit verband wordt aangegeven dat er onduidelijkheid bestaat ten aanzien van het hanteren van de RV 89. Verwezen wordt naar de beleidsmakers van VROM. Tot slot wordt geopperd dat wellicht de stuurgroep RV 89 die onlangs in het leven is geroepen enige klaarheid kan verschaffen. Inmiddels is de secretaris van deze stuurgroep, Ir. P.A. Bregten, benaderd. De heer Bregten heeft toegezegd de problematiek zo spoedig mogelijk aan de stuurgroep voor te leggen.

Bijlage 4 Brief van de Hoofdinspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne

Staatstoezicht
op de Volksgezondheid

**Hoofdinspectie van de volksgezondheid
voor de hygiëne van het milieu**
Postbus 450, 2260 MB Leidschendam
Telefoon (070) 20 93 67, telex 32362 VROM NL
Fax (070) 203723

4050/dRS/dRS

AAN: Stuurgroep Richtlijn Verbranden
1989
p/a ir. P.A. Bregten, secretaris
Dienst Water en Milieu van de
provincie Zuid-Holland
kamer D-537
Koningskade 1
2596 AA 's-Gravenhage

Uw kenmerk	Uw brief van	Kenmerk	Datum
		HIMH/dRS 0380006	10 augustus 1990

Onderwerp
Kleinschalige afvalverbranding

Geachte heer Bregten,

Gaarne maak ik van de gelegenheid gebruik te reageren op een aan u gerichte brief van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO, kenmerk 17603/8726-22255/HEE/TDR, d.d. 20 juni. In de brief wordt gesteld dat de haalbaarheid van kleinschalige afvalverbranding in hoge mate zal afhangen van de milieuhygiënische randvoorwaarden, die de verschillende vergunningverlenende instanties opleggen. Aan de stuurgroep werden een aantal vragen voorgelegd, waarop ik in zijn algemeenheid het volgende zou willen antwoorden.

Het beleid ten aanzien van de verbranding van alle soorten afvalstoffen is, conform de LCCA-gedachte, gericht op een beperkt aantal grootschalige inrichtingen, verdeeld over het gehele land. Hierdoor wordt de beheersbaarheid van de afvalstoffen-verwerking vergroot en wordt voorkomen dat op tal van plaatsen nieuwe emissiebronnen ontstaan. Het moge duidelijk zijn dat ook vanuit het oogpunt van de handhaafbaarheid wordt aangestuurd op een beperkt aantal installaties.
Daarnaast is het beleid er op gericht verbrandingsinstallaties te realiseren, waarbij de vrijkomende energie optimaal benut wordt.
Alle verbrandingsinstallaties voor afvalstoffen zullen na 30 november 1993 moeten voldoen aan de Richtlijn Verbranden '89.

Ik hoop met bovenstaand schrijven u van dienst te zijn geweest.

Hoogachtend,

De Hoofdinspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne,

Ir. P.J. Verkerk

OGM 961

Bjlage 4

Bijlage 5 Reacties leveranciers op prijsaanvragen

90/012954

1.
2.
3.

Comprimo
engineers & contractors

COMPRIMO B.V. GASDIVISIE
VREDEWEG 3, 1505 HH ZAANDAM

Ontwerp, levering en montage van:
Installaties voor opslag en distributie van vloeibare gassen.
Gas-lucht menginstallaties.
Naverbrandingsinstallaties voor afvalgassen en -vloeistoffen.
Wervelbedovens.
Biofilters.

Hoofdgroep Maatschappelijke
Technologie T.N.O.
t.a.v. de heer W.F. Sulilatu
afd. Warmte- en Koudetechniek
Postbus 342
7300 AH APELDOORN

kopie inkoop

Archief TNO Apeldoorn
-6 SEP. 1990
Ref.: 090790 Bijl. div
Dossier: 8725 - 00480
Baantw.: Archief:

Uw ref.	Uw brief	Onze ref.	Zaandam,
--	--	gc814/5606 OyD/PiKa	5 september 1990

ONDERWERP : Biocomb

BEHANDELD DOOR : D. Oyevaar

Sulilatu

Geachte heer Sulilatu,

Met referte aan uw schrijven d.d. 09-07-1990 hebben wij het genoegen u als volgt te informeren.

Comprimo heeft een licentie-overeenkomst met de firma Biocomb in Zweden voor het Biocomb Cyclone brander systeem. Naar aanleiding van uw brief hebben wij deze voorgelegd aan de firma Biocomb, hierbij doen wij u toekomen een kopie van de telefax die wij van Biocomb hebben ontvangen.

Voor een Biocomb Cyclone brander, capaciteit 5 MW en ADL-scrubber zoals genoemd in de telefax noemen wij u een kostenindicatie van ..... f 1.200.000,--, exclusief B.T.W.

De verblijftijd van de rookgassen in de brander zelf bij volle belasting bedraagt minder dan 1 seconde, daartegenover staat dat de temperatuur in de brander boven de 1.000 °C uitkomt.

Wanneer de Biocomb-brander gekoppeld is aan een type waterpijpketel, dan geeft dit de mogelijkheid van extra verblijftijd in de stralingszone van dit type ketel. Hiermee wordt bereikt dat de verblijftijd van de rookgassen boven een temperatuur van 850 °C wordt verlengd. Blijkt dit niet voldoende te zijn, dan kan de branderkamer van de Biocomb-brander verlengd worden d.m.v. een tussenstuk tussen branderkamer en ketel.

Voor de waterpijpketel en het tussenstuk kunnen wij u op dit moment geen prijs noemen, daar niet bekend is aan welke eisen voldaan moet worden.

Lid
Vereniging Technische Commissie Vloeibaar Gas

TELEFOON 075-16 19 51 TELEFAX 075-16 15 73 TELEX 19042 TELEGRAMADRES: COMPRIMO ZAANDAM
BANKIER: ALG. BANK NEDERLAND N.V. ZAANDAM NO. 58.80.28.614 POSTGIRO 364033
HANDELSREG. ZAANLAND 12.689
Leveringen en diensten overeenkomstig alg. leveringsvoorwaarden FME (laatste uitgave)

SFZ 2.96.018/apr.'90

Comprimo
engineers & contractors

Aan T.N.O., Apeldoorn Briefnr. gc814 Datum 5 september 1990 Bladnr. 2

Verder willen wij opmerken dat Comprimo totale warmte-krachtprojecten kan verzorgen, waarbij Comprimo Zaandam in staat is om fabricage, installatie en onderhoud van deze installaties te verzorgen.

Indien er bij u nog vragen overblijven, zijn wij gaarne bereid deze te beantwoorden.

Wij vertrouwen erop, dat wij u met deze informatie van dienst zijn geweest en zien uw berichten met belangstelling tegemoet.

Hoogachtend,
COMPRIMO B.V.

D.A. Atema

Bijlage: kopie telefax Biocomb;
brochure Warmte-kracht systemen;
brochure Biocomb Cyclone burner.

NAVE\NAAB\A8145606.TNO

90/012954

biocomb ab

TELEFAX

Box 11034
S-250 11 Helsingborg
SWEDEN
Tel +46-42-18 54 20
Fax +46-42-18 09 75

TO	:	Comprimo B.V. Attn.: Mr. F. Castelijn/D. Oyevaar
FAX NO.	:	00931 - 75 16 15 73
FROM	:	Jikke Hoekstra
SUBJECT	:	Small scale waste combustion/MT-TNO
DATE	:	August 2, 1990
NO. OF PAGES	:	3 (including cover)

Dear Sirs,

We refer to your letter of July 18, in which you ask for the potential of the cyclone burner in small-scale waste combustion projects.

Hereby we have the pleasure to present our reply to the interesting project situation as outlined by TNO:

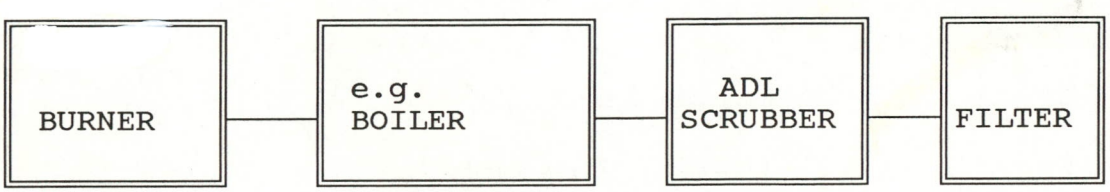
COMPRIMO B.V./MT-TNO: MEANINGFUL USE OF INDUSTRIAL WASTE

♦ **TECHNOLOGICAL/EMISSION LIMITS:**

As regards the combustion of wood, Biocomb has an extensive test experience with different types of wood ranging from wood chips to various forms of wood waste.
Furthermore, one Biocomb plant in northern Sweden is running on wood shavings.

Some trials with demolition timber as described in your letter have also been performed, however no extensive emission measurement program was performed in this respect.

Hence we have to do a best estimate which is as follows:



Installation concept for burning demolition timber

The filter shown before is a bag-house type of filter with sintered bags (best available type on the market).
Upstream this filter, the dust concentration is approx. 100 mg/Nm3, downstream less than 5 mg/Nm3.

Another matter where we will be slightly above the requirement is for NOx, where we will be at a level of approx. 100 mg/Nm3.

All other elements will be under the limit.

♦ **ECONOMICAL**

The Biocomb part of a hardware delivery for a 5 MWth installation will include the following elements:

1. Cyclone burner:
   - cyclone burner body
   - start & backup oil system
   - ash removal system
   - cooling water system

2. Fuel & Air system:
   - fuel meter
   - fuel fan
   - combustion air fan

3. Control system

4. Biocomb ADL scrubber

Above set-up excludes both filter and boiler.

Operational costs will involve:

- <u>Maintenance costs</u>:
  These costs are generally low as the cyclone burner has few moving parts, and because the complete installation is made up of well-tried high quality components.
  In case the utilization rate is high, total maintenance costs will add up to approx. 4% of the initial investment sum yearly.

- <u>Operator costs</u>:
  Due to the full automatic nature of the installation (automatic ash handling, fully automatic computer control), little operating staff is required.
  The whole system, including boiler and other ancillary equipment, will require approx. 1 hours every 24 hours.

biocomb ab

Hopefully this information meets your present requirements. If there are any further questions or comments, please do not hesitate to contact us.

Best regards,

Jikke Hoekstra

90/013666

Comprimo
engineers & contractors

1A
3

COMPRIMO B.V. GASDIVISIE
VREDEWEG 3, 1505 HH ZAANDAM

Ontwerp, levering en montage van:
Installaties voor opslag en distributie van vloeibare gassen.
Gas-lucht menginstallaties.
Naverbrandingsinstallaties voor afvalgassen en -vloeistoffen.
Wervelbedovens.
Biofilters.

MT - TNO

t.a.v. de heer Heesink,
afd. Warmte- en Koudetechniek

Postbus 342

7300 AH APELDOORN

Uw ref.	Uw brief	Onze ref.	Zaandam,
--	--	gc848/5606/OyD/ScM	18 september 1990

ONDERWERP : Biocomb - Cyclone burner

BEHANDELD DOOR : D.J. Oyevaar

Geachte heer Heesink,

Met referte aan het telefoongesprek d.d. 13-09-1990 informeren wij u als volgt.

De prijsverhouding voor de Biocomb - Cyclone burner en de ADL-scrubber, genoemd in onze brief d.d. 05-09-1990, is 0,55 : 0,45.

Hierbij treft u een kopie aan van de beschrijving van de werking van de ADL-scrubber.

Wij vertrouwen erop, dat wij u met deze informatie van dienst zijn geweest en zien uw berichten met belangstelling tegemoet.

Hoogachtend,
COMPRIMO B.V.

D.J. Oyevaar

Archief TNO Apeldoorn
19 SEP. 1990
Ref.: Bijl. 2
8726-04275
Beantw.: Archief:

BIJLAGE(N)
ACHTERGEHOUDEN DOOR:

Bijlage: description ADL flue gas cleaning system

TELEFOON 075-16 19 51 TELEFAX 075-16 15 73 TELEX 19042 TELEGRAMADRES: COMPRIMO ZAANDAM
BANKIER: ALG. BANK NEDERLAND N.V. ZAANDAM NO. 58.80.28.614 POSTGIRO 364033
HANDELSREG. ZAANLAND 12.689
Leveringen en diensten overeenkomstig alg. leveringsvoorwaarden FME (laatste uitgave)

Lid Vereniging Technische Commissie Vloeibaar Gas

SFZ 2.96.018/apr.'90

biocomb ab

♦ DESCRIPTION ADL FLUE GAS CLEANING SYSTEM

The fluegas cleaning system ADL is an alternative to bag house filters and scrubber systems in cleaning flue gases from combustion of for instance solid fuels and oil.

Figure 1 shows a schematic representation of the installation.

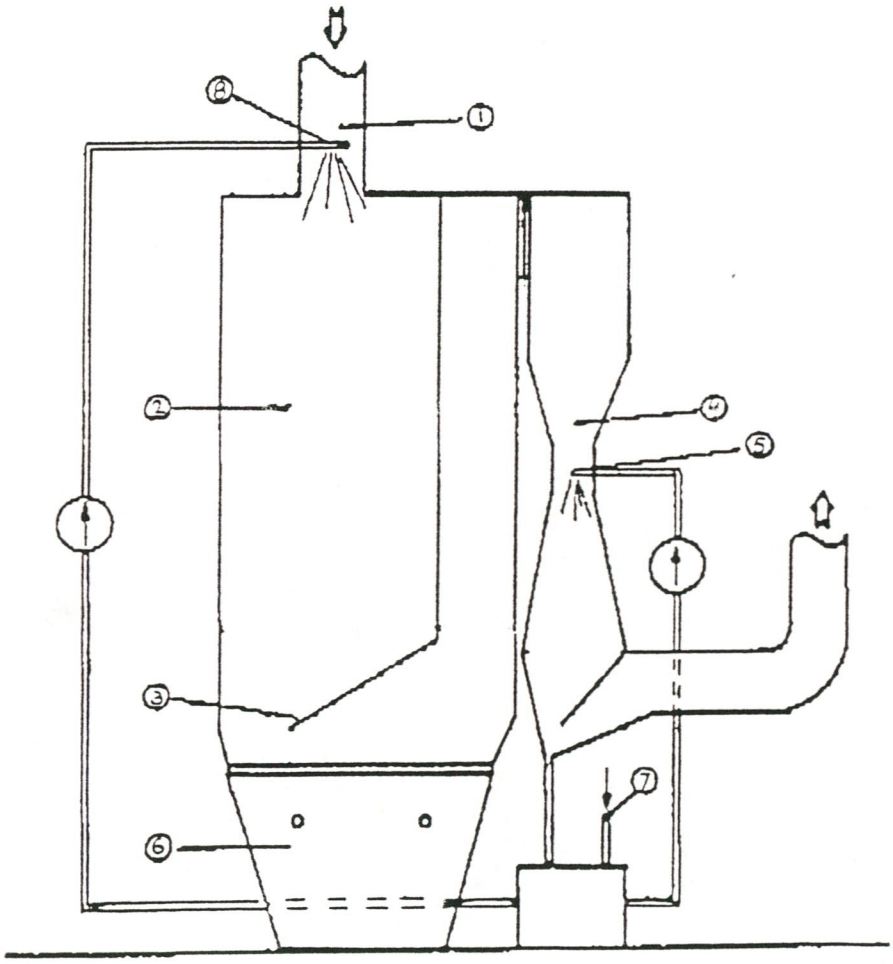


Figure 1.

DESCRIPTION OF SYSTEM

The installation is described with help of figure 1.

The flue gases enter the fluegas cleaner at (1), pass the drying chamber (2), the diverter plate (3), and go further into the scrubber part (4). Here the flue gases meet very fine droplets of scrubber water at the nozzles (5) at a relatively high velocity. Hereby the contaminations are absorbed and solved in, or mixed with the scrubber water. Alkali could be put into the system at (7) for neutralization purposes. The dirty scrubber water is recirculated and a minor part of this is diverted to the nozzle (8). The scrubber water is atomized to a suitable droplet size after which drying in the chamber (2) takes place, resulting in a dry powder at such particle size that most of it is separated at the diverter plates (3) and is going further down into the container (6).

The dust that is not separated continues its way into the scrubber and is solved by the scrubber water, etc., etc.

By using the nozzles in the scrubber part the required contact between the flue gases and the liquid droplets can be achieved without a large pressure drop, i.e. large electric power to the fans.

The described flue gas cleaner in the figure above is showing one scrubber step (4) but it is relatively simple to equip a cleaner with two scrubber steps in serial.

SPECIAL BENEFITS

Compared to a bag house filter the following advantages can be distinguished:

1. The danger for fire in filter material is eliminated.
2. Feeding of dust directly into a container without augers or valves.
3. No moving parts.
4. Low maintenance costs, as changing of filter material is not in question.
5. No clogging risk.
6. Low pressure drop, meaning low electric fan power which also results in low noise levels in the boiler house and surroundings.

Compared to scrubbers:

1. No water treatment is required.
2. High separation efficiency together with low pressure drop.

SEPARATION EFFICIENCIES

The following separation efficiencies have been measured for one scrubber step.

1.	Dust 94%	Relatively fine dust particles 10 - 20 micron.
2.	HCL 94%	At a surplus of lime of a ratio 1.0 to 1.5
3.	SO2 88%	At the same ratio of lime to sulphur.
4.	Hg 93%	This is about water soluble mercury.

HEAT RECOVERY PAYS FOR CLEANING

The investment required for this installation can be earned back by equipping the flue gas cleaning system with a heat exchanger before the entrance (1) or after the scrubber (4). Savings realized in this way, result in pay back times of roughly 2-3 years.

♦ THE BIOCOMB ADL SCRUBBER

The Biocomb ADL scrubber is the number one alternative when it comes to cost effective flue gas cleaning.

The scrubber combines particulate separation with neutralization of acid compounds as well as solving water soluble pollutants in the flue gases.

The separated particulates will be collected in the equipment as a dry powder. Hence, no requirement for waste water treatment!

DESCRIPTION OF SYSTEM

The equipment will be described with reference to the enclosed drawing.

The flue gases are entering the equipment at (1). There are two bypass valves (2) and (3) which position determines whether or not the flue gas cleaning is bypassed.

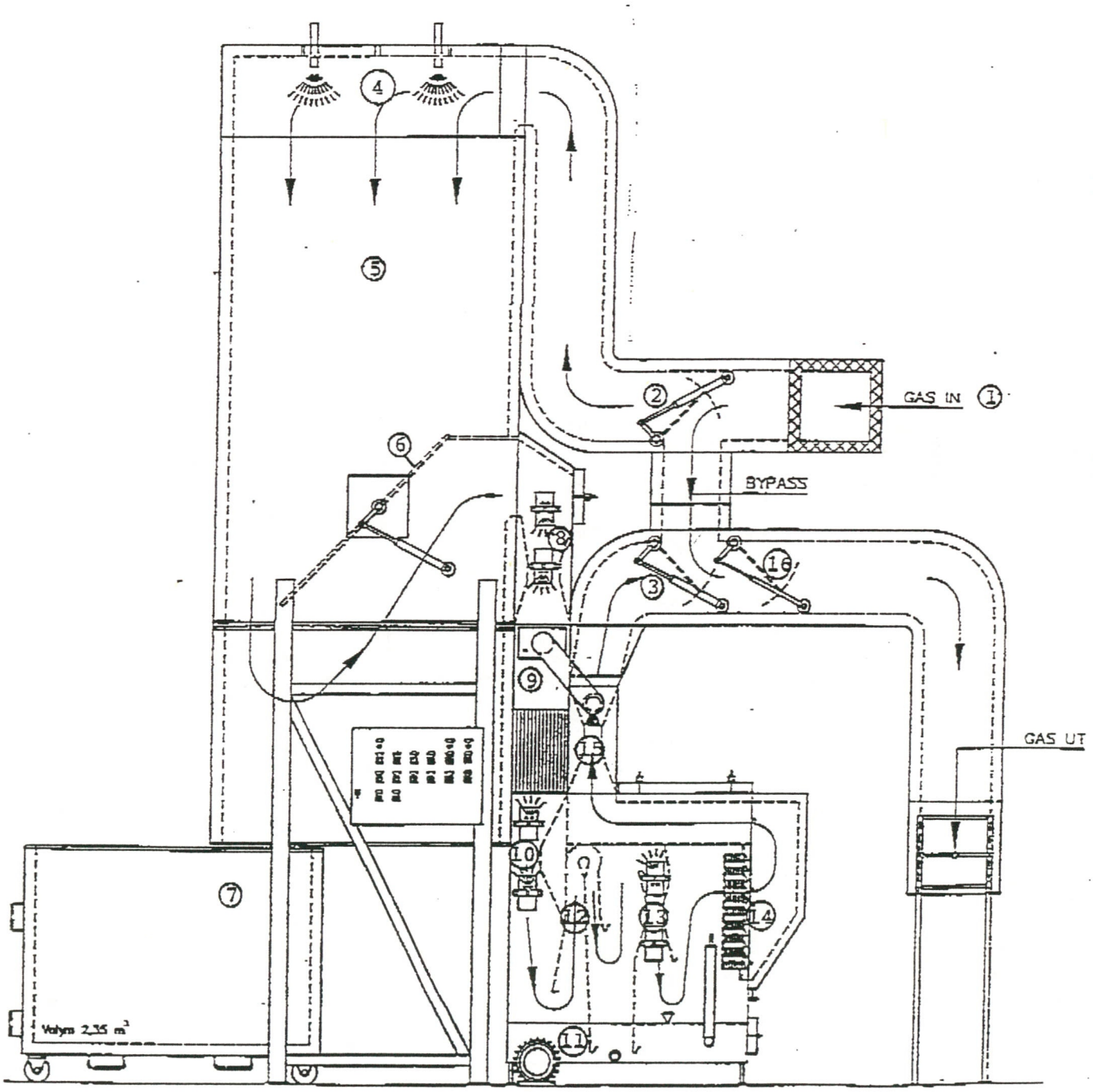
Hereafter the flue gases enter the reaction/drying chamber (5) where slurry from the tank (11) at the bottom of the scrubber part is sprayed through the nozzles (4). These droplets, containing washed off particulates, will evaporate on their way downwards in the hot flue gas stream and the agglomerated particles will pass by the diverter plate (6) and settle on the bottom of the container (7) which is also the bottom of the chamber (5).

The flue gases will then enter the venturi (8) where through two rows of nozzles the slurry from tank (11) is sprayed for washing the flue gases. Leaving venturi (8) the flue gases are entering and passing through a plate heat-exchanger (9) vertically down to venturi (10). The heat-exchanger (9) is a two pass cross flow heat-exchanger where air from the surroundings is cooling the mixture of flue gas and slurry coming from venturi (8).

After venturi (10) where the flue gases are saturated and full of droplets the flue gases passes through an arrangement (12) for droplet separation. Following this, water is sprayed into the flue gas stream in venturi (13) and then passing through demistor mats (14).

Now the flue gases are cleaned but saturated with water. To avoid condensation on the parts downstream like flue gas fan and chimney and to avoid overheating in the slurry tank, the air taken in through heat-exchanger (9) is mixed with the flue gases at a venturi (15) and further taken out. Valve (16) is controlling the pressure in the boiler upstream the Biocomb ADL scrubber.

The liquid in the slurry tank (11) is prepared in a separate tank and automatically pumped over to slurry tank (11) where a certain level is kept all the time. Furthermore the control of this scrubber is done by the burner PLC unit.



90/013812

1. A
2. Dr
3.

DCE ONTSTOFFINGSTECHNIEK

DCE BENELUX B.V.
Postbus 212
NL 1560 AE KROMMENIE

Tel. : 075-212881
Fax : 075-210316
K.v.K.: Zaandam nr. 18703

TNO
Postbus 342
7300 AH APELDOORN
t.a.v. Ir. A.B.M. Heesink
Afdeling Verbrandingstechniek

Kantooradres:
Industrieweg
De Inzet 132 - Wormerveer

Uw ref.: Onze ref.: MAL/MdG Wormerveer, 04/09/1990

Archief TNO Apeldoorn
24 SEP. 1990
Ref.: Bijl. div.
Dossier: 8726-04275
Beantw.: Archief:

Betreft : Nuttig gebruik van bedrijfsafval

Mijne Heren,

Hartelijk dank voor uw verzoek om mee te werken aan het onderzoek over de bovenstaande problematiek.
Wij bieden onze ekskuses voor het late beantwoorden van uw vragen. Dit is te wijten aan de vakantieperiode.

BIJLAGE(N)
ACHTERGEHOUDEN DOOR:

De ervaring van DCE met haar droge rookgasreinigingsproces is gebaseerd op de volgende grondslagen :

- Rookgaskoeling met warmtewisselaar (gas/lucht).
- Droge injektie van hoogwaardig adsorbent (Wülfrasorp of equivalent).
- Homogene menging adsorbent en rookgas met behulp van een statische menger.
- Ten gevolge van deze menging een optimale reaktie van de schadelijke rookgasbestanddelen met de adsorbent.
- Hoogwaardige filtratie in het DCE doekfilter van de reaktie produkten en zeer lage reststofemissies, waarbij aantoonbare nareaktie tussen adsorbent en zuurkomponenten in stofkoek plaatsvindt.

Aangezien de ervaringen in Alumet, Gistel een rookgasreinigings-installatie van aluminium schrootsmeltindustrie en AVR te Rotterdam en chemische afvalverbranding kan worden aangenomen dat de emissiegrenzen Richtlijnen Verbranden 1989 met betrekking tot HCL, SO2, HF en stof probleemloos kunnen worden aangehouden, zo ook de niet vluchtige zware metalen. Met betrekking tot de emissiebegrenzingen voor Hg en Dioxinen hebben in het laatste jaar significante ontwikkelingen op het stuk van de droge rook-gasreiniging plaatsgevonden, waarbij aktiefkool/aktiefkokes e.d. aan de eerder genoemde adsorbent is toegevoegd.

De op dit moment ter beschikking staande meetresultaten, uitgevoerd in bestaande vuilverbrandingsinstallaties uitgerust met droogrookgasreinigingsinstallaties - door onafhankelijke instanties gemeten - zoals T.U.V. Bayern - Berlin tonen aan dat Hg zowel als Dioxinen (T.E.Q.) emissies tot aanzienlijk beneden de Richtlijnen Verbranden 1989 worden beperkt.

Wij zijn derhalve overtuigd dat de in de tabel 1 gegeven emissie-eisen met uitzondering van CO en NOX met de DCE drooggasreini-gingsproces haalbaar zijn.
De investerings + bedrijfskosten die gemoeid zijn met een instal-latie voor de rookgasreiniging van 13.200 Nm3/h rookgassen af-komstig van een sloophoutverbrandingsinstallatie zal u seperaat worden opgestuurd.

Met vriendelijke groet,

DCE Benelux B.V.

M.A. Laskaris
Sales Manager Flue Gas Cleaning

DCE

90/012869

ALUMET

Installatie voor smelten van aluminium schroot.
Bijlage I geeft schematisch de opbouw van de rookgasreinigings-installatie aan.

Rookgashoeveelheid	: 27.000 Nm3/h
Rookgastemperatuur	: max. 130° C.
Rookgaswatergehalte	: 0,025 g/Nm3
Stofafscheider	: Dalamatic persluchtgereinigd doekfilter
Doekmateriaal	: Polyester naaldvilt
Reagent	: Kalkhydraat met oppervlak > 40 m2/gr

In bijlage II metingen die zijn uitgevoerd door de Vrije Universiteit van Brussel.

De stof en HCL emissies zijn ver beneden de door Richtlijnen Verbranden 1989 vereiste waarden. Omdat het vochtgehalte van de rookgassen erg gering is (3% volume), is het SO2 afscheidingsrendement laag, mede door de zeer lage stiochiometrie van ca. 1.23.

V. RESULTATEN. ALUMET

SCHOUWEMISSIES

parameters	emissiewaarde (in mg/Nm^3 bij 11% O_2)		
	voor filter	na filter	toelaatbare (OVAM)
V.1. Stofgehalte (details in bijlage II)	1501,6	< 5	50
V.2. CO-gehalte (*)	1327,0	637,7	0,1(?)
V.3. HCl gehalte	158,1	< 1,5	50
V.4. HF gehalte	6,5	0,2	2
V.5. SO_2 gehalte (*)	356,3	109,3	100
V.6. NO_x gehalte (*)	79,3	72,3	-

(*) detail metingen zie bijlage III

Dit verslag mag slechts woordelijk en in zijn geheel voor publicitaire doeleinden worden gebruikt. — Teksten, bestemd voor publiciteit waarin dit verslag wordt vermeld dienen voorafgaandelijk aan onze goedkeuring te worden onderworpen.

Tabel II : gemiddelde emissiewaarden (in mg/Nm^3)

Parameter		Al-smelt na filter	toelaatbare emissie (OVAM)
V.7. Zware metalen : (detail zie bijlage IV)	Cd	<0,0001	
	Hg	<0,0001	
	Sb	<0,0001	
	Pb	<0,05	
	Cr	<0,001	
	Cu	<0,002	
	Mn	<0,001	
	V	<0,0001	
	Sn	<0,0001	
	As	<0,008	
	Co	<0,0001	
	Ni	<0,0001	
	Se	<0,0001	
	Te	<0,0001	
	Totaal	<0,1	5

ALUMET

Dit verslag mag slechts woordelijk en in zijn geheel voor publicitaire doeleinden worden gebruikt. — Teksten, bestemd voor publiciteit waarin dit verslag wordt vermeld dienen voorafgaandelijk aan onze goedkeuring te worden onderworpen.

90/012869

A.V.R. Chemie Rotterdam

Rookgasreiniging, volledig volgens het DCE Benelux B.V. droge reinigingsproces met het Dalamatic persluchtgereinigde doekfilter.

Luchthoeveelheid		:	100.000	Nm3/h
Rookgastemperatuur na quencher		:	260°	C.
Rookgastemperatuur na warmtewisselaar		:	150°	C.
Rookgashoeveelheid voor reiniging		:	154.945	Nm3/h
Ontwerp inlaatkoncentratie				
HCL		:	1.000	mg/Nm3
SO2	max.	:	800	mg/Nm3
HF	max.	:	50	mg/Nm3
Hg		:	0,15	mg/Nm3

Vooralsnog hebben geen garantiemetingen plaatsgevonden.
Echter de kontinu metingen hebben de volgende afscheidingsrendementen getoond:

HCL	: 98,6%
SO2	: 96,4%
HF	: > 99,1%
Hg	: nog niet gemeten
Stof	: < 5

Bovengenoemde rookgassen werden gereinigd door Wülfrasorp (kalkhydraat met een relatief oppervlak van > 40 m2/g) middels een statische menger geinjekteerd.

Dioxines en Hg worden in deze installatie vooralsnog niet gemeten.

90/013812

DCE ONTSTOFFINGSTECHNIEK

DCE BENELUX B.V.
Postbus 212
NL 1560 AE KROMMENIE

Tel. : 075-212881
Fax : 075-210316
K.v.K.: Zaandam nr. 18703

TNO
Postbus 342
7300 AH APELDOORN
t.a.v. Ir. A.B.M. Heesink
Afdeling Verbrandingstechniek

Kantooradres:
Industrieweg
De Inzet 132 - Wormerveer

Uw ref.: Onze ref.: MAL/MdG Wormerveer, 04/09/1990

Betreft : Nuttig gebruik van bedrijfsafval

Mijne Heren,

Bijgaand de investerings + bedrijfskosten die benodigd zijn voor de rookgasreiniging van 13.200 Nm3/h rookgassen afkomstig van een sloophoutverbrandingsinstallatie konform onze toezegging.

Indien u meer informatie nodig heeft kunt u de heer M.A. Laskaris bellen op bovenstaand telefoonnummer.

Met vriendelijke groet,

DCE BENELUX B.V.

M.A. Laskaris
Sales Manager Flue Gas Cleaning

Unimaster® stofafscheiders
Dalamatic® en SINTAMATIC™ persluchtgespoelde filters

OFFERTE : DATUM 04/09/1990
KLIENT : TNO
ADRES : Postbus 342
WOONPL. : 7300 AH APELDOORN

WERK : STUDIE PROJEKT NOVEM
13.200 Nm3/h bij 200 gr. C.
22.900 Bm3/h

AANT	OMSCHRIJVING	VERKOOP
	Item 1 FILTER	
1 st	DCE Dalamatic, automatisch persluchtgereinigd ontstoffingsfilter, type DLM 3/6/15, 270 m2, exklusief medium, inklusief inlaat/uitlaat verloop.	
180 st	Filterzakken Tefaire 1,5 m2	
1 st	Ondersteuningskonstruktie t.b.v. een DLM 3/6/15, kompleet met stofopvangtrog voor de montage van een transportschroef, diameter 300 mm. trog verv. van 3 mm. plaatstaal, ondersteuning verv. van profielstaal met ronde poten.	
1 st	* Elektrisch verwarmingssysteem t.b.v. de trechter.	f. 235.000,--
	Item 2	
2 st	Vonkenvanger, type CS-11, dia 1.550 mm., hoogte 3.260 mm., vervaardigd van 3 mm. plaatstaal kompleet met ondersteuning en uitloop geschikt voor de montage een dubbelwerkende pendelklep 180 x 240 mm.	f. 36.500,--
	Item 3 STOFTRANSPORT	
3 st 1 st	Dubbelwerkende pendelkleppen + Transportschroef, diameter 300 mm. inlooplengte ca. 2.745 mm., spin-????	f. 37.000,--

DCE

OFFERTE : DATUM 04/09/1990
KLIENT : TNO
ADRES : Postbus 342
WOONPL. : 7300 AH APELDOORN

WERK : STUDIE PROJEKT NOVEM
13.200 Nm3/h bij 200 gr. C.
22.900 Bm3/h

AANT	OMSCHRIJVING	VERKOOP
	Item 4 VENTILATOR	
1 st	Centrifugaal ventilator kompleet met elektromotor 75 kW, inlaatmanchet, uitlaatmanchet.	
1 st	Geluiddemper, afm. 1.125 x 1.250 x 1.750 mm. inklusief verloop en ondersteuning	
1 st	Inlet-vane kompleet met motor en stootblok.	
		f. 50.770,--
	Item 5 BY-PASS-SYSTEEM + REGELING	
1 st	* Inlaatklep, kompleet met pneumatische cylinder diameter 710 mm.	
1 st	* By-passklep, 630 mm.	
1 st	* Uitlaatklep als boven, diameter 700 mm.	
1 st	* Elektronische regelaar	
1 st	* Opname element PT-100	
1 st	* Delta-P controller, kompleet met Dwyer Magnahelic 300 mm. Wk	
		f. 33.000,--
	Item 6 LEIDINGWERK, kompleet met	
1 st	* Verbindingsleiding tussen DLM 3/6/15 en ventilator, diameter 710 mm. verv. van 3 mm. plaatstaal	
1 st.	* By-pass-leiding, diameter 630 mm.	
1 st	* Verbindingsleiding tussen vonkenvanger en filter verv. van 3 mm. plaatstaal diameter 710 mm. voorzien van verloopstuk, bochten, flenzen	
1 st	* Aansluitleiding tussen ketelaansluiting en mixer diameter 710 mm. kompleet met bochten, flenzen e.d. vervaardigd van 3 mm. plaatstaal	
1 st	* Verbindingsleiding tussen ventilator en demper en tussen demper en schoorsteen, vervaardigd van 3 mm. plaatstaal, diameter 710 mm.	f. 40.870,--

DCE

OFFERTE : DATUM 04/09/1990
KLIENT : TNO
ADRES : Postbus 342
WOONPL. : 7300 AH APELDOORN

WERK : STUDIE PROJEKT NOVEM
13.200 Nm3/h bij 200 gr. C.
22.900 Bm3/h

AANT	OMSCHRIJVING	VERKOOP
	Item 7 ISOLATIEWERKEN, bestaande uit :	
150 m2	* Thermische isolatie t.b.v. het DLM 3/6/15 filter, vervaardigd van 100 mm. steenwol, waterdicht afgewerkt met een aluminiumdeken	
100 m2	* Thermische isolatie t.b.v. het leidingwerk als boven uitgevoerd.	
		f. 77.000,--
	Item 8 KALKDOSERINGSINSTALLATIE, met	
1 st	* Opslagsilo, inhoud 30 m3, vervaardigd van gewapend polyester en voorzien van een dichte onderzijde waarin de kalkdoseer-apparatuur kan worden opgesteld	
1 st	* Vulleiding voor silo	
1 st	* Trilbodem voorzien van trilmotor en neopreen manchet	
1 st	* Pneumatische afsluitklep diameter 250 mm. voorzien van een volumetrische fijndoseer-eenheid	
1 st	* Doseerventilator geschikt voor 650 m3/h, kompleet met elektromotor 3 kW, 380 V, 3 Ph, 50 Hz, IP 56 voorzien met aansluitmanchetten, trillingsdempers e.d.	
1 st	* Transportleidingen, diameter 100 mm., verv. van gelaste stalen leiding in handelskwaliteit kompleet met bochten, radius 12 x d, flenzen e.d.	
1 st	* Statische menger	
		f. 117.800,--

DCE

OFFERTE : DATUM 04/09/1990
KLIENT : TNO
ADRES : Postbus 342
WOONPL. : 7300 AH APELDOORN

WERK : STUDIE PROJEKT NOVEM
13.200 Nm3/h bij 200 gr. C.
22.900 Bm3/h

AANT	OMSCHRIJVING	VERKOOP
	Item 9 MONTAGE + Inbedrijfstellen	
	Inklusief alle benodigde hulpstukken zoals hijswerkzaamheden, steiger, materiaal etc.	
		f. 94.970,--

Montage is exklusief :

* bouwkundige voorzieningen
* aansluiten van elektra
* aansluiten van pneumatische voorzieningen

Prijzen : richtprijzen, exklusief BTW

Levertijd + betalingskondities : na verdere overeenkomst

Geldigheidsduur offerte : 60 dagen

Al onze verkopen en leveringen geschieden overeenkomstig onze ingesloten verkoop- en leveringsvoorwaarden.

OFFERTE : DATUM 04/09/1990
KLIENT : TNO
ADRES : Postbus 342
WOONPL. : 7300 AH APELDOORN

WERK : STUDIE PROJEKT NOVEM
13.200 Nm3/h bij 200 gr. C.
22.900 Bm3/h

Ontwerpgegevens

Aantal ovens	:	2 waarvan een ingebruik en de andere stilstaand.
Debiet droge rookgassen	:	1257 Nm3/h (gemid.) - 1280 Nm3/h (max.)
Waterdamp conc.	:	97 g Nm3/h of 174Nm3/h
Totaal debiet	:	1431 Nm3/h (gemid.) - 1455 Nm3/h (max.)
Temperatuur	:	600 graden Celcius (max.)
Stofc.	:	60 mg/Nm3 (max.)
Gegarandeerde stofemissie	:	5 mg/m3 ind

Verbruikerslijst

Zuigtrekventilator	:	ca. 38 kW bij 200 graden Celcius
Doseerventilator	:	ca. 2,2 kW
Stof transport	:	3 x 0,75 kW + 1 x 2,2 kW
Perslucht verbruik	:	
Toeslag stoffen	:	(Hoogwaardig kalkhydraat)

Deze gegevens kunnen eerst vastgelegd worden, zodra de exakte rookgas-samenstelling bekend is. Dankzij het gebruik van reagent met hoge specifiek oppervlak bedraagt de stoichometrie ca. 2.

90/012628

1
2
3

Fläkt
Fläkt Industrie

Postbus 192 - 3800 AD Amersfoort
Uraniumweg 23 - 3812 RJ Amersfoort
Telefoon: 033-638322 Telex: 79353 sfh nl
Telefax: 033-635401

T.N.O.
T.a.v. de heer W.F. Sulilatu,
Afd. Warmte- en Koudetechniek
Postbus 342
7300 AH APELDOORN

Uw ref : 18447/8725-02583/
SLW/JWO
onze ref : VA/JNH/Gm

afd. : Ontstoffing en
Gasreiniging
beh. door : J.N. Hoebe
toestel : 284
Amersfoort, 28 augustus 1990

Betreft: Nuttig gebruik van bedrijfsafval

Geachte heer Sulitatu,

Refererend aan uw schrijven dd. 20 juli 1990 delen wij u mede, dat wij niet in de gelegenheid zijn de door u gevraagde informatie te verstrekken.

Intern beraad en internationaal overleg met onze zusterorganisaties, in o.a. Duitsland, Zweden en Finland, heeft geresulteerd in de mening dat bij installatie van een gasreiniging, welke dient te voldoen aan R.V. 89, kleinschalige verbranding tot 20 MWth economisch niet meer interessant is.

Mede gezien het grote aantal projekten dat ter uitwerking bij ons voorligt, heeft ons doen besluiten niet nader op deze materie in te gaan.

Hoogachtend,
FLÄKT INDUSTRIE

G. Pouwels

Archief TNO Apeldoorn
30 AUG. 1990
Ref.: -418447 200790 Bijl.
Dossier: 8725-02583
Behandeld: Archief:

Op alle met ons afgesloten overeenkomsten zijn uitsluitend onze alg. leverings- en montagevoorwaarden, gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank te Amsterdam, op 5-1-1979 onder nr. 5, van toepassing. K.v.K. nr. 30871 te Amersfoort. Centraal storingsnummer buiten kantooruren: 033-634186.

90/0144466

D & C engineering b.v.

2950 AA Alblasserdam
Postbus 1
Staalindustrieweg 3
Telefoon 01859 - 19222
Telefax 01859 - 17301

Postgiro rekening 49 98 668
ABN Gorinchem 50 98 11 094
HR Dordrecht 52914

1. A
2. Jn
3. B

Hoofdgroep Maatschappelijke
Technologie TNO,
Postbus 342,
7300 AH Apeldoorn,

t.a.v. de heer ir. A.B.M. Heesink
afd. verbrandingstechniek.

Archief TNO Apeldoorn
- 5 OKT. 1990
Ref.: U20694 dd 18-9-90 | Bijl. dlv.
Dossier: 8726-02583
Beantw.: | Archief:

Onze ref. CYCO/Alg/JCS-mp/TNO.2320 Datum 4 oktober 1990

Betreft: Nuttig gebruik van bedrijfsafval.
Uw nummer 20694/8726-02583/HEE/TDR.

BIJLAGE
ACHTERGEHOUDEN

Geachte heer Heesink,

Naar aanleiding van uw bovengenoemd schrijven, d.d. 18 september j.l., willen wij het volgende opmerken.

U stelt dat diverse overheden de RV 89 willen toepassen voor kleinschalige installaties. Betrokken op B + S hout kunnen wij u mededelen, dat D & C Engineering B.V. thans een opdracht uitvoert voor de bouw van een 8,5 MW th. (bruto) installatie, onder een AW vergunning, waarbij door de Provincie is afgeweken van deze RV 89.

Deze installatie wordt voorzien van een speciaal rookgas-filter, waarvan wij u een beknopte beschrijving hierbij doen toekomen.
Wij verwachten echter dat dit filtersysteem zal voldoen aan alle in tabel 1 genoemde RV 89 emissie-eisen.
Met betrekking tot de RV-eis van een min. 2 sec. verblijf-tijd op een temperatuur van min. 850 C, moeten wij mede-delen hieraan niet te voldoen.
Bij de verbranding in de CYCO Combustor worden temperaturen tot 1600 C bereikt in de tweede verbrandingskamer, doch de verblijftijd van de rookgassen, inclusief het stromings-traject in een ketelinstallatie, zal minder dan 1 sec. bedragen. Daar staat echter tegenover dat door de hoge temperaturen een vernietiging van bepaalde stoffen plaats-vindt, later in het rookgasfilter, nogmaals herhaald, zodat aan de eerder genoemde emissie-eisen volledig zal worden voldaan.

/002

Op alle aanbiedingen tot en overeenkomsten inzake door ons te verrichten leveringen en/of diensten zijn toepasselijk de Algemene Leveringsvoorwaarden voor de Metaal- en Elektrotechnische Industrie, door de F.M.E. gedeponeerd ter Griffie van de Arrondissementsrechtbank te 's Gravenhage. Een exemplaar van deze voorwaarden wordt u op aanvraag gratis toegezonden.

D&C engineering b.v.

Aan : Hoofdgroep Maatschappelijke
Technologie TNO
Te : Apeldoorn
T.a.v.: de heer ir. A.B.M. Heesink
Ref. : CYCO/Alg/JCS-mp/TNO.2320
Datum : 4 oktober 1990
Pag. : /002

Voor de investering van een 5 MW th. verbrandingsinstallatie, bestaande uit aanvoerband met hopper, CYCO Combustor SDF100 stoomketel 7,5 t/h, 10 bar verzadigd, AES 2000 rookgasfilter, ID ventilator, rookgaskanalen en 15 m. schoorsteen, regelapparatuur, montage en in bedrijf stellen, excl. meetapparatuur, dient u te rekenen op een bedrag van ca. NLG. 1.000.000,00, excl. B.T.W.

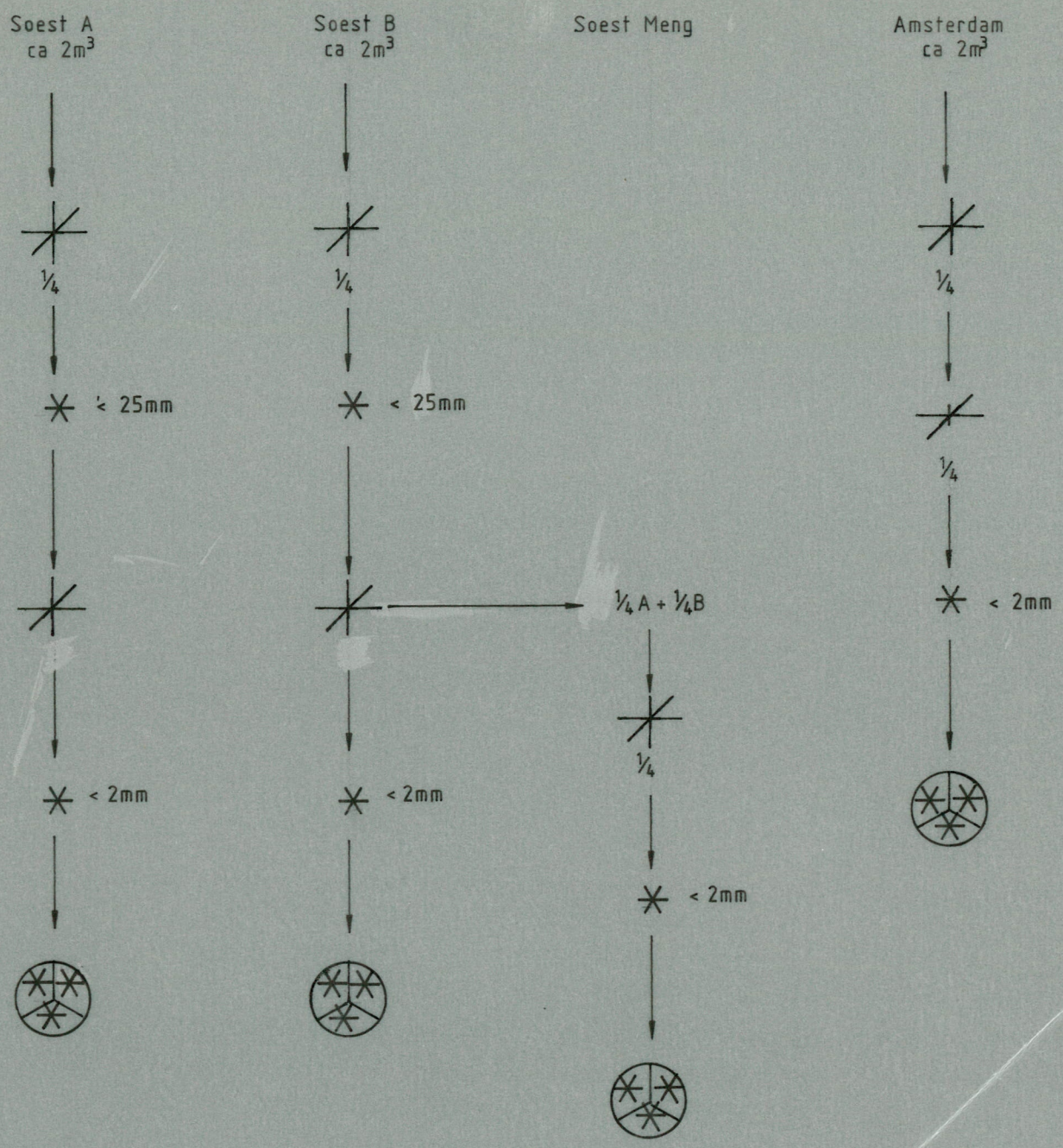
Als bedrijfskosten zijn weinig items op te geven.
Voor bedieningspersoneel kan met 1 operator worden volstaan.
De energiekosten omvatten het electriciteitsverbruik van ca. 75 kW geinstalleerd vermogen, het gasverbruik bij het opstarten van de installatie totdat de ketel voldoende is opgewarmd; verder het waterverbruik van de ketel en het AES2000 filter (2 m3/h) en de spuiwaterlozing op het riool (WVO-vergunning).

Wij vertrouwen u met deze informatie van dienst te zijn geweest en wij verblijven,

hoogachtend,
D & C ENGINEERING B.V.,

Ir. J.C. Stoeltie.

Bijlage: documentatie.

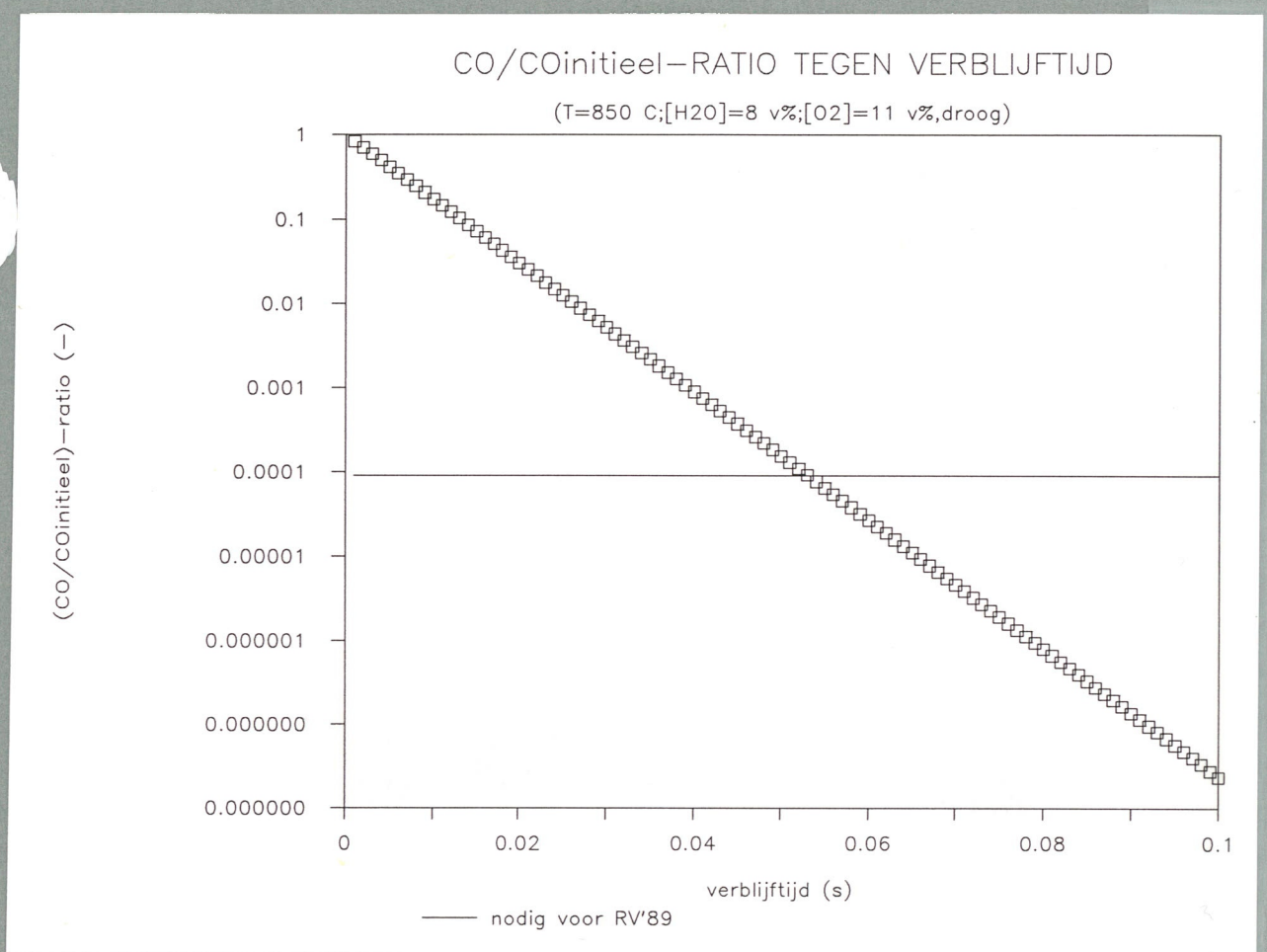


Opwerkschema houtmonsters.

MT-TNO
90-348
Fig.1

Opwerkschema houtmonsters.

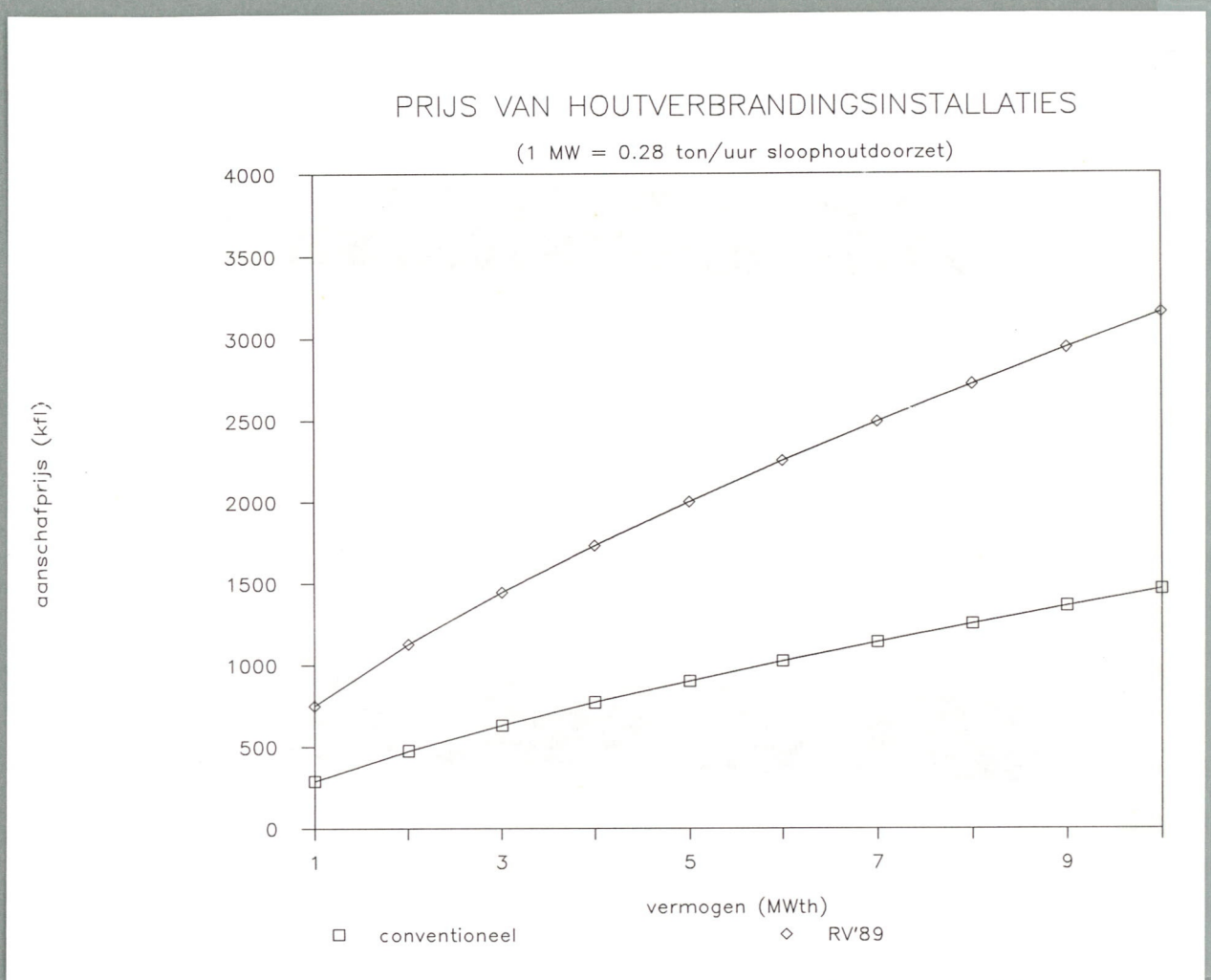
MT-TNO
90-348
Fig.1



CO-restant tegen de verblijftijd bij een temperatuur van 850°C, een H_2O-concentratie van 8 vol.% en een O_2-concentratie van 11 vol.% (droog).

MT-TNO
90-348
Fig.2

MT-ONT 90-348 Fig.5	CO-resistant tegeu qe vetpiiitiiid pii eeu tempetatuut veu 820.C eeu H_2O-concentiatiie veu 8 vol.% eu eeu O_2-concentiatiie veu 11 vol.% (qtood).

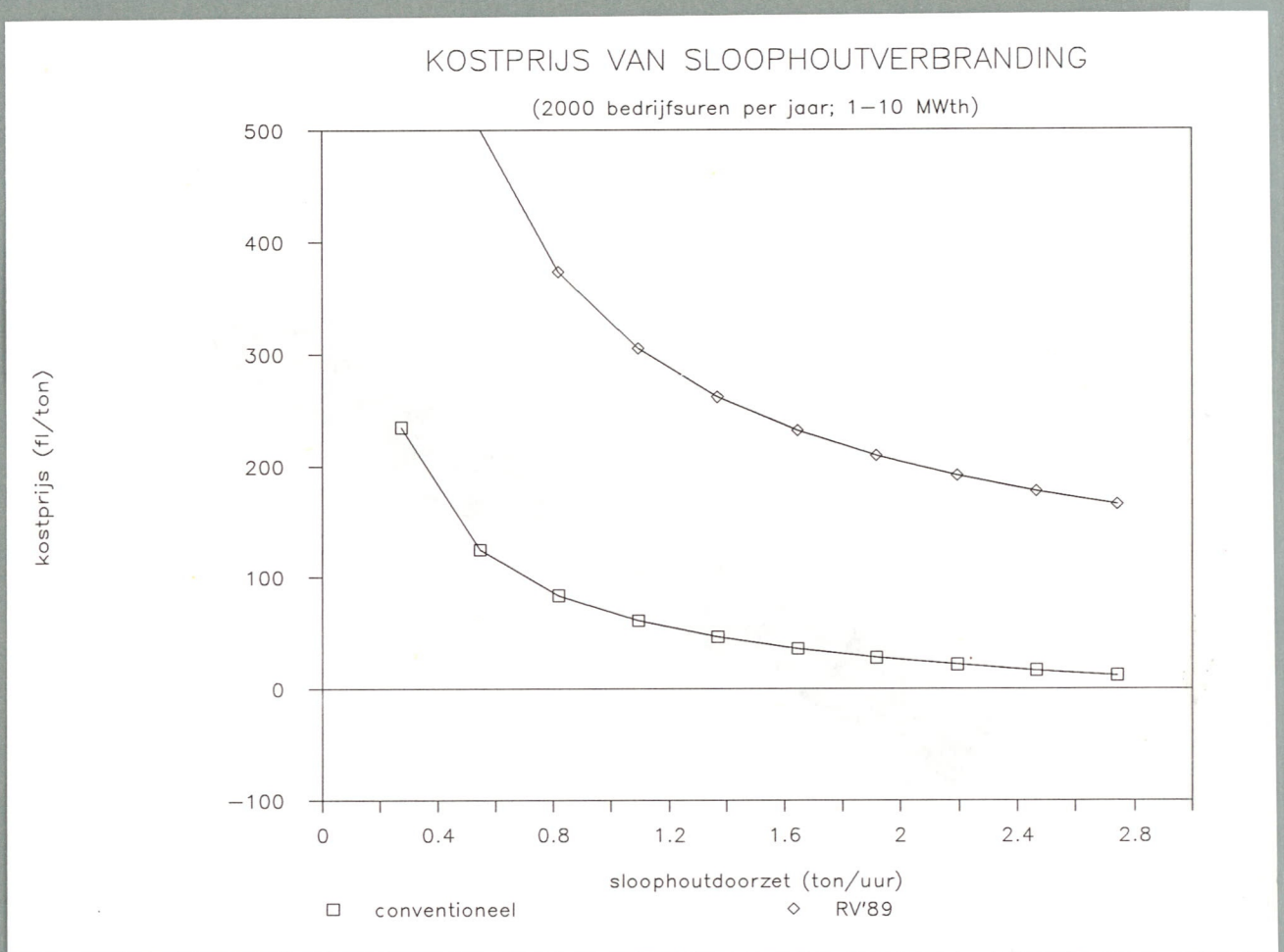


Prijs van conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties voor sloophout als functie van het thermisch vermogen.

MT-TNO
90-348
Fig.3

Prijs van conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties
voor sloophout als functie van het thermisch vermogen.

MT-TNO
90-348
Fig.3

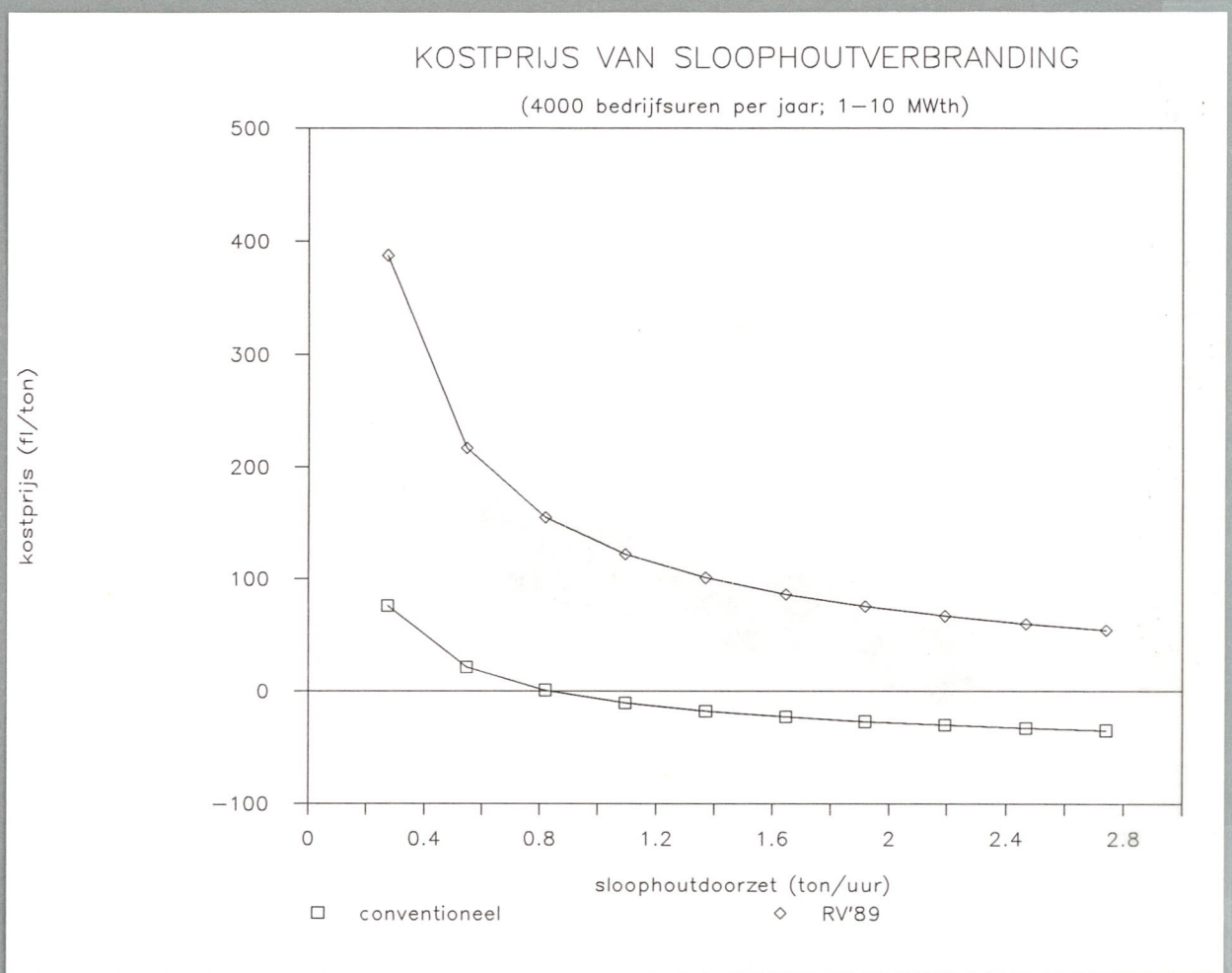


Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 2000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 4

Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 2000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 4

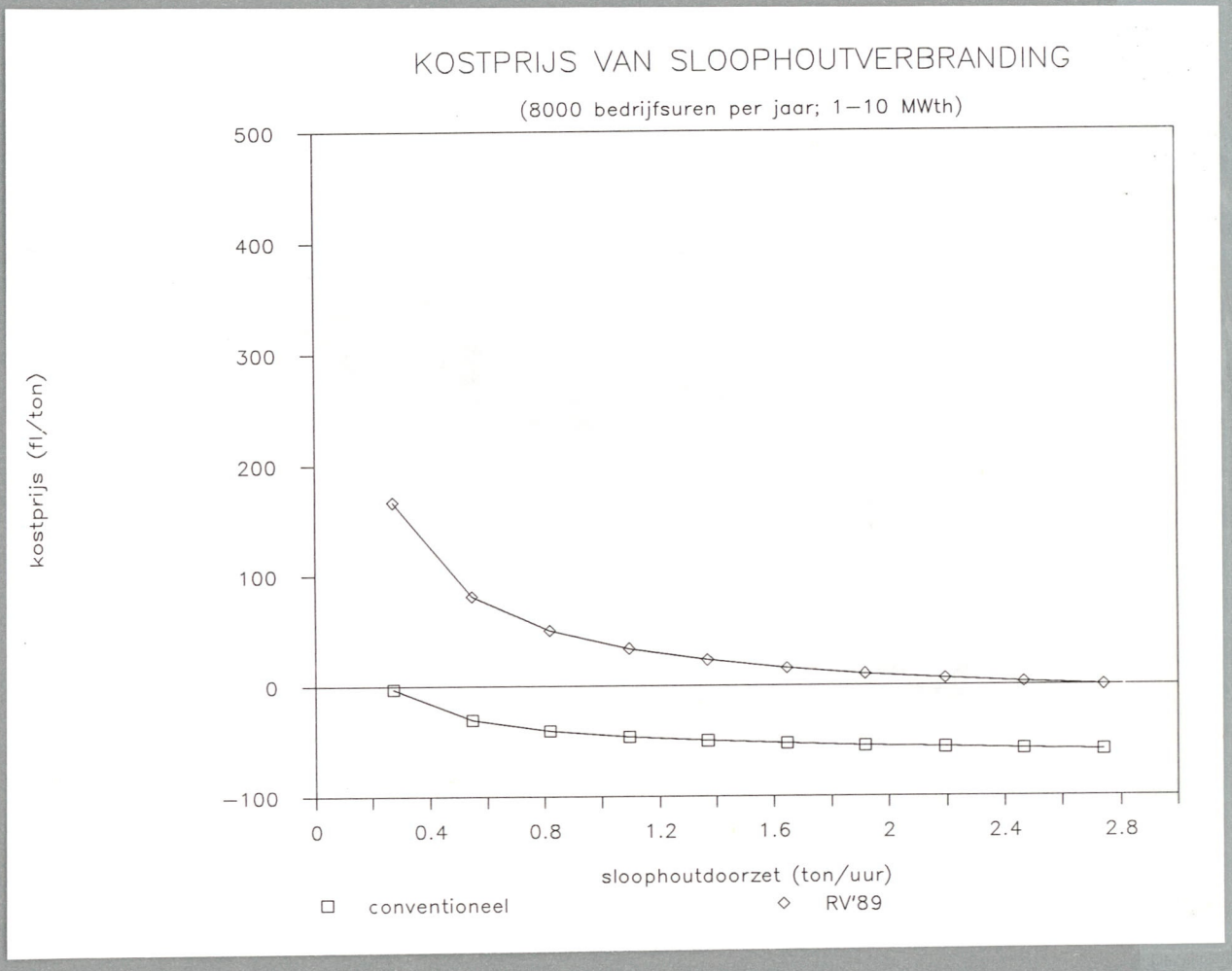


Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 5

Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 5

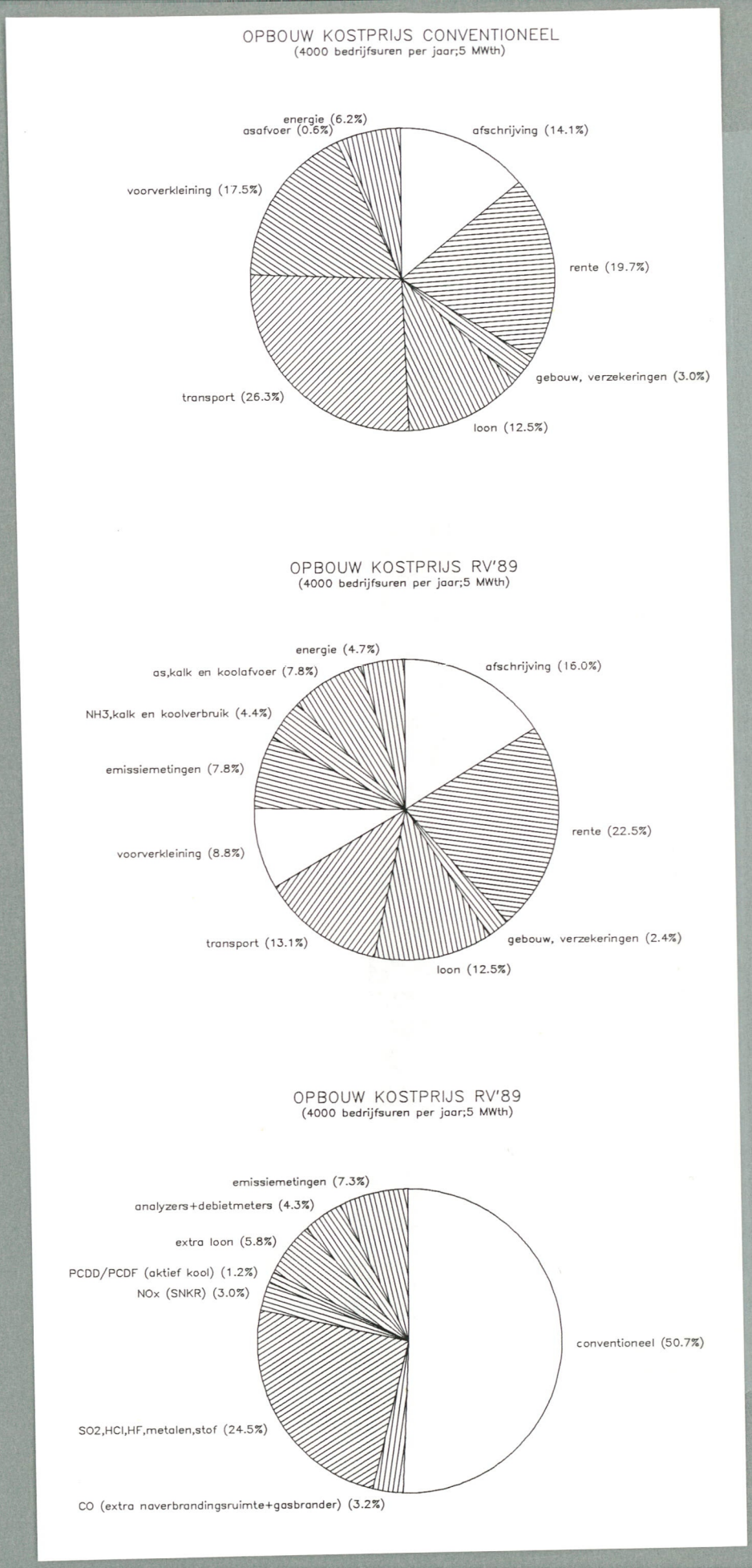


Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 8000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 6

Kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbranding-sinstallaties als functie van de doorzetcapaciteit bij 8000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig. 6



Opbouw van kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallatie bij 5 MWth vermogen en 4000 bedrijfsuren per jaar (transport fl.30,-per ton en voorverkleining fl.20,- per ton).

MT-TNO
90-348
Fig.7

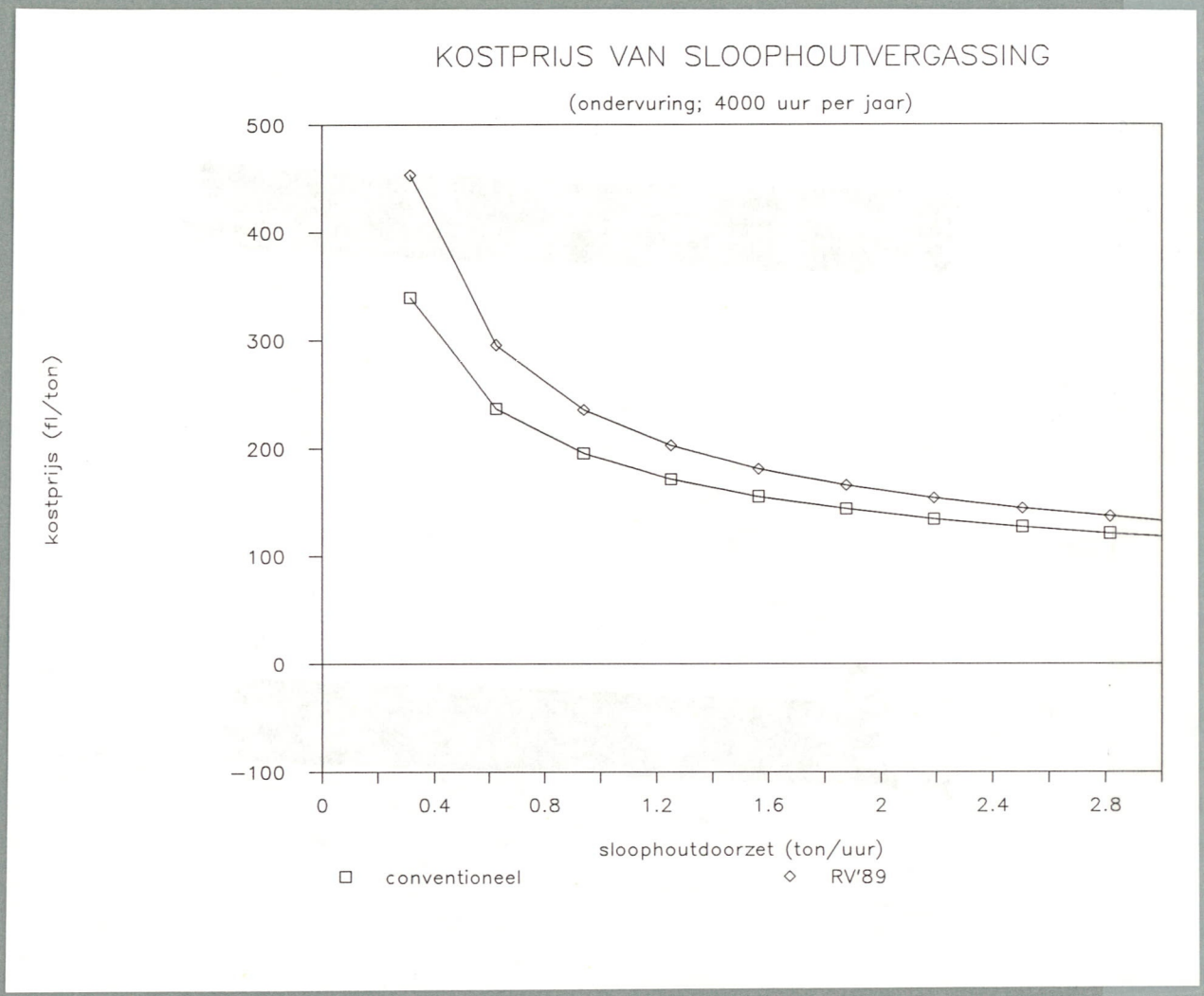
A

B

C

Opbouw van kostprijs van sloophoutverbranding in conventionele en RV'89-verbrandingsinstallatie bij 5 MWth vermogen en 4000 bedrijfsuren per jaar (transport fl.30,-per ton en voorverkleining fl.20,- per ton).

MT-TNO
90-348
Fig.7

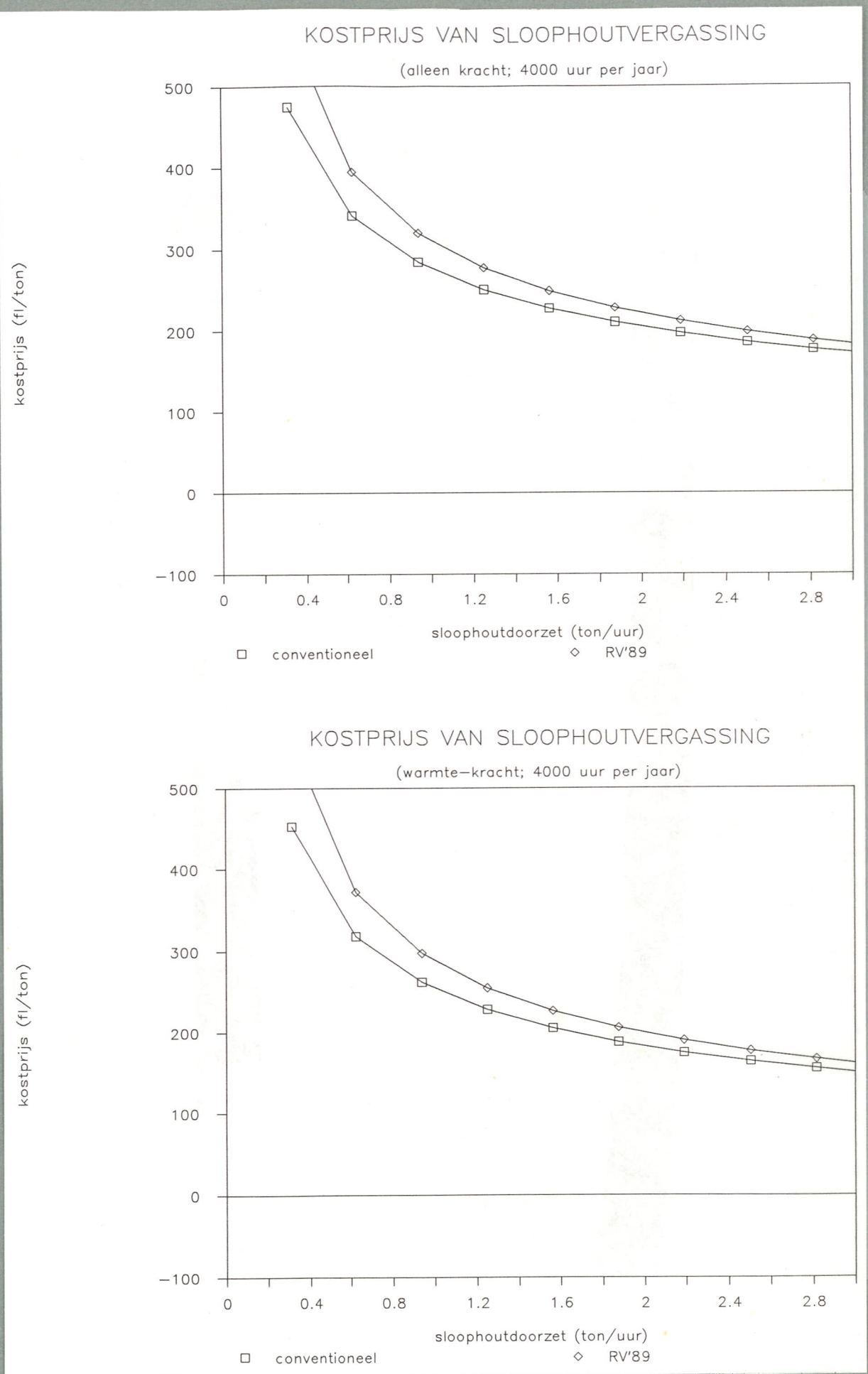


Kostprijs van sloophoutvergassing met ondervuring als functie van de doorzetcapaceit bij 4000 bedrijfsuren per jaar; conventioneel en volgens RV'89 (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig.8

Kostprijs van sloophoutverpassing met onderverdeling als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar; conventioneel en volgens RV'89 (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining).

MT-TNO
90-348
Fig.8



Kostprijs van sloophoutvergassing met krachtopwekking als functie van de doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,- per ton voor transport + voorverkleining);A:alleen kracht;B:warmte-kracht

MT-TNO
90-348
Fig.9

A

B

Kostprijs van sloophoutvergassing met krachtopwekking als functie van de
doorzetcapaciteit bij 4000 bedrijfsuren per jaar (sloophout tegen fl.50,-
per ton voor transport + voorverkleining);A:alleen kracht;B:warmte-kracht

MT-TNO
90-348
Fig.9