

Titel

ONDERZOEK NAAR DE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN
VAN HOUTAFVAL (RESTHOUT BEPLANTINGEN EN
BOUW- EN SLOOPHOUTAFVAL) -AFZETMOGELIJK-
HEDEN EN KNELPUNTEN

Auteur(s).

F.G. Esmeijer, MT-TNO,
afd. Milieutechnologie
Drs. L.H.A.M. van Ruiten,
Broers en Partners B.V.

Trefwoord(en):

- verwerking houtafval

In opdracht van:

PEO/RIVM-LAE



RECEIVED FROM THE DIRECTOR OF THE
BUREAU OF INVESTIGATION
U. S. DEPARTMENT OF JUSTICE
WASHINGTON, D. C. 20535

TO : SAC, NEW YORK
FROM : SAC, PHOENIX
SUBJECT: [Illegible]

881027
JA
duspepro

	Pagina
88-027/C2/R.22/CAP	2
INHOUDSOPGAVE	
COLOFON	4
KORTE SAMENVATTING	5
SUMMARY	8
SAMENVATTING	10
1. AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK	14
2. GEVOLGDE WERKWIJZE	17
3. HOUTAFVAL EEN PROBLEEM?	19
3.1 Maatschappelijke betekenis van houtafvalverwerking	19
3.2 Soorten houtafval	21
3.3 Toelichting resthout beplantingen en bouw- en sloop- houtafval	22
3.4 Belanghebbenden	23
3.5 Hoeveelheden	27
4. PRODUKT MARKT COMBINATIES	36
5. KNELPUNTEN EN ONZEKERHEDEN	42
6. TOEKOMSTIGE AUTONOME ONTWIKKELINGEN	46
6.1 Toekomstige hoeveelheid	46
6.2 Kwaliteit houtafval	47
6.3 De verwerkingsmogelijkheden/technieken	48
6.4 Afzetmarkten	49
7. OVERZICHT MOGELIJKHEDEN STIMULEREN HERGEBRUIK HOUTAFVAL	52
8. SCENARIO'S VOOR HOUTAFVALVERWERKING	56
9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	61

88-027/C2/R.22/CAP

3

BIJLAGEN:

1.	Literatuur	bijlage 1-1 t/m 1-2
2.	Achtergrondinformatie PMC's	bijlage 2-1 t/m 2-9
3.	Studiereis Zweden	bijlage 3-1 t/m 3-13
4.	Buitenlandse situaties	
	- "State of art" houtbenutting	bijlage 4-1 t/m 4-3
5.	Toelichting diverse technieken	bijlage 5-1 t/m 5-58
5.1	Biogas	bijlage 5-1
5.2	Compostereren	bijlage 5-5
5.3	Hydrolyse	bijlage 5-13
5.4	Vergassing	bijlage 5-16
5.5	Pyrolyse	bijlage 5-23
5.6	Houtskool	bijlage 5-29
5.7	Verbranding	bijlage 5-35
5.8	Verkleining/chippen	bijlage 5-52
6.	Doelstelling en onderlinge relatie studies	
	IVAM-RCN - TNO/BP	bijlage 6-1 t/m 6-6
7.	Houtafval op stortplaatsen	bijlage 7-1 t/m 7-2

COLOFON

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting Projectbeheer-
bureau Energieonderzoek (PEO) in het kader van het Nationaal Onderzoeks-
programma Hergebruik van Afvalstoffen (N.O.H.)

onder Contractnummer: 24.32-130.10

Beheer en coördinatie van het N.O.H.-programma berusten bij:

PEO

Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek

Leidseveer 35, Utrecht, tel.: 030-333131

en

RIVM

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Antonie van Leeuwenhoeklaan 9

3720 BA Bilthoven, tel.: 030-743166

Het N.O.H. geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van
gegevens, ontwerpen, constructies, producten of produktiemethoden voor-
komend of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan
voor enige bijzondere toepassing.

De studie is uitgevoerd door TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technolo-
gie te Apeldoorn in samenwerking met Broers & Partners B.V., Marketing-
en Organisatie-Adviseurs en tevens het Organisatie en Adviesbureau Van
Ruiten.

Meer exemplaren van dit rapport zijn verkrijgbaar door overmaking van
f 53,00 inclusief 6% BTW op girorekening 416269 ten name van TNO-MT,
Apeldoorn ten name van dhr. J.J.M. Post onder vermelding van rapport-
nummer 88-027 en rapporttitel "Onderzoek aan houtafval".

KORTE SAMENVATTING

In het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (N.O.H.) is een studie verricht naar de toepassingsmogelijkheden van bouw- en sloophoutafval en resthout beplantingen (snoeihout-, oogstafval).

De studie is uitgevoerd door MT-TNO, in samenwerking met Broers & Partners B.V. Het onderzoek omvatte een inventarisatie van de vrijkomende hoeveelheden houtafval, het nagaan van de afzetmogelijkheden en het signaleren van de knelpunten die zich bij de toepassing van houtafval voordoen.

Van de 1 - 1,4 miljoen ton houtafval die jaarlijks ontstaat, wordt circa 770.000 ton niet op economische wijze benut, waarvan circa 120.000 ton bouw- en sloophoutafval en circa 300.000 ton resthout beplantingen (uit bossen, landschappelijke beplantingen en plantsoenen).

De laatste jaren is een stagnatie opgetreden in de afzetmogelijkheden van bouw- en sloophoutafval naar de spaanplaatindustrie alsmede bij de thermische benutting ervan. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage energieprijzen, de strenge eisen die gesteld worden aan de emissies bij de verbrandingsinstallatie en de lage opbrengst van houtafval in de Duitse spaanplaatindustrie.

Uit de studie blijkt dat er bredere mogelijkheden tot verdere benutting van houtafval zijn door marktvergroting voor geperste producten, verbranding van zuiveringsslib te zamen met houtafval, opzetten van een spaanplaatindustrie in Nederland (joint-venture met een buitenlands bedrijf) en grootschalig gecentraliseerde opwerking.

De benutting van resthout beplantingen is beperkt. Op kleine schaal wordt gecomposteerd en worden houtchips als bodembedekker toegepast.

Voorgesteld wordt de volgende toepassingsonderzoeken uit te voeren:

- demonstratieproject voor verbranding van snoeihoutchips voor energieopwekking;
- ontwikkeling van een mobiele installatie voor houtverkoling;
- ontwikkeling van een geïntegreerde blad/houtscheider voor chipinstallaties.

88-027/C2/R.22/CAP

7

TREFWOORDEN

HOUTAFVAL, BOUW- EN SLOOPHOUTAFVAL, RESTHOUT AANPLANT, SNOEIHOUT, INVENTARISATIE HOEVEELHEDEN, AFZETMOGELIJKHEDEN, KNELPUNTEN, PRODUKT-MARKT-COMBINATIES.

SUMMARY

Within the framework of the National Research Programme Reuse of Waste Products a study has been made of the applicability of building and demolition wood wastes, as well as forest/garden wood waste.

The study has been carried out by TNO's Division of Technology of Society, in cooperation with Broers & Partners B.V. The investigation included an inventory of the quantities of woody residues that are made available, an examination of potential markets, and a signalling of bottlenecks that occur in the application of woody residues.

Of the 1.0 to 1.4 million tons of woody residues that are made available every year, approximately 770,000 tons are not used in an economic way. Of these 770,000 tons 120,000 tons consist of building and demolition wood wastes, while 300,000 tons are forest/garden wood waste.

In the past few years there has been a stagnation in potential markets for building and demolition wood wastes meant for the chipboard industry and in the sector of its thermal exploiting. This was mainly caused by low energy prices, high emission demands, and low prices quoted by the German chipboard industry.

There are possibilities for further use by enlarging the market for compressed products, by incinerating purification sludge together with woody residues, by starting a chipboard industry in the Netherlands (joint venture with a foreign company), and large-scale centralized recycling.

The use of woody garden wastes is restricted to some small-scale composting, while wood chips are used as ground cover.

It is suggested to carry out the following applicability investigations:

- demonstration project for the incineration of pruning chips for energy generation
- development of a mobile installation for wood carbonization
- development of an integrated leaf/wood separator for chip installations.

Keywords:

wood wastes - building and demolition wood wastes - forest residues -
garden wood waste - prunings - inventory quantities - potential markets
- bottlenecks - product/market combinations.

SAMENVATTING

Gezien de grote hoeveelheid houtafval die jaarlijks in Nederland ontstaat en de relatief geringe mate van hergebruik, is in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH), een studie verricht naar de toepassingsmogelijkheden van bouw- en sloophoutafval en resthout beplantingen uit bossen, landschappelijke beplantingen en plantsoenen.

Deze studie is uitgevoerd door TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie en Broers & Partners B.V., Marketing- en Organisatie-Adviseurs in samenwerking met de Belangenvereniging Recyclingbedrijven Bouw- en Sloopafval (BRBS).

Het oorspronkelijk ingediende onderzoekvoorstel omvatte vier fasen. Door het NOH werd opdracht verleend tot uitvoering van fase 1 van dit onderzoekvoorstel.

In deze rapportage wordt verslag gedaan van de in fase 1 uitgevoerde studie naar de afzetmogelijkheden en knelpunten bij de verwerking van houtafval (resthout beplantingen en bouw- en sloophoutafval).

De belangrijkste resultaten van de door TNO en Broers & Partners B.V. verrichte studie worden in het hiernavolgende nader toegelicht.

De hoeveelheid resthout beplantingen (snoeihout) bedraagt jaarlijks 300.000 à 450.000 ton. Vooral de hoeveelheid snoeihout en oogstafval uit parken en plantsoenen is de laatste jaren aanzienlijk toegenomen. De benuttingsgraad is laag (circa 20%), hetgeen vooral veroorzaakt wordt door de lage energieprijzen en door de vorm, waarin het snoeihout vrijkomt (laag gewicht per volume eenheid en wisselende samenstelling). Zodoende heeft circa 300.000 ton/jaar resthout beplantingen geen economische bestemming. De onbekendheid van "groenverwerkers" (onderhoudsbedrijven met betrekking tot parken en plantsoenen) met de mogelijkheden die benuttingstechniek, zoals houtverkoling en verbranding bieden, zijn mede debet aan de lage benutting van resthout beplantingen.

De hoeveelheid bouw- en sloophoutafval bedraagt jaarlijks 150.000 à 200.000 ton. Bij een benuttingsgraad van circa 30% resteert jaarlijks circa 120.000 ton houtafval. De benutting is sinds 1983 teruggelopen als gevolg van de lage energieprijzen en de lagere prijzen voor afzet in de buitenlandse spaanplaatindustrie.

De berekende, jaarlijks vrijkomende hoeveelheden houtafval in Nederland en de economische bestemming daarvan in 1986 zijn in onderstaande overzicht samengevat:

soorten houtafval	vrijkomende hoeveelheden in 1.000 ton	bestemming met (economische) waarde	***	
			geen (economische) waarde in 1.000 ton	energiebelang in equivalent aardgas in miljoen m ³
resthoutbeplantingen	300 à 450	20%	circa 300	circa 75
houtresten *	200 à 300	80%	circa 50	circa 25
bouw- en sloophoutafval (oud hout)	150 à 200	30% **	circa 120	circa 50
afgedankte houtenprodukten	350 à 400	20%	circa 300	circa 50
Totaal	1.000 à 1.350	35%	± 770	± 300

* exclusief nevenprodukten van primaire zagerijen

** ten opzichte van 1983 is het benutten van bouw- en sloophoutafval teruggelopen. Vooral de lage energieprijzen en de lage prijzen voor de afzet in de buitenlandse spaanplaatindustrie liggen hieraan ten grondslag.

*** Vooral voor deze hoeveelheden wordt gezocht naar additionele bestemmingen.

Door een werkbezoek aan Zweden, waarbij verkleiningstechnieken als chippen en benuttingstechnieken als energie-opwekking van snoeihout nader zijn bestudeerd, is gebleken, dat deze technieken ook in Nederland toegepast kunnen worden. Als gevolg hiervan heeft de Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij (NEOM) besloten een haalbaarheidsstudie naar energie-opwekking op basis van snoeihout uit te laten voeren. Dit ter voorbereiding van de uitvoering van een demonstratieproject bij een geselecteerde groenverwerker.

Ten aanzien van de economische haalbaarheid van energie-opwekking uit houtafval zijn de hoogte van de gasprijs, de eigen behoefte aan energie en de vergoeding voor teruglevering aan het elektriciteitsnet, kritische parameters.

Benutting van houtafval uit bossen en grienden is deels mogelijk. Om de (dure) transportbewegingen te beperken, zullen verwerkingsinstallaties in de nabijheid van concentratieplaatsen moeten worden gebracht. De ontwikkeling van een "mobiele" houtverkolingsinstallatie voor griendhout (10.000 - 20.000 ton/jaar) wordt derhalve aanbevolen. Winning van houtafval (chips) uit bossen is echter slechts dan economisch mogelijk indien dit gemechaniseerd, zonder handaanvoer, kan plaatsvinden. In het buitenland, met name Zweden, wordt in de praktijk op deze wijze houtafval uit bossen ingezameld.

De toepassing van bouw- en sloophoutafval als energiebron is technisch goed uitvoerbaar. Aangezien bouw- en sloophoutafval echter verontreinigd is met verven, impregneermiddelen en kunststoffen, zijn adequate milieubescherpende maatregelen noodzakelijk. De toepassing kan daardoor economisch minder aantrekkelijk worden.

De markt voor geperste producten uit houtafval is groeiend. Voor een belangrijk deel kan hiervoor bouw- en sloophoutafval worden ingezet. Ondersteuning, gericht op uitbreiding van deze activiteiten, is gewenst. Ook dient te worden nagegaan of door grootschalige bewerking, (decentrale voorbewerking en gecentraliseerde nabewerking tot de kwaliteitseisen) een betere prijsstelling bij de spaanplaatindustrie kan worden bewerkstelligd.

Het opzetten van een spaanplaatindustrie in Nederland (joint-venture met een buitenlands bedrijf) kan, gelet op de logistieke aspecten, zinvol zijn. Voor een deel kan bouw- en sloophoutafval in een dergelijke Nederlandse industrie worden verwerkt, op deze wijze kan een bijdrage geleverd worden aan het voornemen van de overheid om de zelfverzorgingsgraad van hout van 8% op te voeren naar 25%.

Op grond van de gesignaleerde knelpunten en mogelijkheden worden de volgende maatregelen met een eerste prioriteit aanbevolen:

- Nagaan van de mogelijkheden om houtafval te benutten voor slibverwerking/verbranding;
- Demonstratieproject voor het benutten van resthout beplantingen in een 3 à 5 MW energie-opwekkingsinstallatie;
- Aantrekken van een spaanplaatindustrie in Nederland;
- Meer kennisoverdracht ten aanzien van ervaringen met beperking van de hoeveelheden houtafval en het benutten van houtafval;
- Verdere produktontwikkeling van geperst hout;
- Ontmoedigen van het storten van houtafval;
- Ontwikkelen van een mobiele houtverkolingsinstallatie voor resthout aanplant.

Effect van de maatregelen:

- Verwacht wordt dat na introductie en opschaling van voornoemde maatregelen de hoeveelheid houtafval, dat heden geen economische waarde heeft, kan dalen van ± 770.0000 ton/jaar naar ± 500.000 ton/jaar (extra benutting van circa 250.000 ton houtafval of circa 100 miljoen/m³ aardgas).
- Indien de energieprijzen stijgen kan, bij grootschalige verbranding voor bijvoorbeeld energie-opwekking, het restant voor een belangrijk deel worden benut.
- Hogere afvalverwerkingstarieven zullen een extra stimulans vormen voor het gebruik van houtafval.

1. AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

De afgelopen jaren is met zeer wisselend succes door verschillende bedrijven getracht een nuttige bestemming te geven aan het in Nederland vrijkomende houtafval. Veel investeringen hebben echter niet het verwachte resultaat opgeleverd en een groot deel van het houtafval wordt daarom niet benut. Dit heeft er toe geleid, dat er bij de Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek (PEO) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH) behoefte ontstond aan meer inzicht in de hergebruiksmogelijkheden van de diverse soorten houtafval en aan informatie omtrent mogelijkheden om het hergebruik van houtafval te vergroten.

Als gevolg daarvan werd opdracht gegeven voor het uitvoeren van drie studies:

- "Afvalhout van kleine (houtverwerkende) bedrijven", uit te voeren door de Interfacultaire Vakgroep Milieukunde van de Universiteit van Amsterdam (IVAM).
- "Optimale policy voor hergebruik van houtresten in de hout- en meubelbranche", uit te voeren door Heidemij Adviesbureau B.V. (later gewijzigd in Reststoffen Centrum Nederland (RCN) en IVAM).
- "Onderzoek naar toepassingen van houtafval (resthout aanplant en bouwen sloophoutafval) uit te voeren door TNO en Broers & Partners.

De doelstellingen van deze drie studies en de relatie daartussen is weergegeven in bijlage 6.

Zowel door de opdrachtgever als de hout(afval)verwerkende bedrijven werd de wens geuit, dat de drie studies op elkaar zouden worden afgestemd. Binnen de TNO/Broers & Partners studie zal derhalve aandacht worden besteed aan de andere twee studies. Het blijven echter drie afzonderlijke studies c.q. rapporten.

De coördinatie van deze studies is vanuit het PEO/RIVM verzorgd door

Ing. K. Meiling alsmede door het Marketing en Organisatie Adviesbureau Van Ruiten.

Het doel van de TNO/Broers & Partners studie kan als volgt nader worden gedefiniëerd:

"Aangeven volgens welke scenario's het houtafval, afkomstig van bouw- en sloopafval en uit bossen en landschapselementen, te be- of verwerken is tot afzetbare producten. Hierbij worden de technische, economische en organisatorische/infrastructurele aspecten nader geanalyseerd. Een beter inzicht moet leiden tot een optimalisatie van het hergebruik van houtafval. Aangegeven zal worden welke maatregelen het meest effectief zijn om een verantwoord hergebruik te stimuleren".

Het totale voorgestelde onderzoek omvat vier fasen, te weten:

Fase 1 - Afzetmogelijkheden en knelpunten

Beslismoment

Fase 2 - Formuleren van deelprojecten

Fase 3 - Uitvoeren van deelprojecten

Fase 4 - Evaluatie van de resultaten en opstellen van de meest realistische scenario's

In deze rapportage wordt het fase 1-onderzoek weergegeven, waarbij tevens deelprojecten van fase 2 nader worden omschreven.

Het doel en de uitvoering van het onderzoek in fase 1 kan als volgt nader worden gespecificeerd:

Doel

- Definiëring van de mogelijke afzetmarkten voor producten (ook energie) van be- of verwerking van houtafval;
- Kwantitatieve beschrijving van de problematiek van snoeihout en hout uit bouw- en sloopafval en kwantificering van het mogelijke aanbod aan houtafval van be- of verwerking (basis literatuur informatie);

- Aangeven van de mogelijkheden en knelpunten in technische en organisatorische zin, die zich kunnen voordoen wanneer het aanbod van houtafval en de afzet van produkten in combinatie met elkaar worden beschouwd.

Het opstellen van projectvoorstellen waarmee gesignaleerde knelpunten kunnen worden opgelost.

Uitvoering

De studie omvat de volgende werkzaamheden:

- Inventarisatie van potentiële belanghebbenden: probleembezitters, potentiële verwerkers, potentiële afnemers;
- Verzamelen van informatie met betrekking tot de aard waarin houtafval vrijkomt, de concentratiegebieden en de aard van de mogelijke afzetbare produkten;
- Weergave van bestaande en in ontwikkeling zijnde verwerkingstechnieken;
- Weergave van mogelijk te fabriceren produkten en de bijbehorende afzetmarkten;
- Analyse van de bestaande knelpunten:
 - infrastructuur;
 - technologische ontwikkelingen;
 - afzetmarkt;
- Aangeven van de knelpunten op korte termijn en ook op de lange termijn.

Bij deze studie is, naast de projectuitvoerders, ook de Direktie Bos- en Landschapsbouw (voorheen Staatsbosbeheer) actief betrokken.

Om zo snel mogelijk te komen tot een optimalisatie van houtafvalverwerking, zal getracht worden de specifieke expertise van houtafvalaanbieders, -inzamelaars, en -verwerkers te benutten. Er is daarom samengewerkt met de BRBS.

2. GEVOLGDE WERKWIJZE

Gelet op de grote kwaliteitsverschillen in de diverse soorten houtafval en het grote aantal afzetmogelijkheden is gekozen voor de volgende aanpak:

a. Nadere beschrijving van het probleem.

Is houtafval een probleem? Wat is het probleem? En hoe groot is het probleem?

b. Vaststellen van de markten.

Aan de hand van een "Produkt Markt Combinatie" (PMC-) analyse aangeven van aantrekkelijke opties.

c. Weergeven van de knelpunten en onzekerheden.

Op basis van interviews, gezamenlijk overleg en literatuurstudie aangeven van belemmeringen.

d. Weergeven van autonome ontwikkelingen.

e. Opstellen van een overzicht van de diverse mogelijkheden om hergebruik te stimuleren.

f. Ontwikkelen van scenario's

Door een clustering van de diverse mogelijkheden kunnen verschillende scenario's gevormd worden om aan te geven wat er zou kunnen gebeuren met houtafval.

Bij de uitvoering van de bovengenoemde aanpak zijn in de periode oktober 1986 tot oktober 1987 de volgende werkzaamheden verricht:

- Literatuurstudie naar de diverse verwerkingsmogelijkheden. Hierbij zijn tevens de internationale ervaringen met houtafvalverwerking nagegaan.
- Gesproken is met diverse houtafvalproducenten van bouw- en sloophout en producenten van resthout aanplant uit stedelijke bebouwing en uit de bosbouw.

- Gesproken is met 10 stortplaatsbeheerders over hun ervaringen/inzichten betreffende de hoeveelheid aangeboden houtafval op stortplaatsen en de herkomst van dit afval (zie bijlage 7).
- Naast bilaterale gesprekken zijn er twee groepsbesprekingen geweest met leden van de BRBS.
- Overleg heeft plaatsgevonden met diverse initiatiefnemers van houtafvalverwerking, zowel handelaren in oud hout, als versnipperaars, verbranders, composteerders als medewerkers van New Energy (pyrolyse) en Presswood (geperste produkten).
- Gesproken is met potentiële afnemers van houtafvalprodukten, onder andere van waterzuiveringsinstallaties, Belgische spaanplaatindustrie, papierindustrie, slibverwerkers en handelaren in houtskool/openhaard hout.
- Er zijn bijeenkomsten georganiseerd met diverse belanghebbenden in hout c.q. houtverwerking en overheidsinstellingen. Doel van de bijeenkomsten was het informeren van de belanghebbenden over de resultaten van de NOH-studies. Naast deze bijeenkomsten heeft ook bilateraal overleg plaatsgevonden met PEO, RIVM en NEOM.
- Frequent heeft overleg plaatsgevonden met RCN en IVAM over de voortgang van de projecten. Gezamenlijk is een PMC-analyse uitgevoerd. Van de interessantste opties zijn kwalitatieve en kwantitatieve gegevens verzameld en geanalyseerd.
- Afstemming heeft plaatsgevonden met aanverwante projecten, uitgevoerd binnen TNO, onder andere met betrekking tot houtvergassing en verbranding. Met een verbrandingsdeskundige van TNO en Stierman-Soest B.V. (gespecialiseerd in apparatuur voor be/verwerken van bomen en snoei-hout) is een werkbezoek gebracht aan Zweden. Bezocht zijn fabrikanten van grote versnipperaars en warmtecentrales, gestookt met houtchips.

3. HOUTAFVAL EEN PROBLEEM?

Alvorens in te gaan op de activiteiten die geëntameerd kunnen worden om het (her)gebruik van houtafval te bevorderen, zal aangegeven worden wat de maatschappelijke betekenis is van het meergebruiken van houtafval; welke soorten houtafval onderscheiden kunnen worden, wie de belanghebbers zijn in de houtafvalketen en welke hoeveelheden houtafval er vrijkomen.

3.1 Maatschappelijke betekenis van houtafvalverwerking

De prioriteit, die gegeven wordt aan het stimuleren van het hergebruik van houtafval, wordt bepaald door een aantal uiteenlopende factoren. Het gebruik van houtafval vormt een onderdeel van het politieke streven om de zelfvoorzieningsgraad wat hout in Nederland betreft te vergroten van 8% naar 25%.

De betere c.q. verbeterde soorten houtafval kunnen, aangezien de huidige hoeveelheid houtafval ongeveer 1/3 bedraagt van het totale houtgebruik in Nederland, een wezenlijke bijdrage leveren aan het verlagen van de houtimport.

Het thermisch benutten van houtafval kan in Nederland in zeer beperkte mate een besparing betekenen op de fossiele brandstof. In houtrijke landen, zoals Zweden, daarentegen wordt op grotere schaal biomassa gebruikt als duurzame energiebron.

Houtafval kan een belasting veroorzaken van het milieu. Naast het volumebeslag indien houtafval gestort wordt, kan het verbranden en vooral onvolledige verbranding luchtverontreiniging veroorzaken. In het bijzonder bouw- en sloophout, dat verontreinigd is met impregneermiddelen, verf en kunststoffen, veroorzaakt bij het ontbreken van een adequate rookgasreiniging luchtverontreiniging.

De asresten van dit hout zijn bovendien sterk verontreinigd met zware metalen.

Het achterlaten van dood hout in bossen en landschappelijke beplantingen wordt, mits niet sterk geconcentreerd op één plaats (behalve na calamiteiten), als milieuvriendelijk/ milieuverrijkend beschouwd. Schimmelvorming in een dikke laag houtsnippers in de buurt van bijvoorbeeld speelterreinen voor kinderen, kan echter overlast bezorgen. Verbranding in de openlucht van takafval uit bossen en plantsoenen kan naast rookemissie, ook verkeersoverlast veroorzaken.

Het selecteren, transporteren, opwerken en verwerken van houtafval is door het relatieve grote volume een arbeidsintensieve aangelegenheid. Momenteel hebben de leden van de BRBS circa 100 miljoen gulden geïnvesteerd in produktie-apparatuur en geven werk aan een kleine duizend man, waarvan slechts een zeer beperkt aantal mensen zich bezighoudt met houtverwerking.

Het benutten van houtafval heeft een gunstig effect op de werkgelegenheid, zowel in de bosbouw, de transportsector, bij apparatenbouwers als ook bij eindgebruikers. Uitgaande van 1 extra arbeidsplaats per (3.000) ton additioneel te gebruiken houtafval zal, indien de helft van het niet benutte houtafval alsnog benut wordt, er sprake zijn van (100 à 150) extra arbeidsplaatsen.

De belangrijkste drijfveer voor het gebruik van houtafval in Nederland is echter de besparing op afvalverwerkingskosten. Vooral houtafval uit stedelijk groen, afgedankte houten produkten en bouw- en sloophoutafval moet veelal tegen hoge kosten verwerkt worden. Aangezien er stortplaatsen zijn die houtafval weren, zijn veel aanbieders van houtafval aangewezen op afvalverbrandingsinstallaties. Berekend is, dat inzamelen, opslag en afvoer van snoeihout uit parken en plantsoenen jaarlijks f 30 miljoen kost. De kosten voor resthout van weg- en bermonderhoud zouden circa f 5 à 10 miljoen bedragen.

De afvalverwerkingskosten, inclusief inzameling, verkleinen en transport van al het afvalhout, bedragen naar schatting jaarlijks f 100 miljoen.

3.2 Soorten houtafval

De ramingen over de hoeveelheid houtafval lopen dikwijls sterk uiteen. De verwarring die hierdoor ontstaat wordt onder meer verklaard door verschillen in definitie wat onder houtafval wordt verstaan en de gebruikte onderverdeling in de diversen soorten houtafval. In dit rapport is gekozen voor een ruime definitie van het begrip afval: namelijk conform het voorstel voor de norm NEN 6410:

"Datgene wat voor de houder van weinig of geen waarde is en waarvan de houder zich ontdoet of moet ontdoen"

Gelet op het aspect "weinig of geen waarde", wordt hout dat vrijkomt bij houtbewerking en dat een hoge opbrengstwaarde heeft, beschouwd als nevenprodukt en niet als afval. Een voorbeeld hiervan is het houtzaagsel en snippers welke vrijkomen bij primaire zagerijen bestemd voor de papierindustrie.

Onder houtafval wordt verstaan: al het in een bedrijf of elders vrijkomend hout dat in vergelijking met het hoofdprodukt weinig of geen verkoopwaarde heeft. Voor de verschillende soorten houtafval worden in overleg met RIVM, IVAM en RCN de volgende benamingen gehanteerd:

- Resthout beplantingen

Dit is houtafval dat vrijkomt uit bossen, plantsoenen en overige landschapselementen, door snoeien van bestaande bomen en struiken en bij het oogsten.

- Houtresten

Dit is houtafval dat vrijkomt in de houtverwerkende industrie; gelet op NEN 6410 wordt in principe houtafval, dat voor een redelijke prijs wordt verkocht, niet meegerekend.

- Bouw- en sloophoutafval

Dit is het houtafval dat vrijkomt bij het bouwen, renoveren en slopen van woningen en utiliteitsgebouwen.

- Afgedankte houten produkten

Bij dit soort houtafval kan nog onderscheid worden gemaakt in afgedankte houtprodukten van bedrijven en afgedankte houtprodukten van huishoudens.

Bouw- en sloophoutafval en afgedankte produkten worden tezamen "oud hout" genoemd.

3.3 Toelichting resthout beplantingen en bouw- en sloophoutafval

Aangezien de voorliggende studie specifiek betrekking heeft op resthout beplantingen en bouw- en sloophoutafval wordt enige achtergrondinformatie hierover gegeven.

Bossen vervullen in het algemeen functies ten behoeve van houtproductie, natuurbeheer en recreatie.

Het achterblijven van houtafval is vanuit die functies niet bezwaarlijk en vanuit milieuoverwegingen zelfs wenselijk.

Indien wel houtafval wordt afgevoerd geschiedt dat vanuit economische of vito-sanitaire overwegingen.

In bossen met het accent op de natuur vindt slechts een beperkte houtoogst plaats, zodat zoveel mogelijk biomassa in de vorm van dood hout achterblijft.

Bij kap blijven de toppen en takken in het bos achter. Een tweetal overwegingen liggen hieraan ten grondslag:

- zo min mogelijk onttrekken van biomassa uit de relatief arme bosgronden;
- er is geen economische waarde voor het "dunne" takhout van de toppen en bovendien is uitslepen en verwerken zeer arbeidsintensief.

Als gevolg van het aanleggen van parken en plantsoenen met snelgroeiende gewassen in bebouwde omgevingen, worden door het noodzakelijke intensieve onderhoud, de gemeenten met een grote hoeveelheid afval geconfronteerd. Door herbeplanting met langzaamgroeiende gewassen kan de hoeveelheid snoeihout aanzienlijk worden beperkt.

Een gegeven lijkt echter dat de gemeenten een gedifferentieerde vorm van beplantingen in de woonomgeving niet willen missen.

Houtafval uit bouw- en sloopafval is meestal vermengd met andere bouwmaterialen. Alleen verhandelbaar hout wordt selectief uit sloopobjecten verwijderd. Door de toepassingsmogelijkheden van de steenfractie uit bouw- en sloopafval ontstaat meer en meer de tendens om hout en andere materialen uit een sloopobject selectief af te scheiden.

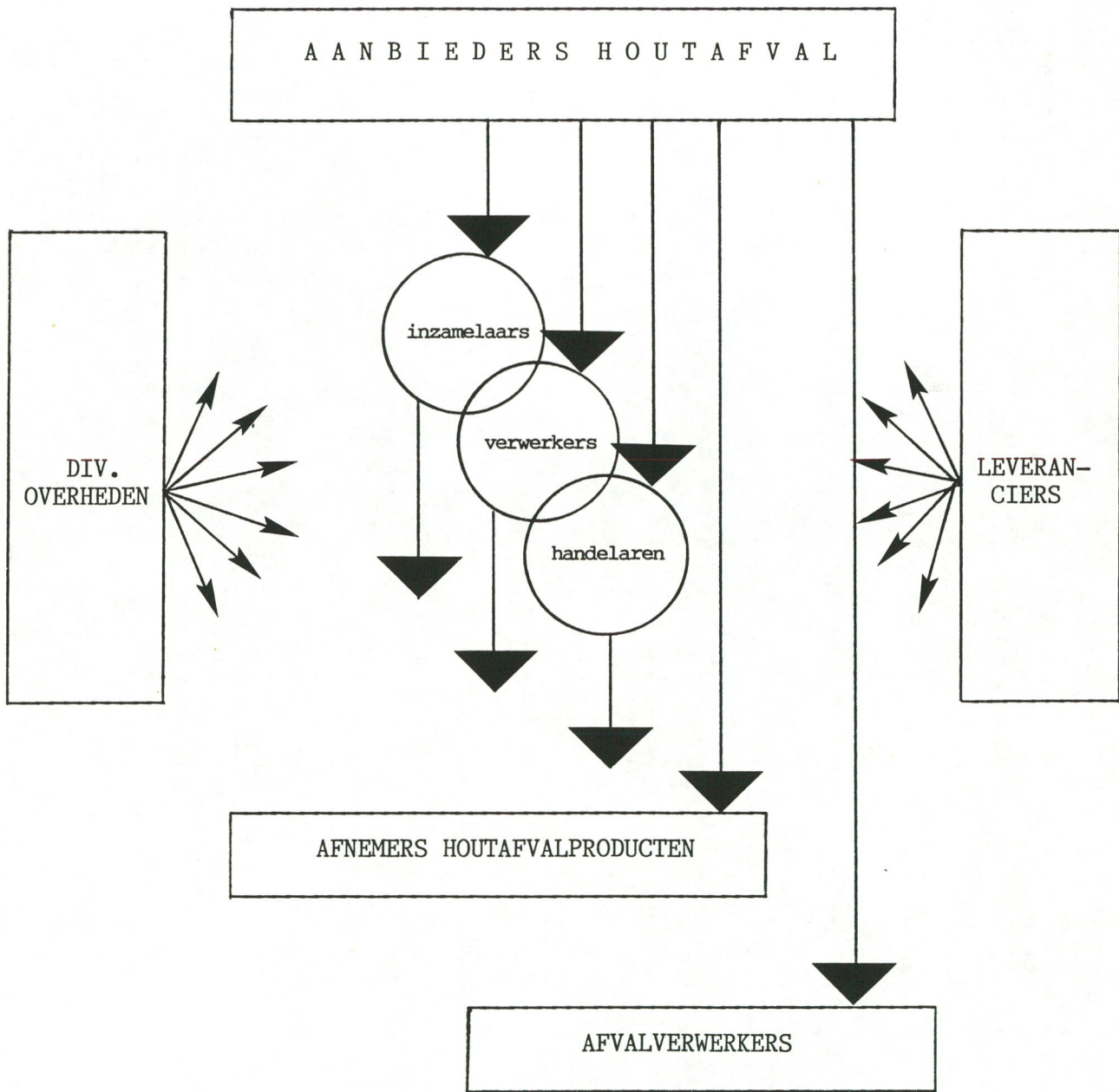
In recyclinginstallaties voor bouw- en sloopafval kan hout handmatig of machinaal afgescheiden worden. Hierdoor ontstaat een houtafvalstroom die ten dele wordt benut. Door verkleinen, ontijzeren, fractioneren en reinigen ontstaat een houtprodukt dat verwerkt kan worden in de spaanplaatindustrie en geschikt is voor het persen van houten produkten. Van groot belang voor de kwaliteit van het bouw- en sloophoutafval is het feit of al dan niet selectief gesloopt wordt. Gelet op het huidige gebouwenbestand wordt verwacht, dat het hout in te slopen woningen geleidelijk aan af zal nemen, omdat de afgelopen jaren "minder houtrijk" is gebouwd.

3.4 Belanghebbenden

Bij houtafvalverwerking is een groot aantal direct of indirect belanghebbende bedrijven en organisaties betrokken.

In de bedrijfskolom kunnen de volgende geledingen c.q. belangengroepen onderscheiden worden:

Figuur 1: Belanghebbenden houtafval



De geledingen vertonen dikwijls overlappingsen. Binnen de geledingen kunnen de volgende groepen en organisaties onderscheiden worden:

Aanbieders van houtafval:

- Aanbieders van houtresten
 - timmerindustrie
 - emballage-industrie
 - meubelindustrie
 - andere houtverwerkende bedrijven
- Aanbieders van resthout beplantingen
 - hoveniers
 - plantsoenendiensten
 - beheerders en exploitierders van bossen en landschapselementen (onder andere Staatsbosbeheer, particuliere boscijgenaren, Rijkswaterstaat)
- Aanbieders van bouw- en sloophoutafval
 - gespecialiseerde sloopbedrijven
 - aannemers
 - particulieren
- Afgedankte houten produkten
 - bedrijven, vooral verpakkingsmateriaal
 - particulieren (component grof vuil, ingezameld door reinigingsdiensten)

Inzamelaars:

- Gespecialiseerde houtafvalinzamelaars (vezel, mot, lengtestukken, pallets en balkhout);
- Beheerders van faciliteiten om hout apart aan te bieden op stortplaatsen en overlaadstations;
- Containerverhuurbedrijven en transporteurs.

Verwerkers:

- Verspaanders en versnipperaars voor gebruik van spaanders voor composieten, zuiveringsslibverbranding, toelevering aan spaanplaatindustrie (onder andere houtafdeling van de BRBS);
- Houtskoolproducenten (inclusief mogelijke pyrolyse);
- Producenten van geperste produkten;
- Reparatiebedrijven van pallets;
- Bedrijven die verlijmen en/of vingerlassen voor derden;
- Briketteerbedrijven.

Handel:

- Handelaren in eindprodukten van houtafval (mot, houtvezels, houtskool, openhaard hout etc.);
- Verkopers van balkhout en sloophoutprodukten.

Afnemers (zie ook hoofdstuk 4):

- Gebruikers van hout als grondstof;
- Gebruikers van produkten uit houtafval;
- Gebruikers van hout als energiebron.

Afvalverwerkers:

- AVI's;
- Stortplaatsbeheerders.

Overheden:

- Landelijke overheden (E.Z. Landbouw, VROM, Waterstaat);
- Provincies en Gewesten (in het bijzonder belast met afvalinfrastructuur);
- Gemeenten (in het bijzonder belast met hinderwetvergunning etc.).

Toeleveranciers:

- Kennisleveranciers (universiteiten, IMAG, Centrum Hout, ingenieursbureau's e.a.);
- Apparatenbouwers van vingerlasmachines, scheidingsapparatuur, verbrandingsketels, rookgasapparatuur e.a., tevens apparaatleveranciers voor verzamelen, verkleinen en sorteren.

Voor het hergebruik van houtafval is een koppeling van aanbieders en afnemers essentieel. Voor intern hergebruik (binnen de poort), bijvoorbeeld vingerlas, eigen energievoorziening, terugspuiten van chips in plantsoenen, achterlaten van resthout in bossen, is er meestal sprake van korte informatielijnen en weinig of geen transport. Voor het gebruik van houtafval door derden is een goede infrastructuur nodig, zowel wat informatie-overdracht als logistieke aspecten betreft. Mede uit onderzoek van IVAM is gebleken, dat bij de kleine bedrijven voor de betere kwaliteiten houtafval, in het bijzonder houtrest van de houtverwerkende industrie, er reeds een goede inzamelstructuur is.

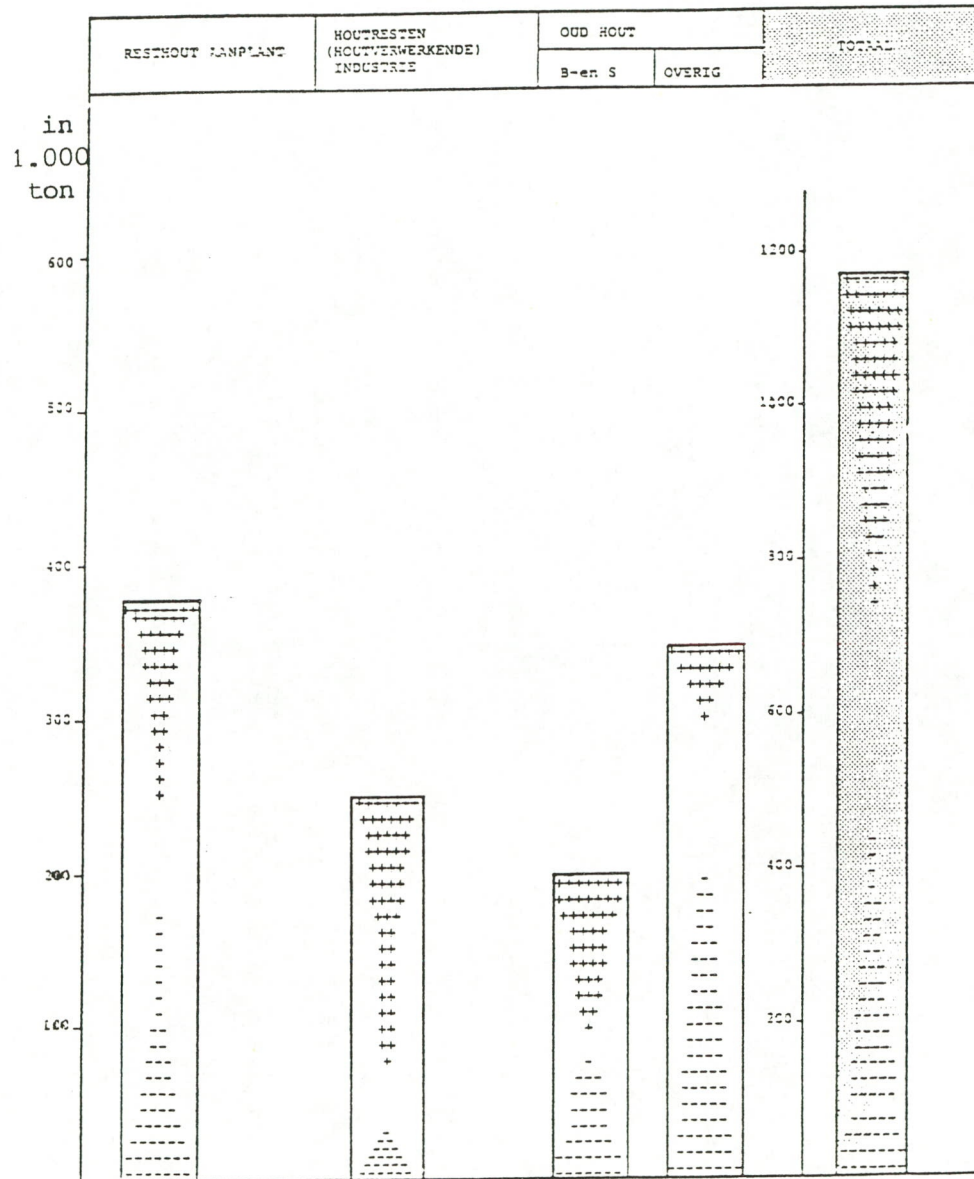
3.5 Hoeveelheden

Ten behoeve van de werkgroep houtafval ITABB (Interdepartementale werkgroep Toepassing van Afvalstoffen in de Bouwmaterialenindustrie en Bouwnijverheid) heeft het ministerie van VROM (Directie Bouwnijverheid) in 1983 door Broers & Partners het onderzoek "Schatting van het huidige en toekomstige aanbod van houtafval in Nederland" laten uitvoeren.

De resultaten van deze studie zijn in 1983 besproken met een aantal deskundigen. Als basis voor het weergeven van de hoeveelheden afval is uitgegaan van de resultaten van deze studie. In de tabel is tevens door middel van het aantal plussen en minnen een indicatie gegeven van de economische waarde van de verschillende soorten houtafval.

Het jaarlijkse aanbod in 1983 is berekend op 1.200.000 ton, waarvan resthout aanplant het grootste aandeel heeft, circa 1/3.

Figuur 2: Overzicht van hoeveelheden en economische waarde van de verschillende soorten houtafval



Bron: Broers & Partners 1983.

Op basis van een groot aantal gesignaleerde ontwikkelingen bij de verschillende aanbieders is in de markstudie 1983 aangegeven dat:

- de hoeveelheid resthout aanplant zou toenemen;
- houtresten van de houtverwerkende industrie aanzienlijk zou dalen;

- bouw- en sloophout op korte termijn constant zou zijn, op langere termijn sterk zou dalen;
- oud hout een lichte daling zou vertonen (afhankelijk van de opleving van de economie);
- de totale hoeveelheid houtafval iets af zou nemen.

Geconcludeerd kan worden, dat de huidige situatie de gesignaleerde ontwikkelingen bevestigt.

Door de verandering in de Nederlandse bosbouw en de sterke toename van stedelijke beplantingen bleek, dat er vanuit de begeleidingscommissie behoefte bestond vooral de hoeveelheden snoeihout en houtafval uit bossen nader te onderzoeken c.q. te actualiseren.

Bouw- en sloophoutafval:

In de literatuur [1], [2] wordt een jaarlijks vrijkomende hoeveelheid van dit type houtafval genoemd van 200.000 ton. Vooralsnog zijn er geen redenen om aan te nemen dat deze schatting onjuist is. Door de grotere toepassing van beton, kunststof en metalen zal de houthoeveelheid in de toekomst verminderen. In de scenario's van Botman [3] worden de volgende hoeveelheden genoemd:

1980 minimaal 168.400 ton en maximaal 203.700 ton;

1990 minimaal 126.600 ton en maximaal 154.000 ton;

2000 minimaal 105.800 ton en maximaal 113.000 ton.

Een laag gewicht per volume-eenheid sluit bij lage opbrengsten grote transportafstanden uit. De hoeveelheid bouw- en sloophoutafval die thans wordt hergebruikt wordt geschat op 50.000 ton/jaar. Er resteert dus een potentiële hoeveelheid van 150.000 ton/jaar die voor hergebruik in aanmerking komt. Hiervan wordt 80.000 ton per jaar tegen relatief hoge kosten verwijderd [4].

Snoeihout uit plantsoenen en landschapselementen

De jaarlijks geproduceerde hoeveelheid snoeihout, afkomstig uit parken en plantsoenen, werd in het verleden geschat op 70.000 ton/jaar [1].

Door het verschuiven van de aanplant van onderhoudsintensieve beplantingen, zoals rozestruiken, naar beplantingen die minder arbeidsintensief onderhoud behoeven en door een aanzienlijke toename van "groene" gebieden in de bebouwde omgeving in de zestiger- en zeventiger jaren, is de hoeveelheid snoeihout aanzienlijk toegenomen. Schattingen lopen uiteen van 1,4 tot 2 miljoen m³/jaar [5]. In deze getallen is voor een deel groenafval opgenomen. Er worden diverse omrekeningsfactoren gebruikt om volume-eenheden snoeihout om te rekenen in gewichtseenheden.

Een juiste bepaling wordt dikwijls bemoeilijkt door aanhangend water en inklinking tijdens het transport. Berekende gewichtsvolumina van los gestort snoeihout met blad variëren van 50 kg/m³ tot 200 kg/m³.

Op basis van uitgevoerde metingen en interviews kan worden gesteld dat het gemiddelde (droge) gewicht van een mix van los gestort snoeihout kan worden gesteld op 100 kg/m³. Bij geschatte hoeveelheden van 1,4 miljoen m³ en 2 miljoen m³ snoeihout, minus 0,4 miljoen m³ groenafval en een volumegewicht van 100 kg/m³, bedragen de jaarlijks geproduceerde hoeveelheden 100.000 à 150.000 ton/jaar.

De geproduceerde hoeveelheid snoeihoutafval uit landschapselementen (recreatieterreinen en parken) wordt geschat op 500.000 à 1.000.000 m³/jaar. Bij eenzelfde correctie voor groenafval en eenzelfde volumegewicht als bij snoeihout uit parken en plantsoenen, bedraagt deze hoeveelheid 40.000 ton à 70.000 ton/jaar. De concentratiegebieden van snoeihout zijn te vinden in de grote steden. Bijvoorbeeld in Amsterdam [7] en Rotterdam [8] komt jaarlijks tussen de 7.000 en 10.000 ton snoeihout vrij.

Bermbepantingen

De hoeveelheid snoeihout van bermbepantingen is niet bekend. Deze hoeveelheid kan bij benadering worden berekend, uitgaande van de volgende gegevens:

- hoeveelheid rondhout van weg- en grensbepantingen: 136.000 m³/jaar [9];
- hoeveelheid afval, takken, bladeren, dunning, circa 40% van de biomassa [10].

Hieruit volgt, dat circa 90.000 m³ houtafval per jaar alleen al van bomen ontstaat. Hierbij dient nog te worden toegevoegd het aandeel snoeihout van struikachtige opstanden. Omtrent deze categorie zijn geen literatuurgegevens bekend. Derhalve kan slechts een globale schatting worden gemaakt van de totale hoeveelheid.

De gewichtsvolumina van houtafval van bomen bedraagt 300 à 800 kg/m³ (afhankelijk van de dikte van het takhout), hetgeen 22.500 à 45.000 ton/jaar oplevert. Indien het snoeihout van struikachtigen wordt gesteld op 10.000 à 20.000 ton/jaar, dan zijn de totale hoeveelheden van bermbeplantingen: 32.500 tot 65.000 ton/jaar.

Bij 35.000 ha bermen (statistiek bodemgebruik Nederland) ontstaat jaarlijks 0,9 - 1,8 ton snoeihout per hectare.

Concentratiegebieden zijn nauwelijks aan te wijzen door het sterk verspreid voorkomen. Soms vindt verbranding in de openlucht plaats, doch het merendeel wordt gestort of als chips teruggespoten.

Bossen

De bodem van Nederland is bedekt met circa 3.000 km² bos. Hiervan is circa 10% niet vitaal of zo weinig vitaal, dat herstel hiervoor maar ten dele mogelijk is. Dit afstervende of reeds dode bos zal waarschijnlijk binnenkort moeten worden geveld [1]. Voor 1985 is dit cijfer gestegen tot 15% [12].

De hoeveelheid houtafval kan hierdoor sterk toenemen.

De overige 85-90% is redelijk vitaal; hieraan wordt dan ook normaal onderhoud uitgevoerd. Het bosonderhoud betreft het uitdunnen en bij kap het verwijderen van takken en toppen. De stobben (rest stam met wortels) blijven praktisch alle in het bos achter. Alleen bij aanleg van wegen worden ook de stobben geruimd.

De geschatte hoeveelheden houtafval bedragen:

uit onrendabele dunningen:	25 à 30.000 m ³ /jaar
kapafval	: <u>150 à 200.000 m³/jaar</u>
totaal	: 175 à 230.000 m ³ /jaar [10]

Bij een volumegewicht van 500 kg/m³ ontstaat een hoeveelheid houtafval van 87.500-115.000 ton/jaar.

Behalve houtafval uit bossen is het interessant om te vermelden, dat er zich in vier grotere locaties in de Betuwe, Brabant, Zuid-Holland en Utrecht grienden bevinden die globaal 10.000 à 20.000 ton/jaar griendhout kunnen voortbrengen.

Huidige benutting

Een deel van het houtafval wordt op directe wijze benut. Voor snoeihout is de benutting als volgt:

Het snoeihout wordt machinaal tot kleine stukjes verwerkt (door hakselen of "chippen") en vervolgens onder de struiken teruggestort als onkruid-belemmerende bodembedekker. Deze techniek wordt incidenteel door zowel plantsoendiensten als door groenverwerkers toegepast. Elke gemeente voert hieromtrent een eigen beleid. Het kostenaspect speelt hierbij een voorname rol, aangezien het "kleinschalig chippen" een arbeidsintensieve bewerking is.

Er zijn aanwijzingen dat door regelmatig terugbrengen van houtchips de bodemstructuur zodanig wordt verbeterd, dat de beplanting of opstand sneller groeit, waardoor op den duur meer snoeihout ontstaat. Er is geen onderzoek bekend waar deze tendens, in relatie tot het soort beplanting, nader is onderzocht.

De geschatte hoeveelheden in de plantsoenen teruggebracht gechipt materiaal bedragen:

● Noord-Nederland	: 5.000 ton/jaar
● West-Nederland	: 10.000 ton/jaar
● Midden-Nederland	: 5.000 ton/jaar
● Zuid-Nederland	: <u>5.000 ton/jaar</u>
Totaal	: 25.000 ton/jaar

Een zeer gering deel van het houtafval uit bossen vindt een directe benutting als industrieel bedrijfshout. Een groter deel vindt een bestemming als brandstof voor particulieren. Een schattig hiervan is moeilijk te geven, aangezien een groot deel van deze afvoerstroom via een niet-officieel circuit plaatsvindt.

Figuur 3: Overzicht van berekende jaarlijks vrijkomende hoeveelheden houtafval en economisch bestemming 1986

soorten houtafval	vrijkomende hoeveelheden in 1.000 ton	bestemming met (economische) waarde	*** geen economische waarde in 1.000 ton
• resthout beplantingen	300 à 450	20%	circa 300
• houtresten *	200 à 300	80%	circa 50
• bouw- en sloophoutafval (oud hout)	150 à 200	30% **	circa 120
• afgedankte houten produkten	350 à 400	20%	circa 300
Totaal	1000 à 1350	35%	± 770

* exclusief nevenprodukten van primaire zagerijen

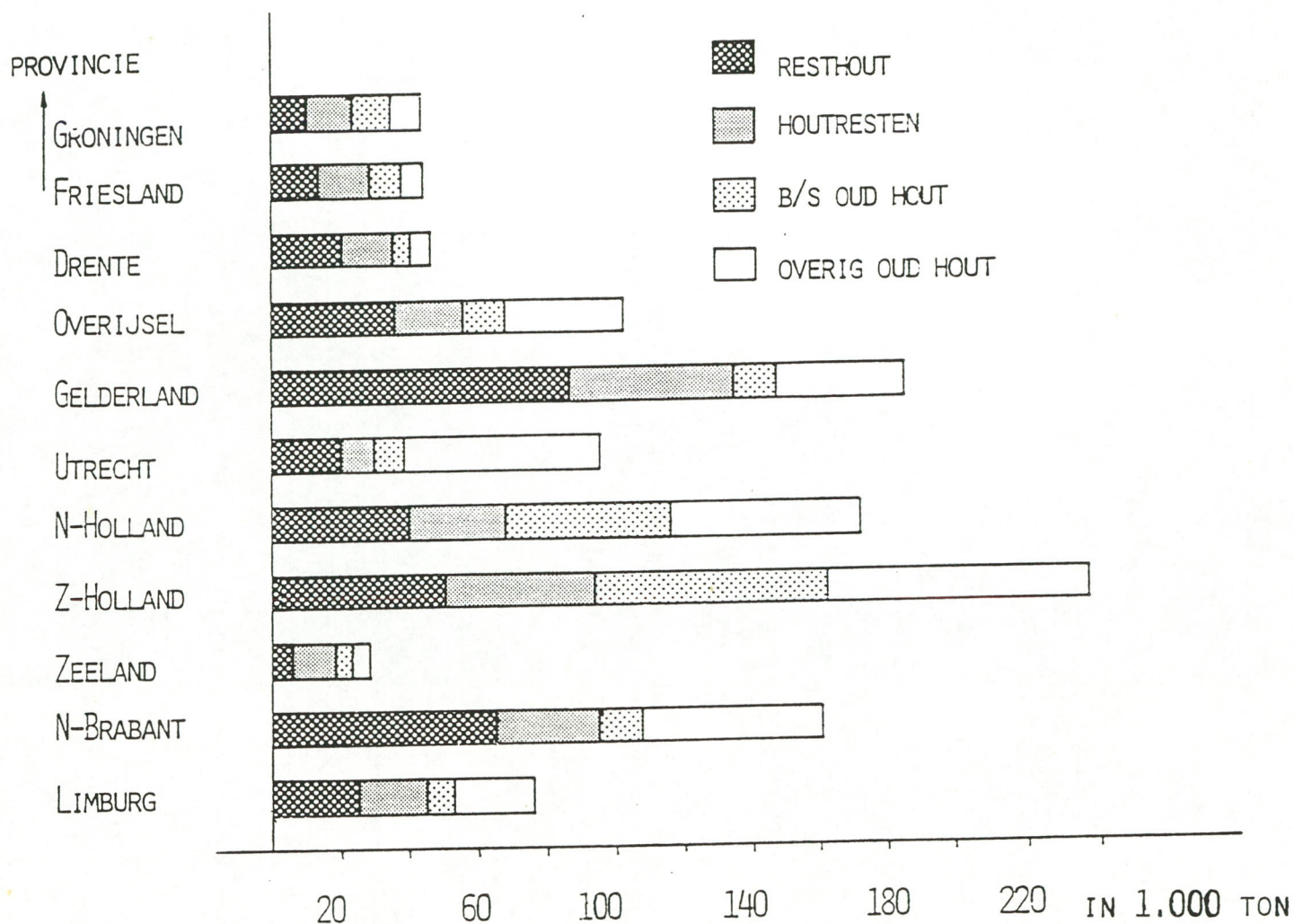
** ten opzichte van 1983 is het benutten van bouw- en sloopafval teruggelopen. Vooral de lage energieprijzen en de lage prijzen voor de afzet in de buitenlandse spaanplaatindustrie liggen hieraan ten grondslag.

*** Vooral bij deze hoeveelheden wordt gezocht naar additionele bestemmingen.

Gelet op het volumineuze karakter van houtafval en de relatieve lage waarde per ton, vormen transport/afstanden en de daarmee verband houdende kosten een belangrijk element in de bedrijfseconomische beoordeling van de diverse toepassingsmogelijkheden.

Van belang is daarom het voorkomen van concentratiegebieden in het aanbod van houtafval. Dit geldt vooral voor de grootschalige toepassingen. In volgend overzicht is per provincie aangegeven hoe in 1983 het aanbod van de verschillende soorten houtafval ingeschat is.

Figuur 4: Verdeling houtafval per provincie (houtafval volgens ruime definitie)



Bron: Broers & Partners

De inschatting is gebaseerd op het gebouwenbestand per provincie, de economische activiteit per provincie, het beboste/beplante oppervlak en het aantal inwoners per provincie.

Voor circa 2/3 deel van deze 770.000 ton moeten relatief hoge kosten worden gemaakt om een verantwoorde bestemming daarvoor te vinden.

4. PRODUKT MARKT COMBINATIES

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de benuttingsmogelijkheden van de diverse soorten houtafval, zoals die in de literatuur zijn beschreven en in de gesprekken naar voren zijn gekomen. Mede aan de hand van het gevoerde overleg met de belangenorganisatie BRBS is een selectie gemaakt van aantrekkelijke Produkt Markt Combinaties (PMC's). Van een aantal PMC's is in dit hoofdstuk en in de bijlage achtergrondinformatie opgenomen. Voor de overzichtelijkheid en de duidelijkheid is gekozen voor een vorm van verslaggeving, waarbij de verschillende mogelijkheden in tabelvorm worden weergegeven.

In deze PMC-analyse zijn eveneens de houtafvallen uit de RCN en IVAM-studies meegenomen. Op deze wijze wordt het gehele veld van houtafval getraceerd. De genoemde produkten zijn niet alleen geënt op de bestaande verwerking, doch ook op de toekomstige ontwikkelingen.

Houtafval komt in een groot aantal vormen vrij, bijvoorbeeld in de vorm van krullen, chips, etc. en kent een groot aantal toepassingen/deelmarkten, bijvoorbeeld grondstof voor de spaanplaatindustrie of vaste brandstof.

In een matrix kunnen horizontaal de diverse markten weergegeven worden (circa 20) en verticaal de diverse produktvormen (circa 25). Er ontstaan dan circa 500 cellen c.q. Produkt Markt Combinaties (PMC's)

Figuur 5: Opzet Produkt Markt Combinatie analyse

Producten	Deelmarkten						
	a	b	c	d	e	f	g
1							
2						X	
3			X				
4							
5							
6				X			
7				X	X		

 = geselecteerde PMC

X = niet relevante combinaties/cellen

In de volgende tabel is een opsomming gegeven van de verschillende produktvormen en de mogelijke toepassingen.

Figuur 6: overzicht van diverse produktvormen en toepassingsmogelijkheden van houtafval

PRODUKTFORMEN	TOEPASSINGEN/DEELMARKTEN
	<u>buiten eigen bedrijf *</u>
a geselecteerd sloophout	1 vaste brandstof gebruikers
· balkhout, planken	2 spaanplaatindustrie
· deuren etc.	3 vezelplaatindustrie
b geselecteerd oud hout	4 papierindustrie
· pallets	5 veevoeding
· overige	6 veehouderij/manege
c nieuwe produkten	7 bodembedekking
· geperste produkten	8 slibverwerkers
· verlijmd hout	9 bodemverbetering
· gevingerlast hout	10 pallethandel
d mot/houtstof ***	11 chemische industrie
e zaagsel	12 hoogovens
· rood	13 houtverwerkende industrie
· wit	14 aannemers
f afkort stukken	15 particulieren
g krullen etc.	16 rokerijen
h snippers (chips)	
· groene	<u>binnen eigen bedrijf **</u>
· grove	17 hergebruik van houten
· fijne	produkten
i open haard blokken	18 hout
j briketten	19 energie
k houtskool	20 bodembedekking/afdekking
l actieve kool	21 bodemverbetering
m verbrandingswarmte	
n compost	
o gassen/elektriciteit	
p ontbast hout	
q chemische produkten	

* Vraag van bepaalde afnemers.

** Behoefte aan een bepaalde toepassing binnen het bedrijf dat houtafval voerbrenge

*** Onder houtmot wordt verstaan: zaagsel, krullen en spaanders.

Sommige van deze combinaties zijn niet relevant, bijvoorbeeld houtskool voor de papierindustrie. In overleg met IVAM en RCN is een aantal cellen geclusterd, zodat een redelijk overzichtelijk aantal PMC's kon worden geselecteerd.

In onderstaand overzicht zijn de geselecteerde PMC's weergegeven.

Figuur 7: voorgeselecteerde PMC's

PRODUKTEN	←→	MARKTEN
<ul style="list-style-type: none"> ● geselecteerd sloophout, oud hout ● gevingerlast, verzaagd, (ver)gelijmd ● geperste produkten uit spaanders ● (fijne) spaander + vezels 		<ul style="list-style-type: none"> - aannemers, "Doe het Zelf (DHZ)"-markt, (pallet)handel - houtverwerkende industrie - pallethandel + diverse markten - (spaan)plaatindustrie
<ul style="list-style-type: none"> ● houtvezels, houtstof, zaagsels ● geselecteerd houtafval ● (groene) chips ● hydrolyseprodukten ● pyrolyseprodukten 		<ul style="list-style-type: none"> - strooisel stallen, rokerijen, sierteelt - karton/papierindustrie - manege, bodem- bedekking-, verbetering - papier-/chemische industrie - chem. industrie, gas, barbecue
<ul style="list-style-type: none"> ● briketten/afgezaakt hout ● grove (droge) spaanders ● ongeselecteerde houtafval ● grove droge spaanders ● diverse vormen houtafval ● zelf geproduceerde stoom/elektriciteit 		<ul style="list-style-type: none"> - open haard - zuiv. slibverwerking + verbranding - grote (verbeterde) houtkachels - hulp vaste brandstof - vergassingsketelmarkt - eigen behoefte of derden
<ul style="list-style-type: none"> ● verkleinen in opdracht van derden 		<ul style="list-style-type: none"> - plantsoendiensten, Rijkswaterstaat

Uit de voorgeselecteerde PMC's dient nog een selectie gemaakt te worden welke PMC's aantrekkelijk zijn voor de toekomstige afzet van houtafval. Door middel van interviews en literatuurstudie is informatie verzameld om een tweede selectie te kunnen maken.

Gebruik is gemaakt van de volgende selectiecriteria:

1. Omvang markt;
2. Groeipotentieel;
3. Prijsniveau;
4. Benuttingseigenschappen. (Zowel het voordeel hebben van positieve eigenschappen als het last/nadeel hebben van negatieve eigenschappen);
5. Betrokkenheid bij afval. (Indien bedrijven zelf het afval produceren of gewend zijn afval te verwerken, dan zijn deze bedrijven eerder bereid het houtafval toe te passen);
6. Interesse aanwezig bij leden BRBS in een bepaalde toepassing;
7. Aantal knelpunten/belemmeringen.

Op basis van de verkregen informatie zijn in overleg met de uitvoerenden van de diverse houtafvalprojecten, RIVM en de BRBS, de volgende PMC's geselecteerd, die vanwege hun aantrekkelijkheid nader beschreven dienen te worden.

Figuur 8: Selectie van de meest aantrekkelijke/meest belovende PMC's

PRODUKTEN	<—>	MARKTEN
1. (Fijne) spaanders en vezels	-	spaanplaatindustrie
2. Geproduceerde stoom/ elektriciteit	-	eigen behoefte of voor derden*
3. Grove (droge) spaanders	-	slibverwerking + verbranding
4. Geperste produkten uit spaanders	-	pallethandel + div. markten
5. Geselecteerd sloophout-oud hout	-	aannemers, DHZ, (pallet) handel
6. Grove (droge) spaanders	-	(hulp) vaste brandstof
7. Gevingerlast, verlijmd hout	-	houtverwerkende industrie *
8. Houtvezels, houtstof, zaagsels	-	strooisel voor stallen, rokerijen, sierteelt, etc.
9. Resthout beplantingen	-	houtskool

* Voor PMC 7 en voor een deel van PMC 2 wordt verwezen naar de RCN studie over het benutten van houtafval binnen de poort

Achtergrondinformatie geselecteerde PMC's

Van de belangrijkste geselecteerde PMC's is in de bijlage per PMC een toelichting gegeven wat het type houtafval betreft dat gebruikt wordt, met vermelding van de belangrijkste relevante eigenschappen, de aanbieders, de (potentiële) afnemers, de marktomvang, het prijsniveau, de knelpunten, de marktontwikkelingen en de stimuleringsmogelijkheden.

Hieronder volgen enkele gegevens met betrekking tot het prijsniveau en de hoeveelheden. De andere aspecten worden in de hiernavolgende hoofdstukken behandeld.

Prijsniveau

Uit de achtergrondinformatie blijkt, dat het opnieuw gebruiken van houtafval als produkt, zoals balken, deuren, pallets, de hoogste opbrengst geeft, bijvoorbeeld balken f 500,= per ton. Het gebruik van mot voor rokerijen, als strooisel in stallen en het toeleveren aan de spaanplaatindustrie gaf in het verleden eveneens een positieve opbrengstprijs.

Toentertijd werd voor een goede kwaliteit spaanders, gemaakt uit bouwen sloophout en uit oud hout, meer dan f 100,= per ton betaald. De prijzen zijn nu zeer sterk gereduceerd door de overcapaciteit in de spaanplaatindustrie, het grote aanbod nieuw hout door de verplichte dunning van bossen, onder andere door de zure regen aantasting. De "lage dollar" heeft bovendien invloed in verband met de grote importgevoeligheid van de houtmarkt. Momenteel zijn de transportkosten, ondanks gunstige retourvrachten met bijvoorbeeld turf, in veel gevallen echter te hoog om een constante substantiële stroom naar de Belgische en Duitse spaanplaatindustrie in stand te kunnen houden.

De prijzen voor energetische benutting worden sterk beïnvloed door de lage gasprijzen. In de winter wordt voor warmteopwekking houtafval gebruikt. Grotere installaties met uitgebreide rookgasreiniging kunnen alleen een redelijke positieve waarde aan houtafval toekennen, indien deze installaties meer dan 4.000 bedrijfsuren kunnen maken en overtollige energie tegen gunstige condities door kunnen en mogen verkopen.

Enkele speciale produkten, gemaakt van houtafval, hebben een aantrekkelijke prijs. In 1986 werd 9.000 ton houtskool ingevoerd voor circa f 900,= per ton. De markt is echter zeer grillig, zowel in de afzet (weersgevoelig) als het aanbod uit Zuid-Europa, Oost-Europa, Duitsland en Zuid-Amerika. Van de f 900,= bestaat het merendeel uit transportkosten.

In het algemeen staan de prijzen van houtafval de laatste jaren onder druk door lage houtprijzen voor papier-constructiehout, lage energieprijzen en te weinig locale afzetmogelijkheden, in het bijzonder voor verontreinigd houtafval.

Volgens de CBS in- en uitvoer statistiek zijn de houtprijzen als volgt:

prijs onbewerkt pulphout	1982: f 72,=/m ³
	1986: f 66,=/m ³
prijs gezaagd naaldhout > 50 mm	1982: f 350,=/m ³
	1986: f 354,=/m ³

Hoeveelheden

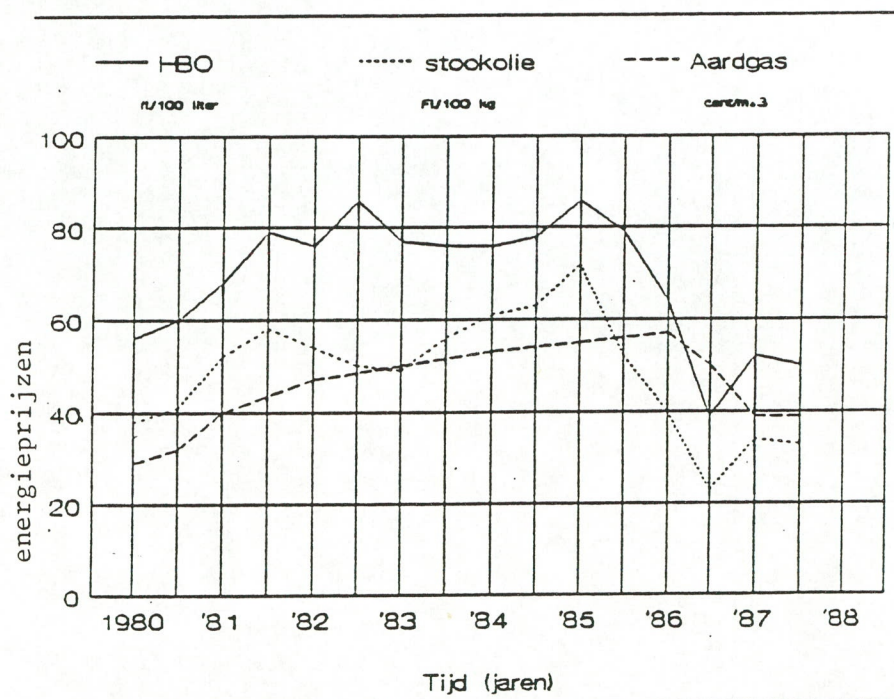
De additionele afzet is mogelijk te vinden in het thermisch benutten in grotere installaties met rookgasreiniging (3 tot 10 MW) en in slibverbranding, een nieuwe mogelijke afzetmarkt. Per jaar gebruikt een 5 MW installatie circa 15.000 ton groene chips. Het overplaatsen naar Nederland van een spaanplaatfabriek zou een additionele afzet kunnen betekenen.

In 1986 werd reeds 30.000 ton zaagsel geëxporteerd, vooral naar België en 150.000 ton houtafval, waarvan 54% naar Duitsland en 44% naar België werd vervoerd. Een middelgrote spaanplaatindustrie verbruikt jaarlijks 75.000 ton hout (10 à 25% houtafval bijmengen is mogelijk).

5. KNELPUNTEN EN ONZEKERHEDEN

De Produkt Markt Combinaties, zoals weergegeven in hoofdstuk 4, zijn voor introductie onderworpen aan knelpunten op technisch, milieuhygiënisch, logistiek, organisatorisch en bedrijfseconomisch gebied. De energie- en grondstofprijzen beïnvloeden de economische haalbaarheid sterk. Het verloop van de aardgas- en stookolieprijzen in de afgelopen zeven jaar zijn hieronder weergegeven.

Figuur 9: Prijsverloop energiedragers



Na 1985 zijn bedrijven die houtafval verwerken, in het bijzonder voor levering van energie, in aantal verminderd of hebben deze activiteit stilgelegd (circa 30% van deze bedrijfstak). Mede door de energieprijzen is ook de ontwikkeling van specifieke apparatuur minder succesvol geweest. Zowel vergassings- als pyrolyse-apparatuur hebben niet die ontwikkeling doorgemaakt zoals die verwacht was.

De economische prikkel kan bij stijgende energieprijzen weer toenemen. "The state of the art" van energiebenuttingsapparatuur is als volgt:

- pyrolyse : apparatuur wordt op semi-technische schaal beproefd; zowel in Frankrijk als in Nederland is hiermee ervaring opgedaan, bijvoorbeeld bij New Energy, Rotterdam met de pyrolyse van bouw- en sloophoutafval;
- vergassing : demoprojecten zijn door onvolkomenheden van de apparatuur niet of nog niet op gang gekomen;
- verbranding: apparatuur op praktijkschaal beschikbaar, inclusief adequate rookgasreiniging.

Om de economische aantrekkelijkheid van thermische benutting te verhogen zullen de energieprijzen aanzienlijk moeten stijgen. Voor de lange termijn wordt dit wel verwacht, zekerheid op de korte termijn ontbreekt echter. Wat geldt voor de thermische benutting geldt in mindere mate ook voor de benutting van houtafval als grondstof. De economische aantrekkelijkheid is sterk afhankelijk van de wereldhoutprijs. De prijs is afhankelijk van de dollar en van politieke beslissingen in grote houtexporterende landen.

Het benutten van houtafval als grondstof voor de fabricage van spaanplaat is een technisch en economisch aantrekkelijke benutting. Toelevering van "schoon" hout, verkleind tot stukken van circa 5 cm vindt een volwaardige toepassing in de spaanplaatindustrie. Afzet van verkleind houtafval vindt voornamelijk plaats in de BRD en in geringe mate in België. Een Nederlandse spaanplaatfabriek, waarbij ook houtafval kon worden verwerkt is aan het einde van de zeventiger jaren gesloten. Behalve de concurrerende prijzen van spaanplaat uit Oost-Europese bedrijven was de toelevering van hout- c.q. houtafval naar dit bedrijf onvoldoende (logistiek) gewaarborgd.

De afzet van houtafval naar een spaanplaatindustrie in de BRD is onderhevig aan financiële fluctuaties. Deze zijn onder meer afhankelijk van het plaatselijk aanbod dat in de zomermaanden sterk kan oplopen, terwijl in de winterperiode, door eigen gebruik voor warmte, de aanvoer stagneert. Als voorbeeld valt te noemen de prijsval in augustus 1987. Voor augustus bedroeg de opbrengst f 75,=/ton en in deze maand daalde de prijs tot f 45,=/ton.

De bedrijfseconomische situatie van de Nederlandse houtafvaltoeleveranciers is hierdoor nogal speculatief, mede doordat van deze opbrengsten ook nog de transportkosten moeten worden afgetrokken.

Houtafval als grondstof voor de papier/kartonindustrie is theoretisch mogelijk, doch stuit op veel praktische bezwaren.

In deze industrietak worden lengten van bomen "en masse" verwerkt (ontbast, verkleind). De inzet van houtafval met diverse vormen van voorkomen kan hierdoor moeilijk worden ingepast. Ook een mix van naaldhout en loofhout geeft problemen bij de verwerking. Toepassing van verkleind snoeihout (chips) geeft het probleem dat de schors niet kan worden verwijderd, waardoor bij kartonfabricage een visuele verontreiniging (puntjes en stukjes) optreedt.

De toepassing van houtafval in algemene zin lijkt slechts mogelijk bij de mindere kwaliteiten karton of als tussenlaag bij golfkarton. Schoon houtafval van primaire zagerijen kan en wordt echter wel toegepast. De papier/kartonindustrie reageert terughoudend over de inzet van houtafval en vestigt haar hoop op de regeringsnotitie, waarin een grotere productie van hout in Nederland wordt voorgesteld. De papierindustrie stelt zeer specifieke eisen aan de te gebruiken houtsoorten. De eisen zijn afhankelijk van het eindprodukt en de gekozen procesroute.

De procesroutes zijn veelal grootschalig en relatief weinig flexibel c.q. hebben slechts een geringe tolerantie met betrekking tot de grondstofkeuze.

Samen met belanghebbenden bij houtafvalverwerking is per geselecteerde PMC nagegaan welke de belangrijkste knelpunten zijn. In onderstaande tabel zijn de genoemde knelpunten weergegeven en gegroepeerd naar de aard van het knelpunt/onzekerheid. Tevens is door middel van het aantal "bolletjes" een indicatie gegeven van het belang dat aan elk knelpunt werd toegekend voor alle PMC's gezamenlijk. Uit de analyse is naar voren gekomen, dat het aantal knelpunten en de aard van de knelpunten per PMC sterk kunnen verschillen. Mede door het groot aantal knelpunten zijn er enkele PMC's afgevallen en zijn er 7 aantrekkelijke/veelbelovende PMC's overgebleven.

Figuur 10: Overzicht van de belangrijkste knelpunten en onzekerheden bij gebruik van afvalhout

<p><u>Technische knelpunten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ●●●●● Samenstelling kwaliteit aanbod houtafval (verontreinigingen, schors, zand, metalen) <ul style="list-style-type: none"> ●● Gebrek inzicht mogelijkheden, bijvoorbeeld slib meeverbranden ● Gebrek praktijkervaring met moderne houtvergassingsketel ● Weinig informatie over hydrolyse <p><u>Economische knelpunten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ●●●●● Hoge transportkosten vooral naar buitenlandse spaanplaat-industrie ●●●●● Hoge oogstkosten <ul style="list-style-type: none"> ●●● Lage prijs vers hout ●●● Concurrentie met bestaande produkten ●●● Lage energieprijzen ●● Lage storttarieven ●● Onbekendheid van eindprodukten, bijvoorbeeld geperste produkten <ul style="list-style-type: none"> ● Fluctuerende afzetmarkten, bijvoorbeeld houtskool ● Continuïteit in het aanbod <p><u>Milieuhygiënische knelpunten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ●●●● Emissies bij verbranden van verontreinigd hout <ul style="list-style-type: none"> ●● Asresten kunnen zware metalen bevatten ● Emissies bij (onvolledige) verbranding ● Problemen stof van rode mot ● Verduurzamingsmiddelen in strooisel <p><u>Organisatorische knelpunten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ●●● Geen gecoördineerd aanbod ●●● Politieke onduidelijkheid van energiemaatschappijen, bijvoorbeeld teruggave tarief elektriciteit ●● Gebrek aan ervaring <ul style="list-style-type: none"> ● Vergunningverlening ● Gebrek aan inzicht in toepassingsmogelijkheden bij aanbieders ● Onzekerheid van voldoende aanbod (lange termijn) ● Ontbreken van contacten met tussenhandel
--

● - ●● - ●●● - ●●●● - ●●●●●:

Het aantal bolletjes geeft een indicatie van de waarde die toegekend wordt aan het knelpunt.

Uit voorgaand overzicht blijkt, dat vooral de economische en logistieke knelpunten een verder gebruik van houtafval bemoeilijken. De technische belemmeringen worden vooral veroorzaakt door de kwaliteit van het houtafval.

6. TOEKOMSTIGE AUTONOME ONTWIKKELINGEN

Op basis van de gehouden interviews, het overleg en de vakliteratuur kunnen enkele ontwikkelingen weergegeven worden die invloed hebben op het toekomstige hergebruik van afvalhout. De ontwikkelingen zijn gebaseerd op huidige veranderingen op verschillende plaatsen in de bedrijfskolom. De belangrijkste ontwikkelingen zijn geclusterd naar de hoeveelheid houtafval, de kwaliteit, de verwerkingsmogelijkheden en de afzetmarkten.

6.1 Toekomstige hoeveelheid

- De hoeveelheid houtresten van de houtverwerkende industrie (exclusief primaire zagerijen) zal iets afnemen, vooral door gebruik van andere materialen en efficiëncyverbetering (inkoop, voorraadbeheer, verwerking, uniformering, vingerlassen).
- De geprognostiseerde vergroting van de zelfvoorzieningsgraad in Nederland van 8% naar 25% kan een omzetstijging betekenen voor de primaire zagerijen. Door de hoge kwaliteit van schone chips en zaagmeel is hier echter sprake van een nevenprodukt en niet van een afvalstof.
- De hoeveelheid resthout beplantingen zal substantieel toenemen, vooral door toename van de Nederlandse houtproductie en toename van snoeihout uit steden, parken, woonwijken, gebouwd in de zeventiger jaren. De afzetmogelijkheden van rijshout en teenhout voor waterwerken en mandenindustrie neemt af.
- Geleidelijk minder bouw- en sloophout, omdat de te slopen gebouwen "minder houtrijk" zijn en de nieuwbouw professioneler wordt met minder houtafval op de bouwplaats.
- De hoeveelheid oud hout, zoals meubels, pallets en stuwhout blijft stabiel of wordt iets minder door gebruik van andere materialen en minder massieve houten produkten. De gemiddelde levensduur van houten produkten zal iets afnemen.

- In zijn totaliteit zal de hoeveelheid houtafval stabiel zijn tot een geringe afname. Er is wel sprake van een relatieve toename van de resthout beplantingen. De totale hoeveelheid houtafval bedraagt jaarlijks circa 1,0 à 1,4 miljoen ton. Ofwel circa 500 miljoen m³ aardgas equivalent.

- Door de hoge afvalverwerkingskosten zal in de toekomst meer aandacht geschonken moeten worden aan het gescheiden houden van de diverse afvalstromen.

6.2 Kwaliteit houtafval

- Het aandeel rode mot zal in de houtverwerkende industrie iets afnemen. Voor hergebruik is dit gunstig, aangezien witte mot (vuren en grenen) meer afzetmogelijkheden heeft.
- Doordat meer samengestelde produkten gemaakt worden en houtverwerkende bedrijven meer kunststoffen en lichte metalen toepassen, kan houtafval uit deze bedrijven meer verontreinigingen bevatten. De kwaliteit zal daarom minder worden. Verontreinigde materialen en plaatmateriaal dienen gescheiden van overig wel her te gebruiken houtafval afgevoerd te worden.
- Het vrijkomende sloophout zal in toenemende mate verontreinigd zijn, onder andere met isolatiematerialen, kunststoffen, houtveredelingsprodukten. Ditzelfde geldt, met uitzondering van afgedankte houten pallets en stuw hout, ook voor het oud hout. Selectief slopen heeft grote invloed op de kwaliteit van het sloophout.

- De kwaliteit van het houtafval zal met uitzondering van de primaire zagerijen, gemiddeld slechter worden, omdat er sprake is van grotere vermenging met andere materialen.

6.3 De verwerkingsmogelijkheden/technieken

- Zeer geleidelijk zullen er meer vingerlasinstallaties komen. Aangezien de break-even capaciteit aanzienlijk lager is dan de maximale capaciteit kan verwacht worden, dat bedrijven diensten kunnen gaan verlenen aan de naaste omgeving. Voor duurdere houtsoorten is break-even capaciteit momenteel minimaal 90 m³/jaar; voor Amerikaanse naaldhout 130 m³ en Europese naaldhout 220 m³. Onderlinge concurrentie bij houtverwerkende bedrijven kan een beperking zijn.
- Onderzocht wordt om door betere scheidingstechnieken de kwaliteit van houtafval te verbeteren. In Zweden is een installatie ontwikkeld voor een gedeeltelijke scheiding van natte schors en stenen. In Nederland zijn scheidingstechnieken ontwikkeld die uit oud hout en bouw- en sloophoutafval een kwaliteit chips kunnen maken, die in bepaalde spaanplaat- en vezelplaatfabrieken bijgemengd kunnen worden. De opwerkingstechnieken zullen geleidelijk aan verbeteren.
- De recente ontwikkeling, vooral in Zweden, van versnipperaars hebben er voor gezorgd dat de kostprijs van versnipperen steeds lager wordt. Door technische aanpassing is het mogelijk om machines te maken die door één man bediend kunnen worden en die rijdend in de bossen per dag tussen de 100 à 500 m³ chips kunnen produceren, al naar gelang de toegankelijkheid van het terrein. Betere machines zijn en worden ontwikkeld om resthout aanplant in steden door versnipperen gemakkelijker en goedkoper af te kunnen voeren.
- Het verbranden van natte chips is een bewezen technologie in houtrijke landen zoals Zweden. Momenteel wordt gekeken naar de goedkoopste en betrouwbaarste rookgasreinigingsmethode om de stofemissie met circa 75% terug te kunnen brengen tot 50 mg/Nm³ in de rookgassen. De kennis en mogelijkheden van rookgasreiniging zullen naar verwachting toenemen.

- Bij het verstoken van verontreinigd bouw- en sloophoutafval en oud hout is roogasreiniging noodzakelijk gebleken om te kunnen voldoen aan de emissienormen van het ministerie van VROM. Momenteel worden nieuwe roogasreinigingstechnieken met al dan niet kalktoevoeging onderzocht en in de praktijk beproefd.
- In het verleden is veel aandacht besteed aan het optimaliseren van houtvergassing. Tot op heden zijn de verwachtingen niet uitgekomen c.q. heeft door de dalende energie- elektriciteitsprijzen houtvergassing een lagere prioriteit gekregen.

- Het aanbod van verbeterde scheidingsapparaten, roogasreinigings- technieken en verbrandingsmogelijkheden zal geleidelijk toenemen. De lage energieprijzen maken het echter minder aantrekkelijk om veel onderzoek en ontwikkelingswerk uit te voeren en praktijkervaring op te doen op het gebied van nieuwe energie-opwekkingstechnieken.

6.4 Afzetmarkten

Uit de PMC-analyse blijken de volgende markten, naast de interne benutting door houtverwerkende bedrijven in de vorm van vingerlasen en energie-opwekking, mogelijkheden te bieden voor de additionele afzet van houtafval:

1. Spaanplaat- en vezelplaatindustrie;
2. Productie van geperste produkten;
3. Energetische benutting van groene chips;
4. Handel in oud hout, onder andere pallets, balken;
5. Zuiverings-slibverwerking.
6. Houtskool.

De belangrijkste ontwikkelingen in deze markten, die invloed kunnen hebben op de toepassingen van houtafval, zijn:

- Verwachte daling van het bouwvolume op korte termijn met mogelijk een kleine opleving in de vrije sector.

- Toename van het aanbod van plaatmaterialen, omdat rookgasontzwavelingsgips gebruikt wordt in gipskartonplaten en in de nieuwe ontwikkelde gipsvezelplaat.
In de nieuwe gipsvezelplaat zijn de (goede) eigenschappen van de gipsplaat en de spaanplaat gecombineerd.
- De Duitse en Belgische spaanplaatfabrikanten zullen met veel inspanning proberen om hun marktpositie te behouden.
Deze industrietak kent een hoge organisatiegraad vooral door diverse familieverbanden en onderlinge deelnamen.
- Transportkosten zullen door de langer wordende aanvoerlijnen en omdat de efficiëncy bij de grote spaanplaatproducenten toeneemt, een belangrijker onderdeel worden van de kostprijs.
- De afgelopen jaren zijn met succes geperste produkten gemaakt uit oud hout en sloophout, in het bijzonder speciale pallets. Door verdere produktontwikkeling en door de grotere bekendheid bij industriële ontwerpers is een geleidelijke penetratie te verwachten. Gedacht kan worden aan: betere pallets, geprefabriceerde onderdelen voor dakelementen, keukensystemen, archief- en opbergsysteem, verpakkingsmaterialen, onderdelen voor meubelindustrie.
- De energiemarkt is sterk afhankelijk van de olieprijs. Politieke ontwikkelingen hebben grote invloed op de prijsvorming. Op de lange termijn (na 2050) is er door onvoldoende gas- en olievoorkomens en de beperking van kernenergie, behoefte aan meer vaste brandstof voor directe of indirecte energiebenutting (vergassing).
Houtafval zal door zijn grote spreiding in samenstelling en zijn relatief geringe hoeveelheid in Nederland ook voor de lange termijn meer in aanmerking komen voor directe verbranding met rookgasreiniging dan voor vergassing of pyrolyse.
- Slibverwerking wordt een toenemend probleem, enerzijds door de toegenomen hoeveelheid, maar vooral ook omdat de slechte kwaliteiten niet meer in de landbouw afgezet kunnen worden of gebruikt kunnen worden voor compostbereiding. Zuiveringsschappen overwegen momenteel om slib

te verbranden. Er is echter een voorkeur voor een autotherm proces. In 1985 werd 1 miljoen m³ (droge stof 21%) slib geproduceerd. Verwacht wordt dat deze hoeveelheid geleidelijk zal stijgen.

- Er kan op grond van nieuwe milieuhygiënische inzichten een verschuiving optreden binnen de bestaande toepassingen van het verwerken van houtresten van de houtverwerkende industrie. Toepassingen van rode mot als strooisel kan irritatie geven van de luchtwegen, terwijl verbranding van verduurzaamd hout eisen stelt aan de rookgasbehandeling.

- Binnen bestaande toepassingen van houtresten van de houtverwerkende industrie kan er een verschuiving optreden; vooral voor een deel van het rode mot en voor verduurzaamde houtresten zal een andere bestemming gezocht moeten worden. Op grond van autonome ontwikkelingen is het, gelet op de huidige energie- en houtprijzen, niet te verwachten dat een groot deel van de 770.000 ton houtafval, waar nu geen bestemming voor is, zonder extra inspanning aangewend zal kunnen worden.

7. OVERZICHT MOGELIJKHEDEN STIMULEREN HERGEBRUIK AFVALHOUT

Uit de PMC-analyse en knelpuntanalyse blijkt, dat er een breed scala van theoretische toepassingen is, maar dat knelpunten en onzekerheden het onmogelijk maken om voor al het houtafval een toepassing te vinden. De knelpunten zijn verschillend van aard. Er zijn knelpunten met een economisch, technisch of milieuhygiënisch karakter. De maatregelen om de knelpunten/belemmeringen te verminderen verschillen daarom ook. Sommige knelpunten hebben betrekking op het ontstaan van houtafval, andere hebben betrekking op de inzameling, de verwerking of de afzet. In het volgende overzicht zijn de diverse mogelijke maatregelen weergegeven. De maatregelen zijn gerangschikt naar de aard van de knelpunten/onzekerheden waarop ze betrekking hebben.

Verhogen van de economische aantrekkelijkheid

1. Verhogen negatieve inzet prijs houtafval/bereidheid moeite te doen:
 - a. storttarieven voor houtafval;
 - b. uniformering storttarieven;
 - c. nog meer weren van houtafval op stortplaatsen mits hergebruik aanwezig.
2. Ondersteunen van produktontwikkeling en marktintroductie van producten gemaakt uit houtafval, in het bijzonder geperste producten.
3. Vestigen van een spaanplaatindustrie in Nederland op optimale locatie voor de aanvoer van hout en afzet van spaanplaat:
 - a. alleen Nederlandse belanghebbende;
 - b. joint-venture met buitenlandse spaanplaatindustrie.
4. Opvoeren van de financiële/fiscale ondersteuning van het gebruik van duurzame energie:
 - a. investeringspremie;
 - b. verbeteren voor lange en korte termijn leveringscondities aan openbare net of derden.
5. Verlagen van de logistieke- en transportkosten, bijvoorbeeld door verdichting van houtafval.

6. Verlagen van de kosten van opwerken van houtafval door gebruik van efficiëntere machines voor vingerlassen, versnipperen/verkleinen, selecteren en verbranden.
7. Mondiaal overleg over lange termijn houtvoorziening, milieubeheersing inclusief erosiebestrijding, gebruik van verduurzamingsmiddelen en korte termijn prijspolitiek.

Verlagen van de milieu-overlast

- 1.1 Stimuleren van de ontwikkeling van een meer milieuvriendelijke verbrandingstechniek:
 - a. introductie van buitenlandse apparatuur die in praktijk is beproefd;
 - b. stimulering van de optimalisatie ten aanzien van stookmethoden, rendementverbetering en normering;
 - c. periodieke keuring met betrekking tot emissies.
- 1.2 Stimuleren van de verdere ontwikkeling van rookgasreinigingstechnieken. Door onderzoek naar vergroten betrouwbaarheid, effectiviteit en verlagen van kosten.
- 1.3 Creëren van diverse verantwoorde afzetmogelijkheden/bestemmingen voor vrijkomende asresten:
 - a. (gecontroleerde) deponie;
 - b. gebonden toepassingen in asfalt of wegfundering;
 - c. opwerken van asresten van resthout aanplant tot minerale meststof.
- 1.4 Onderzoek in houtproducerende landen.
 - a. drogen van tropisch hout;
 - b. gebruik van verduurzamingsmiddelen.

Verlagen van de technische knelpunten

- 2.1 Onderzoek naar mogelijkheden en beperkingen van (zuiverings) slibverbranding met gebruik van houtafval, mede van belang voor rode mot.
- 2.2 Bevorderen van het selectief slopen door opnemen van een specifieke bepaling in de sloopvergunning, c.q. in het te voeren sloopbeleid.
- 2.3 Verhogen van de kwaliteit van het houtafval uit de bossen door verbeteren van de scheidingstechnieken voor het houtafval, bijvoorbeeld geïntegreerde blad/chips scheider.
- 2.4 Bijhouden van de internationale ontwikkelingen op het gebied van de biotechnologie, hydrolyse en ervaringen met houtvergassers en pyrolyse op praktijkschaal.
- 2.5 Opschaling van een duurproef op grote schaal met een moderne houtvergassingsketel.
- 2.6 Verder ontwikkelen en introduceren van elektronische software voor voorraadbeheersing en zaagplannen voor efficiënt gebruik van hout in de houtverwerkende industrie.

Verlagen van de organisatorische knelpunten

- 3.1 Kennisoverdracht vergroten door Nederlandse en buitenlandse (praktijk) ervaring door te geven aan relevante doelgroepen.
 - a. Artikelenreeks over "praktijk successen" in vakbladen, bijvoorbeeld over vingerlassen, gebruik computer in voorraadbeheer en werkplanning, ervaring met houtkachels;
 - b. Ontwikkelen van voorlichtingmateriaal, bijvoorbeeld uit te geven door branche-organen over beperken houtafval en wat te doen met houtafval. Welke Produkt Markt Combinatie is wel en welke niet verantwoord op basis van huidige inzichten;
 - c. Prijsvraag uitschrijven voor in de praktijk gebrachte ideeën om houtafval te beperken c.q. opnieuw te benutten.

- 3.2 Stimuleren van de samenwerking tussen de diverse houtafvalproducenten/aanbieders met betrekking tot logistiek, onderzoek en marktbenadering, bijvoorbeeld in de vorm van een reststoffenbeurs.
- 3.3 Demonstratieprojecten op het gebied van grootschalige (3 à 5 MW) energetische benutting van diverse soorten houtafval, in het bijzonder resthout beplantingen. Tevens demonstratie van nieuwe technische mogelijkheden, verbranden, warmtedistributie en rookgasreiniging.
- 3.4 Contractueel verbeteren van de mogelijkheden om eigen energie op te wekken en het leveren van energie aan derden.

De bovengenoemde maatregelen zijn een opsomming van alle mogelijke maatregelen. Uit deze maatregelen dient een keuze gemaakt te worden. In het volgende hoofdstuk over scenario's wordt hier verder aandacht aan besteed.

8. SCENARIO'S VOOR AFVALHOUTVERWERKING

De maatregelen om houtafval meer te benutten zijn verschillend van aard. De financiële consequenties en de praktische uitvoerbaarheid zijn eveneens sterk verschillend.

Het is daarom noodzakelijk om prioriteiten te stellen bij de mogelijke maatregelen.

Alvorens te komen tot een prioriteitstelling is het wenselijk meer inzicht te hebben in de aard van de maatregelen en aan te geven voor welke soorten houtafval de diverse maatregelen van toepassing zijn.

In het volgende schema is voor de diverse maatregelen aangegeven:

- Het accent in de rol die de diverse overheden kunnen hebben om gebruik van houtafval te stimuleren. De overheid kan regulerend optreden, ondersteunend, initiërend of een combinatie van bovengenoemde aspecten.
- De specifieke soort houtafval of de specifieke PMC waarop de maatregel betrekking heeft.
- Een indicatie van de te verwachten effecten van de maatregelen, c.q. de additionele te gebruiken hoeveelheid houtafval.
Gezien het grote aantal onzekerheden over grondstof/energieprijzen, milieu-eisen is voor de afzonderlijke maatregelen geen exacte schatting te maken van het additionele gebruik.
- Een indicatie van het tijdstip waarop effecten van de maatregelen verwacht kunnen worden.

In de toelichting op het schema en in de bijlage is voor een aantal PMC's kwantitatieve informatie weergegeven.

Tevens is in de bijlage een toelichting gegeven op de verschillende verwerkingstechnieken om houtafval te kunnen benutten.

Schema: Aard en betekenis van de mogelijke maatregelen om gebruik houtafval te bevorderen.

MOGELIJKE MAATREGELEN	verwachte rol overheden R, O, I*	soorten houtafval/PMC waarop maatregelen m.n. betrekking hebben	verwachte additionele gebruik houtafval
1 Hogere verwerkingstarieven	R	o bouw- en sloophout, snoeihout	• o o o o
2 Productontwikkeling geperst hout	O	o geperste producten uit spaanders (1)	• o o
3 Aantrekken spaanplaatindustrieën	I, O	o spaanders, schone chips (2)	• •
4 Fin. ondersteunen duurzame energie	O, I, R	o elektriciteit- en stoomproductie	o o o o o
5 Logistieke optimalisatie	O	o alle	o o
6 Verlagen verwerkingskosten	O	o resthout beplantingen	o o
7 Mondiaal overleg houtvoorziening	I, R	o alle	o o o (L.T.)
8 Vergoeding transport/verwerking	O, R	o alle (3)	• • •
11 Betere verbranding	I, O	o alle	o
12 Betere rookgasreiniging	I, O	o bouw- en sloophout	o o o
13 Afzet assen bevorderen	I, O, R	o bouw- en sloophout	o
14 Eisen aan houtveredeling	R	o bouw- en sloophout, (houtresten)	o (L.T.)
15 Betere scheiding	O, I	o bouw- en sloophout	o o
21 Onderzoek slib + houtverwerking	I, O	o bouw- en sloophout en resthout beplant.	o o o o o
22 Eisen aan sloopvergunning	R	o bouw- en sloophout	• o
23 Upgraden kwaliteit	O, I	o resthout beplantingen	o o
24 Bijhouden internationale ontwikkeling	I, O	o hydrolyse, pyrolyse, vergassen	o o (L.T.)
25 Proef houtvergassing	I, O	o vergassen	o o (L.T.)
26 Ontwikkelen meer software houtbewerking + voorraadbeheer	O	o houtresten	o o
31 Meer kennisoverdracht	O, I	o vingerlassen, interne energie voorziening (4)	• o
32 Meer samenwerken aanbieders	O	o resthout beplantingen/bouw- en sloophout	• o o
33 Demonstratie grootschalig verbranden	O, I	o resthout beplantingen/bouw- en sloophout(5)	• o o o o
34 Beter inpassen in energie infrastructuur	I, R, O	o electriciteit- en stoomproductie	o o o
35 Ontwikkelen van een mobiele houtverkolingsinstallatie	I, R,	o resthout beplantingen	• o

* R = Regulerend
O = Ondersteunend
I = Initiërend

L.T. = lange termijn

Het aantal symbolen geeft een indicatie van het volume:

ooo grote mate onzekerheid o = tot 20.000 ton
••• minder onzekerheid oo = 20 à 50.000 ton
ooo = 50 à 100.000 ton
oooo = 100 à 200.000 ton
ooooo = boven 200.000 ton

1 = 50% vergroting afzet is 15.000 ton
2 = 20% bijmengen in een middelgrote fabriek is ca. 15.000 ton
3 = 5% (meer) bijmengen in Belgische spaanplaatindustrie = 30.000 ton
4 = Indien intern gebruik 5% toeneemt is dit 15.000 ton houtresten
5 = 5 MW is ca. 15.000 ton/jaar resthout

Toelichting op schemaHoutafval als energiebron

In principe zijn alle soorten houtafval geschikt om door middel van verbranding energie op te wekken. De opgewekte energie door verbranden kan in de vorm van verwarmd water, lage en hoge drukstoom en in de vorm van elektriciteit worden geleverd.

Voor de korte termijn is het gebruik van niet-verontreinigde houtresten direct inzetbaar. De economische voorwaarden worden in de rapportage van RCN/IVAM weergegeven. De benutting van bouw- en sloophoutafval als energiebron zal door milieuhygiënische maatregelen met betrekking tot luchtverontreiniging en de afvoer van bodemas (chemisch afval), economisch gezien in grotere installaties dienen te geschieden.

Ten opzichte van bouw- en sloophoutafval zijn de extra milieuvorzieningen voor het verbranden van resthout beplantingen geringer. Om deze reden en omdat het volume van resthout beplantingen aanzienlijk is en verder toe zal nemen, is het te verwachten dat de economische haalbaarheid van resthoutverbranding groter is, vooral voor het resthout dat vrijkomt in de grote steden, parken en langs wegen.

De economische haalbaarheid wordt echter sterk beïnvloed door de energieprijzen en de mogelijkheden om warmte en stoom tegen aantrekkelijke condities door te verkopen aan derden.

Houtvergassing verkeert in een ontwikkelingsfase. Het biedt de mogelijkheden van krachtopwekking via de vergassingsroute en niet via de stoomroute. De kosten van een installatie van 40-100 KWh met 4000 uren per jaar bedrijfstijd, bedraagt f 0,18 tot f 0,25 per geproduceerde KWh, met een inzetprijs van hout van f 0,0. De route is momenteel niet concurrerend. Ook bij stijgende energieprijzen zal houtvergassing moeten concurreren met directe (tweetraps) verbranding.

Door toepassing van houtafval als energiebron wordt een besparing aan aardgas verwacht van 20 à 25 miljoen m³ aardgas per jaar als 100.000 ton resthout beplantingen wordt verbrand (4 kg nat hout komt overeen met circa 1 m³ aardgas).

Hout is door zijn grote specifieke oppervlak een goed medium om slib verder te ontwateren. Hout verhoogt de energetische waarde van slib; voor verbranding van verontreinigd slib zal rookgasreiniging, ook zonder gebruik van houtafval, wenselijk zijn.

In de bijlage wordt aandacht geschonken aan (buitenlandse) ervaringen op het gebied van houtafvalbenutting.

Op grond van het verwachte additionele gebruik van houtafval en de inspanningen die nodig zijn om de maatregelen te effectueren, moeten prioriteiten worden gesteld. Bij de prioriteitstelling is het volgende onderscheid gemaakt.

I Maatregelen met een eerste prioriteit

- Nagaan van de mogelijkheden om houtafval te benutten voor slibverwerking/verbranding;
- Demonstratieproject voor het benutten van resthout beplantingen in een 3 à 5 MW energie-opwekkingsinstallatie;
- Aantrekken van een spaanplaatindustrie in Nederland;
- Meer kennisoverdracht over ervaringen met beperking van de hoeveelheden houtafval en het benutten van houtafval;
- Verdere produktontwikkeling van geperst hout;
- Ontmoedigen van het storten van houtafval.
- Ontwikkelen van een mobiele houtverkolingsinstallatie voor resthout beplantingen.

II Maatregelen met een tweede prioriteit

- Meer samenwerking met aanbieders van houtafval, zowel ten aanzien van logistiek (voorscheiden decentraal, opwerken centraal) alsook de commerciële onderhandelingen met (buitenlandse) afnemers;
- Verlagen van de transportkosten, bijvoorbeeld door verdichten;
- De ontwikkeling van betere, goedkopere en betrouwbaardere rookgasreinigingstechnieken stimuleren, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een vergelijkend onderzoek van de huidige (internationale) systemen

en het naar buiten dragen van de positieve ervaringen die zijn opgedaan;

- Toegespitste eisen met betrekking tot het gebruik van verduurzamingsmiddelen;
- Stimuleren van het ontwikkelen van software voor voorraadbeheer en het maken van "zaagplannen";
- Betere inpassing van duurzame energie in de bestaande energie-infrastructuur, inclusief tariefstelling met betrekking tot teruglevering aan het net.

III Maatregelen met een lagere prioriteit

- Stimuleren van mondiaal overleg over houtvoorziening;
- Verhogen van de eisen aan een sloopvergunning;
- Bijhouden van de internationale ontwikkelingen op het gebied van nieuwe technologieën, (preventie, vergassen, hydrolyse, pyrolyse), nieuwe scheidings-, verwerkings- en reinigingsapparatuur en nieuwe praktische toepassingen van houtafval.

9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De onderhavige studie leidt tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- De totale hoeveelheid houtafval bedraagt jaarlijks circa 1,0 à 1,4 miljoen ton. Ofwel circa 500 miljoen m³ aardgas equivalent.
- In zijn totaliteit zal de hoeveelheid houtafval stabiel zijn tot een geringe afname. Er is wel sprake van een relatieve toename van de resthout beplantingen.
- De kwaliteit van het houtafval zal, met uitzondering van de primaire zagerijen, gemiddeld slechter worden, omdat er sprake is van grotere vermenging met andere materialen.
- Het aanbod van verbeterde scheidingsapparaten, rookgasreinigingstechnieken en verbrandingsmogelijkheden zal geleidelijk toenemen.
- De lage energieprijzen maken het echter minder aantrekkelijk om veel onderzoek en ontwikkelingswerk uit te voeren en praktijkervaring op te doen op het gebied van nieuwe verbrandingstechnieken.
- Binnen de bestaande toepassingen van houtresten van de houtverwerkende industrie kan er een verschuiving optreden, in die zin, dat voor een deel van het rode mot en voor verduurzaamde houtresten een andere bestemming gezocht zal moeten worden.
- Op grond van autonome ontwikkelingen, vooral gelet op de huidige energieprijzen en houtprijzen, is het niet te verwachten dat zonder extra inspanningen een groot deel van de 770.000 ton houtafval waar nu geen bestemming voor is, aangewend zal kunnen worden.

Op grond van het verwachte additionele gebruik van houtafval en de inspanningen, die nodig zijn om de maatregelen te effectueren, moeten prioriteiten worden gesteld.

Maatregelen met een eerste prioriteit zijn:

- Nagaan van de mogelijkheden om houtafval te benutten voor slibverwerking/verbranding;
- Demonstratieproject voor het benutten van resthout beplantingen in een 3 à 5 MW verbrandingsinstallatie;
- Aantrekken van een spaanplaatindustrie in Nederland;
- Meer kennisoverdracht over ervaringen met beperking van de hoeveelheden houtafval en het benutten van houtafval;
- Verdere produktontwikkeling van geperst hout;
- Ontmoedigen van het storten en houtafval;
- Ontwikkelen van een mobiele houtverkolingsinstallatie voor resthout beplantingen;
- Verlaging van transportkosten door verdichting van het houtafval.

BIJLAGE 1: Literatuur

- [1] Gebruik van afvalhout. J.E. Kramer e.a. IVAM. Ministerie van VROM 1985.
- [2] Schatting huidige en toekomstige aanbod van houtafval in Nederland, Broers & Partners 1983.
- [3] Bouw- en sloopafval in Nederland, J.J. Botman. Bouwcentrum 1979.
- [4] Nota Tweede Kamer 1984/1985 18-606 nrs 1-2.
- [5] Recycling groenafval komt binnen bereik van gemeenten. G.J. Zaadnoordijk. Tuin en Landschap 24/1986.
- [6] Info firma Stierman, Soest. Leverancier van apparaten voor groenbewerking en verbrandingsinstallaties.
- [7] Info firma Beuker, Diemen. Groenbewerkingsbedrijf.
- [8] Info Gem. Plantsoenendienst Rotterdam.
- [9] Regionaal hout. Adviesbureau Arnhem 1980.
- [10] Bosbouw en energieproductie. W. Boxsem, M.A. Leek. Nederlandse Bosbouw Tijdschrift, 9-1981.
- [11] Vitaliteit Nederlands bos in kaart gebracht, F.C. Prillewitz. PT Aktueel, nr. 50 1984.
- [12] Vitaliteit van bos, 1984. CBS 1986, tabel 36.
- [13] Enige uitkomsten van het CBS onderzoek "Zuivering van afvalwater", Th. P.H. van Cruchten. H₂O nr. 26, 1986.
- [14] Verbranding van afvalhout, TAUW. NOH contactnr. 24.22-130.10, 1987.
- [15] Benutten van houtafval voor energiebesparing, SVEN. EBM 1075. Concept rapporten van andere studies (RCN en IVAM)

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 1-2

- [A] Energie in de EG. TV program 19.10.1987 BTT 1
- [B] Aufkommen und wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten von Altholz in der Schweiz. E. Lederberge E.A. Recycling von Holz, 1987.
- [C] Aufbereitungen von Holzabfällen aus Baurestmassen als Brennstof für kleinfeuerungen. F. Duplre. Recycling von Holz 1987.
- [D] Fernheizproduktion von Holz und Industrieabfall in Sweden. L. Helgesson und K. Wermter. Recycling von Holz 1987.
- [E] Bosafval als brandstof. Afvalbeheer november 1985.
- [F] De Volkskrant. M. van den Broek, 1 november 1986.
- [G] Erfahrungen des bisherigen Betriebes des Zentralen Kompostplatzes in Karlsruhe. H. Schmidt. Das Gartenamt 36, februari 1987.
- [H] System Kompostcontainer in der Stadt Aachen.
D. Henssen e.a. Zwischenbericht, december 1986.
- [I] Fa. Eijkelboom B.V., Apeldoorn. Groenverwerkingsbedrijf.
Dhr. J.W. Vermeulen. Studie naar compostering van groenafval.

BIJLAGE 2: Achtergrondinformatie PMC's

PMC 1 en 2	: Spaanders en vezels voor spaanplaatindustrie
------------	--

- Soort houtafval : Vezels, krullen, witte mot, houtresten met schors van primaire zagerijen, voorgescheiden sloophout en oud hout.
- Eigenschappen : Geen zand, metalen, geringe hoeveelheid verontreinigingen door bast. Zowel loof- als naaldhout. Vezelstructuur/sterkte belangrijk.
Laag vochtpercentage is gunstig.
Redelijke tolerantie wat houtkwaliteit betreft.
- Aanbieders : Bosexploitanten, gespecialiseerde (Belgische en Duitse) handelaren rond hout, inzamelaars houtrestenindustrie, opwerkers oud hout en sloophout. Veel aanbod uit Noord-Frankrijk (voorbij Parijs) in verband met verplichting om bos te onderhouden en (zure regen) schade.
- Afnemers : Spaanplaatindustrie in Duitsland en België. In Duitsland circa 3 fabrieken vlak over de grens en in de buurt van Almelo, Emmen en Winschoten.
Tevens een concentratie rondom Dortmund. In België zijn circa 10 fabrieken geconcentreerd in de oude "vlasstreek" tussen Gent en Kortrijk. Capaciteit in België: 4 fabrieken tussen 1000 en 2000 m³ per dag en 4 fabrieken circa 500 m³ per dag.
- Marktomvang : ● Marktomvang spaanplaatmarkt is groot; alleen al in België wordt circa 2.000.000 m³ verwerkt.
Uit het jaarverslag van Staatsbosbeheer blijkt dat jaarlijks 150.000 à 200.000 m³ naar België en naar Duitsland wordt geëxporteerd. (Belgie circa f 57,= en Duitsland circa f 50,= per m³).

- Export van diverse soorten houtafval vanuit Nederland is wisselend.

Uitvoer van houtafval was in 1986 circa 150.000 ton waarvan 54% tegen prijzen van f 80,= respectievelijk f 100,= per ton.

In 1983 werd 141.000 uitgevoerd tegen een gemiddelde prijs van ruim f 100,=; het aandeel van België bedroeg 50%.

De totale produktie in Duitsland was in 1983 5,7 miljoen m³. In Nederland is geen fabriek meer.

Invoer spaanplaat in 1986 circa 490.000 m³ vooral uit België en Duitsland. Laatste jaren toename melamine geïmpregneerde plaat.

Marktprijzen : Prijzen sterk verschillend naar gelang de kwaliteit houtafval en marktsituatie.

Krullen en witte mot hebben een goede marktwaarde. De prijs voor oud hout, bouw- en sloophout en houtresten neemt sterk af naar mate er meer verontreinigingen in zitten.

Prijs varieert van f 150,= voor krullen tot f 45,= voor verkleind sloopafval per ton, inclusief vergoeding transport.

Ontwikkelingen : Afgelopen jaren overcapaciteit.

Tendens naar grotere efficiëntere machines. Toetredingsdrempel voor nieuwkomers in deze markt steeds groter.

Aandeel hout in produktiekosten was circa 30% en het aandeel energiekosten 20%.

Op middellange termijn groot aanbod rond hout door schade in bossen. Toenemende concurrentie van platen gemaakt uit rookgasontzwavelingsgips.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 2-3

- Knelpunten : Hoge transportkosten en veel concurrentie met mindere kwaliteiten vers hout.
Hoge toetredingsdrempel gezien de omvang van de moderne fabrieken en het "gesloten karakter" van de bedrijfstak.
- Stimulering : Verlagen transportkosten en versterken gezamenlijke onderhandelingspositie met spaanplaatindustrie.
Nagaan mogelijkheden van een joint-venture en overplaatsing naar Nederland met het oog op verlaging transportkosten van grondstoffen en eindprodukt.

PMC 3 + 6	: Grove (droge) spaanders voor hulpbrandstof of slibverwerking
-----------	--

Soort houtafval : Bouw- en sloopafval, oud hout, resthout beplantingen.

Eigenschappen : Verkleind houtafval, bouw- en sloophout, liefst weinig verontreinigingen en laag vochtgehalte.
Resthout aanplant, hoog vochtgehalte.

Aanbieders : Slopers, bouw- en sloopafvalverwerkers, handelaren, overslagstations, hoveniers, plantsoenendiensten.

Afnemers : Slibverwerkende bedrijven, enkele tuinders, houtverwerkende industrie, pluimveehouders (mestverbranding).

Toelichting : De verwerking van zuiveringsslib in de landbouw zal wegens de normstelling nog sterk verminderen.
Autotherme verbrandingsprocessen zijn in opkomst.
Bouw- en sloophoutafval kan voor verontreinigd slib een ontwateringsmedium en energiedrager zijn.

In 1984 werd 6.000 ton droge stof slib van een totale hoeveelheid van 211.000 ton verbrand [11].

Marktomvang : Marktomvang hulpbrandstof niet bekend, aangezien een deel van de markt op informele wijze wordt bediend; marktgrootte vermoedelijk enkele 10.000 tonnen. Bij slibcompostering wordt jaarlijks circa 25.000 ton houtafval verwerkt. Marktomvang slibverbranding is (nog) nihil. Hulpbrandstof is sterk seizoens- en weersafhankelijk.

Marktprijzen : Sterk afhankelijk van locale en actuele marktsituaties, variërend van f 0,= tot f 50,= per ton.

Marktontwikkeling: Interesse in houtkachels is getemperd door lage gasprijzen, strengere milieu-eisen en extra handling en investeringen. Aanbod van goede houtkachels is toegenomen. Verwacht wordt een geringe toename van bedrijven die eigen afval, bijvoorbeeld kuikenmest, willen verbranden. Indien slibverbranding met houtafval mogelijk is, dan is een enorm afzetpotentieel aanwezig; meer dan 100.000 ton zou mogelijk kunnen zijn.

Jaarlijks wordt 1 miljoen m³ zuiveringsslib geproduceerd (21% droge stof) en 1 miljoen m³ industrieel slib (20-60% droge stof).

Knelpunten : - Weinig ervaring met slibverbranding met houtafval en geen inzicht in economie.
- In eerste instantie voorkeur voor autotherme slibverbranding.
- Hoge energieprijzen en "onvriendelijke energie infrastructuur".
- Extra milieumaatregelen nodig voor rookgasbehandeling en afvoer asresten.

Stimuleren : - Proefprojecten slibverbranding en integrale kostenvergelijking.
- Afvoer asresten regelen en vergroten aanbod van betrouwbare en betaalbare rookgasreinigingsapparatuur.

PMC 4	: Persprodukten uit spaanders
-------	-------------------------------

Soort houtafval : Bouw- en sloophoutafval, oud hout, industrieel houtafval.

Eigenschappen : - Iedere vorm/afmeting, alsmede geveerd en ongeveerd houtafval is geschikt.
- Grote tolerantie in acceptatie.

Aanbieders : Slopers, bouw- en sloopafvalwerkers, houtverwerkende industrieën, stortplaatsen, overslagstations.

Afnemers : Industrie voor verkleinen, fraktioneren, demetaliseren persen van produkten. Momenteel is één industrie in Nederland werkzaam op dit gebied.
Afvalhout (Vierhouten B.V., Ermelo).

Afnemers en : Pallethandel, geperste produkten voor diverse toepassingen, meestal als produktonderdeel of als verpakking.
Produkten

Marktomvang : Thans wordt circa 30.000 ton/jaar verwerkt.

Marktprijzen : De prijzen voor toegeleverd houtafval liggen, afhankelijk van vraag en aanbod, tussen f 0,= en f25,=/ton. Meerjaarlijkse contracten hebben stabiliteit in aanvoer vergroot.

Marktontwikkeling: De markt heeft een belangrijke groeipotentie. Markt-aandeel in palletmarkt nog gering, speciale "nestbare" pallets zijn een goed exportprodukt. Expantiemogelijkheden ook aanwezig voor speciale produkten, bijvoorbeeld dakelementen, meubelindustrie.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 2-7

- Knelpunten : De investeringen in apparatuur en mallen zijn zeer hoog.
- Processen zijn gepatenteerd.
 - Onbekendheid bij (industriële) produktontwikkelaars en ontwerpers.
- Stimulering : - Meer produktontwikkeling.
- Optimaliseren palletmogelijkheden.
 - Vergroten bekendheid van de mogelijkheden vooral richting bouwnijverheid, meubelindustrie, verpakingsindustrie en fabrikanten van massaproducten.

PMC 5	: Geselecteerd houtafval/aanemers DHZ (pallet) handel
-------	---

Soort houtafval : Geselecteerd sloophout, geselecteerd oud hout, grote lengtestukken.

Eigenschappen : Te gebruiken als produkt, bijvoorbeeld deuren, pallets of als nieuw hout, vloerenhout, dakspanten, balkhout.
Belangrijk is lengte, weinig beschadigingen en spijkers.

Aanbieders : Slopers en sloophandel, 2^e handshandel, enkele gespecialiseerde bedrijven.

Afnemers : Particulieren, aannemers (kleine) bedrijven, houtverwerkende industrie.

Marktomvang : Veelal kleinschalig en plaatselijk; hoeveelheden zijn niet bekend, markt heeft substantiële omvang.

Marktprijzen : Zeer gunstig, speciaal door de handel met particulieren, \pm 50% van de nieuwprijs. Prijs per ton kan zeer hoog zijn, balkhout kan omgerekend per ton f 500,= opbrengen.

Marktontwikkeling: Huidige prijzen voor nieuw hout verkleinen aantrekkelijkheid. Momenteel stabilisatie en grote regionale verschillen.
Kwaliteit aanbod neemt af door toepassing van meer kunststoffen en betonconstructies.

Knelpunten : - Ontspijkeren, selectie opslag is kostbaar.
- Transport pallets volumineus.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 2-9

Stimulering : - Meer selectief slopen.
- Hogere verwerkingskosten houtafval.
- Hogere prijzen nieuw hout.

BIJLAGE 3: Studiereis Zweden

De in Zweden toegepaste grootschalige verwerkingstechnieken (chippen) van resthout beplantingen en de benutting daarvan voor energie-opwekking, vormden de aanleiding tot een bezoek op 17 en 18 juni 1987 aan een tweetal Zweedse producenten van houtversnipperapparatuur en een fabrikant van verbrandingsovens.

De firma Stierman-Soest B.V., als importeur van Zweedse houtversnipperaars, was bereid het werkbezoek te organiseren naar de door het onderzoekteam geselecteerde toonaangevende bedrijven op het gebied van houtverwerking.

Om alle aspecten van het chippen en de energetische benutting van resthout beplantingen in een periode van enkele dagen te kunnen beschouwen, werd het volgende onderzoekteam samengesteld:

- Ir. J. de Koning, MT-TNO, afdeling Verbrandingstechniek;
- Ing. K. Meiling, RIVM-LAE, Verbrandingsdeskundige;
- Drs. L.H.A.M. van Ruiten, Adviesbureau Van Ruiten,
Econoom afvalverwerking;
- F.G. Esmeijer, MT-TNO, afdeling Milieutechnologie.

Bezoeken zijn gebracht aan de volgende bedrijven:

- Firma Bruks, leverancier van chippers. Op locatie zijn enige chippers gedemonstreerd;
- Firma Erjo, leverancier van chippers. Op het bedrijfsterrein zijn demonstraties gegeven met chippers van verschillende uitvoeringsvormen en capaciteiten;
- Firma KMW Energy, leverancier van verbrandingsinstallaties voor houtchips. Er zijn twee verbrandingsinstallaties bekeken.

Algemeen

In Zweden wordt jaarlijks circa 60 miljoen ton hout (op basis van organische droge stof) uit de bossen betrokken. Circa 35 miljoen ton wordt als hout afgezet en circa 25 miljoen ton blijft in de bossen achter. Deze hoeveelheid is energetisch equivalent aan circa 8 miljoen ton stookolie of wel circa 25% van het olieverbruik in Zweden.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 3-2

Voor het opwekken van energie wordt in eerste instantie het kapafval toegepast, circa 10 miljoen m³/jaar en het surplus aan loofhout, circa 6 miljoen m³/jaar. (Söderberg 1980, Kolster 1982). In 1985 benutte de papierindustrie circa 3 miljoen m³ houtafval voor energie-opwekking.

Totaal wordt 8% van de energiebehoefte in Zweden gedekt door het gebruik van hout. Hout voor energie-opwekking (vrijwel uitsluitend in de vorm van warmte) wordt toegepast door boeren, maar ook voor wijkverwarming. De Zweedse overheid subsidieert 50% bij de aanschaf van een verbrandingsinstallatie.

In de afgelopen tien jaar heeft één leverancier van verbrandingsinstallaties, KMW, zowel voor het opwekken van warmte voor industriële doeleinden als voor wijkverwarming, in Zweden 70 verbrandingsinstallaties verkocht, met een totaal geïnstalleerd vermogen van 250 MW. De capaciteit van de installaties varieerde van 1 MW tot 17 MW.

Op diverse plaatsen in Zweden zijn energieplantages aangelegd, waarbij in relatief korte tijd (2 tot 6 jaar) biomassa wordt geproduceerd speciaal voor het opwekken van warmte. Een recente inventarisatie heeft aangetoond, dat in principe circa 3 miljoen ha beschikbaar is voor de aanleg van energieplantages. Verwacht wordt, dat per ha per jaar een hoeveelheid biomassa kan worden geproduceerd die energetisch equivalent is aan 7 - 10 ton olie.

Het kapafval en dun stamhout (1^e dunning) wordt in de bossen versnipperd. Stamhout wordt zowel ter plekke als bij de energiebedrijven verkleind tot chips. Voor de verwerking tot chips blijft het kapafval en dunningshout gedurende enige maanden liggen. Uit onderzoek is gebleken, dat het vochtgehalte van kapafval, gelegd op stapels gedurende zes maanden in de zomer daalde van circa 60% tot 25 à 30%. Opslag in de winter leidt tot absorptie hoger dan 50% van water door bedekking met ijs en sneeuw.

Firma Bruks

Het leveringspakket van de firma Bruks omvat stationaire en mobiele houtverkleiningsinstallaties (chippers) en apparatuur voor de verwerking van bomen tot grondstof voor de papier- en spaanplaatindustrie.

In het verleden leverde de firma Bruks ook installaties voor energetische benutting. Door onder andere technische problemen met een 9 MW vergassingsinstallatie, geleverd aan Canada (Energie- en Afvalbeheer, november 1985) heeft het bedrijf deze activiteiten gestaakt.

De kleine mobiele chippers worden met een tractor of een kleine dieselmotor tot circa 80 pk aangedreven en hebben verwerkingscapaciteiten van 10 - 20 m³/h. Deze capaciteit is berekend op de verwerking van rondhout. Het houtafval moet met de hand worden ingevoerd, zodat bij de verwerking van snoeihout de capaciteit aanzienlijk daalt.

De grotere mobiele chippers zijn met een eigen dieselmotor uitgevoerd of vanaf circa 150 pk tractor aangedreven en zijn voorzien van een kraan die het hout in de chipper brengt. Deze installaties zijn uitgevoerd met een container van 17 m³, waar het gechipte produkt wordt ingeblazen. Bij deze uitvoeringsvorm heeft de installatie een grote actieradius. De bestuurder bedient zowel de tractor als de kraan vanuit de cabine. Als de container vol is wordt deze via een hydraulisch mechanisme overgeslagen in een transportcontainer met een inhoud van circa 33 m³.

De terreinomstandigheden zijn zodanig, dat de tractoren voorzien moeten worden van sneeuwkettingen, waardoor, bij nat weer, de ondergrond wordt beschadigd. Voor Nederlandse omstandigheden, dat wil zeggen bossen met een zachte bodem, is deze uitvoeringsvorm minder geschikt. In Nederland zullen tractoren met brede banden moeten worden ingezet.

De stationaire uitvoeringsvormen van chippers worden meestal ingezet in de pulpindustrie en soms bij een energiebedrijf.

Voor het chippen op locatie, waarbij de voornoemde grotere combinaties in een bos met onderhoudshoutafval opereren, wordt de volgende netto capaciteit opgegeven:

- dagproduktie bij een 8-urige werkdag circa 100 m³;
- olieverbruik van de tractor 1½ - 2 l/m³ chips in moeilijk terrein en circa 1 l/m³ chips langs bospaden.

Bij een volumegewicht van de chips van circa 250 kg/m³, bedraagt de netto produktie 25 ton/dag of wel gemiddeld circa 3 ton/uur.

Firma Erjo

Het leveringspakket van de firma Erjo is nagenoeg gelijk aan dat van de firma Bruks.

Erjo exporteert vooral kleinere chippers naar het buitenland. In Nederland zijn deze vooral in gebruik bij gemeenten en groenverwerkers.

De grotere mobiele chippers met kraaninvoer hebben eigen gewichten van 7 - 9 ton. Er zijn echter uitvoeringsvormen die geschikt zijn te maken voor Nederlandse omstandigheden met gewichten van 3 - 5 ton.

De capaciteiten voor het chippen van snoeihout zijn ongeveer gelijk aan de door Bruks geleverde machines. De verschillen in de toegepaste verkleiningstechniek zijn gering.

De onderhoudskosten van chippers zijn hoofdzakelijk afhankelijk van de standtijd van de messen. Deze kan negatief beïnvloed worden door het chippen van hardere houtsoorten of verontreinigingen zoals: stenen, zand en soms metalen. De onderhoudskosten worden bij normaal gebruik geraamd op 3% en andere zwaardere werkomstandigheden op 5% van de investering per jaar.

De verschillende uitvoeringsvormen van de Bruks- en Erjo-chippers zijn aan het einde van deze bijlage weergegeven.

Als kosten voor het chippen van resthout hanteert men in Zweden bedragen van f 40,= - f 60,= /ton, kosten van afschrijving, arbeid en brandstof inbegrepen.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat deze bedragen gelden bij de chipproductie in bossen, waarbij dunningshout en takken niet op stapel liggen, maar los met de kraan in de chipper moeten worden ingevoerd.

De transporten van chips vinden in Zweden plaats in containers met een inhoud van circa 30 m³. Per transport worden drie containers vervoerd met een gemiddelde lading van 23 ton. Bij rijafstanden van 70 - 80 km worden prijzen gerekend van circa f 15,=/ton.

De opbrengsten van houtchips zijn afhankelijk van vraag en aanbod. Meestal wordt op jaarlijkse contractbasis gewerkt. Voor 1986 en 1987

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 3-5

werden prijzen genoteerd van f 90,= à f 100,=/ton chips (voornamelijk naaldhout).

Uitgaande van bovengenoemde kosten en opbrengsten zijn de gemiddelde prijzen als volgt:

- chippen : f 40,= - f 60,=/ton
- transport: f 20,= - f 25,=/ton
- opbrengst: f 90,= - f 100,=/ton

De netto opbrengst voor houtchips bedraagt f 15,= tot f 30,=/ton.

De kosten van het chippen onder Nederlandse omstandigheden worden in de bijlage onder het hoofdstuk 5.7 "Chippen/verkleinen" weergegeven.

Firma KMW

De firma KMW beschikt, zoals reeds vermeld, over een ruime ervaring op het gebied van de bouw van verbrandingsinstallaties voor houtchips. Er is een bezoek gebracht aan een bedrijf waar twee installaties van 5 MW zijn geïnstalleerd. Hier wordt warm water geleverd met een temperatuur van 80 à 100 °C ten behoeve van wijkverwarming. Het retourwater heeft een temperatuur van 50 à 60 °C. De voorraadbunker heeft een inhoud van circa 500 m³, hetgeen voldoende is voor een weekeinde. Op het terrein wordt een niet-overdekte voorraad chips aangehouden voor een periode van enige weken. De installatie wordt bediend door één man; daarnaast is nog één man betrokken bij de overslag en het onderhoud van de apparatuur. Soms wordt turf bijgestookt die, ofschoon goedkoper dan houtchips, problemen kan geven door slakvorming en daardoor asafvoer.

Opmerkelijk is dat de gehele installatie en omgeving daarvan geheel schoon is en nauwelijks wegwaaiend stof van chips is te constateren. De installatie is niet centraal geplaatst bij de afnemers. Het verwarmde water wordt over een afstand van enkele kilometers getransporteerd. Deze installatie is van een traditioneel trappenrooster voorzien.

Bij deze installatie zijn momenteel plannen tot condensatie van rookgassen, waardoor het rendement van de installatie wordt verhoogd. Het ontstane condensaat zal zonder reiniging worden geloosd (hetgeen in Nederland waarschijnlijk niet zal zijn toegestaan). De stofemissie via de schoorsteen zal door deze ingreep worden verlaagd.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 3-6

Een andere bezochte installatie heeft een capaciteit van 5 MW. Voor het opvangen van piekbelastingen en bij geringe afname van warmte in de zomer is er een oliegestookte ketel bijgeplaatst. Deze installatie, die aan het eind van de bijlage is weergegeven, is eveneens voorzien van een bewegend trappenrooster. Het warme water van deze installatie dient eveneens voor wijkverwarming. De bediening geschiedt door één man. De installatie verwerkt alleen houtchips maar kan ook andere materialen zoals turf, schors enz. verwerken. Omdat hierdoor slakvorming kan optreden, worden deze materialen niet verwerkt.

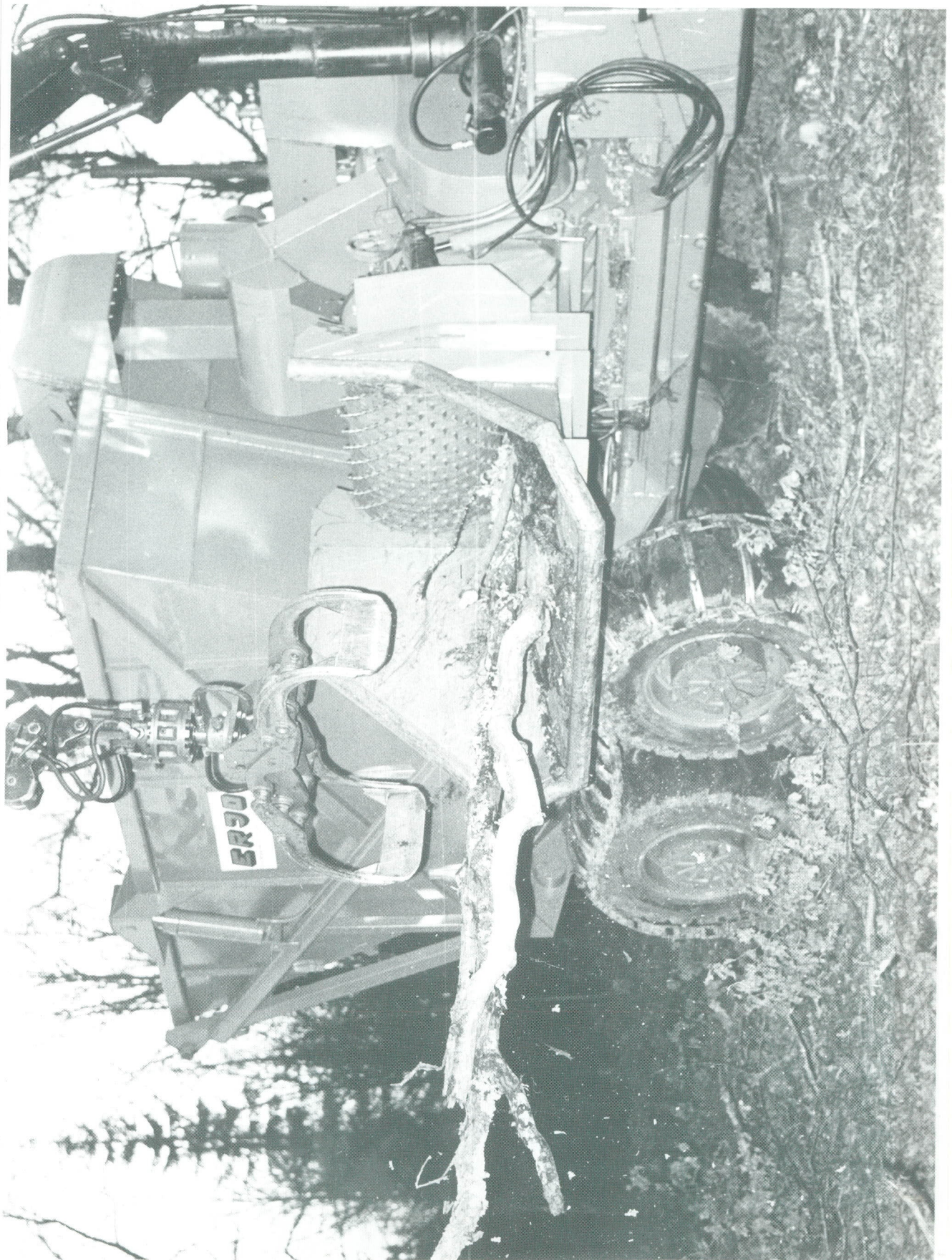
Voor beide bezochte installaties geldt, dat het stofgehalte in de rookgassen moet voldoen aan de Zweedse norm voor de maximaal toegestane stofconcentratie van 350 mg/m³. Hierdoor is alleen plaatsing van een cycloon nodig.

Om te kunnen voldoen aan de Nederlandse wetgeving kan met een tussenschakeling van een multi-cycloon een stofgehalte van maximaal 100 mg/m³ worden gehaald en bij plaatsing van een doekenfilter maximaal 50 mg/m³. Voor de kosten/baten van energie-opwekking met behulp van houtafval uit bossen en resthout aanplant wordt verwezen naar het hoofdstuk 5.6 "Verbranden" van deze bijlage.



The Difference Between Chips and Bruks Chips – or: How to Turn Waste into Profit



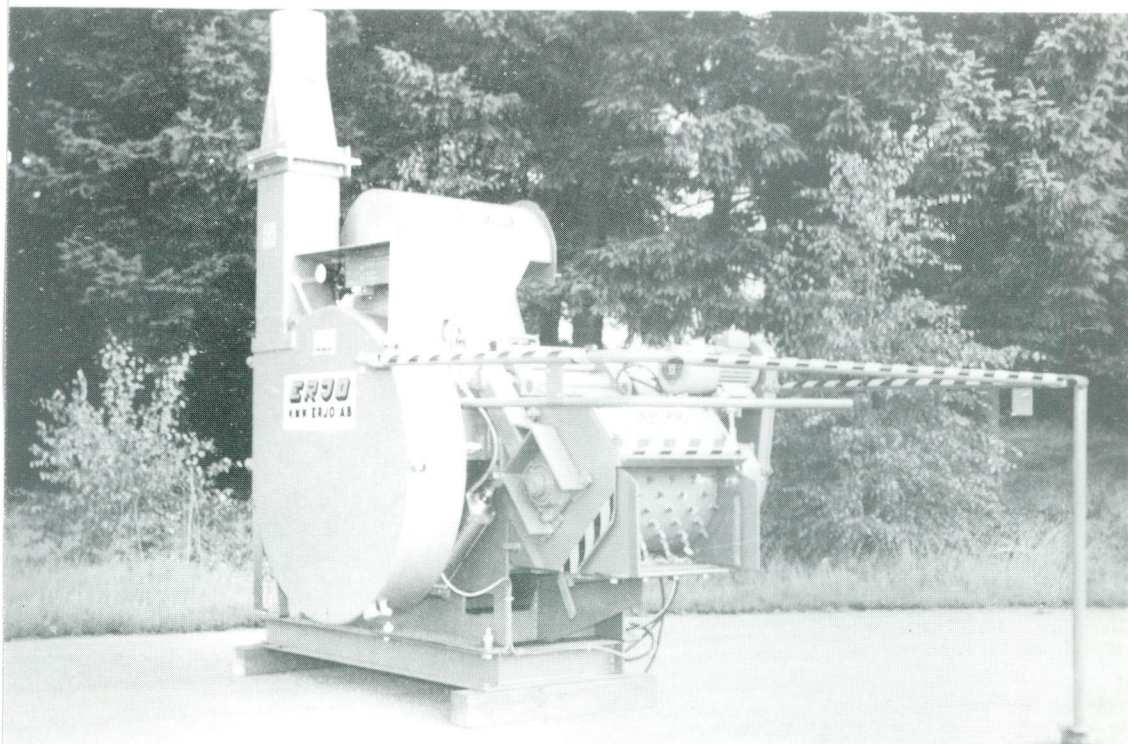


ERJO

Chippers



For forest ry

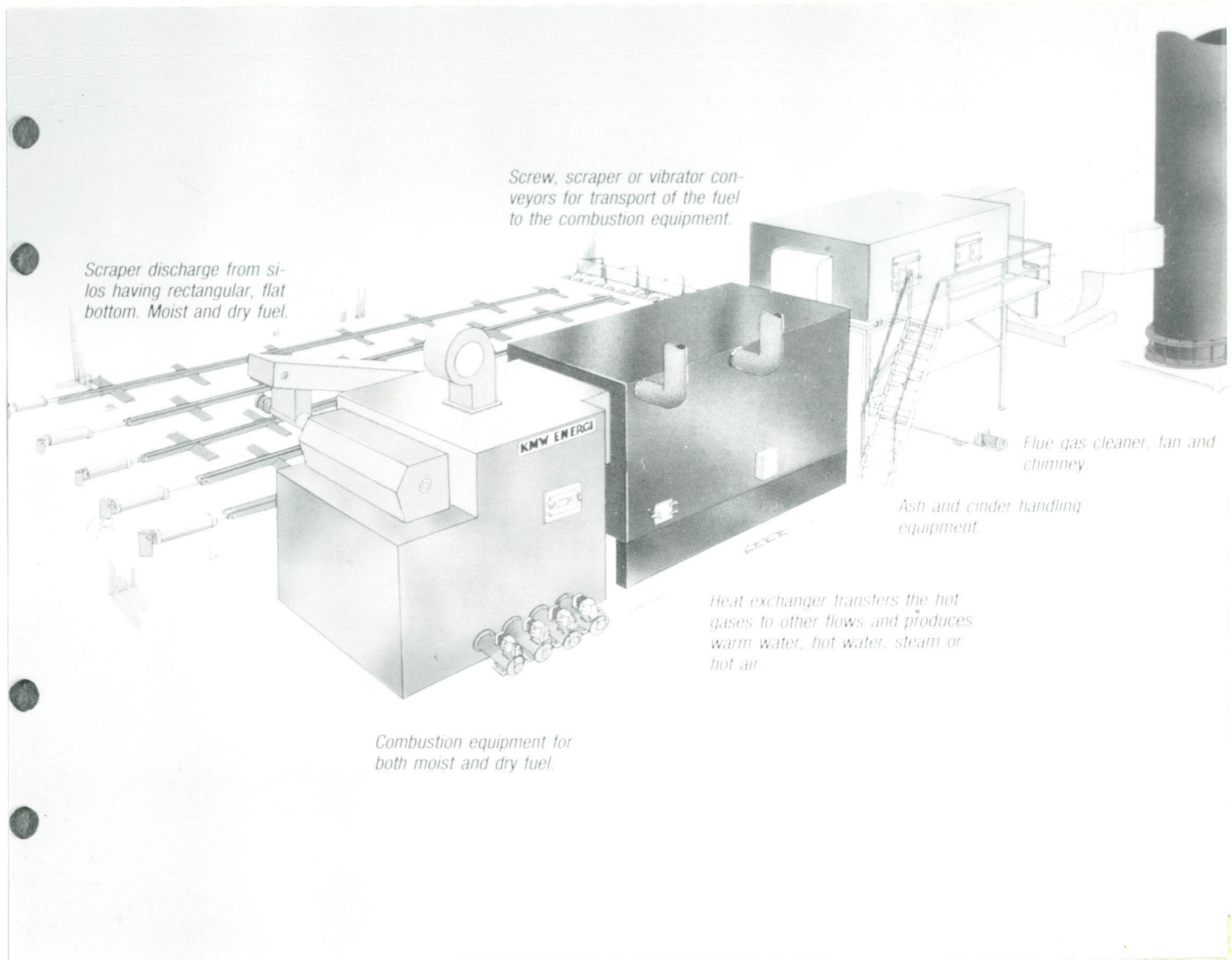


For industry

Anlagen in der ganzen Welt.

Als einer der führenden Hersteller von Anlagen für festen Brennstoff seit mehr als 35 Jahren, hat die KMW ENERGI sich eine grosse Er-

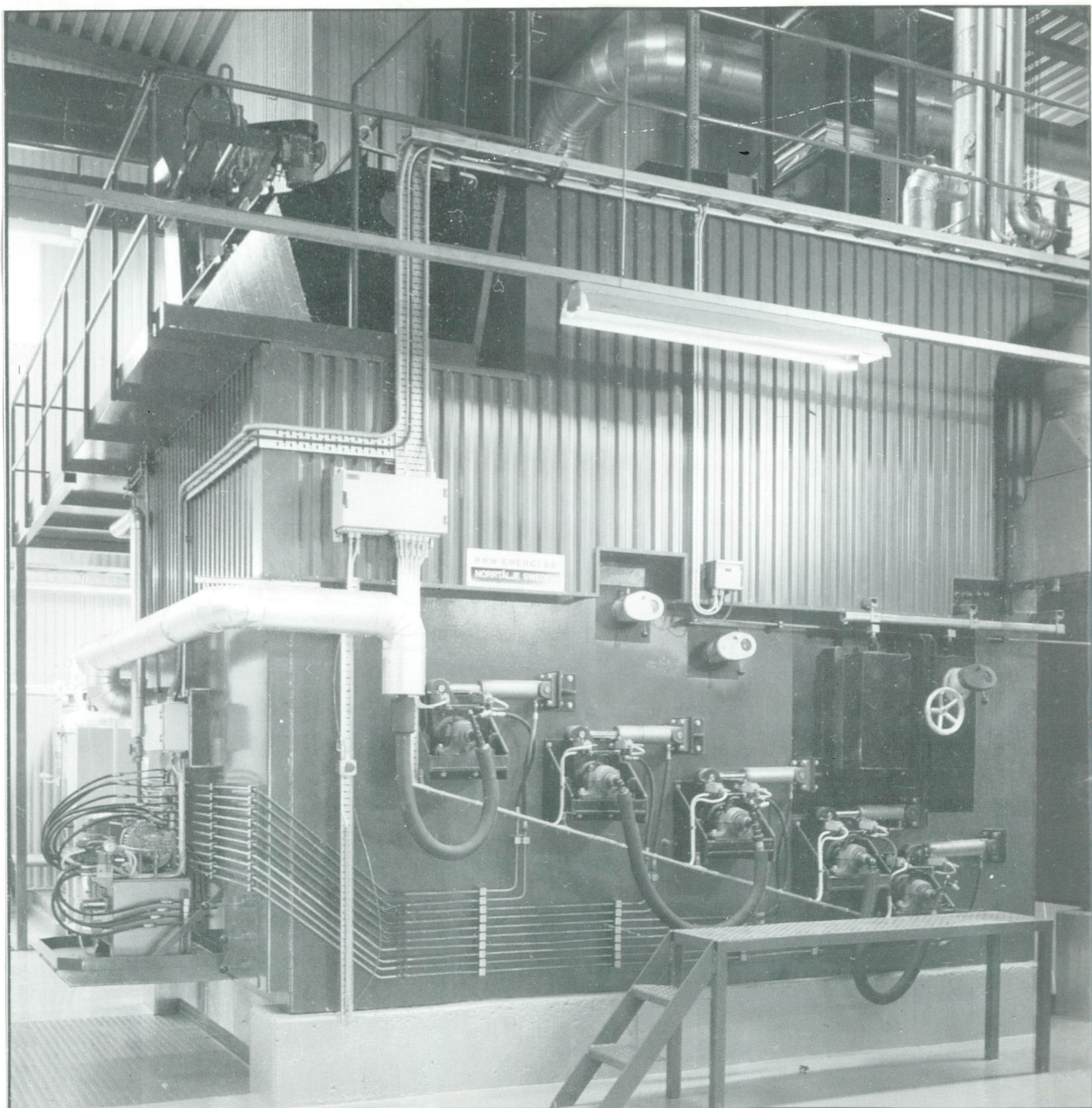
fahrung verschaffen. Zur Zeit haben wir mehr als 3.000 Anlagen im Betrieb überall in der Welt. Grössenordnung von 0,5–20 MW.



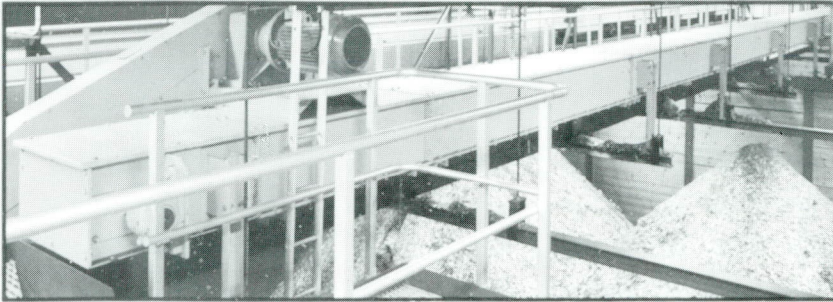
KMW ENERGI baut nicht nur die eigentliche Feuerungs-ausrüstung. Unsere Lieferverantwortung reicht von der Projektierung bis zum Ser-

vice, von einzelnen Einheiten bis zu schüsselfertigen Anlagen, einschliesslich Kombinationen für Strom, Öl oder Gas.

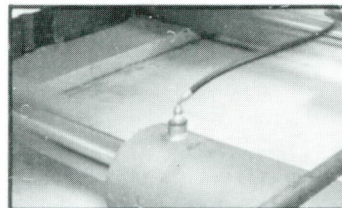
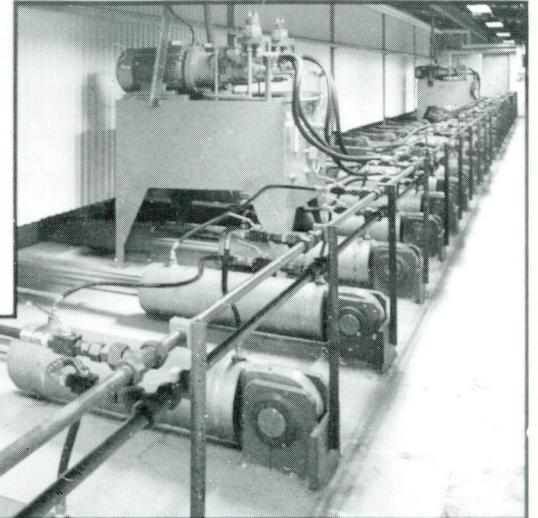
COMBUSTION EQUIPMENT FOR SOLID FUELS



Some of our more than 3 000 installations



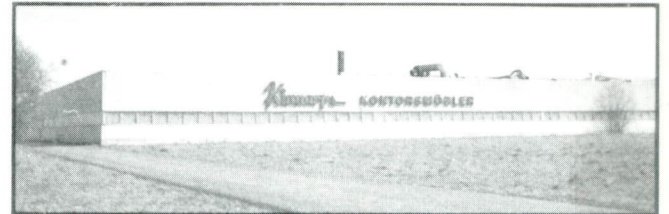
Silo feeder with bucket elevator and reclaiming scraper. Capacity 100m³/h



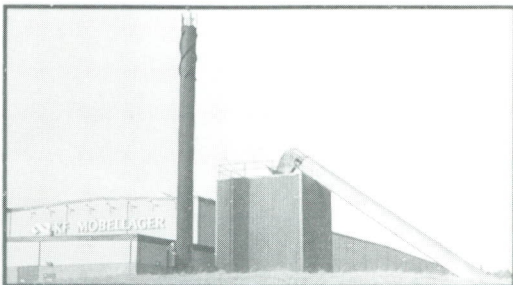
Silo Volume 2 x 1.200m³. Fuel: Bark, sawdust, chips, and forest residue. Silo discharge scrapers. Capacity 2 x 30 m³/h



Plönninge Agricultural School, Harplinge. Capacity 900 + 500 kW. Fuel: Chips, forest residue, bark and sawdust



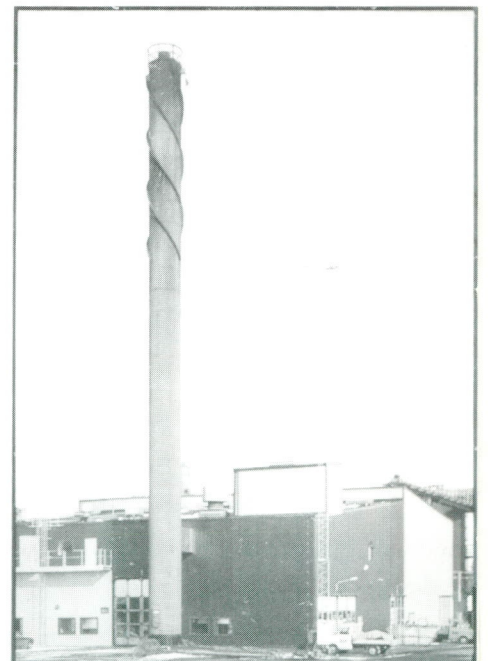
Kinnarps Kontorsmöbler AB, Kinnarp. Capacity 2000 + 4000 kW. Fuel: Chips, forest residue etc.



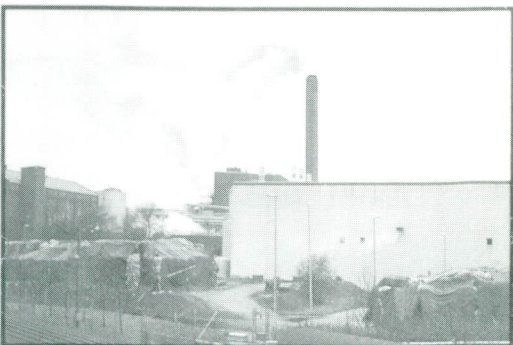
KF Möbellager, Lamnhult. Capacity 2 x 700 kW. Fuel: Chips, forest residue, bark and sawdust



Broby Sjukhus, Broby. Capacity: 2 x 1000 kW + 350 kW. Fuel: Chips, forest residue etc.



Mora Värmeverk, Mora. Capacity: 8 MW. Fuel: Pellets. Effect: 8 MW. Fuel: Chips, forest residue, bark and sawdust



Hyltebruk AB. Capacity 17 MW. Fuel: Bark

BIJLAGE 4: Buitenlandse situaties - "State of the art" houtbenutting

In de E.G. wordt 6% zogenaamde biobrandstof gebruikt. Veelal betreft dit hout c.q. houtafval. Verwacht wordt dat dit percentage de komende decennia zal toenemen [A].

In Oostenrijk wordt snelgroeiende biomassa gekweekt voor energietoepassing. Het betreft de produktie van wilg, populier en els. De huidige energiebenutting uit biomassa is 8% bij 700 verbrandingsinstallaties. De aanplant van genoemde gewassen wordt sterk geïntensiveerd [A].

Zwitserland kent ook een benutting van houtafval. Van de 1,5 miljoen m³/jaar wordt circa 6% in de recyclingindustrie ingezet; 46% van het houtafval wordt voor energiebenutting aangewend.

In een "theoretische" strategie wordt voor het jaar 2015 voorspeld, dat dan 80% van het houtafval wordt benut. Deze verwachtingen zijn geënt op de volgende ontwikkelingen:

- toename van automatische verbrandingsinrichtingen (mot en zaagsel);
- toename van verbrandingsinrichtingen met energie-opwekking;
- toename van houtvergassing;
- toename van deponiekosten.

Ook worden maatregelen verwacht tegen installaties zonder milieuvorzieningen. Verontreinigd houtafval kan in de cementindustrie worden afgezet, vooral door de milieuvorzieningen die deze bedrijven reeds hebben.

Wellicht dat de technische kennis die in Nederland aanwezig is of wordt ontwikkeld, respectievelijk verbranden en vergassen, zoals in Zwitserland wordt toegepast, kan worden aangewend [B].

In de BRD wordt houtafval benut als grondstof voor de spaanplaatindustrie en voor energie-opwekking door middel van verbranding. Dit houdt in, dat er in winterse perioden weinig houtafvalaanbod is voor de spaanplaatindustrie. Hierdoor vindt import voornamelijk vanuit Nederland plaats. Vergassings- en pyrolysetechnieken zijn nog niet operationeel. Door de verwachting dat de olieprijs in de jaren negentig zullen stijgen wordt verwacht, dat een proces als verkleinen en briketteren ren-

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 4-2

dabel zal kunnen worden. Dupré stelt in een artikel [C] dat verfresten in de houtbriquet kunnen achterblijven. Deze weergave is milieuhygiënisch zeer discutabel, omdat Dupré deze briketten in kleine verbrandingseenheden wil toepassen.

De techniek van briketteren van verkleind hout is in Nederland ook bekend. Behalve de hoge druk "strengen persen" machine heeft de firma Dusseldorp tevens een briketteringsinstallatie. De economie van het proces is echter zodanig, dat afzet naar de particuliere markt niet economisch haalbaar is.

In Zweden wordt hout en houtafval op grote schaal aangewend voor verwarmingsdoeleinden van woningen en stadsverwarming en/of warmte-opwekking voor industriële processen. Een probleem voor benutting van houtafval is er nauwelijks.

- De kosten/baten van het chippen van dunningshout in bossen zijn:

kostprijs : f 40,= à f 60,=/ton

transportkosten: f 20,= à f 25,=/ton

opbrengsten : f 90,= à f 100.=/ton

De afzet van de chips vindt plaats aan "energie" bedrijven waar door middel van verbranding stoom wordt opgewekt. Deze installaties variëren in grootte van 5-10 KW en worden ingezet voor wijkverwarming en in de (papier) industrie.

Gezien de prijzen dient te worden opgemerkt, dat in Zweden op de invoer van olie een heffing plaatsvindt zowel voor ondersteuning van energieonderzoek, alsook om de energetische benutting van hout(afval) financieel mogelijk te maken.

Op deze wijze heeft men in Zweden niet de Nederlandse omstandigheden, waarbij de fluctuaties in de prijzen van energiedragers (gas en olie) direct van invloed kunnen zijn op de inzet van houtafval.

Nieuw is de toepassing van verbranding van huisvuil, grofvuil en houtafval in de verhouding van 20% : 5% : 75% en wordt benut voor ruimteverwarming (warmwater 85-120 °C) in een 50 MW ketel [D].

Vergassingsprojecten bleken in Zweden (evenals in Nederland) grote tech-

nische problemen op te leveren. Ontwikkelingen bevinden zich in de laboratoriumfase. De levering door de Zweedse firma Bruks van een vergassingsinstallatie met een capaciteit van 9 MW aan Canada bleek technisch zodanig problematisch te zijn, dat vergassingsactiviteiten op dit gebied zijn gestaakt [E].

De toekomstige toepassing van hout en/of houtafval voor energie of produkten leeft ook bij oliemaatschappijen. Shell heeft, respectievelijk is op verschillende plaatsen in de wereld bezig met de aanleg van houtplantages. Het concern zoekt naar alternatieven om hout op versnelde wijze om te zetten in aardolie of steenkool [F].

Canadese bedrijven, die op grote schaal houtbriketten maken voor energiebenutting, hebben het in de afgelopen jaren economisch zeer moeilijk gehad.

Onderzoek naar compostering van blad met twijgen en Groente/Fruit/-Tuinafval (GFT) vindt plaats in de BRD. De uitkomsten zijn vooralsnog positief [G],[H].

De fabricage van chemische produkten uit hout en/of houtafval van methaan tot glucose wordt op laboratoriumschaal en demoschaal onderzocht. De stand van zaken is, dat momenteel geen van de processen economisch rendabel is. Het meeste perspectief biedt de zure hydrolyse.

De ontwikkeling is echter nog niet zover gevorderd, dat van een bewezen technologie kan worden gesproken. Aantrekkelijk zal in de nabije toekomst het "organosolv" proces kunnen worden. Dit hangt af van een goede afzet voor lignine.

De wisselingen in samenstelling van het houtafval leveren echter een lignineprodukt met wisselende samenstelling op. De biotechnologische hydrolyseprocessen zijn uit energetisch oogpunt het minst aantrekkelijk. Deze processen zijn meer geschikt voor papierpulp of landbouwafval.

BIJLAGE 5: Toelichting diverse technieken

5.1 Biogas

Inleiding

Biogas kan worden gevormd door omzetting van organisch materiaal. Bij de afbraak van organisch materiaal door anaerobe omzetting wordt methaan en koolzuurgas gevormd. Het proces is onder te verdelen in een viertal fasen, namelijk:

1. Hydrolyse of vervloeiing. Gedurende deze fase worden niet-oplosbare stoffen door enzymen, die door bacteriën worden uitgescheiden, omgezet in minder complexe, oplosbare stoffen;
2. Zuurvorming. Gedurende deze fase worden de opgeloste stoffen in de cel van de zuurvormende bacteriën omgezet in eenvoudige verbindingen, zoals vluchtige vetzuren, alcoholen, melkzuur, CO_2 , H_2 , NH_3 en H_2S ;
3. Azijnzuurvorming. Gedurende deze fase worden de produkten van de zuurvormende fase omgezet in acetaat, waterstof en carbonaat;
4. Methaanvorming. Gedurende deze fase worden de produkten van de azijnzuurvorming: acetaat, waterstof en carbonaat omgezet in methaan en CO_2 .

De processen vinden plaats door een drietal groepen methaanvormende bacteriën:

- hydrolyserende micro-organismen;
- zuurvormende bacteriën;
- methaanvormende bacteriën.

De methaaninhoud van houtafval is, op basis van cellulose, $0,378 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg}$ houtafval. Cellulose is echter moeilijk afbreekbaar, zodat procesmatige methaanwinning slechts na een lange periode (> 20 dagen) kan plaatsvinden.

Processen

Biogasprocessen worden zowel batchgewijs als continu in reactoren uitgevoerd. De eenvoudigste vorm is een huisvuilstort waaruit biogas wordt gewonnen. Meer procesgerichte verwerking vindt plaats in semi-continu of continu reactoren.

DRANCO-systeem

Dit systeem is ontwikkeld voor huishoudelijk afval. Ook houtafval (snoeihout met blad) is in dit systeem verwerkbaar. De vergisting geschiedt continu bij droge stof-gehalten van circa 35% en een temperatuur van 55 °C. De verblijftijd in het systeem is voor huishoudelijk afval 12-18 dagen, doch zal voor snoeihout enige dagen langer moeten duren.

Na het vergisten vindt nafermentatie gedurende enkele dagen plaats.

Met het DRANCO-systeem zijn experimenten met papier (cellulose) uitgevoerd. Hierbij bleek, dat een CH₄ opbrengst van 45-65% van de theoretische haalbare produktie werd bereikt. Dit zou inhouden, dat voor snoeihout een CH₄ opbrengst van 0,15 - 0,35 m³ CH₄/kg snoeihout, op droge stof-basis, kan worden verwacht.

VALORGA-systeem

Het betreft hier een integraal afvalverwerkingssysteem voor huishoudelijk- en industrieel afval, alsmede voor zuiveringsslib. De organische deelstroom in het proces wordt anaeroob vergist. Of de vergistingsstap in het proces geschikt is c.q. kan worden gemaakt voor snoeihout dient nader te worden onderzocht.

RUDAD-systeem

Het RUDAD-systeem bestaat uit een tweetraps-proces voor de vergisting van afval met een hoog cellulose gehalte. Het principe berust op hydrolyse en verzuring van cellulose met micro-organismen, waarbij ciliaten een essentiële rol spelen.

Ciliaten zijn protozoën die voorkomen in de pens van herkauwers. Deze zijn in staat om tezamen met andere micro-organismen cellulose te depo-

lymeriseren, bij een constante temperatuur van circa 39 °C en een pH van 6 à 7. In verband met uitspoelen van de ciliaten-populatie dient de verblijftijd boven de 12 uur te liggen.

Het materiaal dient eerst te worden verkleind en wordt daarna met circulatiewater uit de methaanreactor verdund tot circa 10% d.s. Vervolgens vindt hydrolyse en verzuring plaats in een geroerde tankreactor.

Er is een groot scala aan vergistingsprocessen die meestal zijn ontwikkeld voor zuiveringsslib, en dergelijke. Voor zover bekend zijn deze systemen niet beproefd voor de winning van biogas uit snoeihout.

Economie

Het vergisten van snoeihout wordt (nog) niet toegepast. Toevoeging van ander organisch afval, zoals bermgras, kan de opbrengst aan methaan wellicht doen toenemen. Economische aspecten van biogaswinning van snoeihout zijn, door het ontbreken van experimenten, niet bekend. Verwerkingskosten, afhankelijk van de toegepaste systemen, worden geschat op f 50,= à f 100,=/ton.

Door lage opbrengsten voor gas blijkt biogaswinning uit snoeihout momenteel economisch onaantrekkelijk. Verwacht wordt, dat op lange termijn deze technologie economisch interessant kan worden.

Milieu

Bij de produktie van biogas ontstaan een drietal produkten: methaangas, proceswater en residu. Alleen het organisch materiaal wordt omgezet. Niet-organisch of zeer slecht afbreekbare componenten vormen het residu. Bij snelhoutvergisting is het residu een compost die, tegen opbrengst, kan worden afgezet. Als andere organische afvallen (bijvoorbeeld bermgras) mee worden vergist, kan het residu zware metalen (lood) bevatten.

Percolatiewater van vergisting wordt deels weer teruggevoerd in het proces. In het af te voeren proceswater kan door accumulatie vervuiling optreden. Onbekend is wat bij biogassing uit snoeihout uiteindelijk aan schadelijke stoffen in het afvalwater terecht kunnen komen.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-4

Bij het vergisten van snoeihout zal het geproduceerde biogas bestaan uit 50 vol % CO_2 en 50 vol % CH_4 . Energetisch beschouwd is dit gas verontreinigd door de aanwezigheid van CO_2 , doch uit milieuhygiënisch oogpunt is dit een schoon gas.

5.2 Composteren [I]

Inleiding

Composteren is een proces van beheerste bio-oxidatieve degradatie van een mengsel van organische stoffen in vaste vorm.

Compost is een zelf-gestabiliseerd en zelf-gesaneerd produkt dat neutraal is ten opzichte van plantenwortels en dat, na een eerste fase van snelle metabolische afbraak, een langzaam proces van humificatie (stabilisatie) ondergaat.

Procesbeschrijving:

Het composteren doorloopt een aantal stadia, waarbij in afhankelijkheid van de temperatuur elk stadium zijn eigen microflora heeft. De verschillende stadia zijn als volgt:

omzettingsfase	temp. °C	micro-organismen	doding van pathogene organismen
Mesofiele	45	psychrofiële mesofiele	geen sterilisatie
Thermofiele	45-65	thermofiele	thermisch en biologische desinfectie
Hoge temp. fase	65	sporenvormers	thermische desinfectie
Afkoeling	65-20	thermofiele gevolgd door mesofiele	desinfectie door antagonistische werking
Rijping	omgevings- temp	soortenrijke microflora	

Thermofiele bacteriën zetten eiwitten en lagere koolhydraten om. Cellulose en lignine worden niet aangetast. Dit wordt wel gedaan door de thermofiele schimmels.

Eenvoudige koolhydraten (suikers) zijn gemakkelijk afbreekbaar voor

micro-organismen. Deze verbindingen worden dan ook in het begin van de compostering zeer snel afgebroken onder vorming van organische zuren en warmte.

Hogere koolhydraten, cellulose en hemi-cellulose, worden afgebroken door schimmels, bacteriën en actinomyceten. Het grootste deel van deze koolhydraten wordt afgebroken bij een temperatuur van circa 55 °C. Dit heeft tot gevolg dat deze verbindingen meestal in een later stadium van de compostering worden omgezet, namelijk als het gebrek aan gemakkelijk afbreekbare stoffen de biologische processen zo heeft vertraagd, dat de temperatuur permanent onder de 60 °C blijft.

De schimmels nemen het grootste deel van de afbaak voor hun rekening. Zij verdrijven, onder gunstige omstandigheden, de cellulolitische bacteriën. Cellulase producerende actinomyceten worden genoemd als voorname cellulase-afbrekers.

Lignine, het moeilijkst door micro-organismen aan te tasten plantaardig materiaal, wordt afgebroken door een kleine groep organismen, namelijk de basis-diomyceten of hogere schimmels. Basis-diomyceten degraderen lignine langzaam en het duurt ongeveer een maand voordat de hoogste afbraaksnelheid wordt bereikt. Lignine-afbraak lijkt te worden bevorderd door een composteringssysteem met windsingels die niet worden gekeerd, maar door geforceerde ventilatie van zuurstof worden voorzien. Waarschijnlijk wordt door het keren het mycelium zodanig aangetast, dat dit remmend werkt op de groei van basis-diomyceten.

Processen

Bij alle composteringsprocessen is verkleining van snoeihout noodzakelijk, omdat onverkleind snoeihout moeilijk toegankelijk is voor micro-organismen.

Vorbereiding

Over het algemeen wordt een verkleining van snoeihout tot 3 à 5 cm als optimaal beschouwd. De structuur van het hout moet goed worden opgebroken. Dit kan door vervezeling gebeuren.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-7

De methoden die hiervoor gebruikt worden zijn:

- klepelen, draaiende trommel met hamers (klepels);
- walsen, pletten van materiaal tussen walsen;
- verspanen, messenschijf en messenwals; het materiaal wordt in de vorm van platte stukjes (chips) verkleind.

Met een messenwals kunnen de cellen van "dikker" hout tijdens het verspanen worden dichtgeduwd, waardoor ze afgesloten worden voor snelle opname van vocht en micro-organismen.

Composteringsvormen

De meest toegepaste vorm van composteren is het op rijen (windsingels) leggen van het materiaal. De hoogte van de hopen is onder andere afhankelijk van de beschikbare apparatuur (2 à 3 m). De zuurstofvoorziening kan door samendrukking in gevaar komen, zodat de stapeling zorgvuldig moet worden uitgevoerd.

Temperatuurstijging moet binnen twee dagen plaatsvinden. Gebeurt dit niet, dan kan de verhouding tussen vochtgehalte en organische stof hiervan de oorzaak zijn. Voor de eliminatie van ziekteverwekkers moet het materiaal minimaal in één dag een temperatuur van 50 °C bereiken.

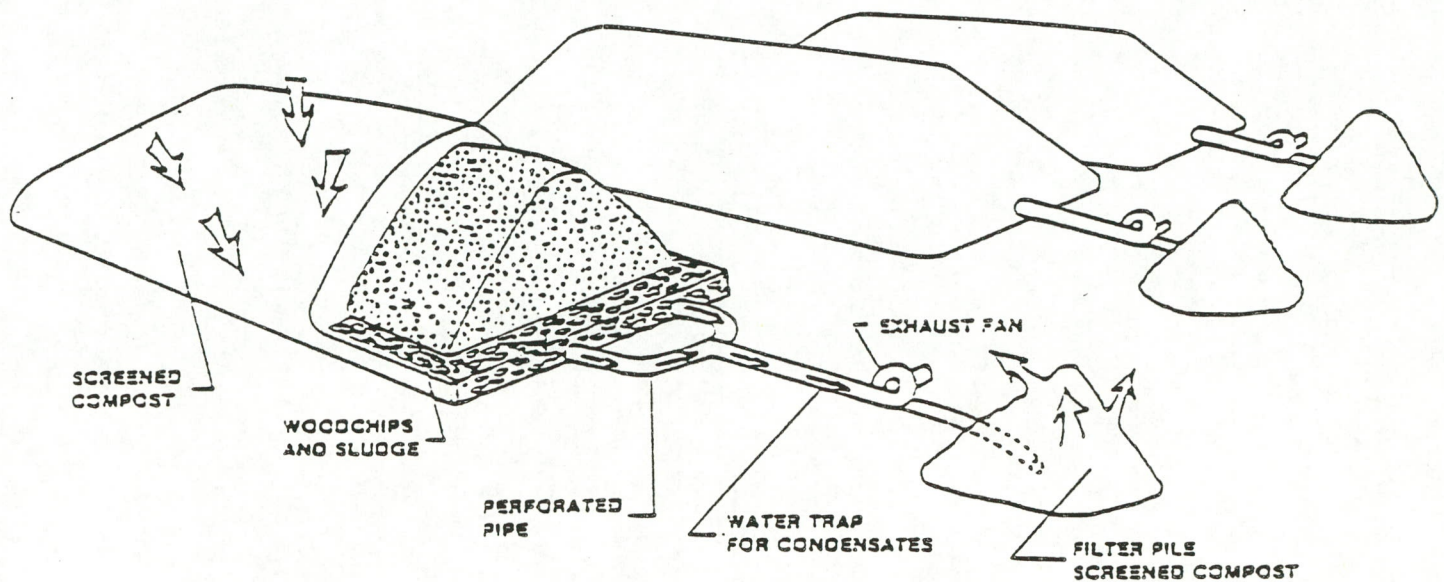
Gesteld kan worden, dat bij een temperatuur van 55 °C de composthoop moet worden gekeerd waardoor opnieuw menging plaatsvindt.

Van belang is tevens dat door de slechte compostering van hout, het resthout na compostering (mulch) weer wordt toegevoegd aan een nieuw te maken windsingel. Hierdoor wordt het verse materiaal voorzien van de juiste micro-flora. Op deze wijze wordt de compostering versneld en het eventuele overschot aan koolstof verminderd.

Een composteringvorm, die is afgeleid van de hiervoor omschreven methode, is de zogenaamde geforceerde beluchtingsmethode. Hierbij wordt afwisselend lucht geblazen of gezogen door de te composteren massa. De beluchting vindt plaats door onder de composthoop een drainagesysteem aan te leggen die wordt aangesloten op een ventilator. Hierdoor ontstaat een betere zuurstoftoevoer die tot snellere compostering leidt. Bovendien hoeft de composthoop minder vaak te worden omgezet. Deze methode

lijkt zeer geschikt voor snoeihout met blad of andere toevoegingen. Deze methode wordt tevens toegepast voor de verwerking van groente/fruit /tuinafval (Purmerend, VAM). Bij stankoverlast van de doorgevoerde lucht kan het systeem worden aangesloten op een bio-filter (bak gevuld met uitgewerkte compost volgens een specifieke samenstelling). Omdat deze composteringsmethode steeds meer wordt toegepast, is de methodiek hierna schematisch weergegeven.

COMPOSTING WITH FORCED AERATION



Composteren met geforceerde beluchting

Hoewel nog andere composterings technieken worden toegepast lijken deze voor de compostering van snoeihout niet relevant.

Technisch gezien is de compostering van snoeihout eenvoudig. Wat blijft is de vraag hoe snel de houtachtige delen kunnen worden omgezet.

De organische droge stof van het hout bestaat voor circa 30% uit lignine en voor circa 45% uit cellulose. Lignine is het moeilijkst biologisch afbreekbaar natuurlijke koolhydraat.

Aangenomen wordt, dat lignine niet wordt afgebroken bij de hiervoor omschreven composteringsmethoden. Uit onderzoek naar het gedrag van cellulose in het composteringsproces van huishoudelijk afval bleek, dat na 12

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-9

weken nog circa 50% van het cellulose in papier werd aangetroffen (Poincelot, Connecticut). Waarschijnlijk geldt dit ook voor de cellulose in hout, omdat de cellulose moeilijk bereikbaar is door de vezelstructuur en de afscherming door lignine.

Verwacht kan worden, dat volledige compostering van de houtachtige delen uit snoeihout $\frac{1}{2}$ tot 1 jaar kan duren.

Produkten

Het produkt van snoeihoutcompostering is compost. Een bijprodukt is de niet geheel gecomposteerde houtfractie, de zogenaamde mulch.

Hoewel het hoofdprodukt compost wordt genoemd heeft het nauwelijks bemestingswaarde ¹⁾.

Op basis van de prijzen voor deze stoffen scoort compost zeer laag (volgens de Grontmij 1987).

Theoretische waardering organische (afval) stoffen

organische (afval)stof	droge stofgehalte (%)	theoretische waarde (gld/ton produkt)	organische droge stof (%)
a. Rundveedrijfmest	9,5	12,00/ 8,35	6,0
b. Mestvarkensmest	8,0	12,00/10,20	5,0
c. Fokvarkensmest	6,0	9,60/ 7,60	4,0
d. Leghennenmest (nat)	14,0	21,50/18,80	9,0
e. Mestkalvergierv	2,0	3,60/ 4,15	1,5
f. Leghennenmest (droog)	58,0	88,45/69,00	37,5
g. Slachtkuikenmest (droog)	58,0	106,85/70,15	46,0
h. Huisvuilcompost	65,0	35,00/25,75	31,0
i. Zuiverings-slib (nat)	5,0	7,90/ 3,95	3,0
j. Compost (plantenafval)	65,0	-	30,0
k. Champost	39,0	-	20,5
l. Schuimaarde	60,0	-	15,0

Berekend op: stikstof f 1,60/kg
 fosfaat f 1,40/kg
 kali f 0,72/kg

¹⁾ De N/P/K gehalten zijn minimaal de helft lager dan van compost uit huishoudelijk afval.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-10

Door het hoge gehalte aan organische droge stof (circa 30%) is snoei-houtcompost slechts goed toepasbaar als bodemverbeteraar, zoals bij sommige gemeenten (bijvoorbeeld Rheden en Anloo) gebeurt.

De belangrijkste redenen die de toepassing van compost uit snoeihoutafval belemmeren zijn:

- nauwelijks bemestende waarde;
- ongewenste verrijking van grond (meer onderhoud);
- ongewenste groei van zwammen/paddestoelen;
- versterkte groei van onkruid (bijvoorbeeld brandnetels);
- mogelijk risico van plantenziekten (als compostering niet oordeelkundig geschiedt).

De houtachtige bestanddelen die na de compostering worden afgezeefd, de zogenaamde mulch, kan weer worden toegevoegd aan het verse te composteren snoeihoutafval. Een afzetmogelijkheid kan ook gezocht worden als mengmateriaal voor het composteren van (zuiverings-) slib. Het mulch bevat de juiste micro-organismen en kan in sterke mate het slib verluchtigen. Afhankelijk van de hoeveelheid van mulch-toevoeging zal door de verdunning, het gehalte aan zware metalen van de slibcompost dalen.

Economie

De kosten van het composteren zijn relatief gering, in afhankelijkheid van de composteringmethode.

De kosten van compostering zijn opgebouwd uit de volgende investeringen:

- terrein van verharde ondergrond;
- voorverkleiningsapparatuur;
- compostomzetter;
- zeefmachine;
- shovel.

Deze investeringen kunnen globaal op f 500.000,= worden gesteld. De jaarlijkse kosten voor afschrijving, onderhoud, salaris enz. zijn dan

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-11

circa f 250.000,=. Bij compostering van circa 10.000 ton/jaar gemengd groenafval (snoeihout + blad + grasafval), bedragen de kosten voor compostering circa f 25,=/ton.

De opbrengst van compost is nihil. Pariculiere composteerders kunnen trachten om contractueel, de toeleverende gemeenten van snoeihout te verplichten om de compost af te nemen (bij Düsseldorf, Hengelo).

De belangrijkste redenen voor het composteren van snoeihout, zoals dat thans plaatsvindt, zijn de kostenbesparing op stortruimte en verbranding. Door te composteren neemt het materiaal circa 80% in volume af. Terugsputten van verkleind snoeihout in plantsoenen en dergelijke levert een besparing op van zowel de transport- als de stortkosten.

Uit economisch oogpunt is het composteren van snoeihout niet interessant. Door vermenging met GFT worden de totale composteringskosten lager en kan een positieve opbrengst van de compost worden verwacht.

Het afgezeefde hout uit de compostfractie kan wellicht worden toegevoegd aan een (snoeihout) brandstoffractie. Afzet naar slibcomposteringsbedrijven kan een prijs opleveren van circa f 22,=/m³, indien aan de eisen qua deeltjesgrootte enz. wordt voldaan (5 à 10 cm).

Milieu

De milieuhygiënische aspecten bij het composteren van snoeihout betreffen mogelijke stank-en percolatiewatereffecten. In de provinciale vergunningverlening valt plantsoenafval onder bedrijfsafval, zodat een composteringsinstallatie hinderwetplichting is volgens de Afvalstoffenwet. Volgens de provincie Gelderland zal bij het composteren van groenafval sec het grondwater niet worden belast. Wanneer echter toevoegingen worden gebruikt (slib, kolkenafval, enz.) zal een gesloten drainagesysteem moeten worden toegepast.

Bij het verwerken van snoeihout sec wordt, bij verantwoord composteren, geen stankoverlast verwacht.

Snoeihout is vaak afkomstig van plantsoenen en groenstroken langs wegen.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-12

Hierdoor kan het percolatiewater, door regenval, belast zijn met zware metalen, evenals het compostprodukt. Analyses wijzen uit dat de gehalten koper, zink, kwik, lood, chroom onder de wettelijke grenswaarden zitten (Karlsruhe en Müruberg BRD 1986). Toch wil men in Karlsruhe bodembedekking aanbrengen om het percolatiewater op te vangen.

Geklepeld groenafval gaf schimmelvorming in de onderste lagen. In het verkleurde bodemwater werd een hoge zuurgraad gemeten. Het zogenaamde losse storten kan het bodemwater voor langere tijd bederven (Zaadnoordijk 1986). Getalsmatige onderbouwing van deze beweringen werd niet gevonden.

Conclusies

Het composteren van snoeihout is een relatief eenvoudig proces. De proceskosten betreffen voornamelijk investeringen en nauwelijks menskracht. Door de investeringsdruk zullen gemeenten nauwelijks in staat zijn deze verwerking zelf ter hand te nemen. Uitbesteding naar particuliere groenverwerkers zal noodzakelijk zijn. Door menging met GFT afval kunnen de proceskosten dalen. De lage opbrengst voor het produkt en de mogelijke afzet vormen een belemmering voor grootschalige toepassing.

5.3 Hydrolyse

Houtafval kan met behulp van hydrolyseprocessen worden verwerkt tot chemische producten. Hydrolyse is de chemische reactie van een verbinding met water onder vorming van twee of meer verbindingen. De reactie kan plaatsvinden met zuren, zouten, esters, enzymen enz. Hierbij wordt cellulosehoudend materiaal omgezet in suikers en chemicaliën.

Bij enzymatische hydrolyseprocessen wordt, onder toevoeging van enzymen, glucose en xylose geproduceerd. Onder speciale condities kan ook methanol en "single cell" proteïne worden gevormd.

Bij zure hydrolyseprocessen wordt de hydrolyse katalytisch bewerkstelligd door protonen in een zure oplossing of door middel van organische katalysatoren. Hierbij wordt de cellulose omgezet in suikers.

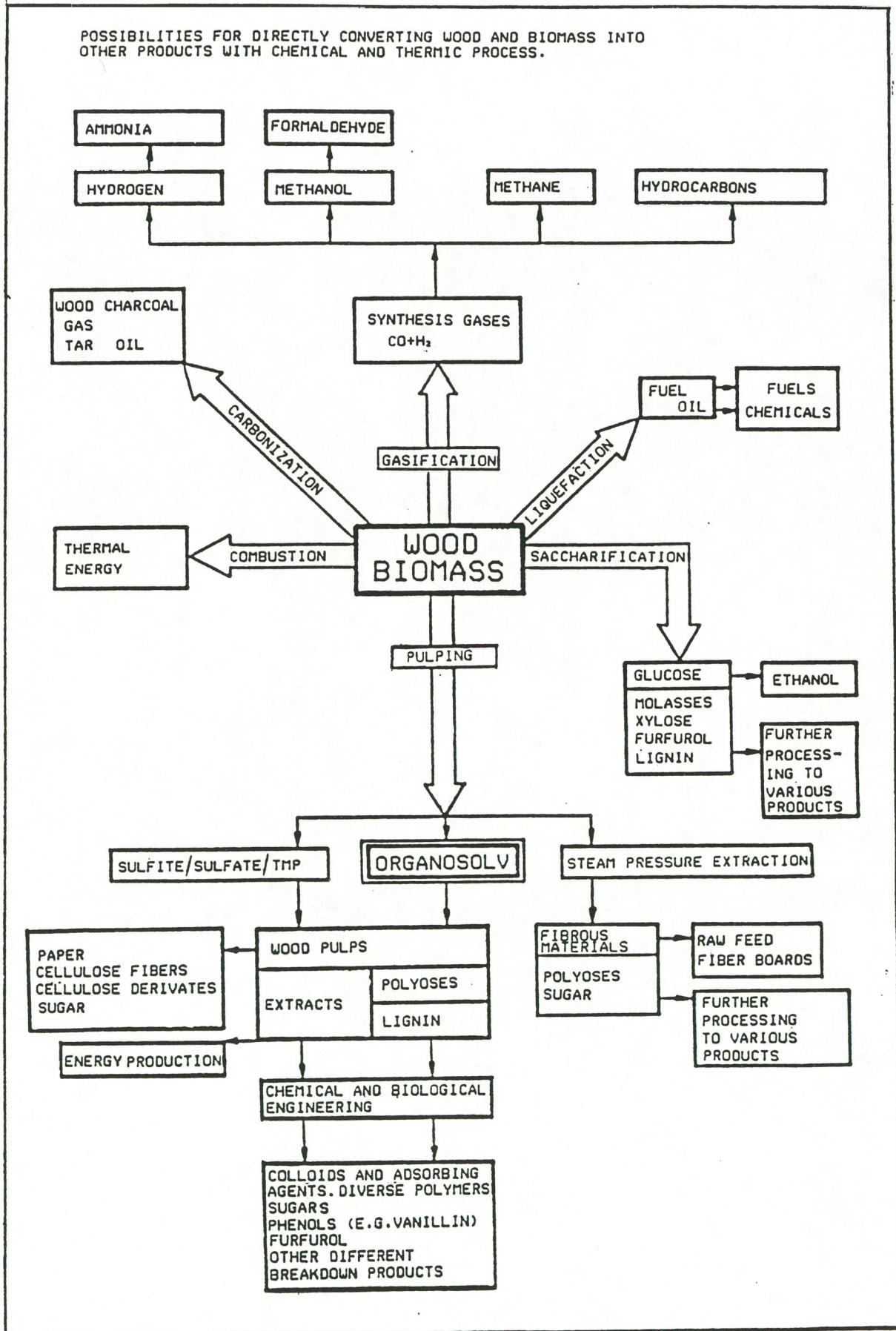
De omzetting van cellulose kan meestal met rendementen plaatsvinden van 50-80%. Door de microbiologische omzetting van lignine, hemi-cellulose en eiwitten ontstaat een verontreinigde suikeroplossing.

Hydrolyse van bouw- en sloophoutafval is mogelijk. Bij enzymatische hydrolyse blijven verfstoffen en impregneermiddelen veelal onaangetast. Bij zure hydrolyse onder hoge temperatuur, circa 250 °C, kunnen conserveringsmiddelen reageren.

Omdat de technologie van hydrolyse zich in het algemeen nog in een pilot plant-fase bevindt, waardoor deze processen in de nabije toekomst nog niet economisch rendabel zijn, wordt op de kinetiek van deze processen hier niet nader ingegaan. Hiervoor wordt verwezen naar de literatuur*. De stand van zaken van de diverse hydrolyseprocessen wordt hierna weergegeven.

* International Symposium on Clean Technologies, United Nations, 7 - 8 October 1985, BRD.

Figure 1: Conversion of Wood and other Biomass.



Chemisch/biotechnologische processen voor de fabricage van produkten uit houtafval

proces	uitvoerders	soort houtafval	"state of the art"	kosten opbrengsten f/ton		produkten	snoeihout	bouw- sloophoutafval	opmerkingen	algemeen
<u>zure hydrolyse</u>										
percolatie van chips met 1% zwavelzuur bij 150 - 200 °C	Schollen - Tornesch USSR	chips	industriële schaal 45 installaties	110 - 130	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	goed toepasbaar, lage opbrengst door laag gehalte aan cellulose lignine en restant wordt benut voor energie-opwekking	verontreinigingen (verf, impregneermiddelen) kunnen de fermentatie storen	methode is bruikbaar; economie is moeilijk te beoordelen	apparatuur onderhevig aan corrosieproblemen
hydrolyse met geconcentreerd zoutzuur	Bergius - Reinau Rishman BRD	naaldhout loofhout stro	demoschaal	120 - 130	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	lage opbrengst afval wordt benut voor energie-opwekking	verontreinigingen (verf, impregneermiddelen) kunnen de fermentatie storen	biomassa wordt geleverd door: Percola GmbA München	apparatuur onderhevig aan corrosieproblemen
hydrolyse met verdund zwavelzuur bij 230 °C 20 seconden plug-flow reactor	Thompson/Cretheim Dornier USA	zaagsel papierpulp	demoschaal	100 - 140	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	lage opbrengst; extra opbrengst uit furfural mogelijk	verontreinigingen (verf, impregneermiddelen) kunnen de fermentatie storen	mobiele installatie is beschikbaar	reactoromstandigheden zijn kritisch
<u>enzymatische hydrolyse</u>										
enzymatische hydrolyse door ethanol-fermentatie	Natick, Berkeley Gulf HT/TNO, Batelle	huishoudelijk afval papier populierenhout	pilot plant, ontwerp industriële schaal	180 - 300	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	alleen na vervezeling	alleen na vervezeling verontreinigingen werken remmend	proces het meest geschikt voor pulp	
<u>anaerobe Fermentatie</u>										
methaangisting	DRANCO Biocell Valorga DSM/Cist Ciliaten	landbouwfal papier GFT fractie	lab. schaal demo industriële schaal	30 - 85	10-?	methaan en compost	na vervezeling	alleen na vervezeling verontreinigingen werken remmend	ciliaten-systeem kan mogelijk aantrekkelijk worden	de processen zijn niet specifiek ontwikkeld voor hout
<u>biologische delignificatie</u>										
<u>organosolv</u>										
bewerking van chips met methanol bij 160 - 200 °C	M.D. Organocell BRD tezamen met vijf onderzoeksinstituten	houtchips en éénjarige planten	lab. schaal demo schaal en semi-industriële schaal	200	200	cellulose hemi-cellulose lignine (hoge kwaliteit)	goed toepasbaar wisselende samenstelling kan de kwaliteit van de produkten verlagen	goed toepasbaar verontreinigingen kunnen storen	schaalgrootte minimaal 60.000 ton/j. voor rendabele procesvorming	milieuvriendelijk proces in vergelijking met de traditionele papierfabricage

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-16

5.4 Vergassing

Inleiding

Vergassen is een omzettingsproces voor vaste stoffen, waarbij door zowel thermische als chemische ontleding onder toevoeging van een reactief gas, brandbaar gas en as worden geproduceerd. Reactieve gassen zijn: waterstof, stoom, zuurstof en lucht.

De toepassing van lucht als reactief gas (meestal bij kleinschalige toepassingen) heeft tot gevolg dat bij de chemische ontleding warmte vrijkomt, die wordt benut bij de thermische ontleding. Bij voldoende luchttoevoer kan externe warmte-inbreng achterwege blijven.

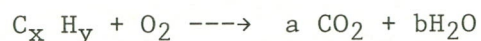
Procesbeschrijving

Het vergassen van hout(afval) is opgebouwd uit de volgende fasen:

- 20 - 150 °C: Opwarming en verdamping van fysisch gebonden water;
- 150 - 1000 °C: Pyrolyse of ontgassing, dus ontleding zonder toevoeging van lucht;
- 1000 - 1400 °C: Oxidatie of partiële verbranding van de houtkool, een exotherm proces, waarbij de warmte vrijkomt die nodig is voor opwarmen, verdampen en pyrolyse:



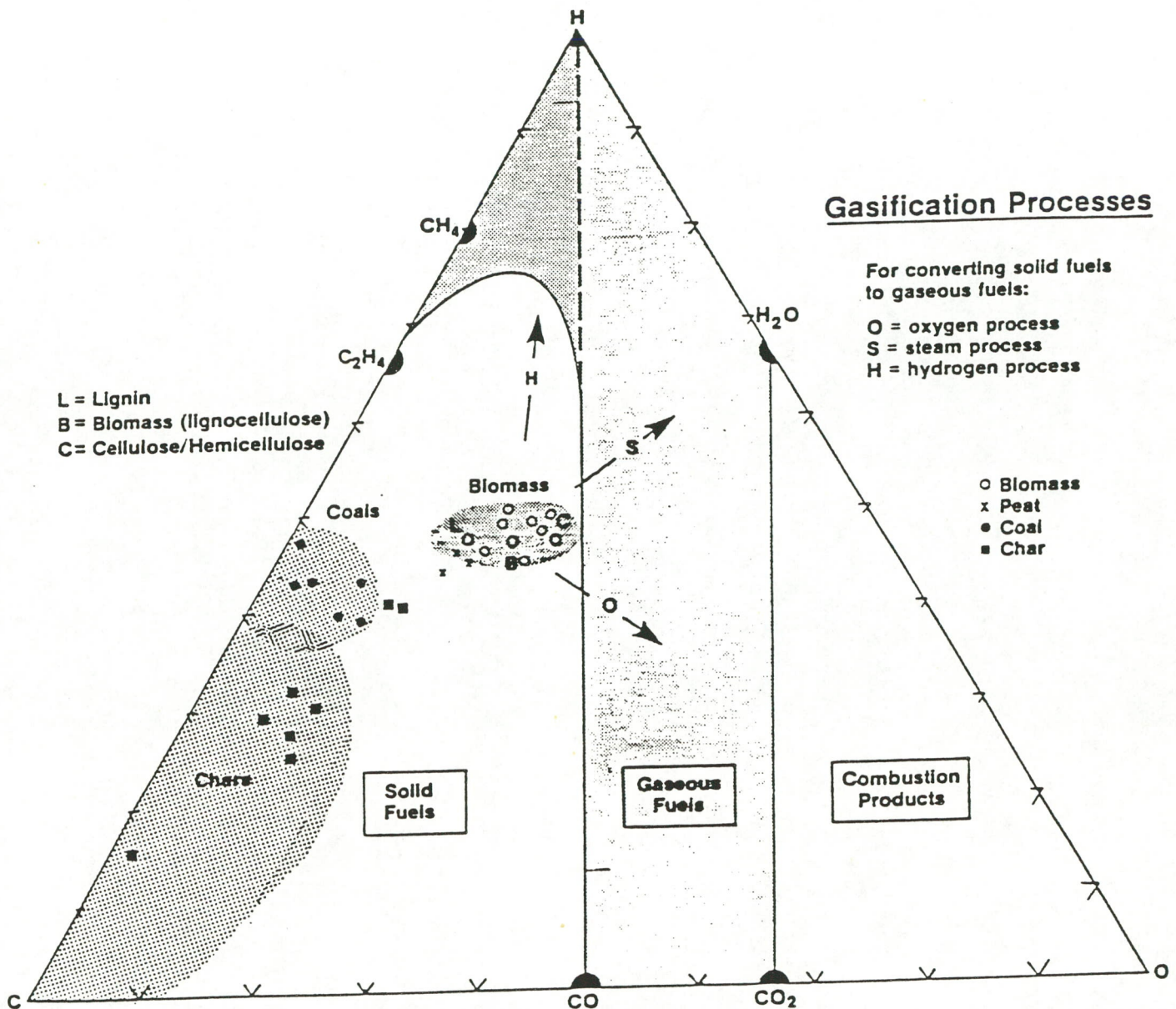
Daarnaast kan partiële oxidatie van de pyrolysegassen plaatsvinden:



- 1400 - 1600 °C: Reductie, een endotherm proces, dat gaat beginnen als alle toegevoerde zuurstof gereageerd heeft.

Tijdens dit proces reageert de overgebleven houtskool met de ontstane gassen en water:





Figuur 1: chemische veranderingen bij vergassing

Onder toevoeging van een reactief gas wordt de elementaire samenstelling verschoven naar het gebied met gasvormige producten. Dit gebied ligt globaal tussen etheen (C_2H_4), waterstof (H_2), water (H_2O), kooldioxyde (CO_2) en koolmonoxyde (CO).

Het vergassingsproces is dus eigenlijk een vervolg op het pyrolyseproces. Het gevormde gas is verontreinigd met geringe hoeveelheden waterdamp en teerachtige bestanddelen.

De reactoren die voor vergassing kunnen worden toegepast zijn:

- wervelbedvergassers;
- tegenstroomvergassers;
- meestroomvergassers;
- dwarsstroomvergassers.

Wervelbedvergassers

In een wervelbedreactor bevindt zich een inert medium, meestal zand. Het fluidiserende medium is stoom of lucht. Verkleinde houtdeeltjes worden in de reactor gebracht, waarna vergassing plaatsvindt. Diverse onderzoeken geven aan dat de kwaliteit van het gas vrij goed is (een laag gehalte aan teerachtige componenten), mede omdat het gas bij vrij hoge temperatuur vrijkomt. Met houtafval uit bossen zijn experimenten uitgevoerd aan vergassing onder hoge druk, (Crunsot-Loire [F] en S.E.T. [S]). Deze wervelbed-vergassingstechnieken zijn in het stadium van demoschaal. Capaciteiten worden genoemd van circa 2.5 ton hout per uur, (3-7 MWth); vergassingstemperaturen van 900 °C en bij drukvergassing drukken van circa 20 bar.

Gezien de benodigde omvangrijke instrumentatie voor de procesbeheersing wordt toepassing verwacht voor wat grotere installaties: circa 15-50 MWth voor de circulerende wervelbedden.

Tegenstroomvergassers

In een tegenstroomreactor, vergelijkbaar met een verticale schachtreactor voor pyrolyse, verloopt het vergassingsproces als volgt:

- onderin de reactor wordt het ingekoolde hout verbrand, wat energie oplevert voor vergassing;
- de hete rookgassen gaan in tegenstroom met het hout door de vergasser, dragen op directe wijze de warmte over en worden gereduceerd;
- gedeeltelijk wordt de restwarmte benut voor het drogen en ontgassen van het hout.

Het geproduceerde gas in deze systemen bevat teerachtige bestanddelen en water.

Het toepassingsgebied van tegenstroomvergassers ligt bij kleine vermogens, circa 50-1000 kwth. Door de eenvoud lijkt het systeem geschikt

om op veel plaatsen te worden ingezet. Voor de opwekking van kracht dient het gas te worden gereinigd. Lozing van het ontstane sterk verontreinigde condensaat op het riool is in het algemeen niet mogelijk. Toepassing vindt daarom bijna uitsluitend plaats voor ondervuring zonder reiniging en afkoeling van het geproduceerde gas.

Meestroomvergassers

De meestroomvergasser bestaat uit een verticale schacht met, ongeveer halverwege, een vernauwing. De vergassingslucht wordt ter hoogte van de vernauwing ingebracht. Het gevormde gas gaat in meestroom met het hout naar onderen en wordt via een cycloon en een wasser gereinigd. De as wordt onder uit de reactor afgevoerd.

Voordelen van deze vergassingsmethode zijn:

- het geproduceerde gas is relatief schoon, dus geschikt voor krachtopwekking;
- de apparatuur is voor diverse capaciteiten toe te passen (houtinvoer van 100-1000 kg/h).

Nadelen van deze methode zijn:

- hoge gastemperatuur (of wat lager gasrendement);
- hout moet worden verkleind, globaal 2 - 10 cm;
- fijn materiaal kan alleen na brikettering worden toegepast;
- vochtgehalte < 25%, dus meestal voordroging vereist.

Meestroomvergassers zijn toegepast op auto's in de dertiger en veertiger jaren.

Dwarsstroomvergassers

In een dwarsstroomreactor vindt het vastestoftransport meestal horizontaal plaats. Het vergassingsmedium wordt aan de onderzijde via een rooster toegevoerd.

Het geproduceerde gas is van slechte kwaliteit, waardoor toepassing in een gasmotor niet mogelijk is. Dientengevolge wordt het gas direct verbrand. De combinatie vergassen/verbranden wordt ook wel "tweetrapsverbranding" genoemd.

Produkten

Bij het vergassen van hout met lucht worden gas en as geproduceerd. De samenstelling van het gas is gemiddeld als volgt:

52% stikstof;

22% koolmonoxyde;

14% waterstof;

10% kooldioxyde;

2% methaan.

Toepassingen

Het geproduceerde gas van vergassing kan worden toegepast voor verbranding of met behulp van een gasmotor kan elektriciteit worden opgewekt, volgens het zogenaamde "Total Energy" concept.

De opgewekte warmte door middel van verbranding kan in eigen bedrijf worden benut en/of worden geleverd aan nabijgelegen industrieën. Elektriciteit in eigen bedrijf van een "Total Energy" installatie, waarbij het surplus wordt afgezet naar een energiebedrijf, is een optie die de rentabiliteit van een installatie kan vergroten.

Economie

Hoewel vergassing in het begin van de jaren tachtig door intensief onderzoek vanuit de laboratoriumfase tot een pilot plant-fase is gegaan, zijn momenteel voor het vergassen van houtafval slechts enkele installaties operationeel.

Behalve dat de huidige (lage) energietarieven hieraan debet zijn, zijn ook het mislukken van diverse technologieën de oorzaak van een achterblijvende introductie van vergassing.

Deze problematiek speelt niet alleen in Nederland. Een grootschalige vergasser (9 MW) voor hout(afval) uit bossen in Canada bleek door technische problemen niet haalbaar te zijn.

Economisch gezien kunnen de huidige krachtproducerende vergassingsinstallaties niet concurreren met de tarieven van de energiebedrijven.

Voor kleinere vergassingsinstallaties (Total Energy) met een capaciteit van 40-100 kWh bedragen de kosten f 0,18 - f 0,25 per geproduceerde kWh.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-21

Hierbij is gerekend met een bedrijfstijd van 4000 hr en een inzet van houtafval tegen een nultarief.

In de rapportage van IVAM/RCN wordt op de kosten/baten van vergassen nader ingegaan.

Bij een negatieve aanschafwaarde van houtafval daalt de kostprijs van de geproduceerde elektriciteit, per f 10,=/ton houtafval met circa f 0,01 per kWh.

Bij warmte-opwekking is vergassing/verbranding concurrerend met een direct verbrandingssysteem.

Milieu

Het geproduceerde gas van vergassing kan verontreinigingen bevatten. De toxische verbindingen kunnen zijn:

- zwavelwaterstof;
- ammoniak;
- waterstofcyanide (blauwzuurgas).

Met gaswinning kan het gas zodanig worden gereinigd, dat de concentraties aan toxische componenten beneden de normen blijven.

In het afvalwater van een meestroom vergassingsinstallatie zijn door E.E.E. (Energy Equipment Engineering) de volgende gehalten aan verontreinigingen gemeten:

- | | | |
|----------------------|-----|-------|
| ● fenolen, creosolen | 72 | mg/l; |
| ● ethylfenol | 50 | mg/l; |
| ● toluen | 29 | mg/l; |
| ● nafta | 0,3 | mg/l. |

Biologische zuivering van het afvalwater is mogelijk, indien voldoende adaptatietijd beschikbaar is.

Bij het vergassen van bouw- en sloophoutafval, alsmede van geverfd en geïmpregneerd houtafval, blijven de zware metalen (uit verven) voor een gehalte van > 95% achter in de asrest.

Door de hoge vergassingstemperatuur worden de organische verduurzamingsmiddelen grotendeels ontleed.

Bij grootschalige experimenten met vergassers zullen deze milieu-aspecten nader dienen te worden onderzocht.

Conclusies

Als verwerkingsoptie voor houtafval lijkt vergassing aantrekkelijk. Omdat het geproduceerde gas voor directe verbranding kan worden aangevend, maar ook geschikt is voor krachtopwekking met behulp van een gasmotor, zijn de toepassingsmogelijkheden groot.

Omdat de ontwikkeling van de vergassingstechnologie de laatste jaren niet is voortgezet, is vergassing van hout thans een moeilijk toepasbare techniek, mede door de lage energieprijzen.

Voor de korte termijn biedt houtvergassing geen perspectief c.q. heeft niet meer voordelen ten opzichte van (twee)trapsverbranding.

De mogelijkheden om met (gereinigd) "gas" elektriciteit te kunnen produceren kan voor de lange termijn, als de verwachte stijging van de energieprijzen een feit is, de economische aantrekkelijkheid van houtvergassing vergroten.

5.5 Pyrolyse

Inleiding

Pyrolyse is een proces waarbij organisch materiaal, onder toevoeging van warmte en zonder toevoeging van zuurstof, wordt omgezet in energie, tussenprodukten en energiedragers.

De begrippen die bij deze verwerkingstechniek worden gehanteerd zijn gedefinieerd in de Nederlandse norm NEN 6410 "Afval en afvalverwijdering, benamingen en definities", 1985. Het gaat hierbij om de begrippen:

- niet-condenseerbaar pyrolysegas;
- een niet-waterige fractie (afhankelijk van de gekozen procesroute);
- pyrolyse-olie en/of -teer;
- residu, verkolingsresten en as.

De voordelen van pyrolyse boven verbranding zijn:

- minder rookgasreiniging (omdat geen verbrandingslucht wordt toegevoegd);
- er worden tussenprodukten gevormd;
- energiedragers en produkten kunnen worden opgeslagen.

Verkoling is een procesvorm die gelijk is aan pyrolyse doch waar de productie van houtskool essentieel is. De andere produkten, gas en olie worden niet gewonnen.

Procesbeschrijving:

De pyrolyse van organische - en in het bijzonder cellulosehoudende afvallen (houtafval) - is opgebouwd uit vier fasen:

- 1: 20 - 175 °C: Opwarming van het materiaal en vanaf honderd graden verdamping van het fysisch gebonden water. Dit zijn processen die warmte kosten, vooral het verdampen van het water. Als het watergehalte erg hoog is, wordt meestal vooraf gedroogd.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-24

- 2: 150 - 275 °C: Dehydratie, een endotherm proces waarbij het chemisch gebonden water ontsnapt en dehydrocellulose ontstaat. Voorts gedeeltelijke ontleding van vooral (hemi-)cellulose, waarbij azijnzuur, methanol, koolmonoxide en kooldioxyde ontstaan.
- 3: 250 - 350 °C: Decompositie, een exotherm vervolgproces op dehydratie, waarbij de dehydrocellulose verkoolt tot houtskool en gassen, vooral koolmonoxide, kooldioxide, water, waterstof, methaan en etheen, alsmede bij die temperatuur in dampvormige toestand aanwezige vloeistoffen, zoals methanol en azijnzuur. Daarnaast depolymerisatie, een sterk endotherm proces, waarbij nog onaangetast cellulosemateriaal in stukjes gebroken wordt en waarbij aromaatrijke teer ontstaat.
- 4: 350 - 400 °C: Dehydrogenering, een endotherm proces, waarbij de nog in de houtskool aanwezige teer, evenals de nog aanwezige waterstof uitgedreven wordt. Hierbij neemt het koolstofgehalte van de houtskool toe, terwijl aromaatrijke teer, waterstof en methaan vrijkomen.

Deze vier fasen vinden meestal plaats in één reactor.

De voor pyrolyse van hout toegepaste reactoren zijn als volgt in de delen:

- retorten, batchgewijze procesvoering;
- verticale schachtreactoren, continu processen;
- kruisstroomreactoren, continu processen;
- tegenstroomreactoren, continu processen (langzaam bewegend bed);
- spout fluïd-bed reactoren continu processen (lage temperatuur proces);
- horizontaal bedreactoren, continu processen.

Retorten

Retorten zijn bakken van metaal of vuurvaste steen. De verhitting geschiedt door:

- partiële verbranding: alleen in ontwikkelingslanden;
- directe ondervuring : verbranding van pyrolysegas, meestal kleinschalige installaties;
- interne verhitting : verhitting met geschoonde pyrolysegasstroom, geschikt voor grootschalige produktie, Degusserproces BRD.

Verticale schachtreactor

Hout wordt in deze reactor aan de bovenzijde ingevoerd, zakt door de zwaartekracht omlaag en houtskool wordt aan de onderzijde afgevoerd. De uitvoeringsvormen zijn:

- kruisstroomreactor: hete verbrandingsgassen worden door het hout gevoerd.
Pilot plant: Warren Spring, GB;
- tegenstroomreactor: verhitting in tegenstroom met gereinigd pyrolysegas of met warmte door partiële verbranding van hout.
SIFIC proces, CH.
Techair proces, New Energy NL.

Wervelbedreactor

Twee typen worden hierbij onderscheiden:

- spout fluïd-bedreactor: fluïdisatiegas wordt aan de onderzijde in de fluïdisatieruimte ingevoerd. Reactortemperatuur 550 °C;
- horizontaal bedreactor: verhitting in doorstroom met pyrolysegas.
Pyrolyseur proces, Frametome. FR.

Procesvariabelen

De temperatuur en verblijftijd in de reactor zijn bepalend voor de kwaliteit van de produkten.

- Lage temperatuur en korte verblijftijd:
 - hoge teeropbrengst (teer wordt niet voldoende gekraakt);
 - hoge houtskoolproduktie (lage verkolingsgraad);
 - lage gasopbrengst.

- Hoge temperatuur en lange verblijftijd:
 - lage houtskoolopbrengst (hoog koolstofgehalte);
 - hoge gasopbrengst (hoge calorische waarde).

Produkten

De produkten van houtpyrolyse zijn, als gemiddelde samenstelling, hierna weergegeven. Deze zijn afhankelijk van het uitgangsmateriaal en het toegepaste pyrolyseproces.

De produkten zijn:

35% houtskool (80% à 90% koolstof);

18% houtteer (olie, pek, enig houtgeest en water);

7% houtgeest (azijnzuur, methanol, enig aceton en methylacetaat);

25% water;

15% houtgas (koolmonoxide, kooldioxide, methaan, waterstof en etheen).

Toepassingen

De toepassingen van houtpyrolyse produkten zijn legio. Diverse fracties zijn echter zo verontreinigd, dat hierdoor de afzet stagneert. Zuiverheid en kwaliteit is een voorwaarde voor afzetbaarheid als grondstof.

Houtteer

Wegens de samenstelling is houtteer niet gemakkelijk af te zetten. Mogelijke opties zijn:

- brandstof;
- bindmiddel;
- impregneermiddel.

Houtgeest

Na destillatie kunnen de volgende produkten worden verkregen:

- azijnzuur;
- methanol.

Toepassing vindt voornamelijk plaats in de verfindustrie als oplosmiddel.

Houtgas

In principe is houtgas als brandstof inzetbaar. De kwaliteit is afhankelijk van het vochtgehalte (water is moeilijk af te scheiden) en soort hout(afval), dat voor pyrolyse is toegepast. Lignine-rijk houtafval geeft houtgas met een hogere verbrandingswaarde dan cellulose-rijk houtafval.

De calorische waarde van houtgas kan daardoor variëren van 4-16 MJ/m³.

Milieu

Bij pyrolyse van vervuild hout, bouw- en sloophoutafval, oud hout en dergelijke, kan de milieuproblematiek aanzienlijk zijn.

Organochloorverbindingen (uit conserveringsmiddelen) zullen vrijwel volledig in het afvalwater en voor een deel in de gasfase terecht komen.

Zware metalen (uit verven) worden in de houtskool geconcentreerd, waardoor toepassing van houtskool voor voedselbereiding niet mogelijk is.

Zwavel- en chloorverbindingen zullen de pyrolyse-olie verontreinigen.

Als bouw- en sloophoutafval voor het pyrolyseproces wordt geschoond van verf, is de houtskool wellicht geschikter te maken voor de barbecue-markt. Nadere experimenten en analyses zullen dit moeten uitwijzen.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-28

Of houtskool, gefabriceerd uit niet-gereinigd bouw- en sloophoutafval geschikt is als brandstof, zal wegens de te verwachten milieuproblemen, moeten worden onderzocht. Extra milieuvorzieningen en lage olie- en dollarprijzen reduceren de economische haalbaarheid van het gebruik van houtskool als (industriële) brandstof.

5.6 Houtskool

Inleiding

De produktie van houtskool gebeurt reeds sinds 's mensenheugenis. Doordat het verkolingsproces met een ondermaat aan zuurstof werkt is vergelijking mogelijk met pyrolyse.

Houtskool van schoon hout kent een aantrekkelijke markt en wordt voornamelijk toegepast als brandstof voor barbecue's. Levering vindt plaats in de vorm van brokken of briketten (geperste kleine delen houtskool met zetmeel als bindmiddel).

Bij de produktie van koolstofstaal wordt houtskool met een laag asgehalte toegepast. Na opwerking tot actieve kool kan houtskool als adsorptiemiddel worden toegepast. De twee laatstgenoemde toepassingsmogelijkheden zijn in Nederland weinig, respectievelijk nog niet, belangrijk. Thans wordt nog actieve kool uit turf gefabriceerd. De barbecuemarkt is een grillige markt, zeer afhankelijk van mooie zomers en invoer van houtskool uit Oost- en Zuid-Europa. Bovendien is het een "mode" gevoelige markt.

Economie

Behalve enkele installaties die op commerciële wijze houtskool, olie en gas produceren, zijn veel installaties in het stadium van een pilot plant. Houtpyrolyse-installaties zijn meestal niet geschikt om andere organische afvallen te verwerken.

Pyrolyse-olie is vaak van slechte kwaliteit door de vervuilende componenten. Pyrolysegas wordt in het eigen bedrijf benut of, na zuivering, afgezet in nabijgelegen industrieën. De opbrengsten zijn afhankelijk van de kwaliteit. Voor pyrolyse-olie worden prijsvariëaties tussen f 130,- en f 300,-/ton genoemd. Voor houtskool als hoofdprodukt van pyrolyse, geldt een economisch aantrekkelijke markt, in het bijzonder de consumentenmarkt. Het is echter, zoals reeds is vermeld, een grillige markt.

De import van houtskool is afkomstig uit een groot aantal landen, bijvoorbeeld Spanje, Polen, Mexico, Zuid-Afrika en Portugal.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-30

De importprijzen van een goede soort houtskool, dat wil zeggen:

- laag asgehalte;
- goed ontgast;
- produkt van schoon hout;
- geen kleine deeltjes;

dus een kwaliteit die geschikt is als barbecue-houtskool, zijn als volgt:

1984: f 800,= - f 1.000,=/ton;

1987: f 500,= - f 700,=/ton.

Deze prijsdaling is een gevolg van een lagere dollarkoers en een groter aanbod uit derde wereld landen en een lagere kwaliteit.

De leveringsprijzen, waarbij de kosten voor verpakking, opslag en transport zijn doorberekend, liggen globaal tussen de f 1.500,= en f 2.000,=/ton.

Soms worden partijen houtskool aangeboden tegen prijzen van f 100,= à f 200,=/ton. Meestal betreft dit houtskool van een slechte kwaliteit (hoog asgehalte, restpartijen met hoog vochtgehalte).

De hoeveelheden houtskool, die op de Nederlandse markt kunnen worden afgezet, zijn mede afhankelijk van het aantal zonnige weekeinden. Door deze variabele afzet kan worden gesteld, dat gemiddeld 17.000 ton/jaar wordt afgezet.

Geïmporteerd wordt er jaarlijks circa 9.000 ton en uit Nederlandse produktie wordt een jaarlijkse hoeveelheid van 8.000 ton op de markt gebracht.

In Nederland wordt in enkele kleine installaties in totaal enkele duizenden tonnen houtskool per jaar geproduceerd. Representant voor houtverkoling in Nederland is de firma Beekman te Uddel. De produktiecapaciteit van dit bedrijf is circa 5.000 ton/jaar.

De toegepaste soorten hout of houtafval in dit bedrijf zijn:

- naaldhout/loofhout; bomen, resten;
- industrieel houtafval, schoon;
- pallets;
- oud hout, mits schoon.

Gezien het grote aanbod van houtafval, vooral in de jaren 1986 en 1987, is de opbrengst van houtafval gering, gemiddeld < f 25,=/ton. Dit grote aanbod is structureel; zie ook andere toepassingsmogelijkheden elders in dit rapport, bijvoorbeeld de afzet naar bedrijven voor geperste producten.

Nieuwe ontwikkelingen

Hoewel in de literatuur in de beginjaren 80 tal van nieuwe pyrolyseprocessen worden genoemd, blijkt dat geen van de processen momenteel op economische, commerciële wijze houtafval verwerken.

Ook pyrolyseprocessen voor andere afvallen bevinden zich voornamelijk in een onderzoekstadium.

Het recent geïntroduceerde Framatome (Franse)proces lijkt inzetbaar te zijn voor hout(afval), doch het invoermateriaal moet worden voorverkleind en voorgedroogd tot een vochtgehalte van 15%. Geclaimd wordt, dat het proces operationeel is. Het produkt: houtskoolgruis, dient te worden gebriketteerd.

De firma Beekman heeft een proces ontwikkeld, waarbij het houtgas en de pyrolyse-olie bij een hoge temperatuur tot circa 1600 °C worden naverbrand en de warmte in het pyrolyseproces wordt benut. Het eindprodukt is derhalve uitsluitend houtskool. De gemiddelde reductie van hout naar houtskool is in de meeste processen 7:1. In dit nieuwe proces wordt een reductie van 4:1 bereikt. Dit houdt in, dat voor de produktie van 1 ton houtskool 4 ton hout (afval) nodig is. Op deze wijze wordt 250 kg à 300 kg houtskool per ton ingevoerd hout (op droge basis) geproduceerd.

Het proces kan in grotere en kleinere installaties (25.000 à 50.000 ton hout(afval) per jaar) worden toegepast.

Uitgaande van houtafval uit bossen en landschapselementen (dunningshout en takken > 2 cmø) zijn de financiële aspecten als volgt:

Investeringskosten: afschrijving en loonkosten, en dergelijke (bij installatiekosten van circa 1 miljoen):	f 500.000,=/jaar
Inkoop hout 50.000 ton à f 50,=/ton:	f 2.500.000,=/jaar
Kosten:	f 3.000.000,=/jaar

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-32

Houtskool produktie: 25% van 50.000 ton = 12.500 ton.

De kosten per ton houtskool bedragen globaal f 240,=/ton. Om hoge kosten van transport van houtafval te vermijden, is het mogelijk houtverkolingsinstallaties semi-stationair uit te voeren. Hierdoor kan in de concentratiegebieden of regionaal worden geopereerd.

Bij het ontwerpen van deze methode heeft de firma Beekman toegezegd een bijdrage in de ontwikkelingskosten te willen leveren.

Als opbrengst voor de bosbeheerder, -eigenaar, wordt gesteld, dat dit in de orde-grootte van f 50,= à f 70,= per ton verkolen van verontreinigd houtafval (> 2 cm) kan bedragen.

Een mogelijke optie is het gecentraliseerd verkolen van vervuilde houtafvalsoorten, bijvoorbeeld bouw- en sloophoutafval, oud hout en verontreinigd industrieel houtafval.

Ter plekke van de pyrolyse-installatie kunnen adequate milieumaatregelen worden getroffen. Het houtskool (dat zware metalen zal bevatten) kan dan op grootschalige wijze als brandstof worden ingezet.

De asrest van houtskool, waarin de zware metalen zijn geconcentreerd (circa 10%), zal wellicht als chemisch afval moeten worden afgevoerd.

Onbekend is nog welke chemische verbindingen in de gasfase zullen voorkomen, omdat de temperatuur tijdens het verbranden hoger is dan tijdens het pyrolyseren. Aan deze aspecten zal nader onderzoek moeten worden uitgevoerd.

De kosten/baten voor deze optie zijn als volgt:

Aanlevering van bouw- en sloophoutafval, houtresten en dergelijke maximaal f 25,=/ton. De verkoopprijs van het hieruit verkregen houtskool wordt gesteld op f 125,=/ton.

De stookwaarde en prijsverhouding ten opzichte van aardgas is hierna weergegeven:

	houtskool	aardgas
stookwaarde	32 - 35 MJ/kg	$\approx 35 \text{ MJ/m}^3$
prijs	f 0,125 /kg	f 0,18 - f 0,25/m ³
prijs/stookwaarde	f 3,60 - f 3,90/GJ	f 5,10 - f 7,10/GJ

Voor het uitwerken van een dergelijke methode wordt voorgesteld om de kennis van pyrolyseren (verkolen) en apparatenbouw te koppelen.

Houtskoolfabrikage van houtafval uit grienden en bossen wordt aanbevolen. De omschrijving hiervan luidt als volgt:

- het ontwikkelen van een transportabele (semi-stationaire) pyrolyse-installatie, voorzien van adequate apparatuur ter voorkoming van milieuproblemen;
- het uitvoeren van metingen met betrekking tot input-output, kwaliteit en milieu. De schaalgrootte van de installatie zal 5.000 - 6.000 ton/jaar houtafval bedragen.

Een nieuwe technische ontwikkeling is een extruder die geschikt is voor het persen van zaagsel. De persprodukten kunnen worden verbrand of verkoold zonder dat het produkt uit elkaar valt.

Milieu

Bij pyrolyse van schoon hout (afval) kunnen bij een goede procesbeheersing geen milieuverontreinigende afvalstromen ontstaan.

Door de samenstelling van cellulose (koolstof, waterstof en zuurstof), lignine en de organische verbindingen in bijvoorbeeld snoeihout (stikstof, zwavel en metaalionen) worden bij pyrolysetechnieken voornamelijk stikstof- en zwavelverbindingen gevormd. Deze komen voor het grootste deel in de gas- en waterfase terecht. De gehalten hiervan zijn zó laag, dat hierbij geen milieuproblemen behoeven te worden verwacht.

Door verbranding van pyrolysegas en -olie bij hoge temperatuur worden geen milieuproblemen verwacht.

Conclusies

Verkolen is een geschikte techniek voor het verwerken van schoon houtafval. Het produkt houtskool heeft een internationale, maar grillige afzetmarkt. Momenteel wordt gemiddeld 17.000 ton houtskool verbruikt in Nederland, waarvan circa 50% wordt geïmporteerd.

Toepassing van houtafval uit bossen en landschapselementen is mogelijk. Hiertoe kan een semi-stationaire of mobiele houtverkolingsinstallatie worden ingezet. De hoge transportkosten van houtafval worden hierdoor uitgespaard.

Bij een jaarlijkse capaciteit aan snoeihout van circa 25.000 ton kunnen de opbrengsten voor houtafval circa f 50,- - f 70,- per ton bedragen.

Een "verdere" ontwikkeling van een mobiele of semi-stationaire pyrolyse installatie wordt aanbevolen.

5.7 Verbranden

Algemeen

Zowel bouw-, sloophoutafval en resthout beplantingen kunnen worden benut voor opwekking van energie door middel van verbranden.

Beide soorten houtafval worden, voor zover bekend, in Nederland niet op industriële schaal als brandstof toegepast.

Bouw- en sloophoutafval is verontreinigd met verven, impregneermiddelen en lijmen, waardoor technische maatregelen bij een verbrandingsinstallatie noodzakelijk zijn om te voorkomen dat, behalve stof, ook ongewenste stoffen (chemische verbindingen) in het milieu terechtkomen.

Voor resthout beplantingen geldt deze problematiek niet, waardoor in West-Europa in de houtrijke landen circa 8% van de houtkap wordt benut voor het opwekken van warmte.

Vooraf in Zweden en Noorwegen wordt de opgewekte warmte (warm water) benut voor stadsverwarming. Wel wordt in Nederland dunningshout uit bossen en de dikkere delen snoeihout verhandeld op de particuliere markt, waar het wordt toegepast in allesbranders en open-haarden.

Vorbewerking en aanlevering

Om houtafval in een industriële verbrandingsinstallatie te kunnen verbranden dient dit in het algemeen te worden verkleind tot een min of meer uniforme deeltjes-grootte. De vereiste deeltjes-grootte is afhankelijk van de toe te passen verbrandingsoven. Bij schroefstuwstokers is de gewenste deeltjes-grootte maximaal enkele centimeters, terwijl ook een zeker percentage "zeer fijn" materiaal is toegestaan. Bij een roosteroven bijvoorbeeld zijn grotere deeltjes niet bezwaarlijk (enkele decimeters), doch "zeer fijn" materiaal dient te worden vermeden.

Op verkleiningstechnieken en de kosten daarvan wordt nader ingegaan in de het hoofdstuk 5.7 "Houtafval verkleinen/chippen" van deze bijlage.

Uit het onderdeel "Energie-aspecten" van het hoofdstuk 5.6 "Verbranden" in deze bijlage zal blijken, dat een hoog vochtgehalte van vers snoeihout (> 60 à 65%) een probleem kan vormen bij de verbranding. Het is

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-36

daarom van belang dat dit hout wordt gedroogd tot een vochtpercentage niet hoger dan circa 50% voordat het verbrand wordt. In de praktijk wordt dit bereikt door tussenopslag van het hout van één tot enkele weken in de openlucht.

Voordrogen van het hout met warmte uit de rookgassen van de verbrandingsinstallatie is in principe ook mogelijk. Doordat hierbij aanzienlijke investeringen en toch nog lange droogtijden noodzakelijk zijn, wordt deze methode nauwelijks toegepast. Experimenten met gedwongen droging (Breda 1982) zijn, mede door oorzaken als snippervorm en kleinschaligheid, mislukt.

In Zweden vindt voordroging van houtafval (kapafval en dunningshout) soms plaats door tussenopslag gedurende enkele maanden in de zomer in de openlucht op hopen van maximaal 4 meter hoogte. In verband met broeigevaar stapelt men niet hoger. De geproduceerde houtchips uit dit houtafval behoeven niet te worden voorgedroogd.

Beschikbare stooktechnieken

Voor het verbranden van houtafval zijn in principe veel stooktechnieken beschikbaar. Genoemd kunnen worden:

- ovens met een vast rooster;
- ovens met een bewegend rooster;
- schroefstuwstokers;
- wervelbedovens.

Voor de kleinere capaciteiten (maximaal enkele MW_{th}) komen vooral de schroefstuwstokers of de vaste-roosterovens in aanmerking. Voor grote capaciteiten worden vaak bewegend-roosterovens en wervelbedovens toegepast. Een wervelbedinstallatie heeft boven andere verbrandingssystemen het voordeel, dat zonder problemen kan worden overgestapt op andere brandstoffen en dat met het houtafval andere stoffen kunnen worden verbrand, (bijvoorbeeld slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties).

In Zweden en Noorwegen, landen waar resthout aanplant op grote schaal wordt verbrand, zijn ovens met bewegende roosters in de meerderheid. Deze technieken zijn commercieel verkrijgbaar. Enige voorbeelden van de

betreffende technieken zijn aan het einde van deze bijlage toegevoegd. De indruk bestaat dat wervelbedverbranding in deze landen wat meer in de belangstelling komt te staan.

In Nederland wordt industrieel (schoon) houtafval vrijwel uitsluitend op kleine (maximaal enkele MW_{th}) schaal verbrand. In het kader van de Demonstratieregeling Energiebesparing is een aantal projecten in uitvoering of reeds afgerond, waarbij houtafval wordt verbrand voor de opwekking van warm water. Deze projecten zijn:

bedrijf	type houtafval	type installatie	thermisch vermogen (MW)
Steun zagerijen	schors, zaagafval	bewegend rooster	3
Huygen	oud hout	onderschroef	2,3
Van Rijn	oud hout	doorschroefstuwer	4,6

Bij het verbranden van afvalstoffen, waaronder houtafval, komt toepassing van de techniek van "getrapte verbranding" steeds meer in de belangstelling. Het begrip "getrapte verbranding" is enigszins verwarrend en wordt soms ook in de vergassingstechniek gebruikt.

Ter verduidelijking van de benamingen is het gewenst om hiervoor een definitie op te nemen. Deze luidt:

"Indien de vergassings- en verbrandingsstap ruimtelijk niet zijn gescheiden dan vindt de verbranding trapsgewijs plaats, zodat er sprake is van een verbrandingstechniek".

De brandstof wordt bij deze procesuitvoering met ondermaat lucht gedeeltelijk verbrand en gedeeltelijk vergast, waarna het gasmengsel met secundaire-en eventueel tertiaire lucht volledig wordt verbrand.

Voordeel van deze technieken is de betere beheersbaarheid van het proces, waardoor onder andere met lagere luchtvermaat kan worden verbrand. De getrapte verbrandingstechniek kan in principe in (gemodificeerde) gewone verbrandingsinstallaties worden toegepast.

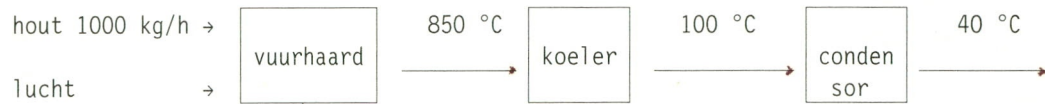
Energie-aspecten

De bovenste verbrandingswaarde van droog hout bedraagt circa 18 MJ/kg. De hoeveelheid warmte die per gewichtseenheid hout door verbranding kan worden opgewekt, wordt grotendeels bepaald door het watergehalte en het asgehalte van het hout. Voor bouw- en sloophoutafval varieert het vochtgehalte tussen de 10 en 20%, terwijl het asgehalte 5 à 10% van het droge hout kan bedragen. Van vers resthout is het vochtgehalte 50 - 70% en het asgehalte 0,2 - 5% van de droge fractie.

In de meeste gevallen wordt hout verbrand voor het leveren van warm water. In de hierna volgende tabel is berekend hoeveel energie kan worden verkregen bij de verbranding van 1000 kg/h bouw- en sloophoutafval of resthout beplantingen. In deze tabel is het warmte-opwekkingssysteem onderverdeeld gedacht in 3 gedeelten, te weten: de vuurhaard met een rookgas uittree-temperatuur van 850 °C, een rookgaskoeler waar de rookgassen tot 100 °C worden gekoeld en een condensor waar waterdamp in wordt gecondenseerd en de rookgassen worden gekoeld tot 40 °C. Ter vergelijking zijn dezelfde berekeningen voor aardgas opgenomen.

Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Samenstelling droog en asvrij hout : 50% C, 6% H, 44% O
- Asgehalte droog hout : 1% voor resthout beplantingen
: 5% voor bouw- en sloophoutafval
- droog hout : 18 MJ/kg
- Luchtvermaat bij verbranding : 100% voor hout
: 17% voor aardgas
- Warmteverliezen installatie : vuurhaard: 3% energie-input
: koeler en droger: 3% van de overgedragen warmte
- Verbrandingsluchttemperatuur : 20 of 200 °C (de warmte benodigd voor het opwarmen voor de verbrandingslucht wordt onttrokken aan de koeler)



	H ₂ O %	T _{lucht} (°C)	A (MW)	B (MW)	A+B (MW)	C (MW)	A+B+C (MW)
bouw/sloop	15	20	0,87	2,48	3,35	0,31	3,66
houtafval	15	200	1,35	2,00	3,35	0,31	3,66
resthout beplantingen	30	20	0,41	2,20	2,61	0,38	2,99
	40	20	0,18	1,94	2,12	0,42	2,54
	50	20	- 0,05	1,69	1,64	0,47	2,11
	40	200	0,53	1,59	2,12	0,42	2,54
	50	200	0,24	1,40	1,64	0,47	2,11
	60	200	- 0,04	1,19	1,15	0,51	1,66
aardgas 1000 m ³ /h	nvt	20	4,73	3,29	8,02	0,85	8,87

A = warmte uit vuurhaard
 B = warmte uit koeler
 C = warmte uit condensor

Uit bovenstaande tabel kunnen de volgende gevolgtrekkingen worden gemaakt.

- Indien het vochtgehalte van het te verbranden hout circa 50% of hoger is en de verbrandingslucht niet wordt voorverwarmd, ontstaan problemen in het bereiken van de gewenste verbrandingstemperatuur van 850 °C; de geleverde warmte in de vuurhaard wordt negatief.

Eén methode om dit probleem gedeeltelijk op te lossen is het voorverwarmen van de verbrandingslucht. Bij een verbrandingsluchttemperatuur van 200 °C kan een vochtgehalte van circa 60% worden toegestaan;

- Door condensatie van de in de rookgassen aanwezige waterdamp kan de hoeveelheid per gewichtseenheid hout benutbare warmte aanzienlijk worden vergroot. Het effect wordt sterker naarmate het vochtpercentage van het hout hoger is.

De capaciteitsverhoging door rookgascondensatie (koeling tot 40 °C) loopt op van 9% bij hout met 15% vocht tot meer dan 40% bij hout met een vochtpercentage van 60%. Bij aardgas wordt de capaciteit met circa 10% verhoogd.

- Overigens dient te worden benadrukt, dat het condenseren van waterdamp uit de rookgassen specifieke milieuproblemen met zich mee kan brengen, die invloed hebben op de financieel-economische aspecten van de verbrandingsinstallatie. Hierop wordt nader ingegaan in het hier navolgende hoofdstuk "Milieu-aspecten".

Uit de tabel kan onder andere worden afgeleid, dat voor het opwekken van warmte (warm water) in relatie tot de capaciteit van de verbrandingsinstallatie de volgende hoeveelheden houtafval, respectievelijk aardgas benodigd zijn:

	vocht gehalte %	netto vermogen verbrandingsinstallaties				
		1 MW kg/h	2 MW kg/h	3 MW kg/h	4 MW kg/h	5 MW kg/h
bouw- sloophoutafval	15	299	597	896	1194	1493
resthout beplantingen	30	383	766	1150	1533	1916
resthout beplantingen	40	472	943	1415	1886	2558
resthout beplantingen	50	610	1220	1829	2439	3049
aardgas (m ³ /h)		86	173	259	346	432

Opgemerkt dient te worden, dat bovenstaande berekeningen gebaseerd zijn op een aantal in de praktijk gangbare gegevens en veronderstellingen,

alsmede op een fundamentele benadering van het verbrandingssysteem. De berekende resultaten zijn daarom ook onafhankelijk van het type verbrandingsinstallatie.

Milieu-aspecten

Gezien de huidige milieu-eisen in Nederland zullen de meeste verbrandingsinstallaties van houtafval moeten voldoen aan een emissie-eis van maximaal 50 mg stof per m³ rookgas (bij 0 °C en 1 bar). Dit betekent in de praktijk, dat industriële installaties vrijwel zonder uitzondering dienen te worden uitgevoerd met een doekenfilter.

Bij grote installaties (circa > 10 MW) is uit financieel-economisch oogpunt een rookgaswasser een alternatieve optie. Indien aan bovengenoemde eis wordt voldaan zal het verbranden van schoon houtafval (resthout beplantingen), mits dit op verbrandingstechnisch juiste wijze geschiedt, zonder verdere milieuproblemen kunnen worden uitgevoerd. Bij onvolledige verbranding kan het PAK-gehalte in de vlieggas zodanig oplopen, dat het afgevangen vlieggas in de zin der wet als chemisch afval moet worden beschouwd. Okken (R.U.-Groningen, 1982) geeft aan, dat bij het stoken met voldoende luchtvermaat emissies aan CO van 10 mg/kg en PAK's van 0,015 mg/kg hout kunnen ontstaan.

De bodemas bevat bij verbranding van schoon hout, bij een goede stooktechniek en volledige verbranding, slechts zeer geringe hoeveelheden toxische componenten.

Gezien het gehalte aan voedingsstoffen in de bodemas zijn experimenten gaande in West-Duitsland, Zweden en Finland, om deze stoffen terug te voeren naar landbouwgronden of bossen.

Door de verbranding van hout en veen verwacht men in Finland, dat in 1990 circa 250.000 ton bodemas zal ontstaan. De voedingswaarde van de asrest van verbrande schors van fijnspar is geanalyseerd door Dietz (1980), en bevat de volgende elementen:

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-42

P 0,53%

K 1,7 %

Ca 0,57%

Mg 1 %

N 0,04%

Opgelost in water heeft de asrest een pH van 12,5.

Bij de verbranding van verontreinigd houtafval (bouw- en sloophoutafval) kunnen, ondanks een goede verbrandingstechniek, bodemmas en vliegias zodanige concentraties zware metalen bevatten, dat de WCA-grens wordt overschreden. Indien het houtafval gechlloreerde verbindingen bevat kunnen bij verbranding zeer schadelijke verbindingen, zoals dioxinen en furanen ontstaan.

Omdat de verontreinigingen en de verontreinigingsgehalten per vracht kunnen variëren is de vaststelling van de milieuproblematiek rondom het verbranden van dit type afvalhout niet goed mogelijk.

Voor de vergunningverlenende instanties in het kader van de Hinderwet is dit een reden om grote terughoudendheid te betrachten bij het toelaten van verbranding van verontreinigd houtafval op relatief kleine schaal. Het verbranden van dit type afval in grootschalige installaties, voorzien van geavanceerde ketels en uitgebreide rookgasreiniging (zoals bijvoorbeeld de onlangs in gebruik genomen afvalverbrandingsinstallatie te Nijmegen), lijkt uit milieuhygiënisch oogpunt zonder meer mogelijk.

Bij het toepassen van een condensor om de restwarmte uit de rookgassen terug te winnen, zal het condensaat verontreinigingen bevatten als bouw- en sloophoutafval wordt toegepast. Lozing van het afvalwater zal via een zuiveringsinstallatie moeten geschieden.

Financieel-economische aspecten

De kosten en baten van het verbranden van houtafval, waarbij het opwekken van warm water wordt beoogd, zijn voornamelijk afhankelijk van de volgende factoren:

- investeringen in een verbrandingsoven en randapparatuur;
- afzetprijs van het produkt (warm water);
- prijs van de traditionele energiedragers, olie of aardgas;
- kosten van bediening en onderhoud van de installatie.

Bij de toepassing van de warmte in eigen bedrijf of bij levering aan derden dient een alternatieve installatie aanwezig te zijn voor het geval dat bij een storing of voor onderhoud de eigen installatie uitvalt en voor het eventueel opvangen van piekbelastingen.

De investeringskosten voor een verbrandingsinstallatie van industrieel houtafval en bouw- en sloophoutafval liggen bij een installatiecapaciteit van 3 MW, inclusief de technische voorzieningen, in de grootte-orde van f 700.000,=

De investeringskosten voor een verbrandingsinstallatie van "verse" houtchips uit resthout beplantingen bedragen voor een installatie uit Zweden met eenzelfde installatiecapaciteit van 3 MW circa f 1.000.000,=

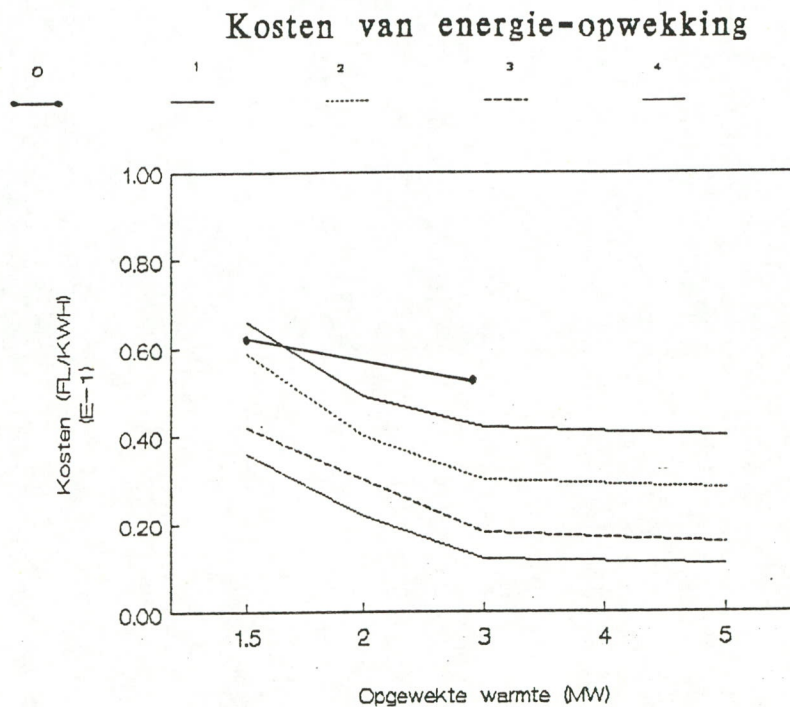
Hierbij dient in aanmerking te worden genomen, dat de installatie voor resthout aanplant aanzienlijk groter moet zijn dan een installatie voor industrieel houtafval. Het verschil is gebaseerd op de hoeveelheden te verstoffen houtafval voor het opwekken voor dezelfde capaciteit. Gezien het verschil in vochtgehalte is voor resthout aanplant een 1,5 tot 2 maal zo grote installatie en voorraadverwerking noodzakelijk dan voor het verwerken van bouw- en sloophoutafval.

Voor het berekenen van de kosten/baten is uitgegaan van de volgende gegevens:

- Installatievermogen : 1 MW, 3 MW, 5 MW
- operationele uren : 8000/jaar
- aanleveringskosten chips : f 0,=
- investeringskosten : 1 MW, f 850.000,=
3 MW, f 1.000.000,=
5 MW, f 1.500.000,=
- rentevoet i : 7%
- afschrijving n : 5 jaar en 10 jaar

- verzekeringen : 1% van de installatiekosten
- onderhoud : 5%
- loonkosten : f 50,=/uur, f 100.000/jaar
- annuïteit : $\frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$
- gebouw en terrein : exclusief

In onderstaande grafiek zijn de kosten in gulden per KWh in relatie tot de opgewekte energie weergegeven. Ook zijn de kosten aangegeven van de opwekking van dezelfde hoeveelheden warmte met behulp van aardgas.



0	aardgasgestookt
1	afschrijving 5 jaar, chipprijs f1.0
2	afschrijving 10 jaar, chipprijs f1.0
3	afschrijving 5 jaar, chipprijs f1.25/ton
4	afschrijving 5 jaar, chipprijs f1.50/ton

Uit de kostenberekening blijkt, dat het financieel-economisch aantrekkelijk is om energie op te wekken met behulp van resthout beplantingen. Bij grotere capaciteiten kan dit met snoeihout een factor 3 goedkoper dan met aardgas.

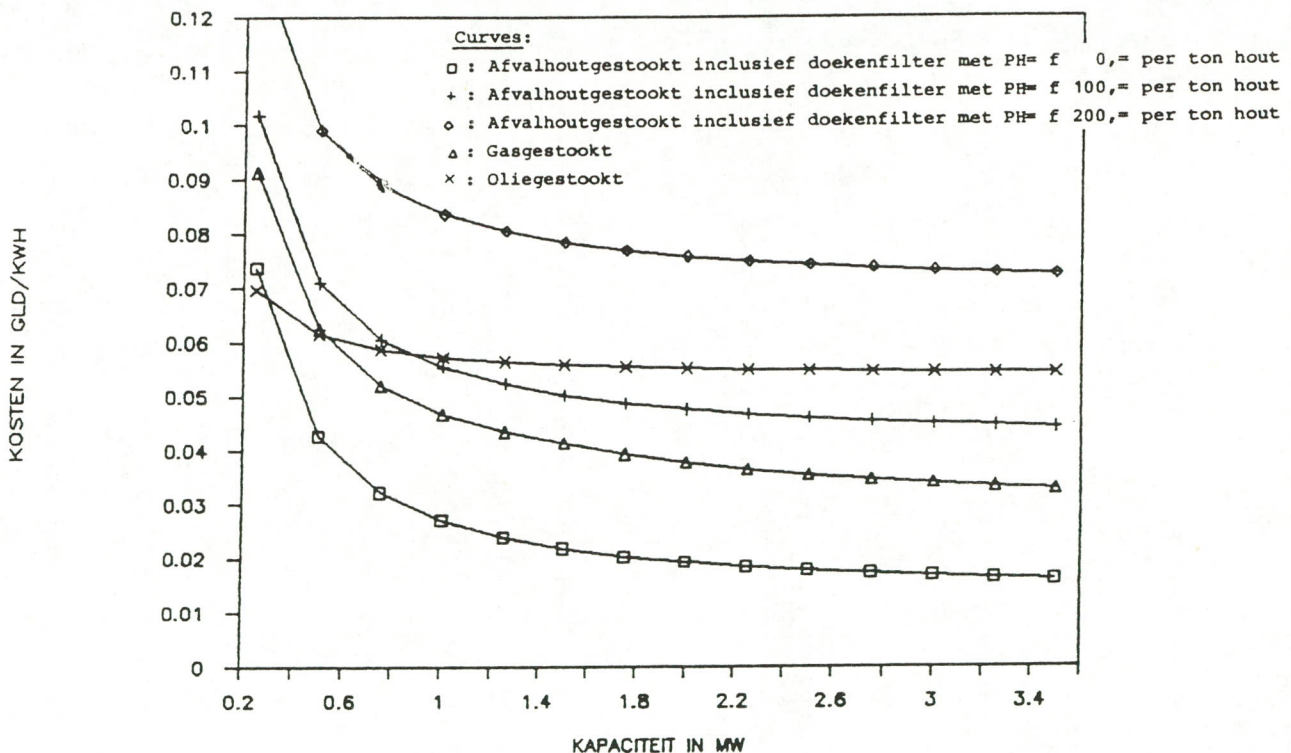
Bij grotere ovencapaciteiten (> 2,5 MW) blijkt, dat bij een prijs voor gechipt resthout aanplant (met 40% vocht) van f 75,=/ton, energie-opwek-

king goedkoper is met hout dan met een aardgasgestookte installatie

Kostenberekeningen voor de opwekking van warmte met industrieel houtafval worden weergegeven in de rapportage van RCN.

Tauw Infra Consult B.V. heeft in het kader van het NOH-onderzoeksprogramma onderzoek uitgevoerd naar de verbranding van verontreinigd houtafval en stelt, dat het uit financieel oogpunt aantrekkelijk kan zijn om houtafval als brandstof toe te passen in plaats van olie of gas.

Hieronder worden grafisch de kosten in guldens per KWh als functie van de capaciteit van een verbrandingsinstallatie voor houtafval, olie en gas weergegeven bij verschillende houtafvalprijzen. Uit deze figuur blijkt, dat bij een houtafvalprijs van f 70,=/ton energie-opwekking met houtafval goedkoper is dan energie-opwekking met olie of gas. Bij deze prijs is uitgegaan van verkleind hout, dat zonder verdere verbewerking in de verbrandingsinstallatie kan worden ingevoerd.



Uitgangspunten

x = 5.000 uur/jaar

AT= 5 jaar

huidige prijzen gas en olie
 combinatie van doekenfilter en multicycloon

Tauw: Geïnstalleerde capaciteit en kosten

De toeleveringskosten van bouw- en sloophoutafval variëren van $f 0,-$ in westelijk Nederland tot circa $f 25,-/ton$ in oostelijk Nederland. Deze verschillen komen voort uit de omstandigheden dat in het "Westen", bouw- en sloophoutafval van stortplaatsen wordt geweerd, zodat het "om niet" bij verwerkingsinstallaties kan worden aangeleverd. In het Oosten en Noorden van Nederland kan worden aangeleverd tegen kosten die lager zijn dan de storttarieven.

De kosten voor het voorverkleinen van bouw- en sloophoutafval liggen in de orde-grootte van $f 15,-$ - $f 25,-/ton$. Het verkleiningsprodukt heeft dan afmetingen van maximaal circa 40 cm. Naverkleining tot enkele centimeters is noodzakelijk voor de meeste gangbare ovensoorten en naverkleining tot circa < 1 cm, is alleen nodig voor wervelbedovens. De prijs voor het verkleinen is afhankelijk van de verkleiningscapaciteit van de installatie en kan variëren van $f 25,-$ tot $f 50,-/ton$.

De toeleveringskosten van chips uit reshout beplantingen worden door het lage gewicht per volume hoofdzakelijk bepaald door de transportafstand. Daar doorgaans in de kosten van groenonderhoud deze afvoerkosten zijn verrekend (en dus door de klant worden vergoed), kunnen chips uit resthout aanplant doorgaans "om niet" worden verkregen, indien door de situering van de afnemer de transportafstanden niet worden vergroot. De vermeden stort- of verbrandingskosten kunnen echter de kosten bij transport over langere afstanden of de kosten van chippen compenseren.

In principe kan een prijs van $f 75,-/ton$ bij 40% vocht voor chips worden betaald. In de praktijk zullen, gezien de kosten voor handling en controle en mogelijk hogere vochtgehalten, opbrengstprijzen van $f 25,-$ - $f 50,-/ ton$ te realiseren zijn.

Een studie naar snoeihoutverbranding met de opwekking van warm water en/of elektriciteit vindt, als gevolg van deze studie naar de benutting van houtafval, reeds plaats. In opdracht van de NEOM wordt door het adviesbureau Eco-Energy Engineering B.V. momenteel onderzocht of energie-opwekking en -afzet door een groenverwerkend bedrijf economische haalbaar is.

In het kader van differentiatie van brandstoffen voor elektriciteitsopwekking heeft de PGEM te kennen gegeven geïnteresseerd te zijn in grootschalige benuttingsmogelijkheden van houtafval. Een economische studie naar de mogelijkheden en de logistiek hiervan wordt aanbevolen.

Conclusies

Verbranding van resthout beplantingen en bouw- en sloophoutafval, met als doel het opwekken van energie (warm water), is zinvol. Of het opwekken van elektriciteit en terugvoer naar het net economisch haalbaar, is dient nader te worden onderzocht.

Omdat voor resthout aanplant geen andere benuttingsmogelijkheid is dan composteren en de verwijderingskosten hoog zijn (storten, verbranden in een AVI), wordt energetische benutting aanbevolen.

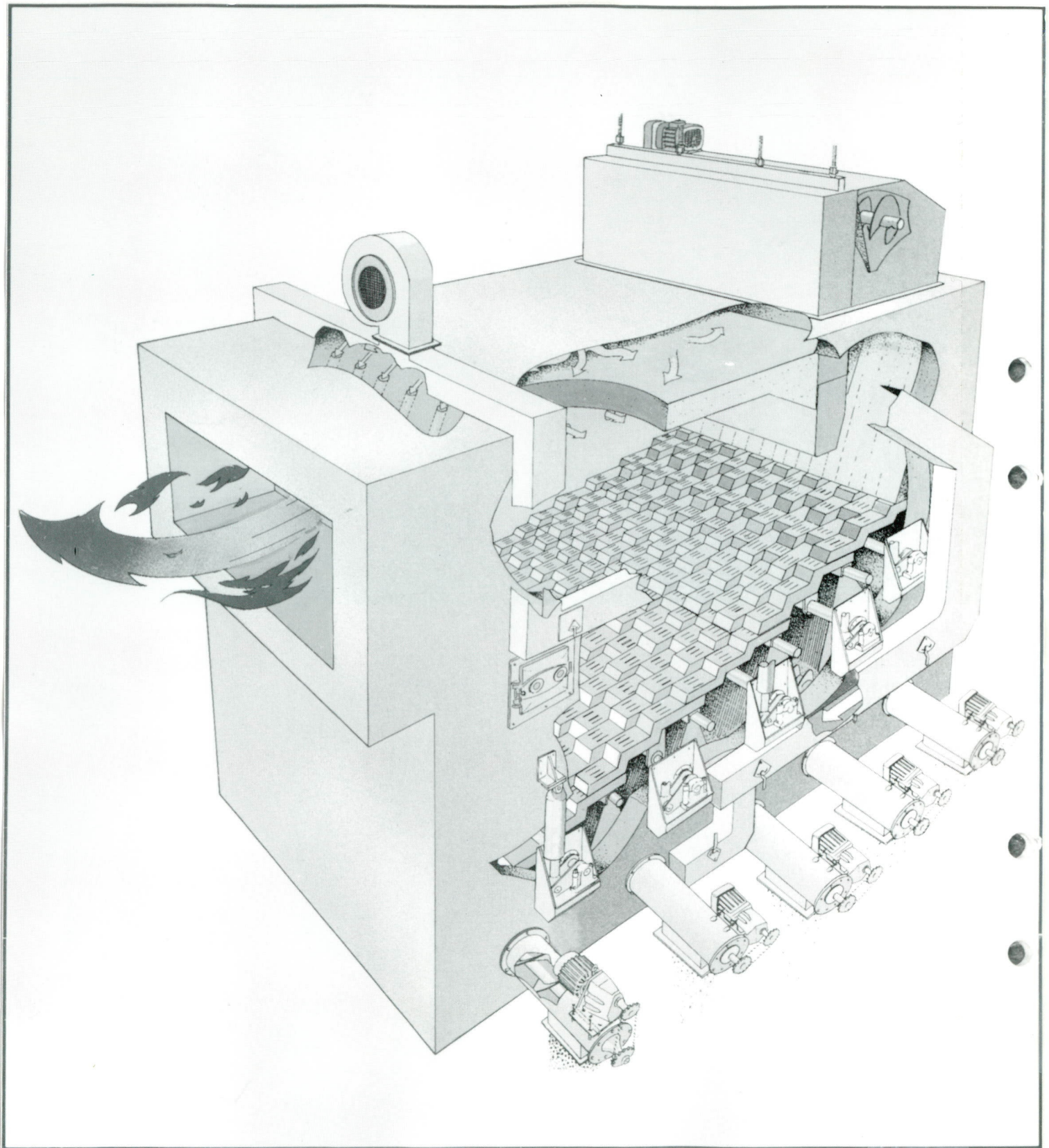
Bij hoeveelheden resthout aanplant < 10.000 ton/jaar, is energie-opwekking rendabel. Dergelijke hoeveelheden komen vrij bij grotere gemeenten en de grote bedrijven van "groenverwerkers".

Gerichte voorlichting aan deze groepen, mede door demonstratieprojecten, kan de benutting van resthout aanplant verbeteren.

Bouw- en sloophoutafval is bij verbranding, gezien de kosten voor reiniging van de rookgassen en de kosten van afvoer van de asresten (chemisch afval), alleen geschikt bij grootschalige verwerking.

Hoewel in het onderzoek van Tauw naar de verbranding van verontreinigd houtafval hoge concentraties aan verontreinigingen in de cycloonas en het vliegstof zijn aangetroffen, kan worden verwacht, dat bij een goede uitbrand en een hoge luchtvermaat de concentraties aanzienlijk kunnen dalen.

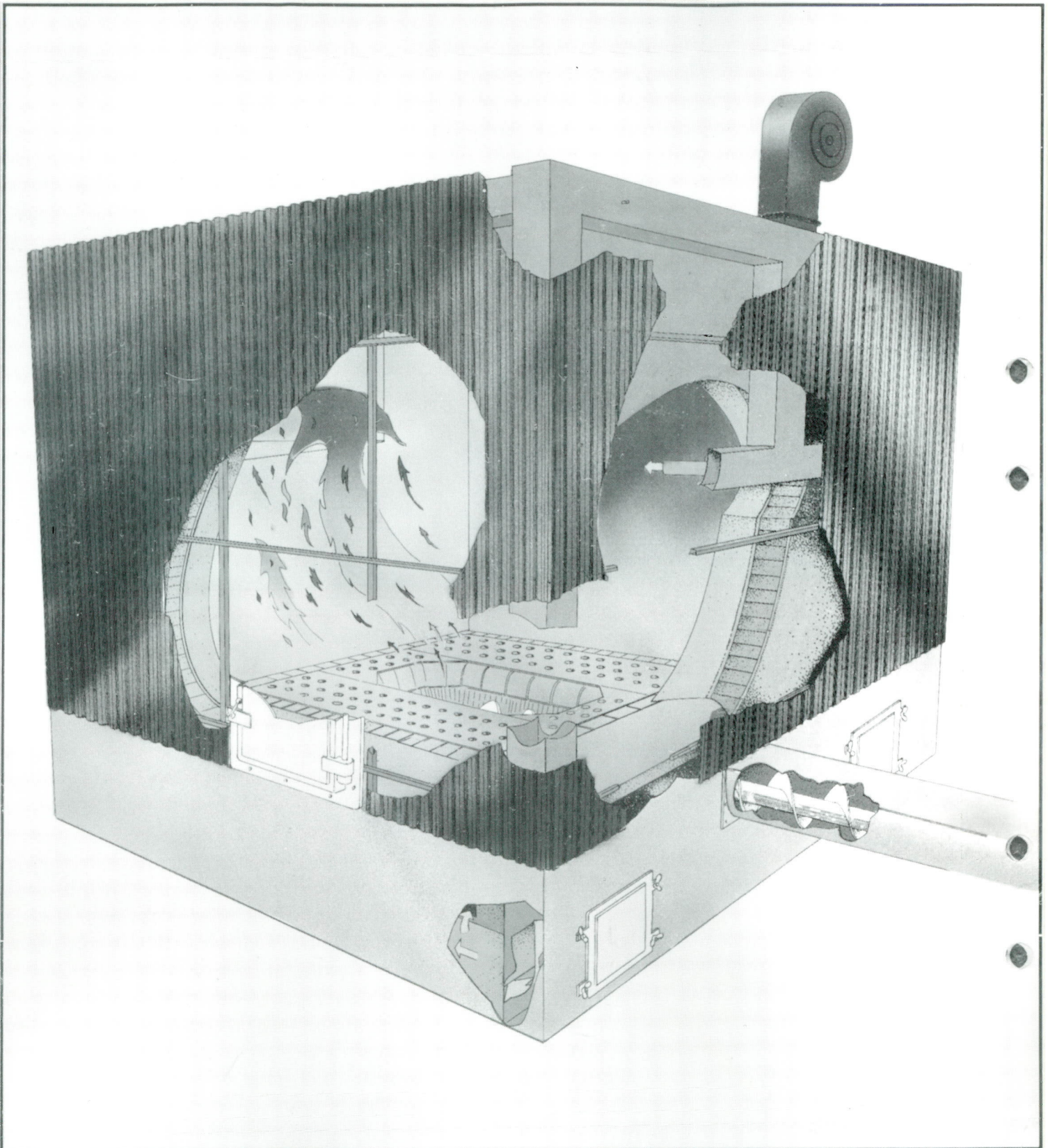
Aanbevolen wordt, nader onderzoek te verrichten naar het verbranden van bouw- en sloophoutafval tezamen met slib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties. Het hoge vochtgehalte van slib en de relatief lage verbrandingswaarde kan door toevoeging van het houtafval zorgdragen voor een betere verbranding en een betere handling van de gemengde massa.



Combustion chamber with movable grid system

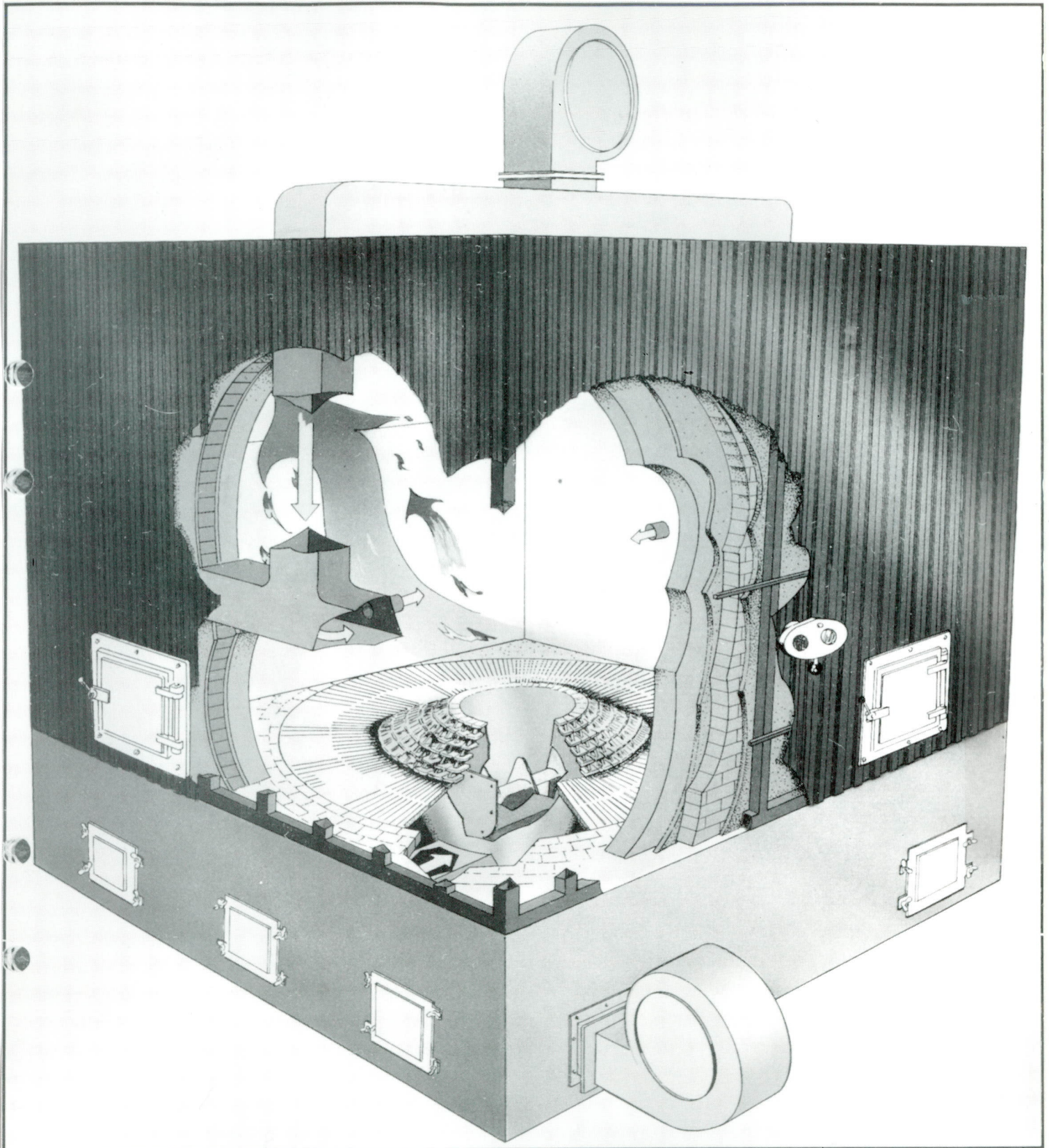
Fuel: *Peat, chips, forest residue and sawdust*
Moisture content: *60–35%*
Capacity range: *0,5–20 MW*

*Movable grid system with automatic ash discharge.
Insensitive to fluctuations in fuel quality.*



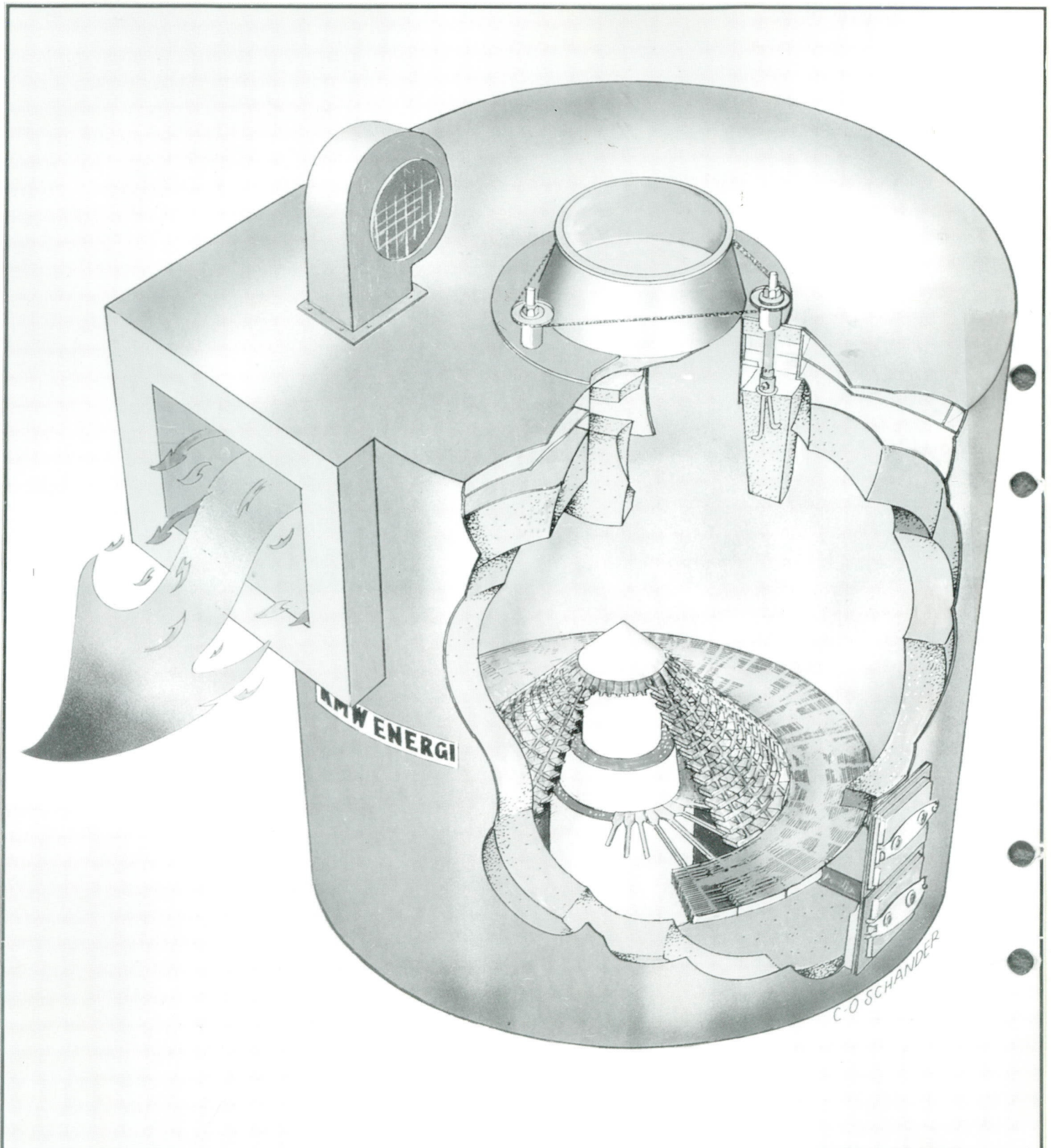
Combustion chamber with retort and horizontal grid

Fuel: *Chips, forest residue, sawdust*
Moisture content: *55–30%*
Capacity range: *0,2–1,5 MW*



Combustion chamber with retort, trap and horizontal grid

Fuel: *Chips, forest residue, bark and sawdust*
Moisture content: *60–30%*
Capacity range: *0,5–10 MW*



Combustion chamber with cone and horizontal grid

Fuel: *Chips, forest residue, bark and sawdust*
Moisture content: *60–30%*
Capacity range: *0,2–6 MW*

5.8 HOUTAFVAL VERKLEINEN/CHIPPEN

Algemeen

Verkleinen van hout(afval) vindt plaats als voorbereiding voor diverse toepassingen, maar ook om verontreinigingen los te maken van het hout, bijvoorbeeld verf en metalen.

Voor oud hout en bouw- en sloophoutafval geschiedt deze bewerking in twee stappen, de zogenaamde voorverkleining en de naverkleining. Door de diversiteit aan vormen en afmetingen van het houtafval zijn grote installaties voor de voorverkleining noodzakelijk. Hierbij wordt het houtafval verkleind tot circa 40 cm.

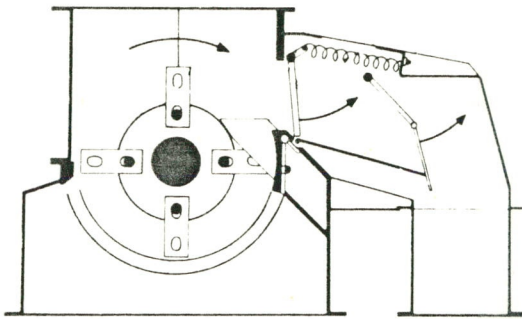
Voor toepassing van het houtafval als grondstof voor de spaanplaatindustrie of voor de vervaardiging van geperste produkten, maar ook voor verbranding moet naverkleining plaatsvinden. Hiertoe worden vooral hamermolens toegepast. Het gehele verkleiningsproces is toegerust met magneten, zeven en zifters, waardoor kwalitatief goed bruikbare frakties ontstaan.

Voor het verkleinen van snoeihout en resthout aanplant worden machines toegepast, die in één bewerkingsstap verkleinen tot de gewenste grootte van het eindprodukt. Als brandstofprodukt tot circa 10 mm, voor houtskoolbereiding circa 100 mm of voor compostbereiding tot een langwerpig vezelig produkt.

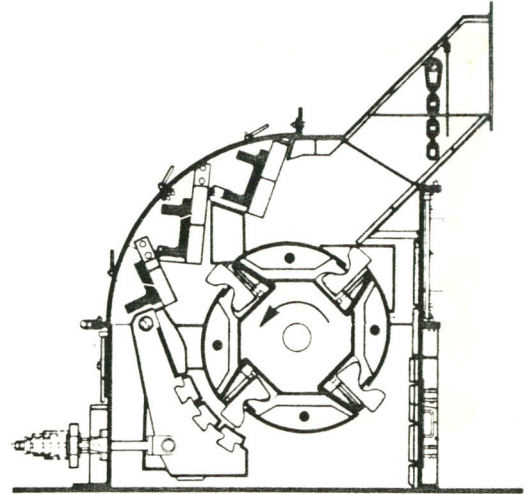
Het verkleiningsproces wordt chippen genoemd, gezien de platte vorm van het verkleiningsprodukt. De term "chips" geldt echter niet alleen voor verkleind snoeihout, maar ook voor verkleinde houtresten. Het verkleinen van snoeihout geschiedt in Nederland uit kostenoverwegingen door gemeentelijke diensten en groenverwerkers. Door ter plaatse bij het snoeien het snoeiafval te chippen en de chips als bodembedekker aan te wenden, worden transport- en afvoerkosten vermeden.

Techieken:

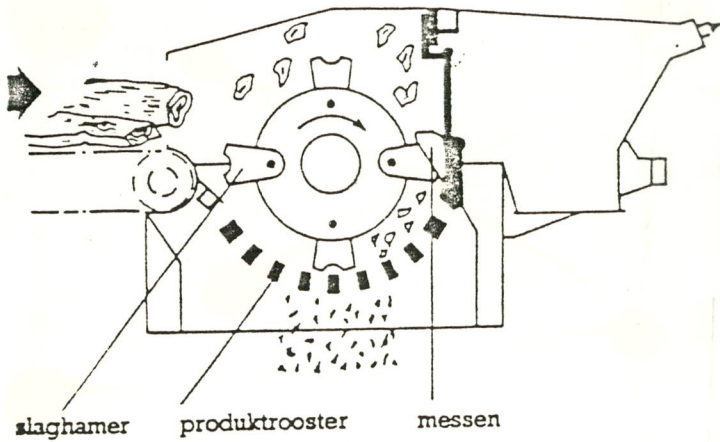
Voor het verkleinen van oud hout, bouw- en sloophoutafval en ook voor industriëel houtafval worden de volgende verkleiningsapparaten toegepast:



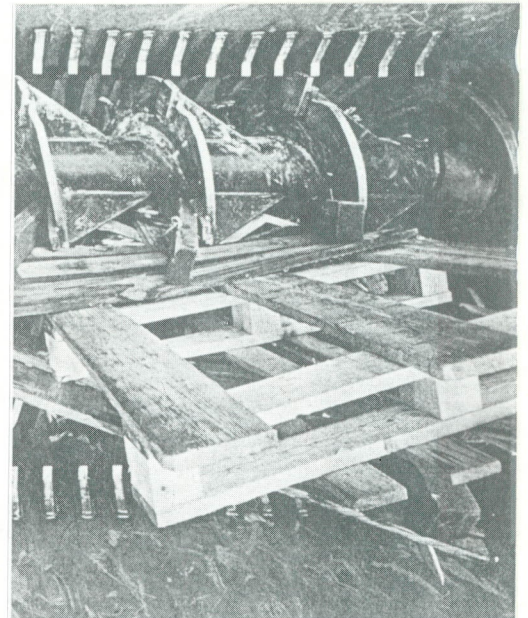
hamermolen



prallbreker/molen

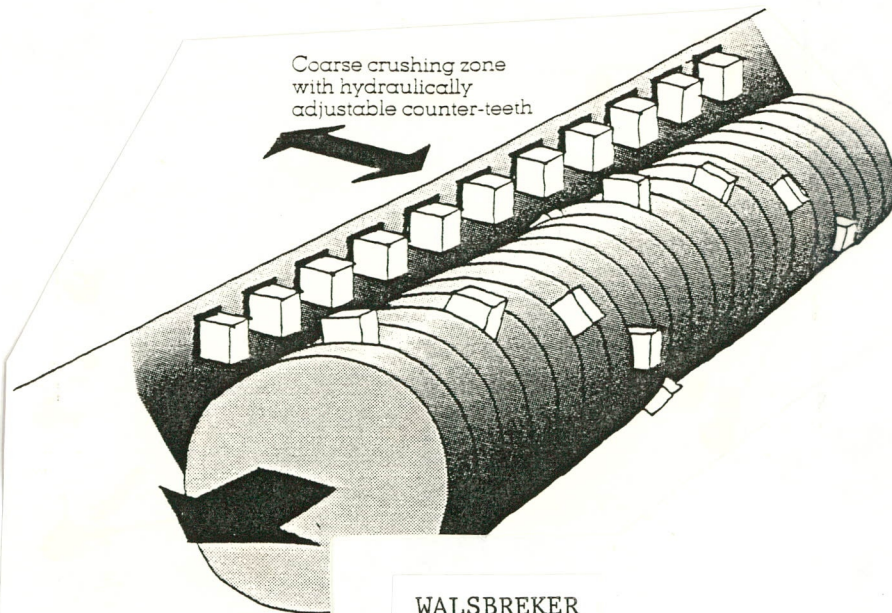


HAMERMOLEN VOOR HOUT



Der Schneckenzerkleinerer sorgt für horizontalen Transport des Materials.

SNIJMOLEN



WALSBREKER

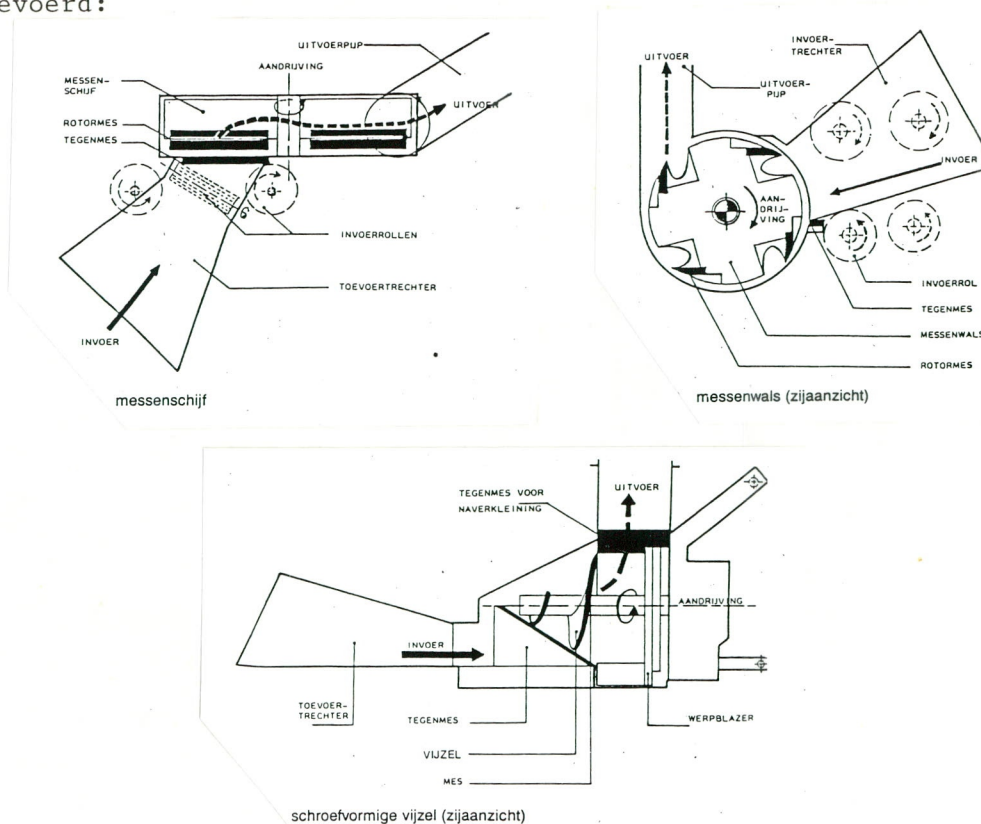
De verwerkingscapaciteiten zijn afhankelijk van de afmetingen van het invoermateriaal, maar globaal is de capaciteit in de Nederlandse bedrijven circa 50 m³/h. Voor de naverkleining zijn de apparaten meestal in een gekoppelde lijn gezet, zodat een totale capaciteit van 5-10 ton/h kan worden bereikt.

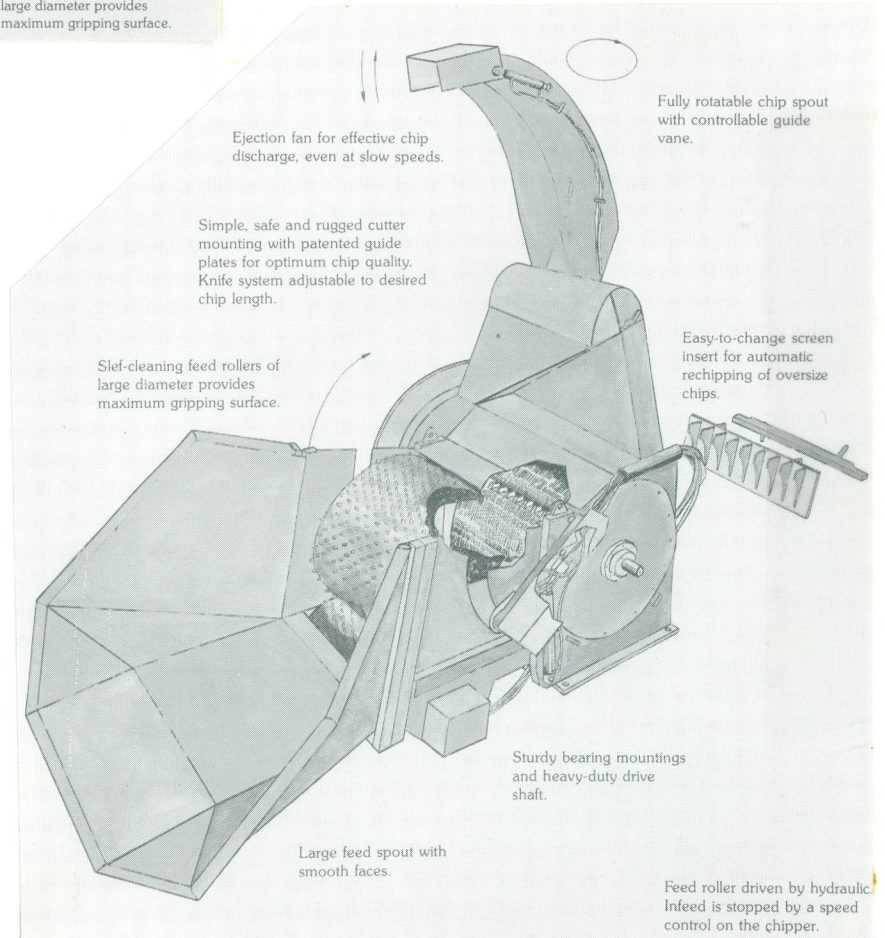
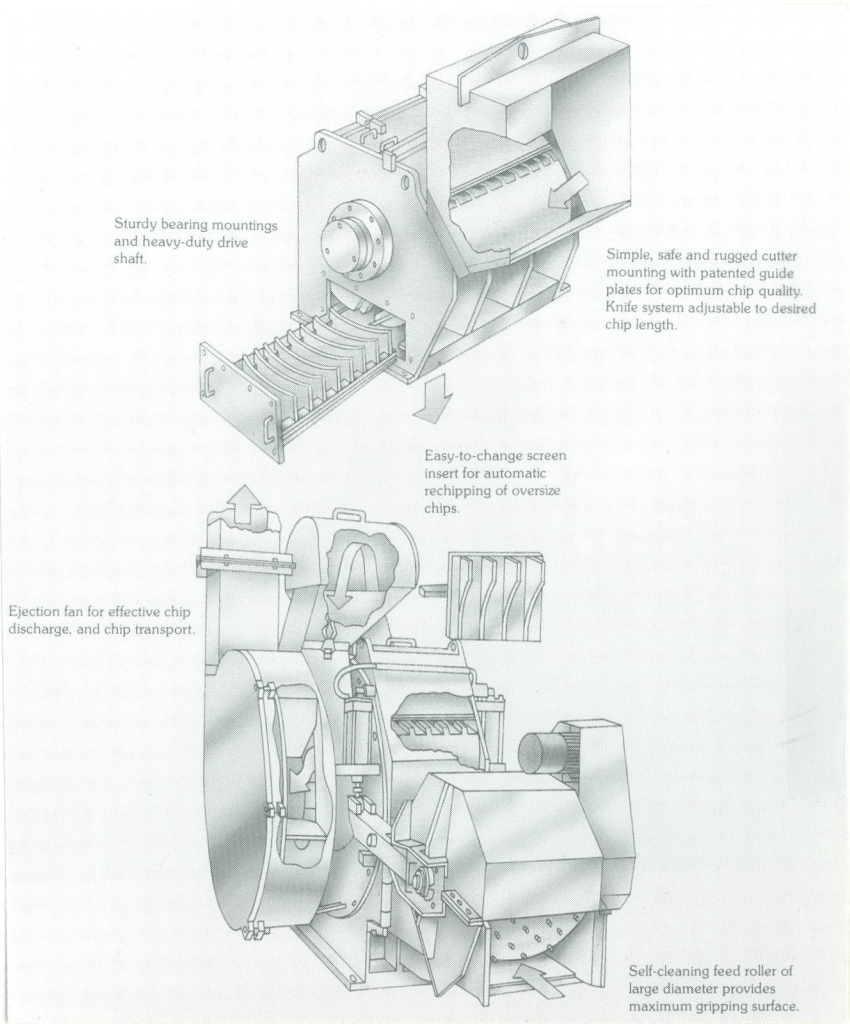
De kosten van het verkleinen zijn, in afhankelijkheid van de voorbewerking en produkteisen, als volgt:

- voorverkleinen: < circa 40 cm f 15,= - f 25,=/ton
- verwerking tot een grondstofprodukt voor de spaanplaatindustrie:
 - selectie op schoon hout, geen kunststof, papier, glas, non-ferro en dergelijke
 - verwijderen van hard- en zacht board, spaanplaat en hard hout
 - voorverkleinen, ontijzeren, naverkleinen en fractioneren tot < 50 mm
- naverkleinen: f 25,= - f 50,=/ton

De kosten van verwerving van het houtafval, de opslagkosten, alsmede de transportkosten van het gereede produkt kunnen globaal gesteld worden op f 10,=/ton. De totale kosten van houtafvalverkleining komen daarmee op een zodanig niveau, dat economische inzetbaarheid voor energie-opwekking mogelijk, maar voor spaanplaatbereiding gering is.

Het verkleinen van resthout aanplant wordt met de volgende machines uitgevoerd:





88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-56

Deze verkleiningsmachines worden geleverd met zeer uiteenlopende verwerkingscapaciteiten en zijn zowel in mobiele als in stationaire uitvoering verkrijgbaar.

De verkleiningsfactor is voor snoeihout 1:10 tot 1:20 en voor houtafval uit bossen (dunningshout) 1:4. Door groepering van de diverse capaciteiten wordt een overzicht gegeven van de verschillende uitvoeringsvormen:

1. Kleine chippers:

chippers voor kleinschalige toepassing
(snoeihout in plantsoenen)
capaciteit: 1 - 2,5 m³/h
tractor-aangedreven of eigen dieselmotor
prijzen: f 8.000,= - f 25.000,=

2. Middel chippers:

(snoeihout in plantsoenen)
capaciteit: 5 - 10 m³/h
tractor-aangedreven of eigen dieselmotor
prijzen: f 16.000,= - f 30.000,=

3. Middelgrote chippers:

(snoeihout in plantsoenen, parken en bossen)
capaciteit: 8 - 20 m³/h
tractor-aangedreven of eigen dieselmotor
prijzen: f 40.000,= - f 75.000,=

4. Grote chippers:

(dunningshout uit parken en bossen)
capaciteit: 25 - 100 m³/h
tractor-aangedreven of gemonteerd op vracht/containerauto
prijzen: f 300.000,= - f 1.000.000,=

De capaciteiten zijn bepaald aan los snoeihout (100 - 200 kg/m³).

Bij de grote chippers zijn uitvoeringen met een voedingskraan soms inbegrepen.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-57

De kosten van het chippen bedragen $f\ 20,- - f\ 50,-$ /ton. Volgens opgaven van loonwerkers berekenen zij voor hoeveelheden van 500 - 1.000 ton: $f\ 40,- - f\ 60,-$ /ton op basis van verwerking met een klepelverkleiner.

Omdat de kosten van het chippen geïntegreerd zijn in de snoei- onderhoudswerkzaamheden, zijn nagenoeg geen gegevens bekend over het chippen sec op lokatie.

Onderzoek in Duitsland (1981) vermeld een chipprijs van DM 50 - DM 100/ton voor dunningshout en eindkapresten.

Voor benutting van resthout beplantingen zijn de kosten van het chippen, alsmede de transportvorm en afstand van belang voor de toepassingsmogelijkheden. Het is daarom noodzakelijk deze kosten vast te stellen voor de diverse vormen van ontstaan: in parken, plantsoenen en bossen.

De stationaire chippers zijn meestal opgesteld bij verwerkingsbedrijven, zoals papierindustrieën en (in het buitenland) bij energie-opwekkingsbedrijven. Enige uitvoeringsvormen zijn hierna weergegeven.

De kosten van stationair chippen zijn lager dan die van het chippen met mobiele installaties, omdat hierbij geen investeringen in een tractor of vracht/containerauto nodig zijn.

De complete verkleiningsinstallatie bestaat uit een toevoerinstallatie (deze kan ook geïntegreerd zijn met de verkleiningsmachine), een verkleiningsmachine en transportbanden naar voorraadbunker of opslagterrein.

Een kraan/grijper, die het snoeihout naar de toevoerinstallatie aanvoert, is voor een grote verwerkingscapaciteit noodzakelijk. De investeringskosten voor een dergelijke installatie met een verwerkingscapaciteit van 3 à 5 ton/h is circa $f\ 500.000,-$.

Bij verwerkingscapaciteiten van 5.000 à 8.000 ton/jaar (3 à 5 ton/h of 20 à 35 m³ snoeihout/h) bedragen de verkleiningskosten $f\ 20,-$ à $f\ 25,-$ /ton snoeihout.

Met deze prijsstelling kan het gecentraliseerd verkleinen van snoeihout, zeker in grotere gemeenten, een verlaging van de kosten van het groenonderhoud betekenen, mits de transportkosten niet te hoog zijn.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 5-58

Gecentraliseerd chippen bij een installatie voor energie-opwekking leidt tot ook lagere kosten met als bijkomend voordeel, dat een eenvoudige controle op het invoermateriaal kan worden uitgevoerd.

Door het lage volumegewicht van snoeihout is het ruimtebeslag bij opslag groot, doch door opslag van enige weken tot enkele maanden in de openlucht kan het vochtgehalte aanzienlijk dalen.

BIJLAGE 6: Doelstellingen en onderlinge relatie IVAM-RCN-TNO/BP STUDIES

UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM
INTERFACULTAIRE VAKGROEP MILIEUKUNDE (IVAM)

Project: Afvalhout van kleine (houtverwerkende) bedrijven

Doelstelling

Het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden en belemmeringen van het gescheiden opvangen, aanbieden en inzamelen van houtafval van kleine bedrijven in de houtverwerkende industrie, met als doel daaraan een hergebruiksbestemming te geven.

Onderzocht wordt of een theoretisch kader is te ontwikkelen op basis waarvan in de praktijk, in bepaalde gebieden aanbevelingen kunnen worden gedaan voor verbetering van het hergebruik van houtafval.

Op basis van dit kader moet worden nagegaan op welke punten en op welke wijzen, verbeteringen zijn te realiseren; aan welke randvoorwaarden wordt c.q. zou moeten worden voldaan.

Probleemstelling

Wat zijn de kenmerken van het ontstaan en wat is de globale samenstelling van houtafval van kleine bedrijven.

Onder welke voorwaarden is hergebruik van dat houtafval te realiseren?

Op welke wijzen zou aan die randvoorwaarden kunnen worden voldaan?

Uitwerking en fasering

Het onderzoek bestrijkt een periode van één jaar en is gestart in december 1986.

Fase I	- probleemdefiniëring	2 maanden
	- selectie van bedrijven	
Fase II	- onderzoek bedrijven	4 maanden
	- formuleren oplossingen	
	- tussentijdse rapportage	

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 6-2

Fase III	- introductie oplossingen	3 maanden
	- formuleren knelpunten	
	- evaluatie	
Fase IV	- analyse	3 maanden
	- formulering van aanbevelingen	
	- rapportage	

Uitwerking fase I en II

In de eerste fase van het onderzoek wordt de probleemstelling op basis van literatuur nader uitgewerkt en afgebakend. Aan de hand hiervan wordt een aantal bedrijven geselecteerd die in de tweede fase worden onderzocht. Nadat de gegevens over het ontstaan, de hoeveelheden en globale samenstelling zijn verzameld, kan een aantal mogelijkheden voor hergebruik van houtafval van kleine bedrijven worden geformuleerd.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 6-3

RESTSTOFFEN CENTRUM NEDERLAND (RCN)

Project: Optimale policy voor hergebruik van houtresten in de hout- en meubelbranche

Doelstelling

- het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden en belemmeringen ter vergroting van het hergebruik van houtresten in de hout- en meubelbranche;
- het vaststellen van een optimale policy voor individuele bedrijven en de branche als geheel om rationeel gebruik te maken van houtresten als grondstof of als energiebron;
- het vaststellen van de behoefte aan en de mogelijkheden voor nieuwe bedrijfsactiviteiten gericht op de verwerking van houtresten.

De policy heeft tot doel om de vraag- en aanbodzijde bijeen te brengen.

Het project kent 2 fasen:

- fase 1/strategische fase

In deze fase wordt een verkenning gedaan van de vraag- en aanbodzijde in de hout- en meubelbranche.

Aan het einde van deze fase wordt afgebakend op nader te analyseren houtreststromen;

- fase 2/operationele fase

In deze fase wordt geanalyseerd in hoeverre de hergebruiksmogelijkheden van houtresten qua hoeveelheden en rentabiliteit aansluiten op het aanbod van houtresten. Concreet worden de mogelijkheden van directe verbranding, vergassing en het vingerlassen onderzocht. Dit resulteert in de eerste aanzetten voor "houtrestpolicy".

TNO/BROERS & PARTNERS B.V.

Project: Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van houtafval rest-hout beplantingen en bouw- en sloophoutafval, afzetmogelijkheden en knelpunten

Doelstelling

Doel van het project is aangeven volgens welke scenario's het houtafval, afkomstig van bouw- en sloophout en resthout beplantingen uit bossen en landschapselementen door middel van een integrale aanpak te be- of verwerken is tot afzetbare produkten.

Fase 1

Doel

Het doel van fase 1, de haalbaarheidsstudie, is als volgt:

- Definiëring van de mogelijke afzetmarkten voor produkten (ook energie) van be- of verwerking van afvalhout.
- Kwantitatieve beschrijving van de problematiek van snoeihout en houtafval van bouw- en sloopafval en kwantificering van het mogelijke aanbod van afvalhout voor be- of verwerking (basis literatuurinformatie).
- Aangeven van de mogelijkheden en knelpunten in technische en organisatorische zin, die zich kunnen voordoen wanneer het aanbod van afvalhout en de afzet van produkten in combinatie met elkaar worden beschouwd. Het opstellen van projectvoorstellen waarmee gesignaleerde knelpunten kunnen worden opgelost.

Voor het bereiken van dit doel wordt aan de volgende aspecten aandacht besteed:

- Afzetmarkten/verwerking
Zowel in groeps- als individuele vraaggesprekken met potentiële afnemers wordt getracht de afzetproblematiek of afzetmogelijkheden te inventariseren.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 6-5

Deze groepen zijn onder meer:

- * vezelplaatindustrie
- * verbrandingsindustrie
- * bosbouw
- * papierindustrie
- * RDF-producenten
- * BRBS

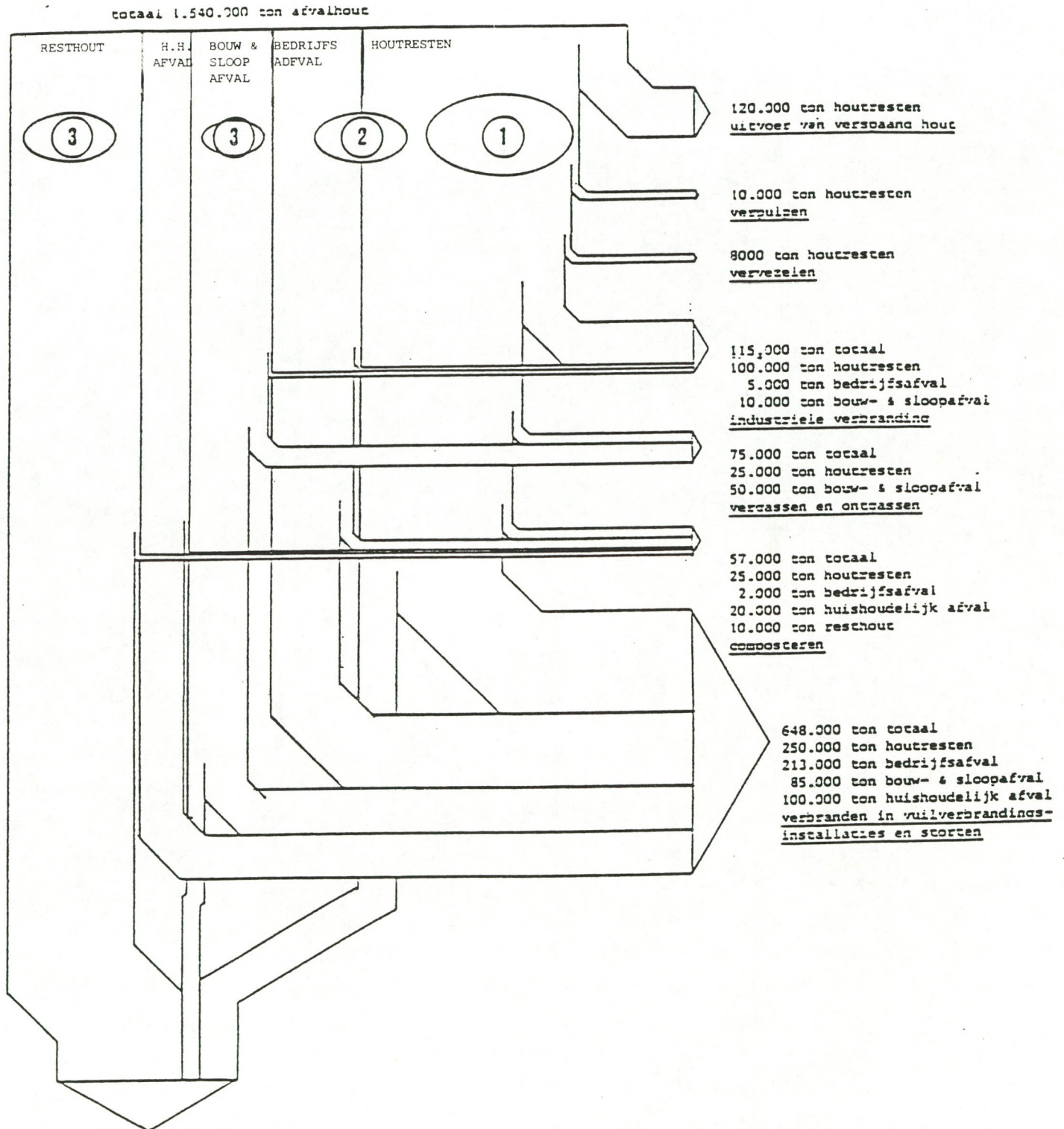
Op basis van bestaande literatuurinformatie, alsmede van internationale ervaringen, vooral met betrekking tot een drogings/verbrandingssysteem en een bosbouwafvalverwerkingssysteem en zo mogelijk van in uitvoering zijnde wetenschappelijk en toepassingsonderzoek, wordt getracht de toekomstige verwerkings- en toepassingsmethoden aan te geven.

Knelpunten

Door gesprekken met be- en verwerkers van houtafval en met de toeleveranciers van technische apparatuur, zullen de mogelijke technische en organisatorische knelpunten en mogelijke verbetering van de infrastructuur worden aangegeven.

Er zal worden nagegaan, in hoeverre door een verbetering van de organisatiestructuur, de beschikbare kennis beter kan worden aangewend voor het oplossen van de gesignaleerde knelpunten.

Overzicht van realatie tussen 3 studies met betrekking tot vrijkomende houtafvalsoorten (Bronschema = VAM)



507.000 ton totaal
 112.000 ton houtresten
 55.000 ton bouw- & slooafval
 340.000 ton resthout
 resterende verwerkingsmethoden
 - hergebruik aan de bron
 - verbanden door particulieren
 - verbranden in vuilverbrandingsinstallaties
 - verbranden in open lucht
 - storten
 - composteren door gemeenten en particulieren

- ① RCN studie Houtresten (gebruik binnen de poort)
- ② IVAM studie Afvalhout Kleine Bedrijven
- ③ TNO studie B&P Houtafval en resthout aanplant bossen

BIJLAGE 7: Houtafval op stortplaatsen

Bij de inventarisatie van de hoeveelheden houtafval in de houtverwerkende industrie, bouw- en sloophoutafval en resthout beplantingen zijn de hoeveelheden en de samenstelling van het houtafval, dat in Nederland naar stortplaatsen of verbrandingsinrichtingen wordt afgevoerd, niet meegenomen.

Bij geen van de bij het onderhavige project betrokken onderzoeksinstituten (RCN - IVAM - B & P - TNO) bleken hierover kwantitatieve gegevens beschikbaar te zijn.

Teneinde een globale indruk van deze hoeveelheden te krijgen zijn, op verzoek van het RIVM-LAE, door de betrokkenen van de voornoemde onderzoeksinstituten in totaal 10 gesprekken gevoerd met stortplaatsbeheerders.

Daarbij is gebleken dat de stortplaatsbeheerders geen kwantitatief overzicht konden geven van de verschillende typen houtafval, doch dat slechts een indicatie kon worden gegeven van de totale hoeveelheid houtafval, die varieerde van 5 - 10% van het totaal aangeboden afval. Door enkele stortplaatsbeheerders werd een hoeveelheid van 20% genoemd. De indruk bestaat echter, dat daar waar veel bouw- en sloopafval wordt gestort het percentage houtafval meer dan 10 zal bedragen. Ook bij het storten van resthout beplantingen variëren de opgegeven percentages van 5 - 20%. De VAM te Wijster schat dat jaarlijks circa 10.000 ton houtafval wordt aangeboden.

In de gemeente Apeldoorn wordt jaarlijks 200 - 300 ton houtafval (voornamelijk pallets en bouw- en sloophoutafval) separaat ingezameld.

Bij diverse stortplaatsen wordt houtafval apart gehouden en vervolgens aan particulieren (als brandstof) doorverkocht.

Een fabrikant van persprodukten uit hout heeft bij sommige stortplaatsen containers gestationeerd waarin "schoon" hout wordt gedeponeerd. De totale hoeveelheid houtafval, die op deze wijze aan stortplaatsen wordt onttrokken, wordt geraamd op enkele duizenden tonnen per jaar.

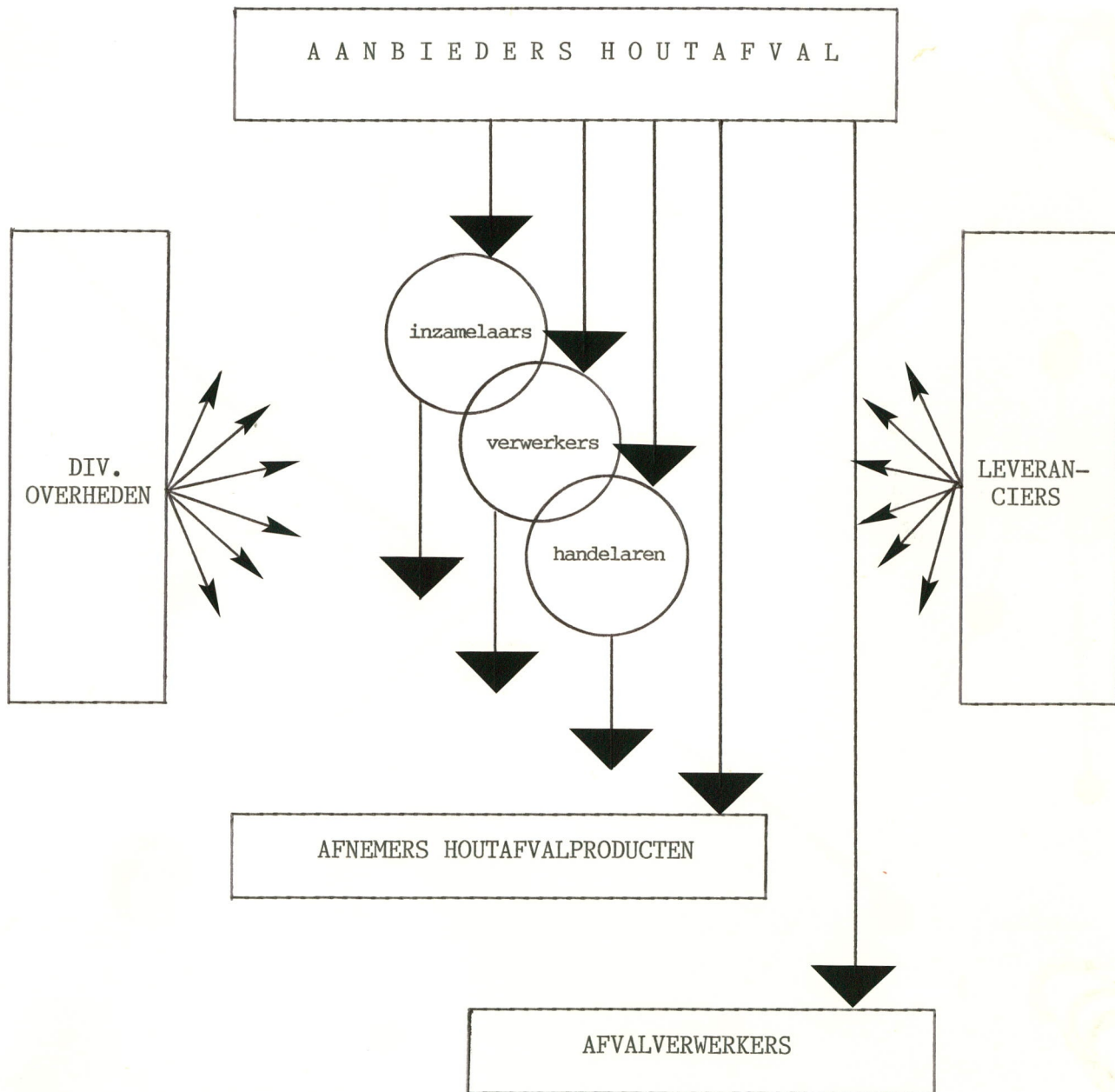
Op grond van bovenstaande indicaties wordt de jaarlijks naar stortplaatsen en verbrandingsinrichtingen afgevoerde hoeveelheid houtafval geschat op circa 400.000 ton.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 7-2

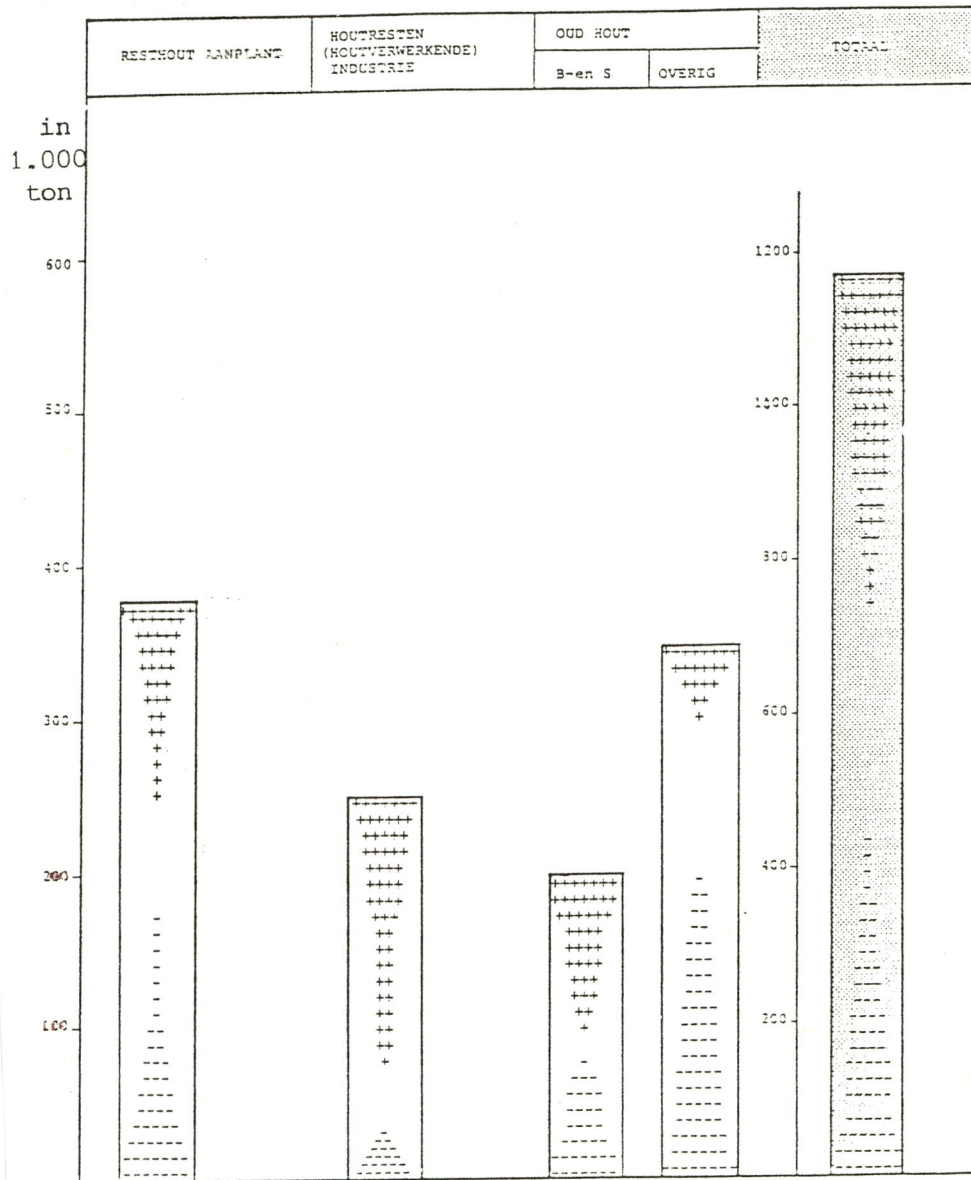
Om de werkelijke hoeveelheden houtafval te kunnen vaststellen, alsmede het benuttingspercentage en de wijze van benutting, wordt voorgesteld hiernaar een inventarisatie-onderzoek in te stellen.

Figuur 1: Belanghebbenden houtafval



Voor
Geop

Figuur 2: Overzicht van hoeveelheden en economische waarde van de verschillende soorten houtafval

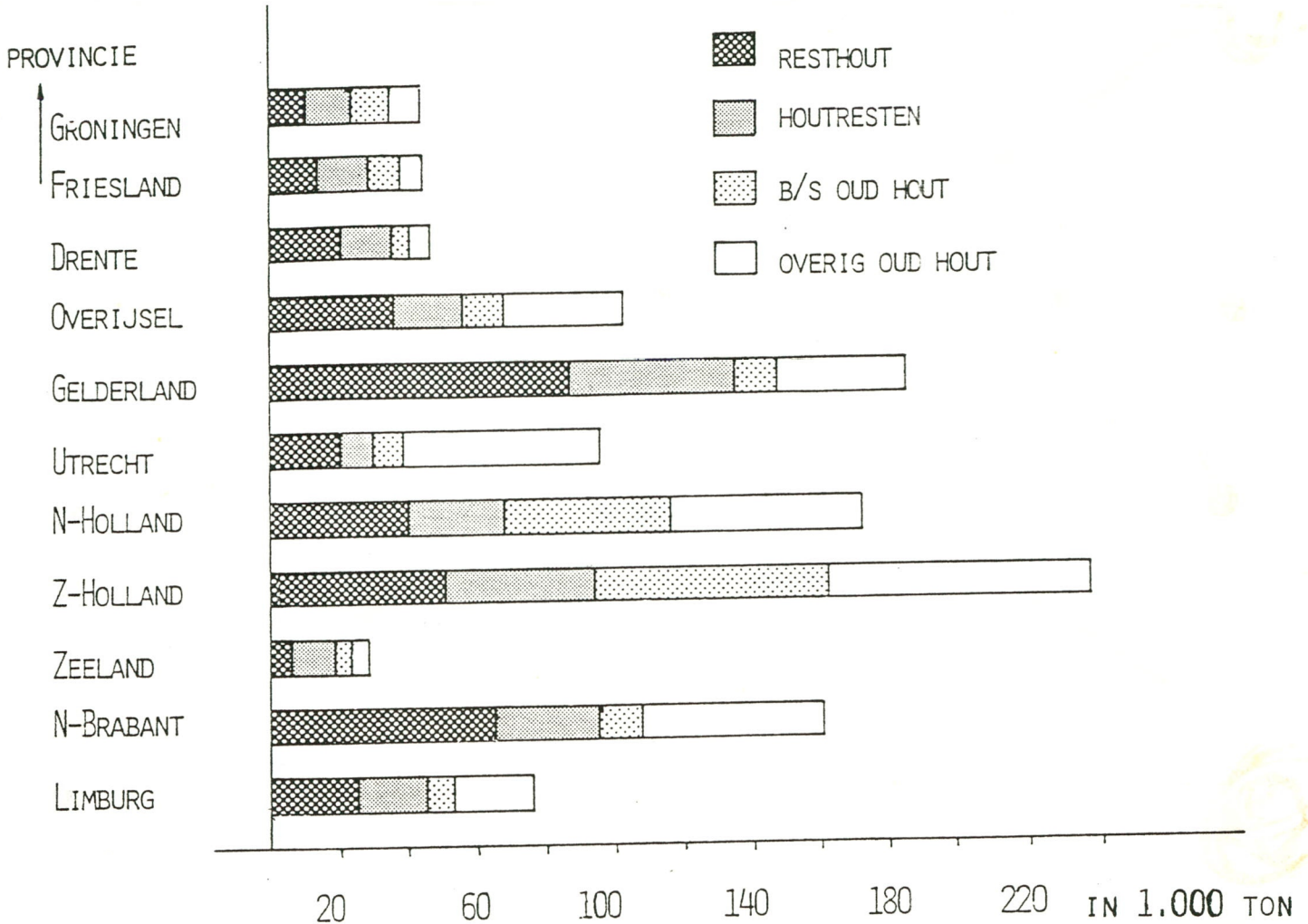


Bron: Broers & Partners 1983.

Op basis van een groot aantal gesignaleerde ontwikkelingen bij de verschillende aanbieders is in de markstudie 1983 aangegeven dat:

- de hoeveelheid resthout aanplant zou toenemen;
- houtresten van de houtverwerkende industrie aanzienlijk zou dalen;

Figuur 4: Verdeling houtafval per provincie (houtafval volgens ruime definitie)



Bron: Broers & Partners

De inschatting is gebaseerd op het gebouwenbestand per provincie, de economische activiteit per provincie, het beboste/beplante oppervlak en het aantal inwoners per provincie.

Voor circa 2/3 deel van deze 770.000 ton moeten relatief hoge kosten worden gemaakt om een verantwoorde bestemming daarvoor te vinden.

4. PRODUKT MARKT COMBINATIES

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de benuttingsmogelijkheden van de diverse soorten houtafval, zoals die in de literatuur zijn beschreven en in de gesprekken naar voren zijn gekomen. Mede aan de hand van het gevoerde overleg met de belangenorganisatie BRBS is een selectie gemaakt van aantrekkelijke Produkt Markt Combinaties (PMC's). Van een aantal PMC's is in dit hoofdstuk en in de bijlage achtergrondinformatie opgenomen. Voor de overzichtelijkheid en de duidelijkheid is gekozen voor een vorm van verslaggeving, waarbij de verschillende mogelijkheden in tabelvorm worden weergegeven.


In deze PMC-analyse zijn eveneens de houtafvallen uit de RCN en IVAM-studies meegenomen. Op deze wijze wordt het gehele veld van houtafval getraceerd. De genoemde produkten zijn niet alleen geënt op de bestaande verwerking, doch ook op de toekomstige ontwikkelingen.

Houtafval komt in een groot aantal vormen vrij, bijvoorbeeld in de vorm van krullen, chips, etc. en kent een groot aantal toepassingen/deelmarkten, bijvoorbeeld grondstof voor de spaanplaatindustrie of vaste brandstof.

In een matrix kunnen horizontaal de diverse markten weergegeven worden (circa 20) en verticaal de diverse produktvormen (circa 25). Er ontstaan dan circa 500 cellen c.q. Produkt Markt Combinaties (PMC's)

Figuur 5: Opzet Produkt Markt Combinatie analyse

Producten	Deelmarkten						
	a	b	c	d	e	f	g
1							
2						×	
3			×				
4							
5							
6				×			
7				×	×		

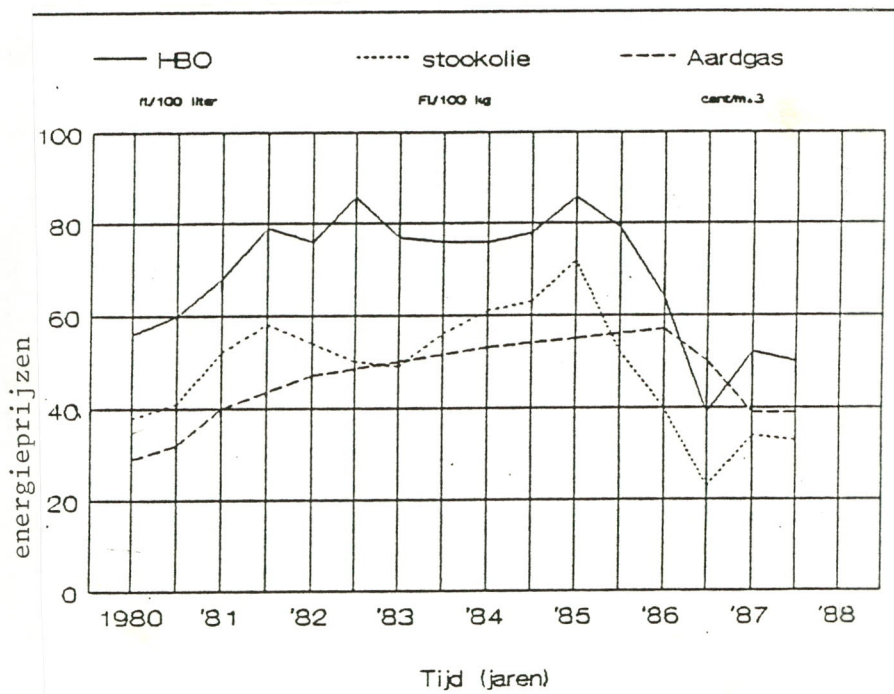
 = geselecteerde PMC

× = niet relevante combinaties/cellen

5. KNELPUNTEN EN ONZEKERHEDEN

De Produkt Markt Combinaties, zoals weergegeven in hoofdstuk 4, zijn voor introductie onderworpen aan knelpunten op technisch, milieuhygiënisch, logistiek, organisatorisch en bedrijfseconomisch gebied. De energie- en grondstofprijzen beïnvloeden de economische haalbaarheid sterk. Het verloop van de aardgas- en stookolieprijzen in de afgelopen zeven jaar zijn hieronder weergegeven.

Figuur 9: Prijsverloop energiedragers



Na 1985 zijn bedrijven die houtafval verwerken, in het bijzonder voor levering van energie, in aantal verminderd of hebben deze activiteit stilgelegd (circa 30% van deze bedrijfstak). Mede door de energieprijzen is ook de ontwikkeling van specifieke apparatuur minder succesvol geweest. Zowel vergassings- als pyrolyse-apparatuur hebben niet die ontwikkeling doorgemaakt zoals die verwacht was.

De economische prikkel kan bij stijgende energieprijzen weer toenemen. "The state of the art" van energiebenuttingsapparatuur is als volgt:

Schema: Aard en betekenis van de mogelijke maatregelen om gebruik houtafval te bevorderen.

MOGELIJKE MAATREGELEN	verwachte rol overheden R, O, I*	soorten houtafval/PMC waarop maatregelen m.n. betrekking hebben	verwachte additionele gebruik houtafval
1 Hogere verwerkingstarieven	R	o bouw- en sloophout, snoeihout	• o o o o
2 Productontwikkeling geperst hout	O	o geperste producten uit spaanders (1)	• o o
3 Aantrekken spaanplaatindustrieën	I, O	o spaanders, schone chips (2)	• •
4 Fin. ondersteunen duurzame energie	O, I, R	o elektriciteit- en stoomproductie	o o o o o
5 Logistieke optimalisatie	O	o alle	o o
6 Verlagen verwerkingskosten	O	o resthout beplantingen	o o
7 Mondiaal overleg houtvoorziening	I, R	o alle	o o o (L.T.)
8 Vergoeding transport/verwerking	O, R	o alle (3)	• • •
11 Betere verbranding	I, O	o alle	o
12 Betere rookgasreiniging	I, O	o bouw- en sloophout	o o o
13 Afzet assen bevorderen	I, O, R	o bouw- en sloophout	o
14 Eisen aan houtveredeling	R	o bouw- en sloophout, (houtresten)	o (L.T.)
15 Betere scheiding	O, I	o bouw- en sloophout	o o
21 Onderzoek slib + houtverwerking	I, O	o bouw- en sloophout en resthout beplant.	o o o o o
22 Eisen aan sloopvergunning	R	o bouw- en sloophout	• o
23 Upgraden kwaliteit	O, I	o resthout beplantingen	o o
24 Bijhouden internationale ontwikkeling	I, O	o hydrolyse, pyrolyse, vergassen	o o (L.T.)
25 Proef houtvergassing	I, O	o vergassen	o o (L.T.)
26 Ontwikkelen meer software houtbewerking + voorraadbeheer	O	o houtresten	o o
31 Meer kennisoverdracht	O, I	o vingerlassen, interne energie voorziening (4)	• o
32 Meer samenwerken aanbieders	O	o resthout beplantingen/bouw- en sloophout	• o o
33 Demonstratie grootschalig verbranden	O, I	o resthout beplantingen/bouw- en sloophout(5)	• o o o o
34 Beter inpassen in energie infrastructuur	I, R, O	o electriciteit- en stoomproductie	o o o
35 Ontwikkelen van een mobiele houtverkolingsinstallatie	I, R,	o resthout beplantingen	• o

* R = Regulerend
O = Ondersteunend
I = Initiërend

L.T. = lange termijn

Het aantal symbolen geeft een indicatie van het volume:

ooo grote mate onzekerheid o = tot 20.000 ton
••• minder onzekerheid oo = 20 à 50.000 ton
ooo = 50 à 100.000 ton
oooo = 100 à 200.000 ton
ooooo = boven 200.000 ton

1 = 50% vergroting afzet is 15.000 ton

2 = 20% bijmengen in een middelgrote fabriek is ca. 15.000 ton

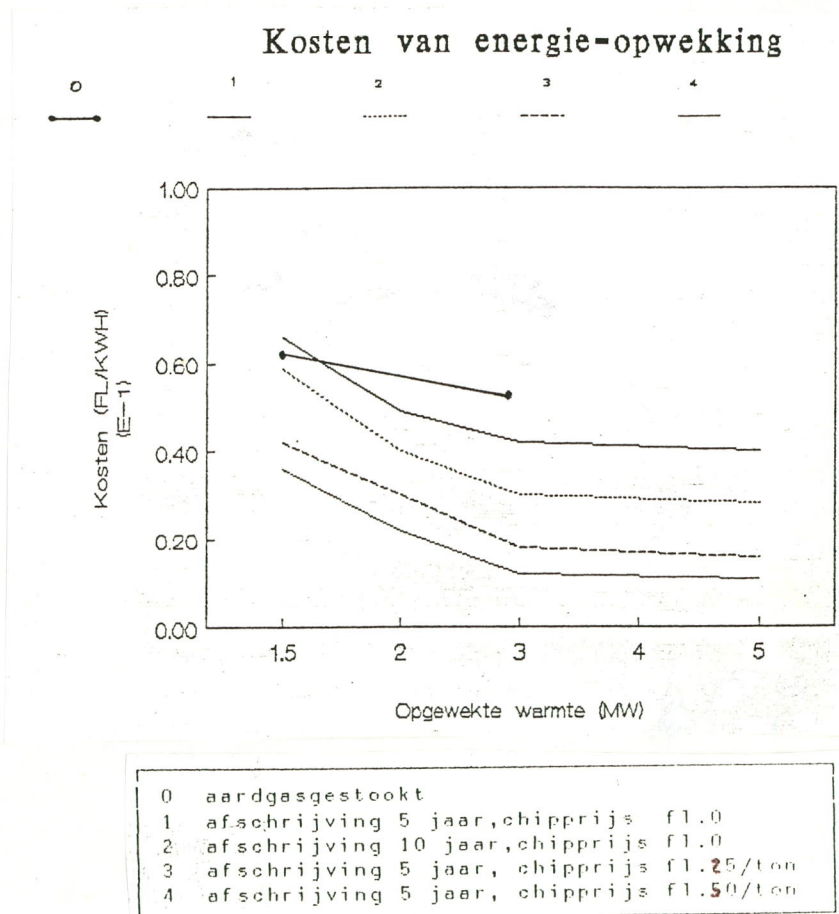
3 = 5% (meer) bijmengen in Belgische spaanplaatindustrie = 30.000 ton

4 = Indien intern gebruik 5% toeneemt is dit 15.000 ton houtresten

5 = 5 MW is ca. 15.000 ton/jaar resthout

- verzekeringen : 1% van de installatiekosten
- onderhoud : 5%
- loonkosten : f 50,=/uur, f 100.000/jaar
- annuïteit : $\frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$
- gebouw en terrein : exclusief

In onderstaande grafiek zijn de kosten in guldens per KWh in relatie tot de opgewekte energie weergegeven. Ook zijn de kosten aangegeven van de opwekking van dezelfde hoeveelheden warmte met behulp van aardgas.



Uit de kostenberekening blijkt, dat het financieel-economisch aantrekkelijk is om energie op te wekken met behulp van resthout beplantingen. Bij grotere capaciteiten kan dit met snoeihout een factor 3 goedkoper dan met aardgas.

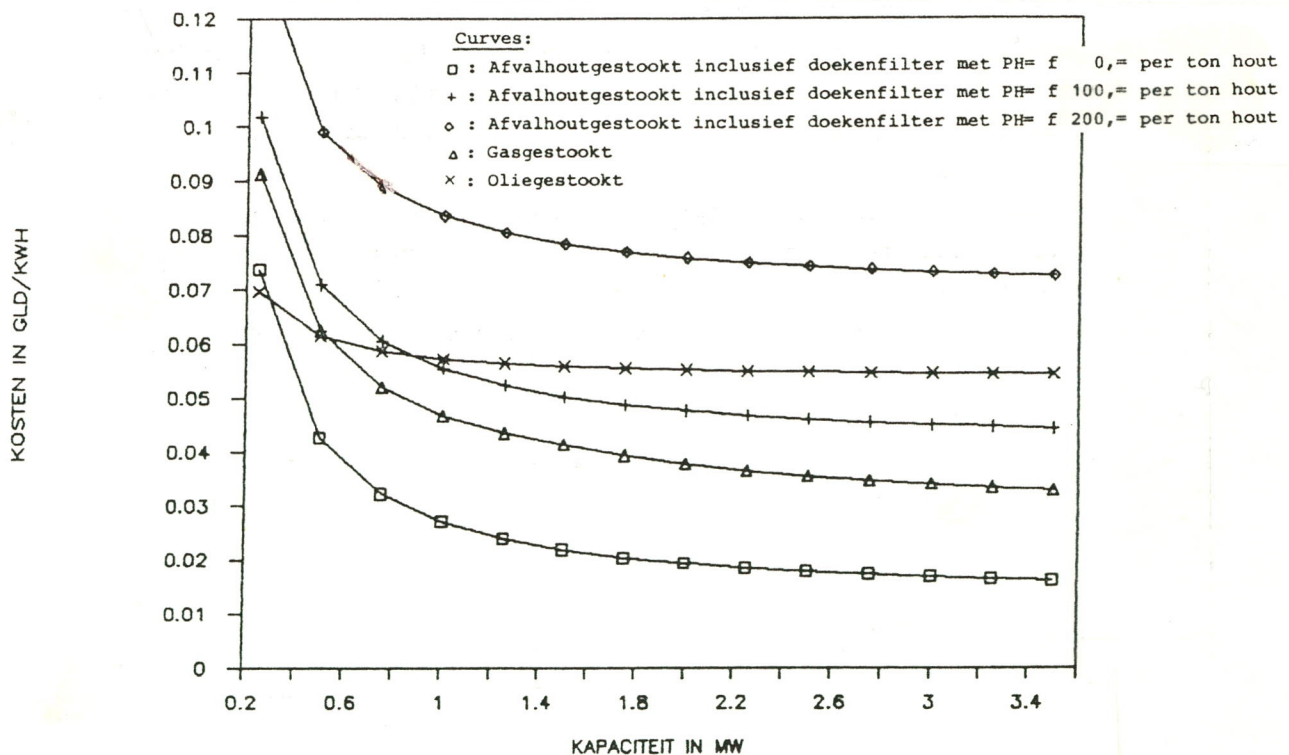
Bij grotere ovencapaciteiten (> 2,5 MW) blijkt, dat bij een prijs voor gechipt resthout aanplant (met 40% vocht) van f 75,=/ton, energie-opwek-

king goedkoper is met hout dan met een aardgasgestookte installatie

Kostenberekeningen voor de opwekking van warmte met industrieel houtafval worden weergegeven in de rapportage van RCN.

Tauw Infra Consult B.V. heeft in het kader van het NOH-onderzoeksprogramma onderzoek uitgevoerd naar de verbranding van verontreinigd houtafval en stelt, dat het uit financieel oogpunt aantrekkelijk kan zijn om houtafval als brandstof toe te passen in plaats van olie of gas.

Hieronder worden grafisch de kosten in guldens per KWh als functie van de capaciteit van een verbrandingsinstallatie voor houtafval, olie en gas weergegeven bij verschillende houtafvalprijzen. Uit deze figuur blijkt, dat bij een houtafvalprijs van f 70,=/ton energie-opwekking met houtafval goedkoper is dan energie-opwekking met olie of gas. Bij deze prijs is uitgegaan van verkleind hout, dat zonder verdere verbewerking in de verbrandingsinstallatie kan worden ingevoerd.



Uitgangspunten

x = 5.000 uur/jaar

AT= 5 jaar

huidige prijzen gas en olie

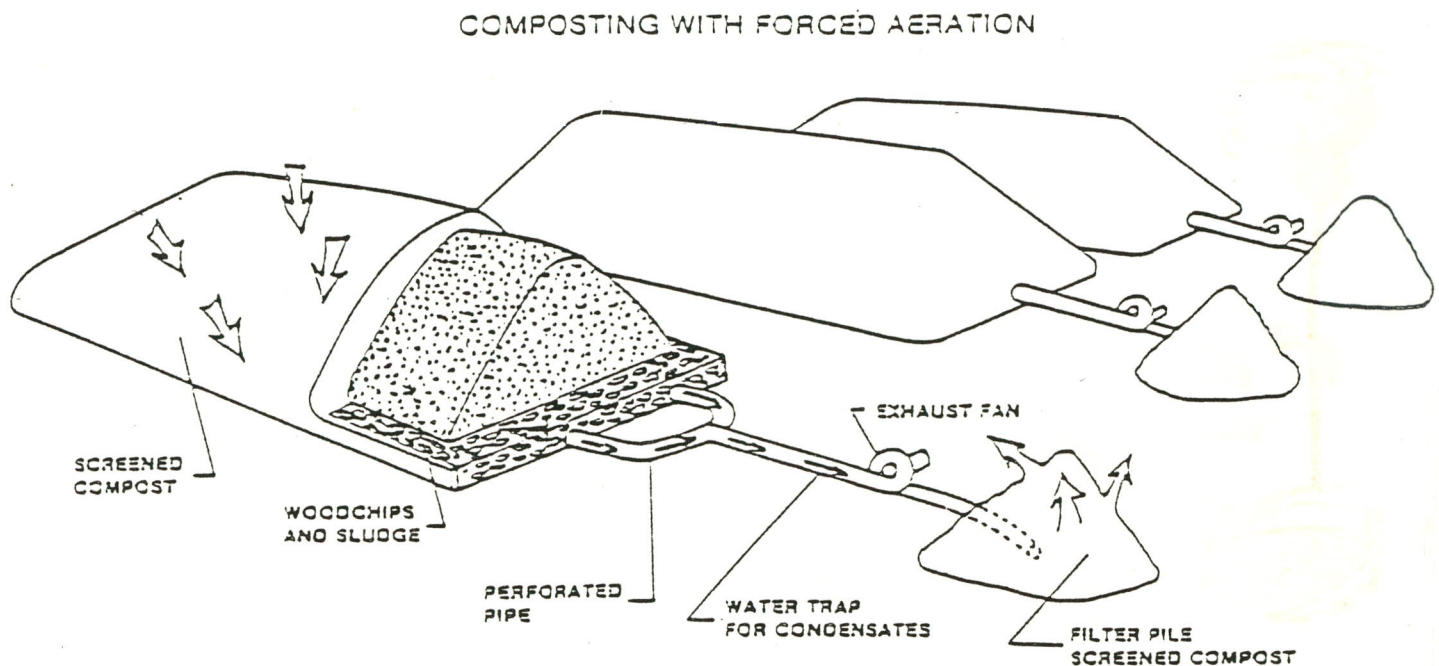
kombinatie van doekenfilter en multicycloon

Tauw: Geïnstalleerde capaciteit en kosten

lijkt zeer geschikt voor snoeihout met blad of andere toevoegingen.

Deze methode wordt tevens toegepast voor de verwerking van groente/fruit /tuinafval (Purmerend, VAM). Bij stankoverlast van de doorgevoerde lucht kan het systeem worden aangesloten op een bio-filter (bak gevuld met uitgewerkte compost volgens een specifieke samenstelling).

Omdat deze composteringsmethode steeds meer wordt toegepast, is de methodiek hierna schematisch weergegeven.



Compostieren met geforceerde beluchting

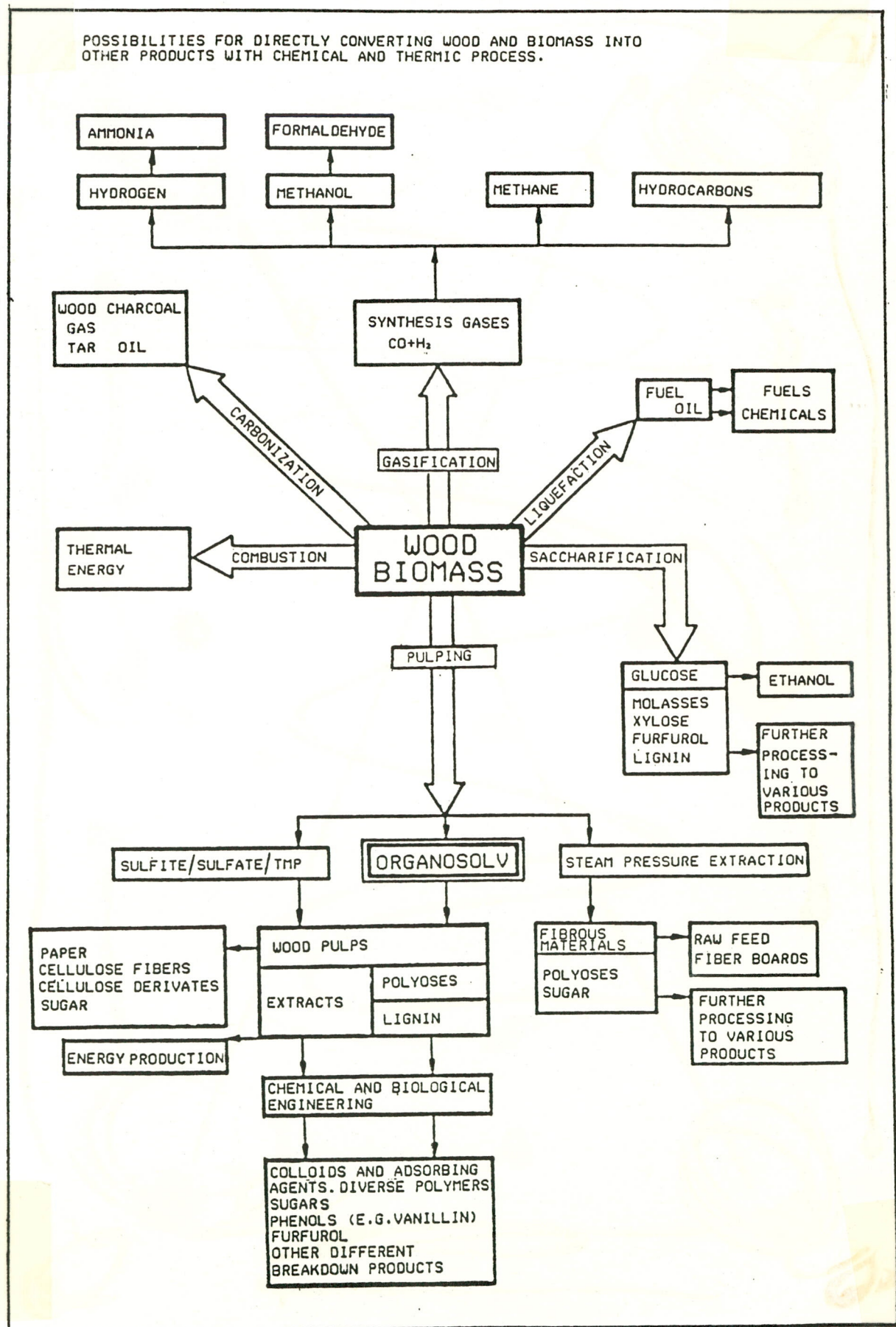
Hoewel nog andere composterings technieken worden toegepast lijken deze voor de compostering van snoeihout niet relevant.

Technisch gezien is de compostering van snoeihout eenvoudig. Wat blijft is de vraag hoe snel de houtachtige delen kunnen worden omgezet.

De organische droge stof van het hout bestaat voor circa 30% uit lignine en voor circa 45% uit cellulose. Lignine is het moeilijkst biologisch afbreekbaar natuurlijke koolhydraat.

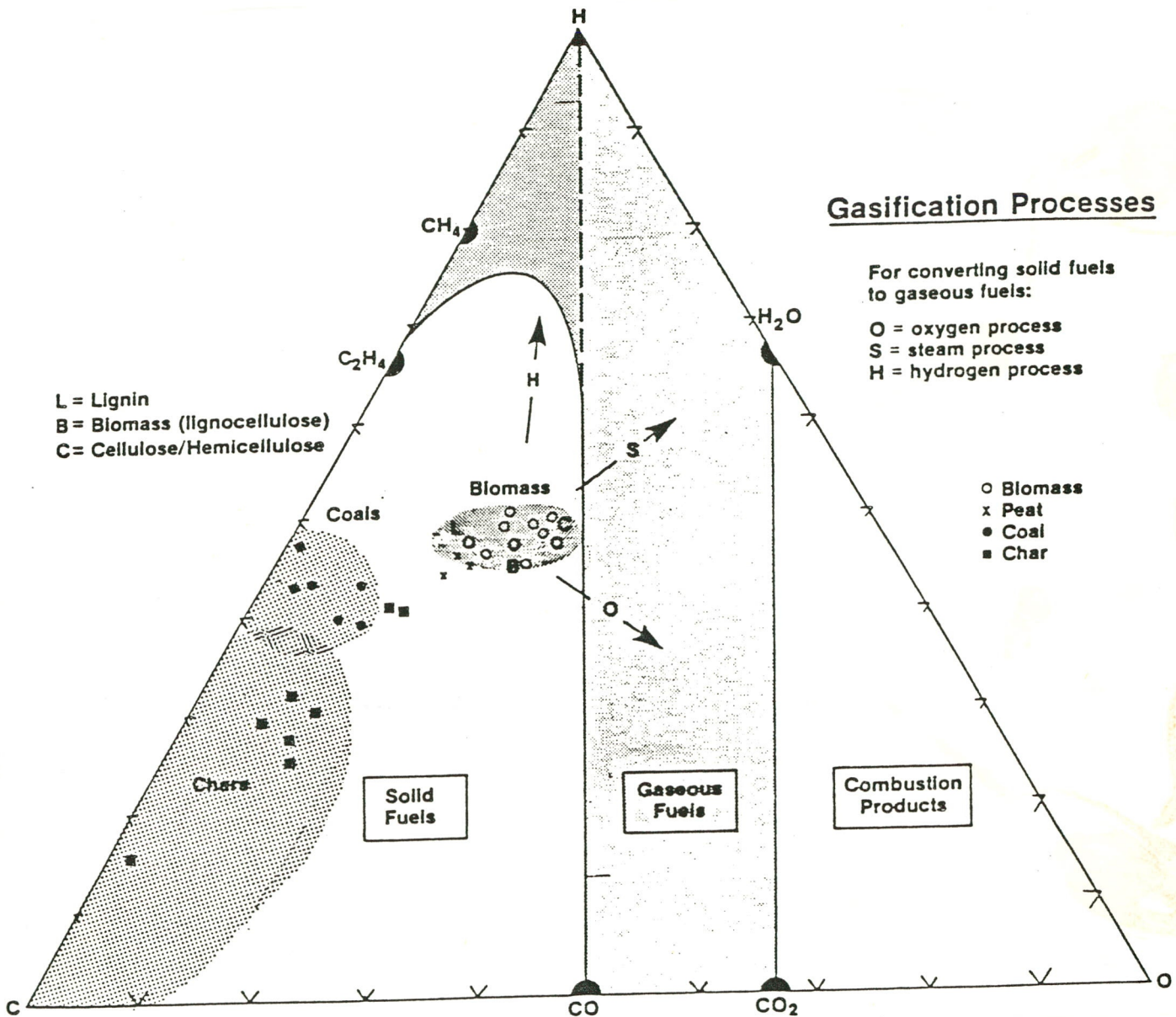
Aangenomen wordt, dat lignine niet wordt afgebroken bij de hiervoor omschreven composteringsmethoden. Uit onderzoek naar het gedrag van cellulose in het composteringsproces van huishoudelijk afval bleek, dat na 12

Figure 1: Conversion of Wood and other Biomass.



Chemisch/biotechnologische processen voor de fabricage van produkten uit houtafval

proces	uitvoerders	soort houtafval	"state of the art"	kosten opbrengsten		produkten	snoeihout	bouw- sloophoutafval	opmerkingen	algemeen
				f/ton						
<u>zure hydrolyse</u> percolatie van chips met 1% zwavelzuur bij 150 - 200 °C	Schollen - Tornesch USSR	chips	industriële schaal 45 installaties	110 - 130	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	goed toepasbaar, lage opbrengst door laag gehalte aan cellulose lignine en restant wordt benut voor energie-opwekking	verontreinigingen (verf, impregneermiddelen) kunnen de fermentatie storen	methode is bruikbaar; economie is moeilijk te beoordelen	apparatuur onderhevig aan corrosieproblemen
hydrolyse met geconcentreerd zoutzuur	Bergius - Reinau Rishman BRD	naaldhout loofhout stro	demoschaal	120 - 130	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	lage opbrengst afval wordt benut voor energie-opwekking	verontreinigingen (verf, impregneermiddelen) kunnen de fermentatie storen	biomassa wordt geleverd door: Percola GmbH München	apparatuur onderhevig aan corrosieproblemen
hydrolyse met verdund zwavelzuur bij 230 °C 20 seconden plug-flow reactor	Thompson/Gretheim Dornier USA	zaagsel papierpulp	demoschaal	100 - 140	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	lage opbrengst; extra opbrengst uit furfural mogelijk	verontreinigingen (verf, impregneermiddelen) kunnen de fermentatie storen	mobiele installatie is beschikbaar	reactoromstandigheden zijn kritisch
<u>enzymatische hydrolyse</u> enzymatische hydrolyse door ethanol-fermentatie	Natick, Berkeley Gulf HT/TNO, Batelle	huishoudelijk afval papier populierenhout	pilot plant, ontwerp industriële schaal	180 - 300	140	glucose-oplossing geschikt voor fermentatie	alleen na vervezeling	alleen na vervezeling verontreinigingen werken remmend	proces het meest geschikt voor pulp	
<u>anaerobe Fermentatie</u> methaangisting	DRANCO Biocell Valorga DSM/Gist Ciliaten	landbouwafval papier GFT fractie	lab. schaal demo industriële schaal	30 - 85	10-7	methaan en compost	na vervezeling	alleen na vervezeling verontreinigingen werken remmend	ciliaten-systeem kan mogelijk aantrekkelijk worden	de processen zijn niet specifiek ontwikkeld voor hout
<u>biologische delignificatie</u> <u>organosolv</u> bewerking van chips met methanol bij 160 - 200 °C	M.D. Organocell BRD tezamen met vijf onderzoeksinstituten	houtchips en éénjarige planten	lab. schaal demo schaal en semi-industriële schaal	200	200	cellulose hemi-cellulose lignine (hoge kwaliteit)	goed toepasbaar wisselende samenstelling kan de kwaliteit van de produkten verlagen	goed toepasbaar verontreinigingen kunnen storen	schaalgrootte minimaal 60.000 ton/j. voor rendabele procesvorming	milieuvriendelijk proces in vergelijking met de traditionele papierfabricage



Figuur 1: chemische veranderingen bij vergassing

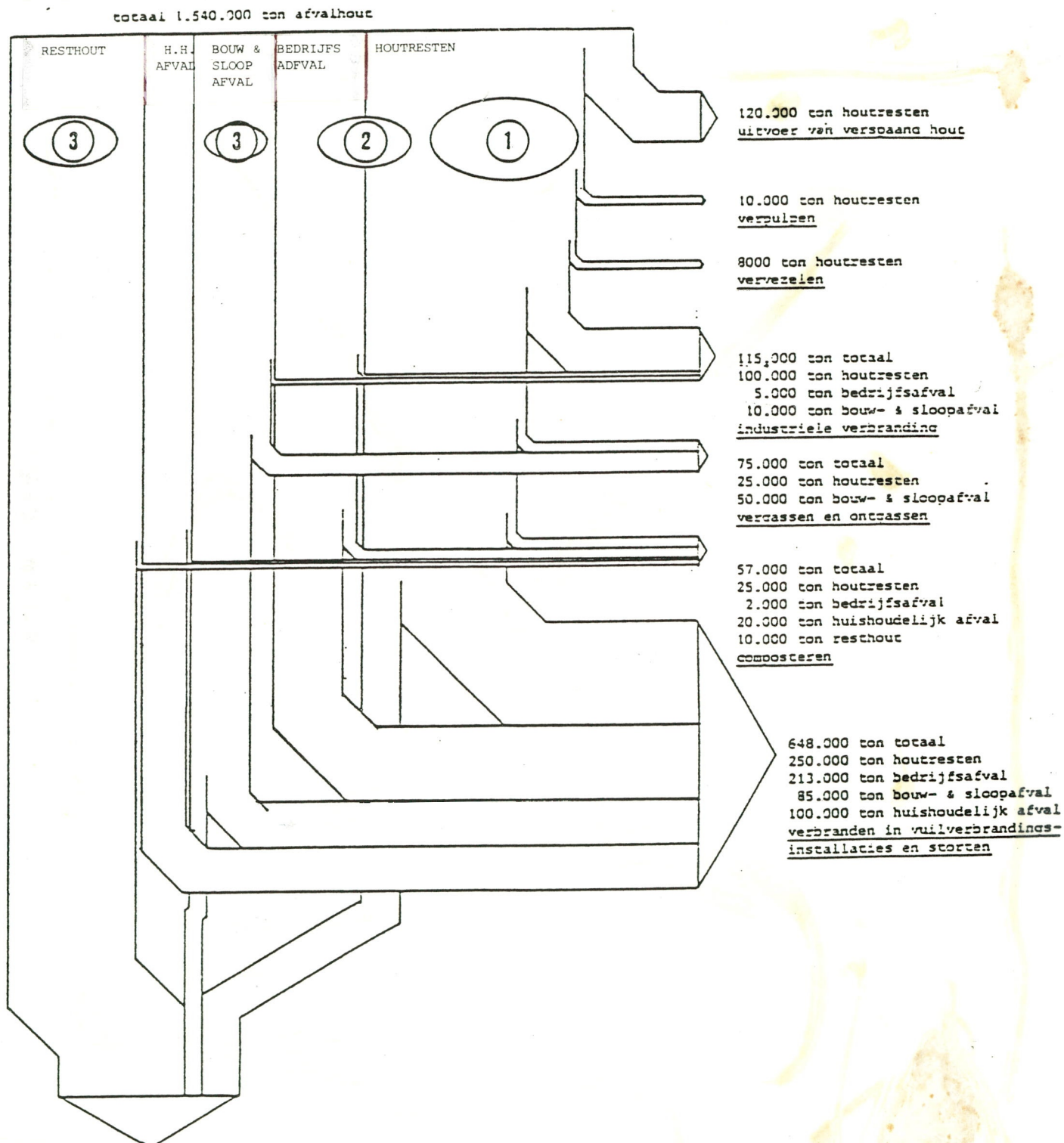
Onder toevoeging van een reactief gas wordt de elementaire samenstelling verschoven naar het gebied met gasvormige producten. Dit gebied ligt globaal tussen etheen (C_2H_4), waterstof (H_2), water (H_2O), kooldioxyde (CO_2) en koolmonoxyde (CO).

Het vergassingsproces is dus eigenlijk een vervolg op het pyrolyseproces. Het gevormde gas is verontreinigd met geringe hoeveelheden waterdamp en teerachtige bestanddelen.

88-027/C2/R.24/CAP

bijlage 6-6

Overzicht van relatie tussen 3 studies met betrekking tot vrijkomende houtafvalsoorten (Bronschema = VAM)



507.000 ton totaal
112.000 ton houtresten
55.000 ton bouw- & sloopaafval
340.000 ton resthout
resterende verwerkingsmethoden
- hergebruik aan de bron
- verbanden door particulieren
- verbranden in vuilverbrandingsinstallaties
- verbranden in open lucht
- storten
- composteren door gemeenten en particulieren

- ① RCN studie Houtresten
(gebruik binnen de poort)
- ② IVAM studie Afvalhout
Kleine Bedrijven
- ③ TNO studie B&P Houtafval en
resthout aanplant bossen

