

**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
tel: 015 2 150 150  
fax: 015 2 150 151  
e-mail: ce@ce.nl  
website: www.ce.n

## **De netto CO<sub>2</sub>-emissie van hergebruik en energieproductie uit afval vergeleken**

Case studie voor afvalhout, mest,  
kunststof en papier

### **Rapport**

Delft, juli 2001

Opgesteld door: Geert Bergsma  
Harry Croezen  
Olivier Bello



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Bergsma, Geert, Harry Croezen, Olivier Bello  
De netto CO<sub>2</sub>-emissie van hergebruik en energieproductie uit afval  
vergeleken  
Delft, CE, 2001

Afval / Energietechniek / Hergebruik / Brandstoffen / Kooldioxide / Emissie-  
vermindering / Biomassa / Hout / Koppen en meststoffen / Papier / Kunst-  
stoffen / Rendement

Publicatienummer: 01.5816.13

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE  
Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
Tel: 015-2150150  
Fax: 015-2150151  
E-mail: [publicatie@ce.nl](mailto:publicatie@ce.nl)

Opdrachtgever: Stichting Natuur en Milieu  
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert  
Bergsma

© copyright, CE, Delft

## **CE**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE is een onafhankelijke onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkteerijnen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Probleemschets	5
1.2 Probleemstelling	6
2 Methodiek CO <sub>2</sub> -netto effect van (bio)-afval	7
2.1 Netto CO <sub>2</sub> -winst inzet van (bio)afval voor energie	7
2.2 Systeemgrenzen	8
2.3 Bruto CO <sub>2</sub> -effect in energiesector	8
2.4 Discussie rondom het concept 'CO <sub>2</sub> -neutraal'	9
3 Afval stromen in discussie	11
3.1 Inventarisatie	11
3.2 Toelichting bij de gepresenteerde getallen	11
3.3 Bespreking belangrijkste afvalstromen	13
3.4 Selectie	15
4 Afvalhout	19
4.1 Hoeveelheden hout en toepassing nu	19
4.2 CO <sub>2</sub> -bruto effect in de e-sector	20
4.3 CO <sub>2</sub> -effecten buiten de e-sector	21
4.3.1 CO <sub>2</sub> -effect plaatmaterialen markt	22
4.4 CO <sub>2</sub> -netto effect afvalhout > energie in plaats van spaanplaat	23
4.5 Conclusie CO <sub>2</sub> -netto effect houtafvalstromen naar energie	24
5 Kippenmest	25
5.1 Huidige hoeveelheden en benutting van kippenmest nu	25
5.2 Milieuwinst in de e-sector	26
5.2.1 Kentallen voor kippenmest	26
5.2.2 CO <sub>2</sub> -bruto van de energiescenario's	26
5.3 CO <sub>2</sub> buiten de e-sector	27
5.4 CO <sub>2</sub> -netto effect	27
5.4.1 Interpretatie van de resultaten	28
5.4.2 Gevoeligheidsanalyse	29
5.4.3 Andere milieueffecten	30
5.5 Markteffecten	30
5.5.1 Toekomstverwachtingen	30
6 Gescheiden ingezameld oud papier	33
6.1 Huidige hoeveelheden	33
6.2 Milieuwinst in de e-sector	34
6.2.1 Kentallen voor bontpapier	34
6.2.2 CO <sub>2</sub> -bruto van de energiescenario's	34
6.3 Milieueffect buiten de e-sector	35
6.3.1 Inzet van nieuw hout	35
6.4 CO <sub>2</sub> -netto effect	35
6.4.1 Andere milieueffecten	36
6.4.2 Interpretatie van de resultaten	36
6.4.3 Gevoeligheidsanalyse	37
6.5 Markteffecten	38
6.5.1 Marktconsequenties van bontpapier in de e-sector	38

7	Kunststoffen uit huisvuil	39
7.1	Aanbod kunststofafval in Nederland	39
7.2	Verwerkingsmogelijkheden	40
7.3	Huidige verwerking, is er dan spanning?	42
7.4	Uitwerking, vergelijking van opties	43
7.4.1	Resultaten CO <sub>2</sub> -netto score kunststofafval	44
7.5	CO <sub>2</sub> -netto resultaat drie scenario's	44
8	Conclusies en ideeën voor beleid	47
8.1	Afvalhout	47
8.2	Kippenmest	48
8.3	Ingezameld papier	48
8.4	Kunststof	49
8.5	Problematische stromen voor energietoepassing	49
8.6	Hoofdconclusie	50
9	Literatuurlijst	53
A	Berekeningen Kippenmest	59
B	Berekeningen gescheiden ingezameld papier	69
C	Berekeningen voor huishoudelijk kunststofafval	77

# Samenvatting

Afval stromen die anders gestort zouden worden en nu ingezet worden voor energieproductie zorgen voor een duidelijke CO<sub>2</sub>-emissiereductie. Er wordt namelijk voorkomen dat er kolen en gas moeten worden ingezet. Het inzetten voor energie van stromen die nu niet gestort worden maar elders ingezet worden (bijvoorbeeld afvalhout voor de spaanplaatindustrie) levert een beperktere of soms zelfs negatieve milieuwinst op. De CO<sub>2</sub>-emissiereductie wordt (deels) tenietgedaan door extra CO<sub>2</sub>-emissie in de sector die deze afvalstroom nu moet vervangen door een andere grondstof.

## **CO<sub>2</sub>-netto benadering**

In dit rapport wordt aan een compleet beeld van alle CO<sub>2</sub>-emissie effecten gewerkt met het netto en het bruto CO<sub>2</sub>-effect. Het bruto CO<sub>2</sub>-effect is de vermindering die ontstaat door het vervangen van fossiele energie als kolen en gas. Het netto CO<sub>2</sub>-effect ontstaat door deze bruto waarde te verminderen met de CO<sub>2</sub>-gevolgen van een project elders in de economie. Dit netto CO<sub>2</sub>-effect kan gebruikt worden bij het beoordelen van projecten door milieubeweging en overheid.

Er is geïnventariseerd bij welke substantiële Nederlandse afval- en biomassastromen mogelijk spanning kan optreden met hergebruik (product en materiaal) dat mogelijk hoogwaardiger is. Op basis van deze informatie is een beargumenteerde keuze gemaakt voor de verder te onderzoeken stromen, te weten: houtafval, kippenmest, ingezameld papier en kunststofafval. GFT en sojaschroot zouden eventueel later nog verder onderzocht kunnen worden.

## **Afvalhout**

De netto CO<sub>2</sub>-emissie van de inzet van afvalhout wordt volkomen bepaald door de manier van verwerking van het afvalhout anders. Verschuiving van stort naar energietoepassing levert een substantiële CO<sub>2</sub>-emissiereductie op. Verschuiven van de spaanplaatindustrie naar energietoepassing levert een duidelijke toename van de netto CO<sub>2</sub>-emissie op.

Ombuigen van 100 kton afvalhout van stort naar energie levert een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van ook ongeveer 125 kton. De 600 kton afvalhout die nu naar de spaanplaatindustrie gaat, kan een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename veroorzaken van 200 kton CO<sub>2</sub> per jaar (bijstoken in kolencentrales) à 600 kton CO<sub>2</sub> per jaar (stand-alone installaties) als deze stroom verschoven wordt naar de energiesector. De financiële stimulansen met als belangrijkste de uitzondering van de REB maken geen onderscheid tussen de toepassing die het afvalhout anders zou krijgen.

### *Aanbevelingen:*

*Voor het voorkomen van het schuiven van hout van de spaanplaatindustrie naar de energiesector is een aantal mogelijkheden voor handen:*

- *Afschaffen REB ontheffing voor hout bruikbaar voor herverwerking.*
- *Opnemen van herverwerking als minimum standaard in het Landelijk Afvalbeheersplan (LAP) voor schoon afvalhout.*
- *Overwogen zou kunnen worden om parallel aan de REB een Regulerend Materiaal Belasting (RMB) te ontwikkelen. Op basis van het klimaateffect van materialen eventueel aangevuld met informatie over an-*

*dere milieu-effecten zou deze RMB geheven kunnen worden. Net als de uitzonderingen voor duurzame energie voor de REB zou recycling uitzonderingsposities moeten krijgen voor deze RMB.*

### **Kippenmest**

Bijstoken van kippenmest in een kolencentrale levert onafhankelijk van de alternatieve verwerking van kippenmest een duidelijke netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie. Een stand-alone installatie geeft geen netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie als de mest anders door middel van staldroging gedroogd was (de belangrijkste verwerkingstechniek nu). Als mest wordt afgenomen die anders gecomposteerd was, wordt het netto CO<sub>2</sub>-effect van een stand-alone installatie negatief.

De milieubeweging staat op het standpunt dat een deel van de fossiele energie benodigd voor het groeien van de kippen aan de mest moet worden toegerekend. Dit heeft effect op het bruto CO<sub>2</sub>-effect maar geen effect op het netto verschil met herverwerking. De conclusies zijn hiermee niet afhankelijk van deze discussie.

#### *Aanbeveling:*

*Inzet voor energie van via staldroging voorbereide mest levert in een stand-alone installatie als gepland op de Moerdijk en in Apeldoorn geen netto CO<sub>2</sub>-winst op. Het ligt daarmee voor de hand om dergelijke projecten geen duurzame energie status te geven en niet te financieren met geld bedoeld voor duurzame energie (REB-teruggaaf) of CO<sub>2</sub>-emissiereductie.*

*Inzet in kolencentrale levert wel CO<sub>2</sub> netto winst op maar deze is per kWh ongeveer de helft lager dan die van windmolenprojecten en PV-projecten. Hier zou een halve REB uitzondering zo als ook bij AVI's worden toegepast op zijn plaats zijn.*

### **Ingezameld papier**

Inzet van ingezameld papier voor energie zorgt voor een toename van de netto CO<sub>2</sub>-emissie omdat papierfabrieken daardoor noodgedwongen meer houtpulp gaan gebruiken. Als al het in Nederland ingezameld papier (1.150 kton per jaar) naar energie zou gaan, geeft dit een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename van 700 kton a 1,4 Mton. Voor afval van de papierindustrie als papierslib dat niet meer bruikbaar is voor herverwerking is energietoepassing wel een te overwegen optie.

*Aanbeveling: Aangezien het CO<sub>2</sub> netto effect van oud papier inzet recycling van papier groter is dan van inzet voor energie wordt geadviseerd de inzet van ingezameld oud papier voor energie niet te stimuleren en dus de REB teruggaaf voor deze stroom niet te laten gelden. Ook zou de minimum standaard voor ingezameld oud papier in het LAP herverwerking moeten kunnen zijn. Verder verhogen van het inzamelpercentage en het voorkomen van stort van papier zijn wel activiteiten die een emissiereductie van CO<sub>2</sub> bewerkstelligen. De energiesector kan wel een CO<sub>2</sub>-reductie bewerkstelligen door papier te laten afscheiden uit huishoudelijk afval en dit in te zetten voor energie (zoals bijvoorbeeld papier en kunststof in het subcoal project). Dan treedt er een verschuiving van AVI naar e-sector op wat resulteert in een netto CO<sub>2</sub> winst.*

### **Kunststof**

Voor kunststof is gekeken naar kunststof dat nu vrijkomt als ongescheiden afval van huishoudens. Voor kunststof afval van niet huishoudens is uit an-



dere studies duidelijk dat afscheiding en mechanische recycling de voorkeur verdient. Hier zijn industrie en milieubeweging het redelijk over eens.

Voor kunststof van huishoudens is een vergelijking gemaakt tussen maximaal inzamelen en herverwerken zoals in Duitsland beoogd wordt of het maximaal inzetten als secundaire brandstof waar het Nederlands zich op te lijkt gaan richten.

Het CO<sub>2</sub> netto resultaat van maximaal recyclen of van maximaal inzetten als brandstof is vrijwel gelijk. De kosten per ton CO<sub>2</sub> van maximaal recycling zijn echter tien maal hoger dan van toepassing als brandstof. De combinatie van beide technieken scoort het beste qua CO<sub>2</sub> netto resultaat tegen een kostprijs van 225 gulden per ton CO<sub>2</sub>. Dit is lager dan de indirecte subsidie van 300 f/ton CO<sub>2</sub> die de overheid nu uitgeeft aan groene stroom voor huishoudens.

#### *Aanbeveling*

*Een combinatie van inzameling van alleen de interessante kunststoffen voor herverwerking bij huishoudens en het mechanisch nascheiden van de restafval waaruit kunststof in kolencentrales wordt bijgestookt levert het beste CO<sub>2</sub> netto resultaat tegen redelijke kosten (parallel aan consumentbond oordeel: beste uit de test). Relatief goedkoop en met een redelijke CO<sub>2</sub> netto resultaat is alleen het nascheiden van afval en het inzetten daarvan als brandstof. Omdat kunststof inzet voor energie niet gesubsidieerd wordt is er geen sprake van scheve markt voor herverwerking en energie zoals bij papier en kippenmest.*

#### **Hoofdconclusie**

De vraag of er afvalstromen zijn die misschien voor energie gaan worden ingezet waarvan het CO<sub>2</sub> netto effect negatief moet helaas bevestigend worden beantwoord: Uit dit onderzoek komen de volgende cases naar voren:

- 1 De 600 kton afvalhout die nu naar de spaanplaatindustrie gaat, kan een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename veroorzaken van 200 kton CO<sub>2</sub> per jaar (bijstoken in kolencentrales) à 600 kton CO<sub>2</sub> per jaar (stand-alone installaties) als deze stroom verschoven wordt naar de energiesector.
- 2 Als de 3.500 kton kippenmest die nu met staldroging wordt voorbereid, verstuikt wordt in stand-alone installaties zonder warmte afzet, levert dit een CO<sub>2</sub>-emissietoename van 100 kton ten opzichte van afzet in de landbouw.
- 3 Als al het in Nederland ingezameld papier (1.150 kton per jaar) naar energie zou gaan geeft dit een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename van 700 kton a 1,4 Mton.

Totaal zouden deze verschuivingen dus maximaal een toename van de netto CO<sub>2</sub>-emissie van 2 Mton CO<sub>2</sub> per jaar kunnen veroorzaken. Als al deze stromen bovendien gesubsidieerd gaan worden als groene stroom met ongeveer 16 cent per kWh subsidie en belastingkorting dan zou dit de Nederlandse overheid nodeloos een half miljard gulden per jaar kunnen kosten.

*Geadviseerd wordt om de REB ontheffing en andere duurzame energie stimuleringsmaatregelen niet te laten gelden voor:*

- afvalhout geschikt voor herverwerking;
- kippenmest;
- ingezameld papier.

*Hiermee kan bovenstaande zeer kostbare extra CO<sub>2</sub>-emissie worden voorkomen. Aanvullend beleid als het opnemen van herverwerking als minimum standaard in het LAP zou dit verder kunnen garanderen.*





# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemschets

In 2020 wil de Nederlandse overheid 120 PJ duurzame energie per jaar gerealiseerd hebben op basis van afval en biomassa naast een vergelijkbare hoeveelheid uit andere bronnen. Op korte termijn schat NOVEM in dat 3,6 miljoen ton in Nederland contracteerbaar is aan hout, slib, reststromen uit de voeding- en genotmiddelenindustrie, mest(overschot) en gras en stro (40PJ). In 2020 zou er 4 miljoen ton droge biomassastof beschikbaar zijn. Buiten Nederland zijn de ogen gericht op stro, afvalhout (woodchips) en snoeihout. Het belangrijkste argument voor dit duurzame energiebeleid is de beperking van het broeikas-effect die het verminderen van het gebruik van fossiele energie kan opleveren.

### *Energietoepassing of recycling*

Rondom de vraag in hoeverre verbranden met energietoepassing van (bio)afval echt duurzaam is woedt er een discussie waarin vooral de milieubeweging bezwaren heeft. Zo worden er bij vrijwel alle conversieprocessen naar energie  $\text{NO}_x$  en zware metalen naar de lucht geëmitteerd. Energie uit (bio)afval is daarmee dus minder duurzaam dan windenergie en zonnenergie maar is in ieder geval  $\text{CO}_2$ -neutraal beargumenteren de voorstanders. Over deze  $\text{CO}_2$ -neutraliteit is echter ook discussie mogelijk. De vraag is daarbij of recycling van (bio)afval tot een product geen beter  $\text{CO}_2$ -plaatje geeft dan het omzetten naar energie van het materiaal.

### *Netto $\text{CO}_2$ -winst inzet van (bio)afval voor energie*

Uit diverse analyses blijkt dat voor stromen die anders gestort worden (bijvoorbeeld rioolzuiveringsslib) er een  $\text{CO}_2$ -emissiereductie geboekt kan worden als deze ingezet worden voor energie. Er wordt namelijk voorkomen dat er kolen en gas moeten worden ingezet. Het inzetten voor energie van stromen die nu niet gestort worden maar elders ingezet worden (bijvoorbeeld afvalhout voor de spaanplaatindustrie) levert een beperktere of soms zelfs negatieve milieuwinst op. De  $\text{CO}_2$ -emissiereductie wordt (deels) te niet gedaan door extra  $\text{CO}_2$ -emissie in de sector die deze afvalstroom nu moet vervangen door een andere grondstof.

Daarom wordt in dit rapport gewerkt met een bruto en een netto benadering om de verwarring te verminderen. Het bruto  $\text{CO}_2$ -effect geeft de eerste orde effecten van iets weer maar netto geeft pas een compleet beeld. Het bruto  $\text{CO}_2$ -effect is de vermindering die ontstaat door het vervangen van fossiele energie als kolen en gas. Het netto  $\text{CO}_2$ -effect ontstaat door deze bruto waarde te verminderen met de  $\text{CO}_2$ -gevolgen van een project elders in de economie. De inzet van afvalhout voor energie leidt bijvoorbeeld tot extra energiegebruik in de plaatmaterialensector omdat een deel van de vraag naar plaatmaterialen dan ingevuld zal worden met gipsplaat dat meer energie vergt voor de productie. Dit netto  $\text{CO}_2$ -effect kan gebruikt worden bij het beoordelen van projecten door milieubeweging en overheid.

### *Niet $\text{CO}_2$ -milieueffecten*

De inzet van verschillende afval en biomassastromen in voor energie heeft soms ook negatieve consequenties op andere milieuthema's. Voor mest is bijvoorbeeld een discussie tussen Stichting Natuur en Milieu (SNM) en overheid en marktpartijen gaande waarbij SNM negatieve effecten op het ver-

duurzamen van de sector naar voren brengt naast negatieve effecten op de hoeveelheid reststoffen en NO<sub>x</sub>-emissies. Tweede voorbeeld betreft het bijstoken van rioolwaterzuiveringsslib in kolencentrales dat een significante toename van kwikemissies naar de lucht kan veroorzaken. Dit wordt zeer waarschijnlijk wettelijk beperkt in de toekomst maar dit is nog niet definitief besloten.

Er treedt kortom spanning op tussen de wens om via het energiebeleid reductie van broeikasgasemissies te bewerkstelligen en de wens om materiaalkringlopen zo veel mogelijk (als milieutechnisch wenselijk) te sluiten.

## 1.2 **Probleemstelling**

Op dit moment is onduidelijk in hoeverre het duurzame energiebeleid (voor een deel) contraproductief is omdat het hoogwaardiger hergebruik van materialen en producten en/of een omschakeling naar duurzame productie frustreert. Enkele voorbeelden lijken in deze richting te wijzen. Deze voorbeelden geven echter geen volledig beeld en geven ook geen inzage in welke volumes het betreft.

Om meer helderheid in deze discussie te geven is het noodzakelijk voor de belangrijke biomassa en afvalstromen die men wil inzetten voor energie te bepalen wat de netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie van deze stromen werkelijk is. De nettowinst wordt bepaald door de winst in de energiesector te verminderen met het eventuele verlies in de alternatieve sectoren.

In dit rapport wordt voor een aantal reststromen deze exercitie uitgevoerd te weten voor houtafval, kippenmest, ingezameld papier en kunststofafval.



## 2 Methodiek CO<sub>2</sub>-netto effect van (bio)-afval

### 2.1 Netto CO<sub>2</sub>-winst inzet van (bio)afval voor energie

Het onderzoek is uitgevoerd in een aantal fases:

- 1 Inventarisering afval en biomassastromen met afweging voor hergebruik of energie en hun mogelijke volumes plus selectie 4 stromen voor verder onderzoek.
- 2 Marktonderzoek en milieuvergelijking geselecteerde stromen.
- 3 Noodzaak en mogelijkheden voor aanvullend beleid.

#### 1 Inventarisatie stromen en volumes

Er is geïnterviewd bij welke afval- en biomassastromen mogelijk spanning kan optreden met hergebruik (product en materiaal) dat mogelijk hoogwaardiger is. Bij deze inventarisatie is gebruik gemaakt van informatie van SNM, WNF, VMD, het AOO, VROM directie SAS, Novem en organisaties die zich bezig houden met hergebruik en recente literatuur over biomassa en afvalstoffen.

Daarnaast is geïnterviewd om welke volumes het voor de verschillende stromen gaat die eventueel hoogcalorisch verwerkt zouden kunnen gaan worden.

Op basis van informatie uit fase 1 is een beargumenteerde keuze gemaakt voor de verder te onderzoeken stromen.

#### 2 Marktonderzoek en milieuvergelijking geselecteerde stromen

##### *Markten*

Per stroom is een overzicht gemaakt van de huidige en mogelijke alternatieve manieren van inzet. De verschillende manieren van inzet zijn ingedeeld naar waarschijnlijkheid. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende aspecten:

- de mening en verwachtingen van actoren in de markt;
- huidige verdeling van de stroom over de mogelijke routes;
- de prijzen die gelden voor de stroom in relatie tot de routes;
- groei of krimp hoeveelheden en percentages van een bepaalde verwerking van een stroom;
- marktvraag van producten (bijvoorbeeld de vraag naar spaanplaat);
- prijzen en functionaliteit van alternatieve producten (zoals gipsplaat in plaats van spaanplaat als plaatmateriaal);
- bestaande en nieuwe overheidsstimulansen voor een route;
- ontwikkelingen in het buitenland (bijvoorbeeld de continuïteit van vraag naar afvalhout voor energie in Zweden).

Uit deze informatie is een conclusie getrokken over de mate van waarschijnlijkheid van verschuivingen tussen stort, toepassing voor energie en materiaalhergebruik van de te onderzoeken stromen. Beantwoord is welke toepassingen zullen verdwijnen als er van de betreffende stroom 1 ton extra wordt ingezet.

##### *Milieueffecten*

Van de bestudeerde stromen is vervolgens een netto CO<sub>2</sub>-emissie-effect berekend voor verschuivingen van stromen in de markt. Daarbij is de bruto-

winst in de energiesector verminderd met de CO<sub>2</sub>-effecten door de verschuivingen in de economie (bijvoorbeeld meer inzet van houtafval voor energie dat vroeger spaanplaat werd geeft extra productie van gipsplaat).

### 3 Noodzaak en mogelijkheden voor aanvullend beleid

Op basis van bovenstaande bevindingen zijn er een aantal mogelijkheden voor beleidsaanpassingen bedacht waarmee ongewenste CO<sub>2</sub> netto effecten voorkomen zouden kunnen worden.

## 2.2 Systeemgrenzen

Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van een beperkte LCA. De volgende beperkingen zijn aangehouden:

- Er is kwantitatief onderzoek gedaan naar het broeikaseffect van de beschouwde afvalstromen technieken en producten. Voor andere milieueffecten zijn alleen kwalitatieve aspecten opgenomen.
- Voor hulpstoffen en transport is alleen een calculatie toegepast als naar schatting de effecten in de orde van de 10% van het hoofdproces zouden kunnen zijn.
- Voor de energiesector is gerekend met het verdringen van kolen die anders met een rendement van 41% zouden zijn omgezet naar energie of met gas dat omgezet zou zijn met een rendement van 54%. Er is geen rekening gehouden met verschillen in distributie of mijnbouw van kolen en of gas.
- Voor de herverwerkingsopties is bestaande technologie doorgerekend.
- Er is vanuit gegaan dat bij verschuivingen tussen van hergebruik naar energie de vraag naar eindproducten als mest, plaatmateriaal, kunststof etc constant blijven.
- Verschuivingen in CO<sub>2</sub>-emissies tussen verschillende landen zijn als niet relevant beschouwd.
- Per afvalstroom zijn de systeemgrenzen verder beschreven.

## 2.3 Bruto CO<sub>2</sub>-effect in energiesector

Voor het berekenen van het bruto CO<sub>2</sub>-effect van de inzet voor afval en biomassa voor energie bestaan diverse rekenmethodieken. Globaal gaat het over (van gunstig naar ongunstig voor energie) verdringen van elektriciteit uit kolencentrales, verdringen van energie uit het gemiddelde park tot het vervangen van nieuw vermogen op basis van een STEG op aardgas.

Er is zoveel mogelijk aangesloten bij de EPL (Energie prestatie op Locatie) methodiek (vastgesteld in overleg met de Ministeries VROM en EZ) en de methode welke de overheid gebruikt om CO<sub>2</sub>-emissie te berekenen voor het CO<sub>2</sub>-reductieplan (Onderschreven door de Ministeries VROM, EZ, V+W en Landbouw). In deze methodieken wordt met een gelijke en relatief lage CO<sub>2</sub>-emissiereductie per duurzaam opgewekte kWh gerekend om ervan uitgegaan wordt dat er anders een grote STEG op aardgas met een relatief hoog rendement (54%) geplaatst zou zijn. Uitzondering op deze regel in het Nederlandse duurzame energiebeleid is de CO<sub>2</sub>-winst voor bijstoken in kolencentrales. Hiervoor wordt veelal een veel hoger CO<sub>2</sub>-winst gepresenteerd omdat er uitgegaan wordt van het verdringen van kolen die met een lager rendement (41%) worden omgezet in energie. Per stroom is duidelijk aangegeven welke methodiek is gehanteerd en indien nodig zijn twee varianten gehanteerd.

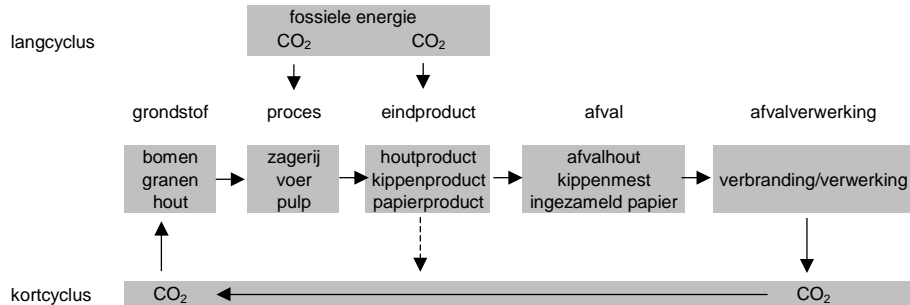


## 2.4 Discussie rondom het concept 'CO<sub>2</sub>-neutraal'

De term 'CO<sub>2</sub>-neutraal' betekent in deze studie: CO<sub>2</sub>-emissies (of CO<sub>2</sub>-equivalenten) die niet bijdragen aan de versterking van het broeikaseffect. Dit geldt met name voor CO<sub>2</sub>-emissies die worden veroorzaakt door de oxidatie van organische materialen. Het achterliggende idee is dat koolstof in organisch materiaal uit atmosferische vastgelegde CO<sub>2</sub>-oorsprong is. Wanneer organisch materiaal geoxideerd wordt komt CO<sub>2</sub> vrij die dus niet in fossiel materiaal vastgelegd werd. Dit is zogenoemde "kortcyclus CO<sub>2</sub>". De oxidatie van het organische materiaal kan verschillende vormen nemen. Met name voor kippenmest, wordt kortcyclus CO<sub>2</sub> uitgestoten door de mest als nutriënt te gebruiken, na afbraak van de mest in de bodem. Zelfs indien een deel methaan uitgestoten is, wordt het in de atmosfeer verder tot CO<sub>2</sub> afgebroken, zodat de totale CO<sub>2</sub>-emissies van kippenmest als nutriënt dezelfde is als bij de verbranding van kippenmest.

De 'CO<sub>2</sub>-neutraliteit' van een materiaal neemt echter niet weg dat andere langcyclus CO<sub>2</sub>-emissies toegerekend kunnen worden aan dit materiaal, bijvoorbeeld vanwege de inzet van fossiele energie voor zijn productie. Voor organisch afval is dat vaak het geval. Met name voor kippenmest speelt dat een rol in de vergelijking tussen kippenmest- en kolen/aardgas-verbranding. Dit aspect wordt in deze studie echter niet meegenomen, omdat de toerekening van langcyclus CO<sub>2</sub>-emissies voor afval de eindresultaten voor de *netto* CO<sub>2</sub>-emissies niet beïnvloedt. In Figuur 1 worden de verschillende CO<sub>2</sub>-stromen schematisch weergegeven.

Figuur 1 Stromen van kort- en langcyclus CO<sub>2</sub> voor organische producten





## 3 Afval stromen in discussie

Door CE is een inventarisatie gemaakt van voor de studie interessante afvalstromen en reststromen organisch materiaal. Hieruit is vervolgens een aantal stromen geselecteerd voor nadere beschouwing in de volgende drie fasen. In dit hoofdstuk worden deze stromen en de selectie besproken.

### 3.1 Inventarisatie

Op basis van literatuur en een telefonische enquête van diverse ingewijden in het veld van biomassa als energiedrager is een inventaris gemaakt van organische reststromen en afvalstromen, die potentieel toepasbaar zijn als energiedrager (zie Tabel 1).

De inventarisatie geeft de onderstaande lijst van deelfracties uit huisvuil, kippenmest, papierslib, RWZI-slib en hout, stro en bermgras en geeft een overzicht van reststromen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie (VGI), die in principe kunnen worden ingezet als brandstof of voor ethanolproductie (de natte stromen uit de VGI). Verder zijn enkele minder omvangrijke afvalstromen gegeven, zoals tapijtafval en autobanden.

### 3.2 Toelichting bij de gepresenteerde getallen

De in de lijst opgenomen reststromen kunnen worden toegepast als brandstof in kolencentrales of in al dan niet bij een kolencentrale voorgeschakelde vergassings- of verbrandingsinstallaties. Voor alle duidelijkheid, hieronder vallen technieken als:

- kolencentrale;
- wervelbed verbrandingsinstallaties met nageschakelde stoomcyclus of met kolencentrale geïntegreerde stoomcyclus;
- wervelbedvergassingsinstallaties met nageschakelde gasmotoren/turbines of met inzet synthesesegas in bijvoorbeeld een kolencentrale;
- pyrolyse installaties met nageschakelde turbines of motoren of met inzet pyrolyseproducten in bijvoorbeeld een kolencentrale.

Sommige stromen zijn in principe ook geschikt voor de productie van ethanol middels fermentatie.

Alle hoeveelheden hebben betrekking op in Nederland vrijkomende reststromen. De gegeven hoeveelheden zijn voornamelijk afkomstig uit de 'marsroute' studie [Novem 2000] en betreffen de aan de bron vrijkomende natte hoeveelheden. Zaken als contracteerbaarheid en gescheiden inzameling zijn over het algemeen buiten beschouwing gelaten. Verder is de lijst niet uitputtend.

In de lijst is ook de stookwaarde van de natte stof en de energie-inhoud van de in Nederland vrijkomende reststroom gegeven, zodat een indruk ontstaat van de rol die een reststroom kan spelen bij realisatie van de doelstellingen op het gebied van duurzame energie (Globaal 120 PJ afval en biomassa in 2020). Ook is aangegeven voor welke nuttige toepassing(en) de reststroom momenteel wordt gebruikt.

Tabel 1 Belangrijkste reststromen en afvalstromen, inzetbaar als energiedrager (NL)

	rijkommende oeverheid (kton/jaar)	Stookwaarde n.s. (GJ/ton)	potentieel (PJ/jaar)	Marktprijs (NLG/ (NLG/GJ) ton n.s.)		alternatieve verwerking
<b>roge stromen</b>						
) huisvuil, KWDI-sector, BSA						
resthout van de houtindustrie	70	15	1	25-100	2-8	
afvalhout/productieresten	1.130	15	17	-39	-3	
- A-hout	506	15	7,8	25	2	spaanplaatindustrie
- B-hout	340	15	5,2	0	0	spaanplaatindustrie vooral in Italië
- C-hout	284	15	4,4	-200	-13	geen
Tapijafval	94	18	1,6	-200	-11	recycling
Autobanden	70	35	2,5	-125	-4	Hergebruik/recycling
papier uit huisvuil						
- gescheiden ingezameld	1.150	11	12,7	-35	-3	recycling
- in restafval	1.204	11	13,3	-200	-18	Recycling beperkt ivm voedselveiligheid
kunststoffen uit huisvuil	521	30	15,5	-200	-7	mogelijk recycling
Rejects (PPF uit papierindustrie)	155	13*	2	?	?	verbranding
) VGI						
Schroot						
- sojaschroot	3.120	18	54,9	300	17	veevoer
- zonnebloemenschroot	284	18	5,0	300	17	veevoer
- raap/koolzaadschroot	132	18	2,3	270	15	veevoer
Bietmelasse	400	14	5,7	175	12	Veevoer, ethanolprod.
bietenpulp > 87% d.s.	170	18	3,0	310	18	veevoer
zemelen, slijpsel e.d.	309	19	5,8	?		veevoer
Cacaodoppen, cacao-afval	65	10	0,6	?		veevoer
Koffiedik	40	10	0,4	?		verbranding
diermeel, bloedmeel	?					geen
) landbouw, overige sectoren						
Bermgras	468	5	2,5	-65	-12	Compost/veevoer
stro van granen	708	13	9,4	220	17	stal/bodemverb/veevoer, etc.
Kippenmest	2.461	7	16,2	-25	-4	meststof
<b>atte stromen</b>						
GFT uit huisvuil:						compost
- gescheiden ingezameld	1.443	3	4,9	-70	-21	compost
- in restafval	1.179	3	4,0	-200	-59	geen
VGI						
- bierbostel	380	2	0,9	150	60	veevoer
- aardappelvezels en -snippers	300	1	0,4	50	42	Veevoer, lijn, kiemolie- prod.
- aardappelresten	360	1	0,2	50	85	Veevoer, vlokken, specia- liteiten
- uitgelezen product aardappel- verwerking	320	2	0,5	50	32	Veevoer, zeepindustrie
Papierslib	300	2,1	0,6	-200	-98	steenindustrie
RWZI-slib	1.400	2	2,1	-110	-73	geen
<b>Totaal</b>	<b>18.231</b>		<b>185 PJ/jr</b>			

\* wordt verder gedroogd tot < 10% ds met een stookwaarde van 22-24 GJ/ton.





**Afvalhout**

Bij huishoudens, KWDI-sector en vooral in de bouwsector komt per jaar in totaal circa 1.100 kton afvalhout vrij bij nieuwbouw, sloop en renovatie. Tot voor kort werd al het hout van voldoende kwaliteit hergebruikt voor de productie van spaanplaat. Met het ontwikkelen van het CO<sub>2</sub>-beleid is er echter ook vanuit de energiesector vraag ontstaan naar afvalhout en treedt er sinds kort concurrentie op tussen beide opties. Vooral EPZ vraagt met haar vergassingsproject een aanzienlijke hoeveelheid (200 kton) uit de markt. Ook andere initiatieven gebruiken (deels) afvalhout. Afvalhout is voor energie aantrekkelijk:

- het wordt in het CO<sub>2</sub>-beleid als een CO<sub>2</sub>-neutrale brandstof beschouwd, met als voordeel dat er geen REB verschuldigd is.
- het is goedkoop, omdat vooralsnog door de aanbieder wordt betaald voor de verwijdering;
- het heeft voor organisch materiaal aantrekkelijke eigenschappen, zoals:
  - a een relatief laag vochtgehalte;
  - b een relatief hoge asverwerkingstemperatuur;
  - c mogelijkheden tot langdurige opslag.

**Gescheiden ingezameld papierafval van huishoudens**

Papierafval van huishoudens wordt momenteel voornamelijk aan de bron gescheiden ingezameld ten behoeve van herverwerking. Middels een vast afnametarief voor het ingezamelde materiaal wordt de continuïteit van de inzameling gegarandeerd.

Apart ingezameld papier wordt deels in Nederland verwerkt, deels geëxporteerd voor herverwerking in het buitenland. Aan de andere kant wordt ook op grote schaal oud papier geïmporteerd ten behoeve van papierproductie in Nederland. Import en export hangen samen met de kwaliteit van het ingezamelde oud papier en met de structuur van de papierindustrie in Nederland en het buitenland. Technologische ontwikkelingen zullen het mogelijk maken om in de toekomst meer oud papier toe te passen in de papierproductie.

Er zijn voor zover bekend geen concrete initiatieven voor de inzet van gescheiden ingezameld oud papier als brandstof. Aan de andere kant wordt deze optie wel bij tijd en wijle genoemd, bijvoorbeeld in [ECN95]. Het VNP jaarverslag 1999 geeft een marktprijs van f 70,-/ton bont papier. In het jaarverslag wordt gewag gemaakt van een afnamegarantie van industrie aan inzamelaars, wat inhoudt dat de papier- en kartonindustrie 'het overschot afneemt' [VNP99]. Aan de andere kant zijn door overheid en bedrijfsleven convenanten gesloten, waarin juist gestreefd wordt naar een hoger recyclingspercentage. Het is al met al onduidelijk of er economische en beleidsmatige mogelijkheden zijn voor de inzet van gescheiden ingezameld oud papier als secundaire brandstof. Wel valt te verwachten dat inzet als secundaire brandstof omstreden zal zijn, aangezien hergebruik door overheid en milieubeweging hoger wordt gewaardeerd.

**Papierafval in huisvuil**

Het niet apart ingezamelde oud papier blijft achter in het integrale restafval en wordt verbrand in een AVI of wordt bij huisvuilscheidingsinstallaties deels afgescheiden en als onderdeel van een secundaire brandstof aangeboden aan bijvoorbeeld cementovens in België en Duitsland. Verwacht wordt dat in de toekomst meer en meer huisvuil mechanisch zal worden gescheiden en er minder integraal zal worden verbrand in een AVI.

Het is echter ook mogelijk het papier door nascheiding en pulpen te isoleren, zo blijkt uit diverse proeven bij Vagron en de GAVI. Mogelijke manieren van afscheiding zijn:

- op basis van herkenning van het materiaalspectrum (zie bijvoorbeeld proeven met afscheiding van drankkartons bij Vagron);
- door windzifting gevolgd door pulpen van de afgescheiden lichte fractie.

De kwaliteit van het materiaal laat hergebruik in principe toe, zij het niet voor toepassingen waarbij het in contact kan komen met voedsel. Hierdoor blijft de mogelijke toepassing beperkt tot een aantal nichemarkten, zoals industriële kokers waarop bijvoorbeeld papier kan worden gerold. Mechanische afscheiding lijkt daarom slecht zeer beperkt toepasbaar voor hergebruik.

### **Kunststofafval van huishoudens**

Kunststofafval is in deze lijst een uitzondering omdat zij niet valt onder duurzame energie definitie van de Nederlandse overheid. Er is dus ook geen vrijstelling van de regulerende energiebelasting voor kunststof. De oorsprong van dit materiaal (vooral aardolie en aardgas) worden niet beschouwd als kort cyclisch. De financiële voordelen van toepassing voor energie, zoals een ontheffing voor de REB, gelden voor deze stroom dus niet.

Het overheidsbeleid is voor kunststoffen in huisvuil sterk gericht op hergebruik. Het bedrijfsleven aan de andere kant heeft niet veel geloof in hergebruik. Men verwacht dat recycling duur is, mede door de noodzakelijke gescheiden inzameling. Ook wijst het bedrijfsleven er op dat het toepassen van veel verschillende soorten kunststoffen voor verpakkingen en gebruiksvoorwerpen hergebruik technisch gecompliceerd maakt. Wat betreft het bedrijfsleven moet voor kunststoffen in huisvuil (behalve misschien voor enkele producten) dan ook de voorkeur worden gegeven aan thermische verwerking. Vanwege de uiteenlopende prioritering is er een continue discussie tussen overheid en bedrijfsleven over hergebruik dan wel thermische verwerking.

Bij huishoudens vrijkomend kunststofafval komt momenteel, op statiegeldflessen na, in het integrale restafval terecht en wordt verbrand in een AVI of wordt bij scheidingsinstallaties deels afgescheiden en als onderdeel van een secundaire brandstof aangeboden aan bijvoorbeeld cementovens in België en Duitsland.

Ontwikkelingen op het gebied van scheidingstechniek maakt het tegenwoordig mogelijk om bepaalde kunststofsoorten mechanisch af te scheiden uit integraal afval. Het afgescheiden materiaal kan mogelijk worden hergebruikt.

### **Sojaschroot**

In Nederland vrijkomend sojaschroot wordt momenteel samen met speciaal daarvoor geïmporteerd schroot toegepast in de veevoerindustrie. Sojaschroot heeft voor deze toepassing ideale eigenschappen; een hoog gehalte aan makkelijk opneembare eiwitten. Het schroot komt het gehele jaar door als een continue stroom vrij bij enkele grote bedrijven uit de margarine-, olien- en vettenindustrie. De hoge prijs maakt toepassing als brandstof tot nu toe niet interessant. Het verbod op toepassing van slachtafval bij de productie van veevoer zal de prijs waarschijnlijk verder verhogen waardoor inzet voor energie de komende 10 jaar niet waarschijnlijk lijkt.

### **Kippenmest**

Kippenmest werd tot voor kort volledig toegepast als meststof. Het overschot aan meststoffen heeft hier echter deels een eind aan gemaakt. Om toch een uitweg voor de mest te vinden zijn er diverse initiatieven om de mest als



brandstof toe te passen. Aansluitend hierop onderzoekt Thermphos de mogelijkheden om asresten van thermische verwerking te gebruiken als grondstof voor fosforproductie. De milieubeweging (met name Stichting Natuur en Milieu) geeft echter de voorkeur aan inzet als nutriënt, desnoods in verder weg gelegen gebieden als Oost-Duitsland. De uiteenlopende meningen tussen milieubeweging enerzijds en energiesector en pluimveesector anderzijds leidt onder andere tot discussies over het al dan niet toekennen van subsidies aan initiatieven voor thermische verwerking van pluimveemest.

### **Stro**

Stro van landbouwgewassen wordt nuttig toegepast als structuurverbeteraar voor bodems en stalbodembedekkingsmateriaal. Het heeft daardoor een positieve marktwaarde van circa f 220,-/ton. De hoge prijs maakt toepassing als brandstof tot nu toe niet interessant. Er zijn echter lokale overschotten, die mogelijk als brandstof kunnen worden ingezet, zoals nu bijvoorbeeld ook gebeurt in Denemarken. Stro is minder geschikt als brandstof vanwege het hoge gehalte aan chloor, kalium en natrium en vanwege het lage smeltpunt van de as. Bovendien komt het diffuus en slechts in het oogstseizoen vrij.

### **Gescheiden ingezamelde GFT van huishoudens**

GFT van huishoudens wordt voornamelijk gescheiden ingezameld en vervolgens meestal verwerkt tot compost. Thermische verwerking van gescheiden ingezameld GFT wordt voor zover bekend niet overwogen. GFT uit binnensteden heeft echter nogal eens een te slechte kwaliteit om als zodanig te worden toegepast en moet daarom alsnog worden verbrand.

Een deel van het apart ingezamelde GFT wordt na compostering als overkorrel afgezeefd. In recente initiatieven van elektriciteitsproducenten wordt dit materiaal verwerkt in een energiekorrel die vervolgens wordt bijgestookt in een kolencentrale. De doorval wordt over het algemeen als bodemverbeteraar en meststof afgezet in land- en tuinbouw.

## **3.4 Selectie**

Bij de selectie van de in de studie nader te beschouwen reststromen zijn de volgende criteria gehanteerd:

- er vindt momenteel hergebruik van de betreffende fractie in Nederland plaats of hergebruik wordt toegepast in het buitenland;
- inzet als brandstof vindt in de praktijk al plaats in Nederland of in het buitenland;
- de fractie kan een relevante bijdrage leveren aan de overheidsdoelstelling voor duurzame energie (120 PJ aan elektriciteit en warmte per jaar uit biomassa en afval).

Ook is bekeken of de stromen door één of meerdere geïnterviewden wordt genoemd en als een interessante stroom wordt beschouwd.

Met de eerste twee criteria wordt aangesloten bij de aanleiding van de studie, het spanningsveld tussen hergebruik en inzet als energiedrager. Afval, waarvoor toch geen andere toepassing is dan stort of verbranding is voor deze studie niet interessant. Het materiaal moet echter ook kunnen worden ingezet als brandstof, omdat anders geen concurrentie tussen hergebruik en inzet als energiedrager mogelijk is. Om deze reden vallen af:

- slibben (RWZI-slib, papierslib);
- koffiedik;
- bermgras;
- dierlijk afval uit de voedings- en genotsmiddelen industrie.

Het beschouwen van kleine afvalstromen, zoals tapijtafval, is weinig nuttig aangezien inzet van deze afvalstroom als energiedrager weinig kan bijdragen aan realisatie van de doelstelling. Andere verwaarloosde reststromen zijn:

- autobanden;
- zonnebloemschroot;
- raap/koolzaadschroot;
- bietmelasse;
- bietenpulp > 87% d.s.;
- zemelen, slijpsel e.d.;
- cacaooppotten;
- bierbostel;
- aardappelvezels en –snippers;
- aardappelresten;
- uitgelezen product aardappelverwerking.

Uiteindelijk blijven met de gehanteerde selectiecriteria 7 stromen over voor potentieel nader onderzoek:

- afvalhout;
- gescheiden ingezameld papier van huishoudens;
- GFT;
- kunststoffen uit huisvuil;
- kippenmest;
- sojaschroot;
- stro van granen.

In Tabel 2 is samengevat hoe de potentieel te onderzoeken stromen scoren op de criteria:

- veel? : Gaat het om een grote hoeveelheid?
- initiatieven?: Zijn er plannen om de stroom in te zetten voor energie?
- omstreden?: Is er discussie over hergebruik of energie?
- uitkomst bekend? Is CO<sub>2</sub> netto waarde algemeen bekend?

Van deze stromen is er alleen bij afvalhout en kippenmest in de praktijk al een duidelijke spanning tussen hergebruik en inzet als brandstof. Zowel Stichting Bos en Hout, de spaanplaatindustrie als de energiesector melden dat er op dit moment stevige concurrentie bestaat voor het contracteren van houtafval stromen. Voor kippenmest zijn er in Nederland twee initiatieven (Moerdijk en Apeldoorn) in ontwikkelfase waarbij er door andere partijen in de discussie wordt gesteld dat deze mest beter ingezet kan worden in de landbouw.

Bij kunststoffen uit huisvuil is er in ieder geval beleidsmatig spanning tussen hergebruik en inzet als secundaire brandstof. In de praktijk zal echter nog moeten worden bewezen dat mechanisch afgescheiden materiaal kan worden herverwerkt. In dat geval zal de milieuwinst echter veel groter zijn dan wanneer de kunststoffen als secundaire brandstof worden toegepast in een kolencentrale, cementoven of andere industriële vuurhaard.

Bij gescheiden ingezameld papier, sojaschroot, GFT en stro komt er misschien spanning tussen nuttige toepassing en inzet als secundaire brandstof wanneer kolencentrales hout moeten gaan importeren om aan het concept kolenconvenant te kunnen voldoen. Er zijn echter als gezegd tot nu toe geen concrete initiatieven bekend voor de thermische verwerking van deze stromen.



Tabel 2 Beoordeling eventueel te onderzoeken stromen

	veel?	Initiatieven bekend nu?	omstreden?	uitkomst bekend?
afvalhout	ja	ja	ja	nee
gescheiden ingezameld papier	ja	staat officieel op lijst van biomassa-stromen van VROM waarvoor emissie-eisen voor verbranding gelden	ja	nee
kunststoffen uit huisvuil	ja	ja	ja	onzeker
GFT uit huisvuil	ja	niet bekend	ja	nee
kippenmest	ja	ja	ja	nee
sojaschroot	ja	niet bekend	ja	nee
stro van granen	ja	niet bekend	ja	nee

Vooraf op het criterium initiatieven. Is er onderscheid tussen de verschillende stromen. In Tabel 3 zijn de vier stromen die hier positief op scoren opgenomen. Dit zijn tevens de stromen die verder behandeld worden in dit rapport.

Tabel 3 Mogelijke verwerkingroutes per reststroom

	Conversie tot energiedrager	hergebruik, nuttige toepassing
Afvalhout	- bijstoken kolencentrale; - verbranden of vergassen in stand-alone installatie.	verwerken tot spaanplaat
Kunststoffen uit huisvuil	- bijstoken in kolencentrale of cementoven; - verbranden in een AVI.	herverwerken
Kippenmest	- bijstoken in kolencentrale; - vergassen in stand-alone installatie.	toepassen als meststof
Gescheiden ingezameld papier	- bijstoken kolencentrale.	verwerken tot papier

#### Geïnterviewden voor de lijst van stromen

- Gerard Smakman (Novem);
- Loek Bergman (Min. VROM);
- Philippe Spapens (SNM);
- Lucas Reijnders (SNM);
- Herman Huisman (AOO);
- De heer Daey Ouwens (ECN/TUE);
- De heer Niessen (Kon. Nedalco).



## 4 Afvalhout

Afvalhout wordt op dit moment zowel herverwerkt tot plaatmateriaal als ingezet voor energietoepassing. Energie uit afvalhout geldt als duurzame energie en levert de initiatief nemer een belastingvoordeel op. Herverwerking wordt niet op deze manier financieel ondersteund. De vergelijking tussen het CO<sub>2</sub>-effect van deze twee opties is daarmee zeer actueel.

CE heeft eerder in onderzoeken voor Novem [CE 97] en voor de Houtbank [CE 99c] herverwerking en energieproductie op basis van afvalhout vergeleken. Dit hoofdstuk bouwt hierop voort. Voor detailpunten wordt verwezen naar deze twee eerdere onderzoeken.

### 4.1 Hoeveelheden hout en toepassing nu

Afvalhout ontstaat bij de houtverwerkend industrie en na het afdanken van houten producten. De eerste categorie wordt over het algemeen resthout genoemd. Deze is relatief schoon. Jaarlijks komt hier een 500 à 700 kton van vrij [SBH 2001]. Afvalhout wordt in algemeen ingedeeld in drie categorieën

- A-hout is schoon bouw en sloophout en pallets;
- B-hout is plaatmateriaal en licht geveerd hout;
- C-hout is geïmpregneerd hout en hout dat vermengd is met anders afval.

Jaarlijks komt er iets meer dan een miljoen ton afvalhout vrij (zie Tabel 4). De helft daarvan wordt gekwalificeerd als A-hout dat heel goed voor herverwerking geschikt is. Ongeveer een kwart is B-hout dat met wat meer restricties geschikt is voor herverwerking. Niet alle spaanplaatfabrieken accepteren B-hout. De Houtbank die per trein afvalhout naar Italië vervoerd voor herverwerking accepteert echter wel B-hout. C-hout is niet geschikt voor herverwerking.

Tabel 4 Hoeveelheden afval- en resthout en huidige toepassing volgens Stichting Bos en Hout verzameld via enquête over 1999 [SBH 2001]

Hout soort	kton per jaar	Toepassing kton					Marktprijzen f/ton
		Spaanplaat/pallets	Agrarisch/houtproducten	Bijstoken/energie	AVI	Stort	
	Bronen: SBH 2001 (GHA: CE)						Opbrengst voor ontdoener / prijs voor vrager f/ton
Resthout	500	70	250	150			
A-hout	350	260		70	?	?	0 / 25 a100
B-hout	600	200		400	?	?	- 100 a -180 / 0
C-hout	40			35	?	6	- 290 /-200
Niet uitgestorteerd hout in (grof) HHA	294				210	84	
Totaal	1744	530	250	655	210	90	

Volgens SBH wordt er vrijwel geen hout meer gestort. Ook het C-hout wordt (voornamelijk in Oost Duitsland) ingezet voor energieproductie. SBH heeft van de afvalverwerkers geen informatie kunnen verkrijgen over de hoeveelheid hout die daar verwerkt wordt in AVI's of dat naar stortplaatsen gaat. Wel is de inschatting dat vooral hout in huishoudelijk afval en grof huishoudelijk afval nog weinig wordt afgescheiden. Deze hoeveelheden zijn daarom veronderstelt naar AVI en stort te gaan

Het AOO meldt over 1999 de volgende hoeveelheden:

HHA bevat 85 kton hout per jaar.

GHA = 209 kton/jaar aan hout

Ook KWD-afval bevat aanzienlijke hoeveelheden pallets en afval van bouwbedrijven (108 kton). Hiervan is echter verondersteld dat deze opgenomen zijn in de cijfers van SBH

Met behulp van de gemiddelde verwerking over 1999 is berekende wat de uiteindelijke hoeveelheden stort en AVI toepassing zijn.

HHA = 3.000 kton verbrand (85%) en 500 kton gestort (15%).

GHA = 470 kton verbrand (66%) en 240 kton gestort (34%).

Totaal wordt er zo naar schatting 210 kton hout in een AVI verwerkt en 84 kton gestort.

De cijfers van SBH gaan over 1999. Eerdere studies [3] gingen uit van cijfers van 1996. Er werd in Nederland in 1996 circa 600 kton schoon resthout per jaar geproduceerd. Daarvan wordt 330 kton ingezet voor spaanplaat en circa 150 kton voor energie. [3] Totaal kwam er in 1996 ca. 1.130 kton aan oud hout vrij. Daarvan ging toen naar schatting 275 kton naar AVI's en werd 450 kton gestort [3].

Duidelijk is dat er een verschuiving heeft plaatsgevonden van hout als grondstof gebruiken naar hout als energiebron gebruiken. Volgens SBH zijn de volumina die naar deze twee vragers gaan nu gelijk. Een aantal jaren geleden werd er nog vrijwel geen hout ingezet voor energie.

#### *Export*

Ruim 50% van de houtafvalstroom gaat op dit moment naar het buitenland waar deze stroom voornamelijk wordt ingezet voor energie [SBH 2001]. SBH verwacht een stijgende binnenlandse vraag van de energiesector en een constante vraag vanuit de vezelplaatindustrie waardoor er krapte op de markt zal ontstaan.

## **4.2 CO<sub>2</sub>-bruto effect in de e-sector**

In onderstaande tabel is op basis van [CE,97] en [CE,99c] en [TNO 95] aangegeven wat de verschillende CO<sub>2</sub>-voordelen van afvalhout inzetten in de energiesector zijn. Hierbij is stort als referentie genomen welke uitgebreid gemiddeld is in [TNO 95]. Bij de berekening voor stort is ervan uitgegaan dat de helft van het methaan dat ontstaat bij de verrotting van het hout op de stortplaats als stortgas wordt gebruikt en dat de andere helft geëmitteerd wordt naar de lucht.





Tabel 5 Vermindering broeikasewfect bij het verstopen van 1 kg afvalhout (stort als referentie op 0)

Verwerkingsroute afvalhout	Bron	Vermindering broeikasewfect per kg hout [kg CO <sub>2</sub> -eq]
WKK 25 MWe met maximaal warmtelevering (26% E, 60%W)	[CE 99c]	1.5
Bijstoken bij kolencentrale voor E+W opwekking (40% rendement)	[CE 97] en [TNO 95]	1.2
Houtcentrale 25 MWe (33% rend zonder warmte)	[CE 99c]	1.0
Verwerking in AVI met warmte (E:22%, W:20%)	[TNO 95]	1.0
Verwerking in gem. AVI (E:19,5%, W:14,6%)	[CE 96]	0.9
Verwerking pess. AVI (E:22,5%, W:0%)	[TNO 95]	0.8
Stort	[TNO 95]	0

Bronnen: [CE97] en berekeningen in dit rapport.

Conform [TNO 95] is er gerekend met een gemiddeld elektriciteitspark met een emissie van 0,45 kg CO<sub>2</sub> per kWh.

Duidelijk is dat de bruto CO<sub>2</sub>-emissiereductie substantieel is en stijgt naarmate het energierendement van de energieconversie hoger is.

### 4.3 CO<sub>2</sub>-effecten buiten de e-sector

In Tabel 4 is te zien welke stromen het eerst in aanmerking komen om door de energiesector gebruikt te gaan worden. Het gaat om de volgende stromen:

- 1 B-hout dat nu op de stort terecht komt.
- 2 B-hout dat nu in een AVI terecht komt).
- 3 B-hout dat nu in het buitenland gebruikt wordt voor energie (ca. 400 kton verkrijgbaar om niet).
- 4 B-hout dat nu ingezet wordt voor spaanplaat (ca. 200 kton met prijs = 0).
- 5 A-hout dat nu ingezet wordt voor spaanplaat (ca. 260 kton met prijs 25 à 100 f/ton).
- 6 Resthout dat nu ingezet wordt voor spaanplaat (ca. 70 kton à 100 f/ton).

Stroom 1 en 2 leveren afhankelijk van het energierendement een CO<sub>2</sub>- winst die is af te lezen uit Tabel 5 .

Stroom 2 levert alleen een verschuiving op van energieproductie in het buitenland naar die in Nederland. De netto CO<sub>2</sub>-reductie daarvan in vrijwel nul. De spaanplaatstromen 4,5 en 6 leveren een verschuiving in de plaatmaterialen markt die hier verder besproken wordt.

#### *Verschillen in kwaliteitseisen voor de input van hout*

Puur technisch gezien zijn de kwaliteitseisen van de spaanplaatindustrie voor afvalhout zwaarder dan van verbrandingsinstallaties. Zodra de energiesector dus ook A en B hout gaat gebruiken (SBH 2001) dat geschikt is voor

spaanplaatproductie is het voor de spaanplaatindustrie lastig om over te schakelen op hout dat nu gestort wordt of verdwijnt in een AVI. De kwaliteit daarvan is over het algemeen onvoldoende.

#### 4.3.1 CO<sub>2</sub>-effect plaatmaterialen markt

Indien de energiesector hout gebruikt voor energieproductie dat eerder naar de plaatmaterialenindustrie ging zal er in deze markt een verschuiving optreden. In het eerder CE rapport over dit onderwerp [CE 97] is dit uitgebreid beschreven. Voor details wordt verwezen naar dit rapport. Hier worden de belangrijkste aspecten belicht.

Belangrijk uitgangspunt van de analyse is dat totale vraag plaatmateriaal inelastisch. De vraag naar plaatmateriaal bepaald wordt slechts beperkt beïnvloed door de prijs. Daarnaast geldt dat spaanplaat in vele toepassingen voorkomt: meubels, ondervloeren, aftimmering, scheidingswanden etc. Er is concurrentie met de volgende materialen:

- 1 gipsplaat met vrijwel gelijk prijs (aftimmering/scheidingswanden);
- 2 nieuw hout met hogere prijs (voor meubels etc.);
- 3 spaanplaat uit nieuw hout met hogere prijs.

Als er minder spaanplaat gemaakt kan worden op basis van afvalhout zal een van bovenstaande opties de plek hiervan innemen. Voor de analyse is gerekend met twee varianten hiervoor.

- Minder spaanplaat uit resthout geeft extra gebruik gipsplaat (100%) of
- Een mix van gipsplaat en nieuw hout (60%/40%).

De laatste optie is een conservatieve inschatting voor gevoeligheidsanalyse.

In principe zou de spaanplaat industrie ook hout kunnen gebruiken dat nu in Nederland of in het buitenland naar de stortplaats verdwijnt. Dit lijkt echter niet erg waarschijnlijk omdat de inpuiseisen van de meeste spaanplaatbedrijven dit hout onbruikbaar maken. Dit hout komt eerder in aanmerking voor het toepassen als brandstof.

##### *Korte termijn CO<sub>2</sub>-effect*

Per kg hout is in [CE 97] berekend wat de korte termijn effecten op basis van bovenstaande uitgangspunten zijn voor spaanplaatproductie in België. In [CE 99c] is dit aangevuld met de effecten voor een moderne fabriek in Italië.

- CO<sub>2</sub>-emissiereductie door minder productie spaanplaat: 0,38 kg België en 0,14 Italië;
- CO<sub>2</sub>-emissietoename door extra productie gipsplaat: 1,1 kg CO<sub>2</sub> (100% gipsplaat) of 0,5 kg CO<sub>2</sub> (60% gips en 40% nieuw hout).

Totaal geeft dit een emissietoename van 0,1 a 0,7 kg (België) en 0,4 a 1,0 kg (Italië) in de plaatmaterialen markt.

##### *Lange termijn CO<sub>2</sub>-effect*

Zodra het plaatmateriaal afval wordt over ongeveer 25 jaar treedt er ook een verschil in CO<sub>2</sub>-effect. Gipsplaat kan op de stort terecht komen (direct of via verbranding) of herverwerkt worden tot hemihydraat dat weer gebruikt wordt voor nieuw gipsplaat. Omdat het gebruik van hemihydraat voor gipsplaat een vergelijkbare energievraag in de gipsplaat productie geeft als productie op basis van natuurgips is het CO<sub>2</sub>-effect van al deze opties neutraal.

Spaanplaat afval kan na afdanken ingezet worden in de e-sector of weer herverwerkt worden tot spaanplaat. (De in [CE 99] onderzochte fabriek in Italië gebruikt een behoorlijk deel spaanplaat als input en heeft hierdoor ook minder lijm nodig). Dit levert kortcyclische CO<sub>2</sub>: (1,4 kg CO<sub>2</sub>) en bespaard



fossiele energie opwekking met gas of kolen (0,6 à 1,4 kg CO<sub>2</sub>) Spaanplaat-afval kan ook herverwerkt worden tot nieuw spaanplaat (met een emissiereductie van 1,4 -1,7 kg CO<sub>2</sub>).

#### 4.4 CO<sub>2</sub>-netto effect afvalhout > energie in plaats van spaanplaat

Met behulp van bovenstaande onderdelen is een range aan te geven van de uiterste CO<sub>2</sub>-effecten die op kunnen treden bij het verschuiven van afvalhout van de spaanplaatindustrie naar de energiesector.

In de energiesector is gerekend met het verdringen van een STEG op gas (relatief lage CO<sub>2</sub>-emissiereductie) en een kolencentrale (relatief hogere CO<sub>2</sub>-emissiereductie). Als de verdringingsoptie nu en over 25 jaar als spaanplaat verbrand wordt gelijk gekozen worden valt de variatie in dit uitgangspunt weg.

In de plaatmaterialen sector is gerekend met het volledig verschuiven naar gipsplaat (relatief hogere extra CO<sub>2</sub>-emissie) en een variant waarbij 60% gipsplaat wordt ingezet en 40% nieuw hout.

##### **Samengevat wordt er het volgende aangenomen**

- Zowel afvalhout als spaanplaat over 25 jaar wordt bijgestookt in een kolencentrale.
- In de plaatmaterialen sector wordt spaanplaat opgevuld met gipsplaat of in het conservatiefste geval met 60% gipsplaat en 40% nieuw hout.
- Voor het gebruik van nieuw hout wordt geen CO<sub>2</sub>-effect gerekend. Dit is gezien de recente publicaties over de twijfels over de CO<sub>2</sub>-neutraliteit van productiebossen een optimistisch aanname voor energie.

Dit geeft de een totaal netto CO<sub>2</sub>-effect van +0,1 a +0,7 kg CO<sub>2</sub> voor hout wat eerst in België gebruikt werd voor spaanplaatproductie en +0,7 a + 1,3 kg CO<sub>2</sub> voor hout dat door de Houtbank naar Italië wordt vervoerd en daar met een modernere fabriek tot spaanplaat wordt verwerkt. Voor de Italiaanse fabriek is het CO<sub>2</sub>-netto effect groter door relatief energiezuinige fabriek en doordat zij ook gebruik kan maken van spaanplaat waardoor er een extra bonus voor de afvalverwerking is (minder lijm nodig en in 2025 is er weer een herverwerking mogelijk). Het laagste CO<sub>2</sub>-netto effect veronderstelt dat spaanplaat voor 40% wordt vervangen door nieuw hout. [CE 99c].

#### 4.5 Conclusie CO<sub>2</sub>-netto effect houtafvalstromen naar energie

Op basis van bovenstaande is voor de verschillende huidige toepassingen van afval en resthout in Tabel 6 samengevat wat de CO<sub>2</sub>-netto effecten zijn.

Tabel 6 CO<sub>2</sub>-effect verschuiven 1 kg hout naar energie

Toepassing	hKton/jaar	Meerkosten	CO <sub>2</sub> -bruto effect in e-sector in houtcentrale of bijstoken [kg]	CO <sub>2</sub> -effect buiten e-sector [kg]	CO <sub>2</sub> -netto effect per kg hout [kg]	CO <sub>2</sub> -netto effect totaal [kton CO <sub>2</sub> ]
Stort	90	-100 a 0	- 1,0 a -1,5	0	-1.0 a - 1,5	- 90 a - 135
AVI	210	-100 a 0		-0,9	-0.1 a -0,6	- 21 a - 120
Bijstoken in buitenland	400	Circa 0		-1,2	0	0
Spaanplaat België	330	Circa 0		+1.6 a + 1,7	+0.1 a +0,7	+33 a +230
Spaanplaat Italië	200	Circa 0		+2,2 a + 2,3	+0,7 a +1,3	+140 a +260
Spaanplaat op basis van rest-hout	70	25		+1,6 a + 1,7	+0.1 a +0,7	+7 a+ 50
Totaal	1300					

De subsidies die voor houtverbranding voor energie met REB, Vamil en Groenfondsen is te verkrijgen (maximaal ongeveer 70 f/ton hout) zorgen er voor dat de meerkosten voor de energiesector globaal rond de nul gulden liggen. Voorkomen van stort of verwerking in een AVI levert een financieel voordeel op.

Het CO<sub>2</sub>-netto effect van het verschuiven van alle houtstromen is afhankelijk van de onzekerheden neutraal tot een extra CO<sub>2</sub>-emissie van 0,4 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.

##### *Huidige verwerking hout bepaald volledig CO<sub>2</sub>-netto effect*

Uit de tabel komt duidelijk naar voren dat het CO<sub>2</sub>-netto effect van het inzetten van afvalhout van energie volledig bepaald wordt door de vraag hoe het hout anders was toegepast. Voorkomen van stort of AVI geeft een CO<sub>2</sub>-emissiereductie, verplaatsen van energieproductie is neutraal en het verschuiven van hout dat nu voor spaanplaat gebruikt wordt geeft een netto toename van de CO<sub>2</sub>-emissie. Vooral als het hout is dat in Italië wordt gebruikt voor spaanplaatproductie.



## 5 Kippenmest

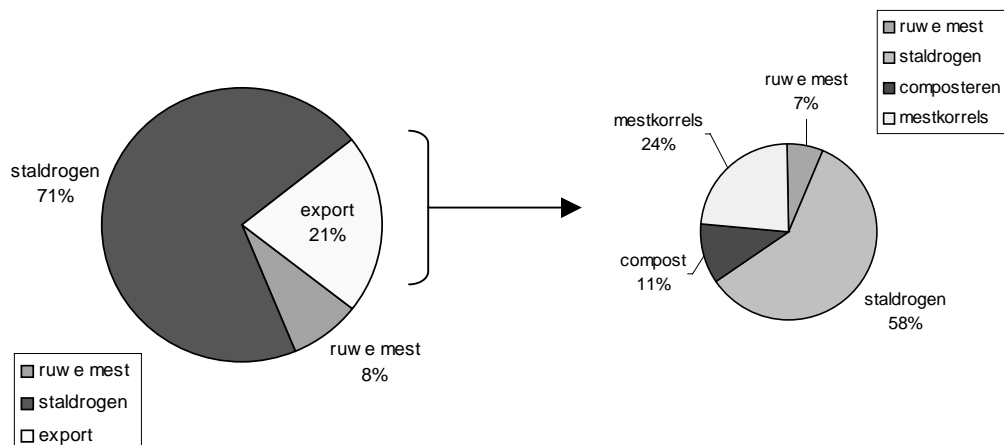
Kippenmest werd tot kort geleden in Nederland volledig toegepast als meststof. Het overschot aan meststoffen heeft hier echter deels een einde aan gemaakt. Tegenwoordig zijn er inspanningen om alternatieven te vinden voor de binnenlandse afzet van ruwe kippenmest. Eén van deze alternatieven is de verbranding van de mest met energierugwinning. Dit hoofdstuk beoogt de consequenties voor de netto CO<sub>2</sub>-emissies in kaart te brengen, indien kippenmest ingezet wordt als energiebron. Een beoordeling van de effecten op de markt wordt eveneens gegeven.

### 5.1 Huidige hoeveelheden en benutting van kippenmest nu

De hoeveelheid niet-plaatsbare kippenmest (overschot ruwe mest) bedraagt in Nederland 2.461 kton/jaar met een droge stofgehalte (ds) van 45% [Novem 99b]. Dit komt overeen met 5.034 kton 22% ds-mest per jaar (zie ook Bijlage A.1).

Figuur 2 geeft grafisch aan hoe de verschillende mestproducten uit kippenmest op de markt verdeeld zijn. De percentages van de linker figuur hebben betrekking op de hoeveelheid ingezette ruwe mest per verwerkingsroute. Het allergrootste deel van het overschot kippenmest wordt ter plekke op het bedrijf stalgedroogd en binnenlands afgezet (71% van het totale overschot). Relatief weinig ruwe mest wordt direct aangewend (8%). De rest van het overschot ruwe kippenmest (21%) wordt verwerkt ter export. De rechter figuur geeft de verdeling van de toegepaste verwerkingstechnieken aan voor de geëxporteerde mestproducten. Het staldrogen is voor de export een belangrijke toegepaste techniek (58% van de geëxporteerde verwerkte ruwe mest, voornamelijk voor de Duitse markt bestemd). Gecomposteerde mest en mestkorrels worden eveneens vrij vaak toegepast (35% van geëxporteerde mest, vooral voor export op afstanden boven 600km). Relatief weinig kippenmest wordt zonder be-/verwerking geëxporteerd (7%).

Figuur 2 Huidige benutting van kippenmest in kton 22% ds-mestproduct (1999)



## 5.2 Milieuwinst in de e-sector

Voor de inzet van kippenmest als energiebron in de e-sector worden drie energiescenario's bekeken:

- 1 Het bijstoken van kippenmest in een kolencentrale.
- 2 De opwekking van alleen elektriciteit door een centrale op kippenmest.
- 3 De opwekking van elektriciteit en warmte door een warmte/krachtinstallatie op kippenmest.

### 5.2.1 Kentallen voor kippenmest

In deze studie wordt gebruikt gemaakt van de kentallen uit CE [CE 2000b]. Deze zijn gebaseerd op cijfers van het project van Stichting DEP<sup>1</sup>. Ruwe kippenmest uit de stal heeft een droog stofgehalte van 22% (ofwel 22% ds). Het moet verder tot 60% ds uitgedroogd worden om verbrand te worden. Dit gebeurt door de mest in de stal te laten uitdrogen met gebruik van de restwarmte van de kippen. Het enige energieverbruik van dit proces is de elektriciteit die nodig is voor de ventilatoren van de stal. Dit komt overeen met 12 kg CO<sub>2</sub>-emissies per ton ingezette ruwe kippenmest. De stookwaarde van deze 60% ds-mest is 7,9 GJ<sub>prim</sub>/ton mest [Stichting DEP].

### 5.2.2 CO<sub>2</sub>-bruto van de energiescenario's

Voor de details van de berekeningen, wordt de lezer verwezen naar Bijlage A.

#### *Scenario Bijstoken (Bij)*

In dit scenario wordt kippenmest bijgestookt in een kolencentrale. Er wordt aangenomen dat het rendement van de kolencentrale niet beïnvloed wordt door de inzet van kippenmest als brandstof. In de praktijk zou dat wel het geval kunnen zijn, maar geen studie heeft nog precies kunnen aantonen in hoeverre dit speelt.

De CO<sub>2</sub>-emissie voor dit scenario is - 260 kg CO<sub>2</sub> per ton ingezet kippenmest met 22%ds. De inzet van kippenmest in een kolencentrale bespaart dus CO<sub>2</sub>-emissies. Door kippenmest bij te stoken, zal immers minder kolen worden gebruikt, tegen een relatief lage toevoeging van kooldioxide uit de voorbereiding van de mest.

#### *Scenario Elektriciteitslevering (SA el)*

In dit scenario wordt elektriciteit opgewekt met kippenmest. De CO<sub>2</sub>-emissies voor dit scenario zijn - 75 kg CO<sub>2</sub> per ton ingezet kippenmest met 22%ds. Dit scenario is relatief minder voordelig dan scenario "Bijstoken" vanwege het hogere energetische rendement van de verdrongen energieoptie, een STEG op aardgas, in vergelijking met een kolencentrale.

#### *Scenario Elektriciteit&Warmte-levering (SA e/w)*

Dit scenario is een variant van scenario "Elektriciteitslevering". Hier levert de kippenmestinstallatie ook warmte op. De warmteproductie wordt vergeleken met de productie van een CV-ketel. De elektriciteitsproductie wordt nog steeds vergeleken met de productie van een STEG, zoals in scenario "Elektriciteitslevering".

---

<sup>1</sup> Stichting Duurzame Energieproductie Pluimveehouderij werkt samen met energieproductie- en distributiebedrijven en de pluimveesector van Zuid-Nederland om de energie van kippenmest uit verbrandingscentrales af te zetten.



De CO<sub>2</sub>-emissies voor dit scenario zijn - 115 kg CO<sub>2</sub> per ton ingezet kippenmest met 22%ds. Deze variant is beperkt voordeliger dan de opwekking uit kippenmest van alleen elektriciteit.

### 5.3 CO<sub>2</sub> buiten de e-sector

Indien kippenmest als mest ingezet wordt, kan het onbewerkt of be-/verwerkt aan de grond toegediend worden, als vervanger van kunstmest. De mate waarin een dierlijke mestproduct kunstmest kan vervangen is in [CE 2000b] bestudeerd. De CO<sub>2</sub>-emissies die gepaard gaan met het gebruik van kippenmest als meststof, zijn:

Tabel 7 CO<sub>2</sub>-emissies buiten de e-sector per ton ruwe mest (22% ds)

Toepassing	verwerking	CO <sub>2</sub> voordeel buiten de e-markt (kg)	milieueffecten
Export	thermisch drogen + transport 600 km	-45	verdringt kunstmest
	composteren+ transport 400 km	-150	vermindering van de vermesting verdringt kunstmest
	staldrogen + transport 400 km	-94	versterkt verzuring verdringt kunstmest
	ruwe mest + transport 400 km	43	versterkt verzuring
Verwerkte mest binnenland	staldroging	-108	versterkt verzuring verdringt kunstmest
Directe aanwending ruwe mest binnenland	mest wordt met water verdund tot 15%ds	11	versterkt verzuring

Zie ook Bijlage A.4

Met uitzondering van de directe aanwending van ruwe mest, kunnen alle toepassingen van kippenmest concurreren met kunstmest. Dit is een positief milieueffect. Daarnaast wordt het verzuringeffect echter vaak versterkt, met name door de mest direct op de grond aan te wenden. De terugdringing van kunstmest en het transport van de mest indien geëxporteerd worden meegenomen in de berekeningen van de CO<sub>2</sub>-emissies. Totaal heeft het gebruik van be-/verwerkte kippenmest een positief effect op het milieu. Gebruik van ruwe kippenmest leidt tot schadelijke effecten.

### 5.4 CO<sub>2</sub>-netto effect

In Tabel 8 worden de resultaten voor al deze verschillende opties gepresenteerd. De CO<sub>2</sub>-bruto emissies zijn de emissies die worden vermeden (indien negatief) of extra veroorzaakt (indien positief) indien kippenmest als energiebron ingezet wordt in plaats van als meststof. Ze worden respectievelijk volgens scenario *Bijstoken* (Bij), *Elektriciteitslevering* (Stand-Alone el) en *Elektriciteit&Warmte-levering* (Stand-Alone e/w) weergegeven en per ton ingezette ruwe kippenmest. De CO<sub>2</sub>-netto emissies worden berekend door de emissies van buiten de e-markt (per ton ruwe ingezette kippenmest gegeven) af te trekken van de bruto emissies (binnen de e-markt). De hoeveelheden input ruwe kippenmest zijn gegeven voor de totale hoeveelheden ruwe mest die voor de relevante toepassing ingezet worden.

Tabel 8 CO<sub>2</sub>-netto emissies per jaar bij inzet van 1 ton ruwe kippenmest (22% ds) als energiebron

Toepassing	verwerking	kosten* (NGL)	CO <sub>2</sub> -bruto** (kg) (A)	CO <sub>2</sub> buiten de e-markt*** (kg) (B)	CO <sub>2</sub> -netto (kg/ton mest) (A - B)	kton input ruwe mest (C)	CO <sub>2</sub> -netto (kton) (A - B) x C
Export	ruwe mest + transport 400 km	-41 à -31	Bij -260	43	<b>-303</b>	70	-49
			SA el -75		<b>-118</b>		-8
			SA e/w -115		<b>-158</b>		-11
Directe aanwen- ding ruwe mest binnenland	mest wordt met water verdund tot 15%ds	-21 à -16	Bij -260	11	<b>-271</b>	401	-266
			SA el -75		<b>-86</b>		-34
			SA e/w -115		<b>-126</b>		-51
Export	composteren+ transport 400 km	-9 à -7	Bij -260	-150	<b>-111</b>	118	-59
			SA el -75		<b>75</b>		9
			SA e/w -115		<b>34</b>		4
Export	staldrogen + transport 400 km	-9 à -4	Bij -260	-94	<b>-167</b>	625	-349
			SA el -75		<b>19</b>		12
			SA e/w -115		<b>-22</b>		-14
Export	thermisch drogen + transport 600 km	-7 à -5	Bij -260	-45	<b>-215</b>	256	-155
			SA el -75		<b>-30</b>		-8
			SA e/w -115		<b>-70</b>		-18
Verwerkte mest binnenland	staldroging	-4 à -2	Bij -260	-108	<b>-152</b>	3565	-1939
			SA el -75		<b>33</b>		118
			SA e/w -115		<b>-7</b>		-25

\* kosten = kosten energie - kosten vermeden toepassing (zie Bijlage A.1)

\*\* CO<sub>2</sub> bruto (binnen de e-markt) = vermeden/toegevoegd CO<sub>2</sub> uit kolen/aardgas door inzet van ruwe mest (inclusief voordroging van de mest)

\*\*\* Het gaat dus hier om het CO<sub>2</sub>-voordeel van het gebruik van kippenmest als mest (zie 5.3)

De toepassingen voor kippenmest worden gesorteerd op kosten, van de goedkoopste optie (bovenaan) tot de duurste optie. De kosten die zijn weergegeven komen overeen met de *netto* kosten per ton aangeleverd ruwe mest (22%ds) indien kippenmest ingezet wordt als energiebron i.p.v. als mestproduct. (zie Bijlage A.6). Deze kosten worden verder besproken in hoofdstuk 5.5. Figuur 3 geeft de resultaten m.b.t. de netto CO<sub>2</sub>-emissies grafisch aan.

#### 5.4.1 Interpretatie van de resultaten

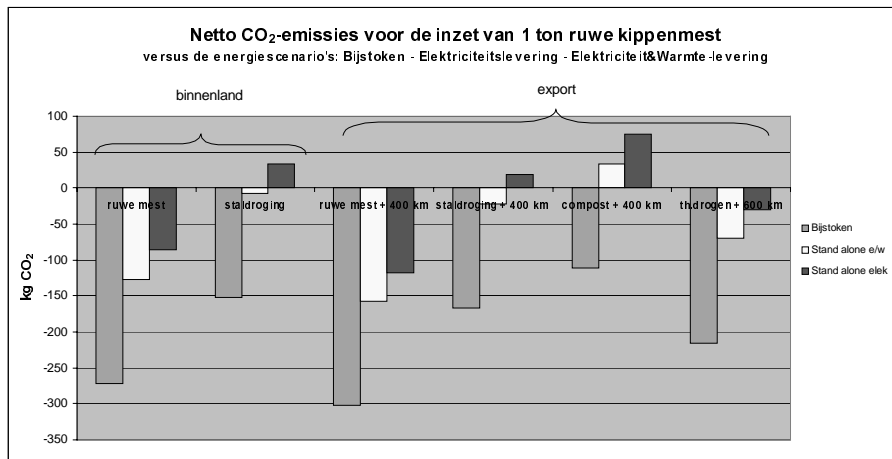
Uit de resultaten van Figuur 3 kunnen we concluderen dat de inzet van kippenmest als energiebron t.o.v. de versterking van het broeikas effect sterk afhankelijk is van het energiescenario dat gekozen wordt. Het scenario *Bijstoken* is verreweg, en voor welk alternatief dan ook, het meest voordelig. Het bijstoken scoort het beste wanneer het de inzet van ruwe kippenmest als meststof vervangt, zowel binnenlands afgezet als geëxporteerd. De marge is echter naar verwachting te groot om een zeer scherp verschil te maken tussen de alternatieven die het bijstoken zou kunnen vervangen.

Indien de verbranding van kippenmest plaatsvindt in een dedicated installatie en concurreert met een STEG, is de keus van elektriciteitsopwekking met of zonder warmteafzet niet bepalend voor het milieueffect op het klimaat. Er moet opgemerkt worden dat de inzet van kippenmest als energiebron, in concurrentie met een STEG, een negatief milieueffect heeft wanneer het de benutting van kippenmest via staldroging of compostering met export vervangt.





Figuur 3 CO<sub>2</sub>-resultaten bij inzet van 1 ton ruwe kippenmest (22%ds) als energiebron



Concluderend kunnen we zeggen dat:

- het bijstoken van kippenmest heeft in alle scenario's een positief CO<sub>2</sub>-effect;
- het verbranden van kippenmest in een stand-alone installatie i.p.v. het gebruik van ruwe of verwerkte mest (na thermische droging) geeft een beperkt voordeel;
- andere opties dan hierboven genoemd geven geen aanmerkelijk milieueffect.

#### 5.4.2 Gevoeligheidsanalyse

Zoals eerder opgemerkt speelt de keus van het energiescenario een belangrijke rol, met name wanneer kippenmest bijgestookt wordt in een centrale of ingezet wordt ter vervanging van een stand-alone installatie op aardgas.

In de berekeningen is uitgegaan van de huidige technische eigenschappen zowel van de verschillende benaderde opwekkingswijzen als van de bestaande verwerkingstechnieken voor kippenmest. Deze laatste kunnen wellicht aangepast worden, indien de toekomstige marktomstandigheden de ontwikkeling van de verwerkingssector voor kippenmest prikkelen. In dat geval zouden verwerkte dierlijke mestproduct bijvoorbeeld kunstmest efficiënter vervangen, met een samengaan extra milieuwinst.

*Kippenmest CO<sub>2</sub>-neutraal of niet maakt voor deze vergelijking niet uit*

Kippenmest is een bijproduct van de kippenindustrie. Een deel van de fossiele energie die ingezet wordt bij de productie van kippenvlees en eieren komt in de mest terecht. Dit werd in deze studie niet meegenomen. Voor de berekening van de netto CO<sub>2</sub>-emissies maakt het immers verder niets uit (zie 2.4). De bruto CO<sub>2</sub>-emissies zouden echter beïnvloed worden door extra langcyclus CO<sub>2</sub>-emissies bij kippenmest mee te nemen. Vanwege het relatief negatieve effect van de inzet van grijze energie voor de productie van kippenmest, zou de kippenmest bijvoorbeeld minder gunstig uitkomen bij de vergelijking met de verbranding van kolen of aardgas (energieproductie).

### 5.4.3 Andere milieueffecten

Naast de CO<sub>2</sub>-emissies (versterking van het broeikaseffect) zijn andere milieueffecten, met name de verzuring en de vermesting, die ook zeer belangrijk zijn op het gebied van mestgebruik. In [CE 2000b] werd geconcludeerd dat de inzet van (zelfs be-/verwerkte) kippenmest altijd slechter scoort m.b.t. verzuring. Deze mestproducten kunnen immers nooit de nauwkeurigheid van de samenstelling van kunstmest bereiken, waardoor de opnamesnelheid van de gewassen beperkt wordt. Dit leidt tot een systematisch extra verlies van de nutriënten, namelijk in de vorm van ammoniak. Het is echter ook belangrijk om op te merken dat het vervangen van kunstmest door kippenmestproducten een positieve invloed heeft t.o.v. de vermesting. Ondanks het relatieve lage bemestingsrendement van dierlijke mestproducten (in vergelijking met kunstmest), is het totale vermestingseffect van kunstmest hoger dan kippenmest. Dit komt omdat bij de *productie* van fosfaatzuur – ter fabricage van P-kunstmest – een onverwaarloosbare hoeveelheid eindproduct door lekkages naar het oppervlaktewater verloren gaat. Het gaat bijvoorbeeld om een fabricageverlies van 3% van de totale fosfaatzuurproductie per jaar bij het bedrijf Kemira [CO 2000b].

## 5.5 Markteffecten

### 5.5.1 Toekomstverwachtingen

In Tabel 8 werden de toepassingen voor kippenmest gesorteerd op de netto kosten die worden gemaakt indien er overgeschakeld wordt naar de e-sector. We kunnen opmerken dat de inzet van kippenmest in de e-sector in alle gevallen tot winst leidt ten opzichte van de situatie wwaop kippenmest als mestproduct afgezet wordt. De inzet van ruwe kippenmest als energiebron is het meest waarschijnlijk, met kosten voor de pluimveehouder van -41 à -31 NGL per ton mest. De reden is dat het huidige mestbeleid van de overheid gebaseerd is op de Europese Nitraat-richtlijn en concentreert zich op een milieuverantwoorde afzet van mest<sup>2</sup>. Het aandeel niet-plaatsbare mest is voor kippenmest nu al relatief groot. De gespecialiseerde pluimveehouderij is, net als de varkenshouderij, een bedrijfstak met veel dieren op weinig grond. Deze bedrijven moeten daarom het grootste deel van hun mestproductie afvoeren van het bedrijf. De aanscherping van de Minas-verliesnormen tot 2003 zal bovendien leiden tot een vergroting van deze niet-plaatsbare mest, met name vanwege het relatief hoge fosfaatgehalte van kippenmest (Er wordt verwacht dat kippenmest voor 30% verantwoordelijk zal zijn voor het fosfaatoverschot in Nederland in 2003 [LNV 2000]). Daarom wordt de optie van directe aanwending kippenmest in de nabije toekomst zeer beperkt en steeds duurder gemaakt. Een logische consequentie van de inzet van kippenmest als energiebron, is dat meer afzetruimte wordt vrijgemaakt voor de andere dierlijke mestsoorten waarvoor er weinig andere alternatieven zijn.

---

<sup>2</sup> De stikstofnormen worden door twee samenhangende systemen geëffectueerd. Het eerste is het stelsel van regulerende mineralenheffingen (MINAS) dat het centrale instrument blijft voor de regulering van het gebruik van zowel dierlijke meststoffen als kunstmest. Daarnaast wordt per 1 januari 2002 een systeem van mestafzetovereenkomsten ingevoerd dat een plafond stelt aan de productie van dierlijke mest. Dat plafond zal voor grasland worden gevormd door de bovengenoemde normen.



De inzet van kippenmest als energiebron in concurrentie met de export van be-/verwerkte mest kan wel tot discussie leiden. Export is relatief duur en wordt snel verdrongen door de e-sector. De kosten die in Tabel 8 vermeld zijn, zijn echter zeer gevoelig voor marktveranderingen en ontstaan van nieuwe afzetmogelijkheden. Met name voor de mestkorrels (thermisch drogen de ruwe kippenmest + transport 600 km) is door het BMA uitgegaan van een gemiddelde marktprijs van 105 - 110 NGL/ton mestkorrels, terwijl deze prijs soms tot 400 NGL/ton kan uitlopen [CE 1997c]. Het kan dus ook zijn dat de netto kosten voor de inzet van kippenmest in de e-sector versus export positief worden. In geval van tekort aan be-/verwerkte kippenmest wordt in het buitenland naar verwachting dan meer kunststof gebruikt, met wellicht uitzondering van Noord-Frankrijk, omdat er al daar wetregelingen zijn om compost uit dierlijke mest af te zetten.

De markt voor mestkorrels uit kippenmest kan daarentegen worden gestimuleerd door de inzet van een deel van de kippenmestberg als energiebron. De productprijs van de mestkorrels is immers relatief hoog (circa 250 NGL per ton product [BMA 2001]) en maakt dus het zoeken naar steeds nieuwe markten de moeite waard. De concurrentie van de afzet ter opwekking van energie zal dan de exporteurs prikkelen om te streven naar efficiëntere productieketens, landbouwkundige ontwikkelingen en professionele markt promotie ter verdringing van kunstmest.

De concurrentie met binnenlandse afzet van stapelbare kippenmest is het grootste. Vanwege de relatieve hoge bemestingswaarde van deze mest tegen een goed concurrerende prijs (t.o.v. andere hoogwaardige dierlijke mestproducten) is het even interessant voor de puimveehouder zijn mest als stapelbare mest af te zetten als in een dedicated centrale. Er is echter een sterk beleid (MINAS-normen) om de afzet van stapelbare kippenmest binnenlands te beperken. Het tekort aan stapelbare kippenmest zal naar verwachting leiden tot extra gebruik van kunstmest.



## 6 Gescheiden ingezameld oud papier

Papierafval dat gescheiden ingezameld wordt, wordt vrijwel volledig hergebruikt door de papierindustrie. Het restproduct ('rejects') wordt tot brandstof voor de cementovens verwerkt. Het gescheiden ingezameld oud papier wordt of direct verwerkt in Nederland, of geëxporteerd voor verwerking. In de toekomst is het echter denkbaar dat het financieel aantrekkelijker wordt om dit soort papierafval te verbranden. Het spanningsveld zit tussen de eventuele milieuvoordelen van het verbranden van papier (minder CO<sub>2</sub>-emissies) en het besparen van verse houtvezels indien hergebruikt. Dit hoofdstuk beoogt de consequenties voor de netto CO<sub>2</sub>-emissies in kaart te brengen en de markteffecten ervan voor de papierindustrie.

### 6.1 Huidige hoeveelheden

De totale hoeveelheid gescheiden ingezameld die afkomstig is van de Nederlandse huishoudens, bedraagt 1.009 kton voor het jaar 1998 [CBS] en 1.150 kton voor 2000 [FNOI].

Het gescheiden ingezameld oud papier uit huishoudens behoort tot categorie *bontpapier*. Er zijn twee hoofdroutes voor het hergebruik van dat papier [VNP]:

- A Het bontpapier wordt gesorteerd om de kartonnen dozen eruit te halen en vervolgens gebruikt bij de kranten- en tissue industrie.
- B Het bontpapier wordt zonder sortering ingezet bij de verpakkingindustrie.

De verdeling voor hergebruik van bontpapier is in Nederland ongeveer 50% via de A-route en 50% via de B-route. De open markt voor oud papier maakt het traceren van de afkomst van het papier dat in de Nederlandse papierindustrie gebruikt wordt echter ingewikkeld. Om een voorbeeld te geven, wordt totaal evenveel oud papier vanuit Nederland geëxporteerd (1.200 kton/jaar, waarvan de helft naar ZO-Azië) als geïmporteerd (ruim 1.300 kton/jaar, voornamelijk vanuit Duitsland) [FNOI]. Het is dus niet mogelijk om te precies te weten wat gebeurt met het in Nederland ingezameld papier. In deze studie wordt vervolgens ervan uitgegaan dat het gescheiden ingezameld papier uit Nederlandse huishoudens volledig in Nederland verwerkt wordt, voor 50% tot krant- en sanitair papier (A-route) en voor 50% tot verpakkingpapier/karton (B-route). De verdeling binnen de A-route tussen de productie van krantenpapier enerzijds, en de productie van sanitair papier anderzijds, wordt bepaald op basis van de in Tabel 19 weergegeven kentallen (zie Bijlage B.1).

Voor het gescheiden ingezamelde bontpapier uit huishoudens wordt uiteindelijk uitgegaan van de volgende hoeveelheden.

Tabel 9 Hoeveelheden ingezet bontpapier uit huishoudens naar eindproducten

	Eindproduct	inzet bontpapier bij de productie (gew%)	werkelijke hoeveelheid ingezet bontpapier (kton/jaar)
A-route (50%)	krantenpapier (76%)	38%	437
	sanitair papier (24%)	12%	138
B-route (50%)	verpakkingspapier/karton	50%	575
Totaal ingezette bontpapier uit huishoudens		100%	1.150

## 6.2 Milieuwinst in de e-sector

De inzet van bontpapier als energiebron leidt tot het terugdringen van CO<sub>2</sub>-emissies uit kolen of aardgas. Drie energiestenario's worden bekeken:

- 1 Het bijstoken van bontpapier in een kolencentrale.
- 2 De inzet van bontpapier in een biomassacentrale (zoals gebouwd in Cuijk) met alleen elektriciteitsproductie.
- 3 De inzet van bontpapier in een biomassacentrale (zoals gebouwd in Cuijk) met elektriciteits- en warmteproductie.

### 6.2.1 Kentallen voor bontpapier

Indien oud papier gescheiden ingezameld wordt, kan de stookwaarde van het aangeboden papier redelijk gestuurd worden en daardoor constant gehouden worden. Deze stookwaarde komt neer op 11 GJ per ton nat stof. Het droge stofgehalte van gescheiden ingezameld bontpapier uit huishoudens is geschat op 80% [CE 2001].

### 6.2.2 CO<sub>2</sub>-bruto van de energiestenario's

Dezelfde energiestenario's als voor kippenmest worden hier gehanteerd. Voor de twee scenario's verbranden met alleen elektriciteitsopwekking en verbranden met elektriciteitsopwekking en warmteafzet worden de berekeningen gebaseerd op het voorbeeld van de biomassacentrale te Cuijk. De technische gegevens zijn opgenomen uit [CE 1999d]. Voor de details van de berekening, zie Bijlage B.2.

#### *Scenario Bijstoken (Bij)*

In dit scenario wordt bontpapier bijgestookt in een kolencentrale. Daarvoor wordt het papier gedroogd en in pellets geperst. De emissies voor deze voorbereiding worden meegenomen in de berekeningen. De CO<sub>2</sub>-emissie voor dit scenario is - 934 kg CO<sub>2</sub> per ton ingezet bontpapier.

#### *Scenario Elektriciteitslevering (SA el)*

In dit scenario wordt elektriciteit opgewekt door een centrale op biomassa. In het kader van de CO<sub>2</sub>-reductieplan van de overheid zal het vergeleken worden met de opwekking van elektriciteit met een STEG op aardgas. Het papier hoeft in dat geval niet voorgedroogd te worden en er hoeven dus ook geen pellets gemaakt te worden.

De CO<sub>2</sub>-emissies voor dit scenario zijn - 342 kg CO<sub>2</sub> per ton ingezet bontpapier. Omdat de drogen- en pelletsprocessen vermeden worden, is het CO<sub>2</sub>-voordeel minder dan bij het scenario *bijstoken*. Dit komt door het relatief lagere elektrische rendement van de biocentrale (30%).



### *Scenario Elektriciteit&Warmte-levering SA e/w)*

In dit scenario wordt ook warmte opgeleverd. De warmteproductie wordt vergeleken met de productie van een CV-ketel. De elektriciteitsproductie wordt nog steeds vergeleken met de productie van een STEG zoals in het vorige scenario. De CO<sub>2</sub>-emissies voor dit scenario zijn -716 kg CO<sub>2</sub> per ton bontpapier. Voor dezelfde reden als voor kippenmest is deze variant voordeliger dan de opwekking van alleen elektriciteit. Het is echter minder voordelig dan het bijstoken in een kolencentrale.

## **6.3 Milieueffect buiten de e-sector**

Indien minder oud papier in Nederland beschikbaar is, zijn drie alternatieven mogelijk om dit tekort te compenseren:

- 1 Meer import van oud papier van vergelijkbare kwaliteit.
- 2 Het inzamelpercentage in Nederlands en/of in het buitenland verhogen.
- 3 Meer nieuw hout gebruiken.

Meer import van oud papier zou het probleem van de beschikbaarheid van oud papier als grondstof naar de buitenlandse papierfabrieken verplaatsen. Netto wordt dus niets veranderd. Het inzamelpercentage bij de Nederlandse huishoudens is nu ruim 65% [VAOP]. De doestelling van de overheid is 85%. Er is dus nog ruimte om de totale hoeveelheid gescheiden ingezameld oud papier uit huishoudens te vergroten. In Duitsland - tegenwoordig de grootste exporteur van oud papier naar Nederland - is dat ook mogelijk maar beperkter dan in Nederland gezien het nu al relatief hoog inzamelpercentage (ruim 72%). Dit scenario wordt echter niet meegenomen. In deze studie wordt vervolgens alleen gekeken naar meer inzet van nieuw hout ter compensatie van het tekort aan oud papier.

### **6.3.1 Inzet van nieuw hout**

Bij mechanisch pulpen wordt het hout als het ware gemalen. Dit kost veel elektriciteit; rond de 2.500 kWh/ton pulp [VNP]. Het grootste deel van de mechanische pulp wordt in Nederland geproduceerd. Het hout voor de pulp voor krantenpapier wordt grotendeels uit de Benelux en Duitsland betrokken. Bij de enige fabriek van krantenpapier in Nederland, Parenco in Renkum, is de pulpfabriek geïntegreerd met de papierfabriek. Dit levert het voordeel op dat pulp niet hoeft te worden gedroogd ter afvoer. Indien meer hout moet worden ingezet in de productie van krantenpapier, wordt extra elektriciteit verbruikt. Er wordt uitgegaan dat hout oud papier één op één vervangt. Dat wil zeggen dat voor 1 ton tekort aan bontpapier wordt 1 ton hout<sup>3</sup>.

## **6.4 CO<sub>2</sub>-netto effect**

In Tabel 10 worden de resultaten van de berekeningen voor de CO<sub>2</sub>-netto emissies gepresenteerd. Deze resultaten worden in kg CO<sub>2</sub> per ton ingezet bontpapier uit huishoudens weergegeven (A - B) en in kg CO<sub>2</sub> voor de hoe-

---

<sup>3</sup> Het is in de praktijk niet mogelijk om grootschalig per kg verloren bontpapier houtpulp in te zetten. De marge van de productieketens bij de papierfabrieken om de verhouding 80% / 20% die b.v. voor krantenpapier geldt, is, zoveel als t.o.v. de kwaliteit van het papier als voor financiële redenen, zeer klein. Dat zou dus in de praktijk betekenen dat de fabriek helemaal naar 100% houtinzet moet overschakelen. De redenering van deze studie voor de vervanging van bontpapier 1 op 1 door hout geldt dus alleen voor een brede aanpak van de Europese situatie voor de papierproductie.

veelheden bontpapier die per eindproduct gebruikt worden. Deze hoeveelheden komen overeen met de hoeveelheden van Tabel 9.

Tabel 10 CO<sub>2</sub>-etto emissies per ton bontpapier

	Toepassing			kosten*	CO <sub>2</sub> -bruto**	CO <sub>2</sub> -buiten	CO <sub>2</sub> -netto (kg) (A + B)
					(kg) (A)	e-markt*** (kg) (B)	
A -Route	krantpapier	inzet mecha- nische hout- pulp	bijstoken	n.b.	-934	1.527	593
			SA elek	n.b.	-342	1.527	1.185
			SA e/w	n.b.	-716	1.527	811
	sanitair papier	inzet mecha- nische hout- pulp	bijstoken	n.b.	-934	1.527	593
			SA elek	n.b.	-342	1.527	1.185
			SA e/w	n.b.	-716	1.527	811
B-Route	verpakkingspapier	inzet mecha- nische hout- pulp	bijstoken	n.b.	-934	1.527	593
			SA elek	n.b.	-342	1.527	1.185
			SA e/w	n.b.	-716	1.527	811

\* kosten zijn niet verkrijgbaar

\*\* CO<sub>2</sub>-bruto binnen de e-markt = vermeden/toegevoegd CO<sub>2</sub> uit kolen/aardgas door inzet van bontpapier

\*\*\* Het gaat hier dus om het CO<sub>2</sub>-nadeel buiten de e-sector van de inzet van bontpapier als energiebron (zie 6.3)

#### 6.4.1 Andere milieueffecten

Hoewel in deze studie niet onderzocht is uit diverse bronnen bekend dat het pulpen van hout voor papierproductie en de chemische stappen die daarna volgen ook diverse andere emissies veroorzaken afhankelijk van de gebruikte techniek. De inzet van oud papier heeft hier duidelijk een voordeel. Het lijkt zeer waarschijnlijk dat ook voor andere milieueffecten dan het broeikas-effect herverwerking duidelijk meer milieuwinst geeft. Dit zou later eventueel verder onderzocht kunnen worden.

#### 6.4.2 Interpretatie van de resultaten

De resultaten van Tabel 10 worden grafisch weergegeven door Figuur 4. De inzet van bontpapier in de e-sector ten koste van de beschikbaarheid van grondstof voor de papierindustrie is in ieder energiescenario CO<sub>2</sub>-nadelig. Zelfs voor sanitair papier, zien we dat de netto extra emissies van CO<sub>2</sub> relatief aanmerkelijk hoog zijn. Volgens Tabel 9 kan dit tot 163 kton extra CO<sub>2</sub> per jaar uitlopen. Dit komt door het relatief grote energieverbruik van het malen en persen van nieuw hout tot houtpulp. De bijbehorende CO<sub>2</sub>-emissies worden verreweg niet gedekt door vermindering van lang-cyclus CO<sub>2</sub> uit kolen of aardgas door bontpapier te verbranden. Er kan worden geconcludeerd dat de verbranding van bontpapier geen optie is.

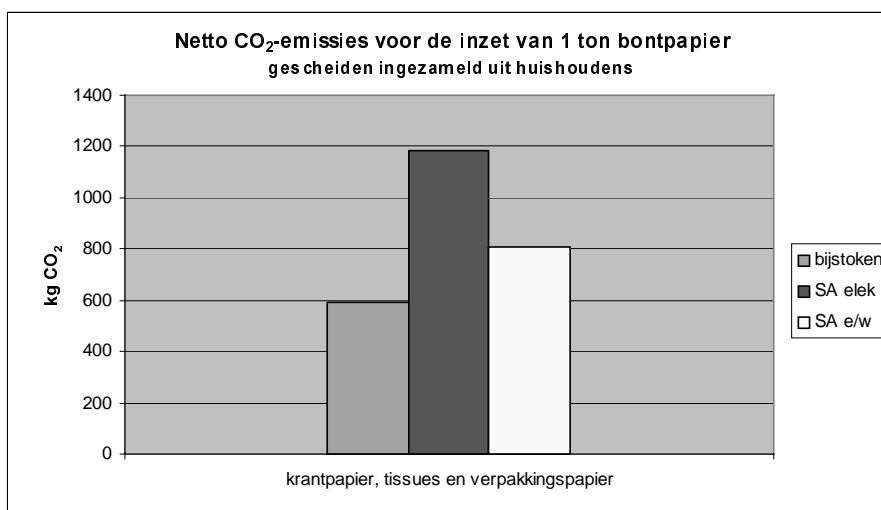




### 6.4.3 Gevoeligheidsanalyse

In de praktijk wordt een papierfabriek dat oud papier als grondstof gebruikt in een stedelijk gebied gevestigd, terwijl fabrieken die voornamelijk hout als grondstof gebruiken in bosgebieden geplaatst worden. Indien meer nieuw hout wordt ingezet bij de papierproductie, zou het naar verwachting financieel aantrekkelijker worden voor de papierfabrikanten om te verhuizen naar houtproductiegebieden zoals Scandinavië. Het zou dan betekenen dat het papier geïmporteerd moet worden, met bijbehorende transportemissies. In deze optiek zou het verbranden van papier het CO<sub>2</sub>-nadeel van dit scenario versterken.

Figuur 4 Netto CO<sub>2</sub>-emissies voor de inzet van 1 ton bontpapier als energiebron



In de berekeningen werd de energierugwinning door het verbranden van de restproducten van de papierindustrie (rejects) niet meegenomen. Deze worden namelijk in cementovens verbrand. Hierdoor zou het CO<sub>2</sub>-voordeel van de hergebruikroute voor bontpapier versterkt worden t.o.v. van de directe verbranding in de e-sector.

Voor de berekeningen van de CO<sub>2</sub>-emissies buiten de e-sector is in Tabel 10 uitgegaan van een gemiddeld energieverbruik, afhankelijk van het papierproduct (zie Bijlage B.3.4). Opmerkelijk is dat, zelfs in de slechtste gevallen (maximum energieverbruik), de conclusies uit Figuur 4 gelijk blijven (het overschakelen van bontpapier naar de e-sector blijft netto extra CO<sub>2</sub>-emissies veroorzaken).

#### Onttrekking van biomassa

Het effect van het gebruik van vers hout op het ecosysteem is een controversiële zaak. Er moet ten eerste onderscheid worden gemaakt tussen zogenaamd oerbos en productiebos. Oerbos wordt gekenmerkt door een hoge soortenrijkdom en variëteit. Bosbeheerbeleid moet er voor zorgen dat de houtwinning vooral van productiebos komt. Voorstanders van deze praktijk beargumenteren dat productiebossen, door hernieuwde aanplant, de CO<sub>2</sub>-emissie door gebruik van hout in balans houden. Deze stelling spreekt echter tegen een recent onderzoek van L. Reijnders<sup>4</sup> waar blijkt dat het kappen

<sup>4</sup> Lucas Reijnders is hoogleraar milieukunde aan de Universiteit van Amsterdam en hoogleraar natuurwetenschappelijke milieuwetenschappen aan de Open Universiteit.

en gebruik van Noord-Scandinavische bossen of bossen op ontwaterd veen in Nederland (de twee voornaamste bronnen van hout voor mechanische pulp in Nederland) in de regel niet kooldioxide neutraal is.

Daarnaast wordt in deze studie niet ingegaan op de verstoring van de biodiversiteit door de bosbouw. Wel is het duidelijk dat de verbranding van oud papier meer druk op de bossen - en dus op de biodiversiteit - zal zetten.

Afgezien van de discussie over de eventuele CO<sub>2</sub>-winst rondom recycling van papier versus verbranden, moet opgemerkt worden dat de milieueffecten van de productie van celstof (uit hout) en de recycling van oud papier de laatste jaren steeds minder van elkaar zijn gaan verschillen. Het recyclen van papier heeft wel andere effecten op het milieu dan de papierproductie uit celstof. Het waterverbruik ligt bij recycling lager, terwijl het energieverbruik hoger is [FNOI].

## **6.5 Markteffecten**

### **6.5.1 Marktconsequenties van bontpapier in de e-sector**

Zoals eerder gezegd (zie 6.3.1) is het voor technische reden niet mogelijk voor de papierfabrikanten om de huidige verhoudingen oud papier / nieuw hout grootschalig aan te passen zonder drastische veranderingen aan te brengen in de productieketen. Een logische reactie van de sector zou de verschuiving van de papierfabrieken in Nederland naar Scandinavië, met als gevolg de import van papier naar Nederland. Papier wordt dan voor de consumenten duurder.

Indien Nederlandse papierfabrikanten niet verschuiven zal dan aan de kant van de papierindustrie spanning ontstaan tussen de importprijs van oud papier naar Nederland (bijvoorbeeld vanuit Duitsland) en de prijskosten voor de productie (met eventueel import) van extra houtpulp. In dat geval is het meest waarschijnlijk dat oud papier geïmporteerd wordt. Aangezien de Nederlandse papierfabrieken tegenwoordig oud papier voor gemiddeld 75% gebruiken bij het fabricageproces, wordt het tekort aan Nederlands oud papier bij voorkeur niet gecompenseerd met houtpulp. Duitsland, die tegenwoordig de grootste exporteur van oud papier naar Nederland is, zal bovendien de uitbreiding van deze afzetmarkt waarschijnlijk promoten.



## 7 Kunststoffen uit huisvuil

In dit hoofdstuk wordt de CO<sub>2</sub>-netto benadering toegepast op kunststofafval. Deze stroom verschilt van de andere stromen omdat hij niet gerekend wordt onder de term duurzame energie en de financiële voordelen die daarbij horen. Toch is er regelmatig discussie over de wenselijkheid van recycling of het toepassen voor energie van deze stroom. Vooral ook vanwege de wetgeving in Duitsland waar gescheiden inzameling van kunststofverpakkingsafval verplicht is. Eerst wordt het aanbod van kunststofafval besproken, daarna de verwerkingsmogelijkheden en deze worden vervolgens gegoten in scenario's die vergeleken worden qua netto CO<sub>2</sub>-effect.

### 7.1 Aanbod kunststofafval in Nederland

In Nederland komt momenteel jaarlijks circa 480 kton huishoudelijk kunststofafval vrij (Bron: CE-scenariostudie). Het betreft een zeer heterogene mix van producten en kunststofsoorten. Binnen de kunststofsoorten zelf bestaat daarnaast een verscheidenheid aan zogenaamde grades, deelsoorten waarvan de eigenschappen zijn afgestemd op een bepaalde verwerkingstechniek. Er bestaat bijvoorbeeld HDPE spuitgietkwaliteit en HDPE blaasvormcapaciteit.

Tabel 11 Samenstelling Nederlands huishoudelijk kunststofafval

		Samenstelling plastics in huisvuil, incl. vuilniszak			
		kton/jaar		percentueel	
		d.s.	n.s.	d.s.	n.s.
folie (incl. huisvuilzakken)	PE, PP	169	215	35%	45%
	PVC		0	0%	0%
	PS		0	0%	0%
	PET	6	8	1%	2%
	overig		0	0%	0%
	vocht	47		10%	
flacons	PE, PP	31	37	6%	8%
	PVC		0	0%	0%
	PS		0	0%	0%
	PET	7	8	1%	2%
	overig		0	0%	0%
	vocht	7		1%	
ov. rigids	PE, PP	38	45	8%	9%
	PVC	6	7	1%	2%
	PS	35	41	7%	9%
	PET	0	0	0%	0%
	overig	0	0	0%	0%
	vocht	15		3%	
niet-verpakkingen	PE, PP	43	51	9%	11%
	PVC	21	24	4%	5%
	PS	17	20	4%	4%
	PET	0	0	0%	0%
	overig	21	25	4%	5%
	vocht	19		4%	

De hoeveelheid huishoudelijk kunststofafval zal toenemen tot circa 570 kton in 2012 (bron: zie LAP-aanbodcijfers). Het valt niet te verwachten dat de heterogeniteit zal afnemen. Er zullen wel verschuivingen in het gebruik van bepaalde kunststof soorten optreden. De in verpakkingen toegepaste hoeveelheid PVC neemt al jaren af. Daarentegen worden steeds meer dure en kwalitatief hoogwaardige kunststoffen (zoals PET) toegepast.

## 7.2 Verwerkingsmogelijkheden

Zoals aangegeven in Tabel 12 kan een groot deel van het huishoudelijke kunststofafval in principe worden herverwerkt middels mechanische recycling. Huishoudelijk kunststofafval bestaat voor circa 95% uit thermoplasten (zie Tabel 11). Mits goed gescheiden kunnen de thermoplasten in principe worden herverwerkt tot regranulaat waarmee primair materiaal kan worden vervangen. Bij een voldoende hoge regranulaat kwaliteit en voor bepaalde producten die niet te scherpe eisen stellen aan de eigenschappen van de kunststof grondstoffen is de verhouding waarin primair materiaal wordt vervangen door regranulaat 1 : 1. De afzetmarkt voor regranulaat vormt geen probleem. Een deel van het regranulaat kan in principe worden ingezet voor non-food verpakkingen. Verpakkingen vormt slechts een deel van de totale



markt voor kunststof materiaal. Andere afzetmarkten, zoals de GWW-sector zouden eveneens aanzienlijke hoeveelheden regranulaat kunnen opnemen.

Tabel 12 Overzicht verwerkingsmogelijkheden voor huishoudelijk kunststofafval

Verwerkingswijze	Toepasbaar voor:	Uitgespaard	Eisen aan materiaal	Bruto CO <sub>2</sub> -balans ten opzicht van primaire producten	
				product	kg CO <sub>2</sub> /ton afval
mechanische recycling	thermoplasten	primair granulaat	hoge zuiverheid (> 99%) het liefst ook scheiding op grade.	- grote folie uit huisvuil	-736
				- flacons uit huisvuil	-1.140
				- zuivelbekers uit huisvuil	-2.108
verwerking tot dikwandige producten	thermoplasten	beton of hout	tenminste 70% PE of PS, weinig PVC	- maximaal	-693
				- minimaal	147
chemische recycling	alle kunststoffen	aardgas, aardolie, producten naftakraker	afhankelijk van techniek	vergassing (Texaco-proces)	750
bijstoken	alle kunststoffen	bruinkool, steenkool, aardolie	< 1 gew% Cl, <15% as stookwaarde > 18 MJ/kg	PPF uit HHA	-352
AVI	alle kunststoffen	elektriciteit, warmte uit fossiele energie dragers	geen	huish.kunststof afval	1.139
stort	alle kunststoffen	niets	geen		nul

De kunst is echter om het materiaal in voldoende zuivere mate te isoleren. Als gezegd zou voor productie van een kwalitatief hoogwaardig regranulaat eigenlijk niet alleen op kunststofsoort, maar ook op grade moeten worden gescheiden.

Voor minder zuiver kunststofafval bestaan andere verwerkingsmogelijkheden, zoals in de tabel genoemd. De mogelijkheden variëren van dikwandige plastic producten tot vervanging van fossiele energiedragers of daaruit geproduceerde bulkchemicaliën (chemische recycling, bijstoken).

Bij verwerking tot dikwandige producten moet het grootste deel van het afval bestaan uit één thermoplast soort. Dit is nodig om een homogene smelt te kunnen produceren, die zich voldoende goed tot producten laat persen. De producten zijn bijvoorbeeld straatmeubilair, zoals banken en paaltjes. PVC ontleedt bij thermische belasting onder de vorming van HCl en veroorzaakt blazen in het product. Vandaar dat het in niet te grote hoeveelheden in het afval aanwezig mag zijn.

Ook bij bijstoken mag niet al te veel chloor aanwezig zijn vanwege risico's op corrosie, vorming van vliegassen en emissies naar lucht. Het spectrum aan initiatieven voor chemische recycling is zo breed dat niet goed aan te geven is welke eisen moeten worden aangehouden.

De markt voor bijstoken of voor producten uit chemische recycling is enorm in vergelijking met het 'beetje' huishoudelijk kunststofafval, dat vrijkomt. De omvang van de markt voor dikwandige producten is niet bekend.

### **CO<sub>2</sub>-balans per verwerkingsmogelijkheid**

In de tabel is ook een schatting gegeven van de CO<sub>2</sub>-balans voor de verschillende verwerkingsmogelijkheden. De balans omvat de aan verwerking gerelateerde emissies en de door afzet van de bij verwerking ontstane producten uitgespaarde emissies. Omdat door afzet van producten uit mechanische en chemische recycling en uit bijstoken en verbranding in een AVI geen producten op basis van andere materialen worden verdrongen is voor deze verwerkingswijzen de bruto balans ook de netto balans.

De bruto CO<sub>2</sub>-balans voor de productie van dikwandige producten hangt sterk af van de gehanteerde aannames. In de tabel zijn als voorbeeld de balansen gegeven voor het vervangen van betonnen paaltjes. Cruciaal voor de balans is de aangehouden samenstelling voor beton en de verhouding in levensduur tussen betonnen paaltjes en kunststof paaltjes. In de tabel is een waarde gegeven (-693 kg CO<sub>2</sub>/ton afval) voor de aanname dat een kunststofpaaltje 4 maal langer meegaat dan een betonnen paaltje [TNO 1995] en voor de aanname dat de levensduur van beide producten vergelijkbaar is (+147 kg CO<sub>2</sub>/ton afval).

### **7.3 Huidige verwerking, is er dan spanning?**

Bij mechanische recycling is het als gezegd de kunst om het materiaal in voldoende zuivere mate te isoleren. In Nederland is er fiducia dat dit tegen acceptabel kosten kan worden gerealiseerd. Hoewel in het Convenant Verpakkingen steeds een hergebruiksdoelstelling is geformuleerd voor KWD-afval **en** huishoudelijk afval, blijft hergebruik in de praktijk beperkt tot enkele homogene stromen uit de KWD-sector. Mechanische herverwerking zou te duur zijn of zou een grondstof/regranulaat van te lage kwaliteit opleveren. Er lijkt dus in Nederland voor huishoudelijk kunststof verpakkingsafval geen spanning te zijn tussen inzet als energiedrager en herverwerking, want herverwerking lijkt niet mogelijk. De huidige initiatieven ten aanzien van kunststof verpakkingsafval richten zich conform dit beeld op toepassing van kunststof verpakkingsafval of fracties met een hoog gehalte aan huishoudelijk kunststof verpakkingsafval als secundaire brandstof (Subcoal, Redop, Rofire).

In een aantal andere Europese landen, waaronder onze burens in België en Duitsland, zien ze dat anders. Van het Duitse huishoudelijke kunststof verpakkingsafval wordt middels het DSD systeem maar liefst 30% geïsoleerd en mechanisch herverwerkt. In België en nog 9 andere Europese landen bestaan met het DSD vergelijkbare systemen. In met name Duitsland concurreert hergebruik met bijstoken van secundaire brandstoffen met daarin huishoudelijk kunststofafval en is er dus wel sprake van spanning.

Uit de initiatieven in het buitenland blijkt echter al wel dat het volledig mechanisch herverwerken van alle thermoplasten in het huishoudelijk kunststofafval ook in deze landen niet als reëel wordt gezien. Wel wordt daar steeds gestreefd naar een mix van verwerkingsmogelijkheden, die qua reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie per ton kunststofafval en qua kosten steeds zo optimaal mogelijk lijkt.

Aangezien hergebruik aanzienlijk meer CO<sub>2</sub> uitspaart dan inzet als secundaire energiedrager (zie Tabel 12) is het de vraag of men in Nederland geen significante reducties van CO<sub>2</sub>-emissies laat liggen door zich te richten op inzet als secundaire brandstof.



## 7.4 Uitwerking, vergelijking van opties

Om zicht te krijgen op de vraag of er kansen op vergaande reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie per ton huishoudelijk kunststofafval blijven liggen zijn twee uitersten bestudeerd:

- een route met maximale inzet als secundaire brandstof;
- een route met maximale mechanische recycling en productie van dikwandige producten.

Hieronder is een korte beschrijving van beide routes gegeven. Een uitgebreidere beschrijving is gegeven in Bijlage C. Per route is steeds de uitwerking beschreven en zijn kosten, CO<sub>2</sub>-emissies en massabalans gegeven.

### **Maximale productie van secundaire brandstoffen**

De eerste route betreft een situatie waarin de huidige ontwikkeling van het Nederlandse overheidsbeleid ten aanzien van huishoudelijk kunststofafval is vertaald in het volledig nascheiden van grijs huishoudelijk afval met het oog op de productie van secundaire brandstoffen. De beleidsontwikkeling is daarbij voor huishoudelijk kunststofafval tot in het extreme doorgetrokken naar zoveel mogelijk afscheiden. De gehanteerde scheidingstechnieken zijn niet alleen de gangbare windzifters, maar ook de Autosort techniek van Sortech, een techniek gebaseerd op materiaalherkenning op basis van lichtspectra.

### **Maximale mechanische recycling en productie van dikwandige producten**

De tweede route betreft een situatie waarin een met het DSD-systeem vergelijkbaar systeem wordt geïntroduceerd in Nederland. Daarbij wordt een fractie waardevolle componenten apart ingezameld en gescheiden ten behoeve van hergebruik. De fractie bestaat uit plastic verpakkingen (folie, flacons, kuipen, etc.), drankenkartons en metalen verpakkingen (PMD-fractie).

Bij scheiding worden grote folie, flacons en zuivelbekers afgescheiden ten behoeve van herverwerking. Van deze producten is bewezen dat ze voldoende zuiver kunnen worden afgescheiden. Aangenomen is dat andere kunststof verpakkingen niet voldoende zuiver kunnen worden afgescheiden, maar wel kunnen worden verwerkt tot dikwandige producten. Deze optie lijkt iets beter te scoren dan bijstoken. Het betreft zowel kleine folie (< 180 mm) als de overige rigids. Een klein deel van het kunststofmateriaal in de PMD-fractie belandt in een in AVI's verwerkte restfractie.

Voor de verwerking van het overblijvende grijze huisvuil zijn twee opties meegenomen:

- integraal verbranden in een AVI;
- scheiding ten behoeve van de productie van secundaire brandstoffen.

### **AVI als Referentie**

Naast beide alternatieven is als referentiepunt voor kosten en CO<sub>2</sub>-emissies ook verbranding in een AVI beschouwd. Dit zal voor huishoudelijk kunststofafval in het LAP worden aangemerkt als de minimumstandaard voor de verwerking van huishoudelijk kunststofafval.

Verbranding in een AVI kost circa *f* 200,-/ton grijs huisvuil. Bij toerekening op basis van stookwaarde bedragen de kosten circa *f* 615,- per ton huishoudelijk kunststofafval. Verbranding in een AVI geeft een bruto CO<sub>2</sub>-emissie van circa 2.340 kg/ton (inclusief bijdrage SCR) en een netto emissie van 1.130 kg/ton. Het netto elektrisch en thermisch rendement voor ver-

branding in een AVI bedragen respectievelijk circa 21% en 6%. Conform de methodiek uit het Nationale CO<sub>2</sub>-reductieplan is aangenomen dat afzet van elektriciteit door AVI's leidt tot uitsparing van elektriciteitsproductie door een moderne STEG ( $\eta_e = 54\%$ ). Afzet van warmte spaart ruimteverwarming middels een HR-ketel uit ( $\eta_{th} = 99\%$ ).

#### 7.4.1 Resultaten CO<sub>2</sub>-netto score kunststofafval

Tabel 13 geeft een globale massabalans over de drie beschouwde routes. Bij volledig nascheiden van integraal ingezameld grijs huishoudelijk afval wordt circa 55% van het kunststofmateriaal in het afval afgescheiden als onderdeel van de secundaire brandstof.

Bij maximale mechanische recycling wordt circa 50% van het huishoudelijk kunststofafval in de PMD-fractie aangeboden. Hiervan wordt 47% mechanisch gerecycled of verwerkt tot dikwandige producten en wordt 3% alsnog in een AVI verbrand. Van de overige 50% van het kunststofafval uit huisvuil kan in principe nog eens 28% worden afgescheiden als onderdeel van een secundaire brandstof.

Tabel 13 Opbrengsten aan deelfracties voor de beschouwde verwerkingsscenario's

	maximale inzet als secundaire brandstof	maximale recycling	
		integraal verbranden grijs huisvuil	nascheiding grijs huisvuil
naar mechanische recycling			
- grote folie		13%	13%
- flacons		5%	5%
- zuivelbekers		3%	3%
verwerkt tot dikwandige producten		26%	26%
in secundaire brandstof	55%		28%
naar AVI	45%	53%	25%
	100%	100%	100%

#### 7.5 CO<sub>2</sub>-netto resultaat drie scenario's

In Tabel 14 zijn de kosten en netto CO<sub>2</sub>-emissies van de verschillende scenario's naast elkaar gezet.

Wat opvalt is dat het scenario 'maximale recycling' eigenlijk geen reductie van de netto CO<sub>2</sub>-emissie per ton kunststofafval geeft ten opzichte van het scenario 'maximale inzet als secundaire brandstof', wanneer geen nascheiding van grijs huisvuil plaatsvindt. Daartegenover staat dat de kosten (bij de gehanteerde berekeningsmethodiek) ongeveer verdrievoudigen. Omgerekend bedragen de CO<sub>2</sub>-bestrijdingskosten circa  $f$  320 / ton CO<sub>2</sub>.

De gepresenteerde waarde voor de CO<sub>2</sub>-balans heeft overigens betrekking op de aanname dat kunststof paaltjes 4 maal zo lang meegaan als de betonnen variant. Bij een vergelijkbare levensduur wordt de waarde van de CO<sub>2</sub>-balans 611 kg CO<sub>2</sub>/ton, hoger dan bij maximale productie van secundaire brandstoffen. In dat geval wordt dus geld voor niks uitgegeven.





Tabel 14 Bruto CO<sub>2</sub>-balans voor maximale productie secundaire brandstof en maximale herverwerking vergeleken

	integraal verbranden in AVI	maximale inzet als secundaire brandstof	maximale recycling	
			integraal verbranden grijs huisvuil	nascheiding grijs huisvuil
CO <sub>2</sub> emissie totaal [kton]	752	197	208	-66
CO <sub>2</sub> -emissie (kg/ton)	1.568	410	434	-138
kosten (NLG/ton)	200	235	563	584
CO <sub>2</sub> -betsrijdingskosten (NLG/ton CO <sub>2</sub> )		30	320	225

Wanneer het resterende grijze huishoudelijke afval wel wordt nagescheiden ontstaat een systeem dat duidelijk meer CO<sub>2</sub> uitspaart dan bij maximale productie van secundaire brandstoffen. Het systeem is alleen nog steeds 2½ maal duurder dan integraal verbranden in een AVI en maximale productie van secundaire brandstoffen. De CO<sub>2</sub>-bestrijdingskosten zijn vergelijkbaar met de marginale bestrijdingskosten voor huishoudens. De gegeven waarde heeft weer betrekking op de aanname dat kunststof paaltjes 4 maal zo lang meegaan als de betonnen variant. Bij een vergelijkbare levensduur wordt de waarde van de CO<sub>2</sub>-balans 39 kg CO<sub>2</sub>/ton. Dat is nog steeds aanzienlijk minder als gerealiseerd kan worden bij maximale productie van secundaire brandstoffen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat er inderdaad weinig spanning is tussen hergebruik en inzet als brandstof. Mechanische recycling zelf levert niet genoeg op maar kost wel veel geld. Alleen bij een combinatie van beide opties wordt tegen nog enigszins acceptabele kosten een aanzienlijke reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie per ton huishoudelijk kunststofafval gerealiseerd.

Maximale productie van secundaire brandstoffen aan de andere kant is op zichzelf wel een optie die tegen zeer acceptabele kosten een aanzienlijke reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie per ton huishoudelijk kunststof afval geeft.

Een mogelijkheid, die in deze studie niet is beschouwd, is het inzetten van kleine folie en overige rigids als secundaire energiedrager. Deze optie geeft echter geen hogere reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie per ton kunststofafval, wanneer kunststof paaltjes inderdaad 4 maal langer meegaan dan betonnen exemplaren.



## 8 Conclusies en ideeën voor beleid

Voor het formuleren van ideeën van beleid wordt per stroom een aantal aspecten uit de eerdere hoofdstukken kort herhaald. Daarna worden conclusies en aanbevelingen gepresenteerd in dit hoofdstuk.

### 8.1 Afvalhout

Verschuiving van stort naar energietoepassing levert een substantiële CO<sub>2</sub>-emissiereductie op. Verschuiven van de spaanplaatindustrie naar energietoepassing levert een duidelijke toename van de netto CO<sub>2</sub>-emissie op.

Het Nederlandse stortverbod voor brandbaar afval staat vooralsnog uitzonderingen toe waardoor er nog enkele honderden tonnen afvalhout gestort worden. De steeds hogere stortbelasting maakt dit steeds minder aantrekkelijk. In concept stukken van het landelijk afvalstoffenplan wordt verwacht dat er na 2005 vrijwel geen brandbaar afval meer gestort zal worden. Ombuigen van 100 kton afvalhout van stort naar energie levert een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van ook ongeveer 125 kton.

De 600 kton afvalhout die nu naar de spaanplaatindustrie gaat kan een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename veroorzaken van 200 (bijstoken in kolencentrales) à 600 (stand-alone installaties) kton CO<sub>2</sub> per jaar als deze stroom verschoven wordt naar de energiesector.

De financiële stimulansen met als belangrijkste de uitzondering van de REB maken geen onderscheid tussen de toepassing die het afvalhout anders zou krijgen.

#### *Aanbevelingen:*

*Voor de gewenste verschuiving van stort naar energietoepassing van afvalhout is een strenger toepassen van het stortverbod voor brandbaar afval of het verder verhogen van de belasting hierop aan te bevelen. Wel dient voorkomen te worden dat er verschuiving naar stort in het buitenland plaats vindt.*

*Voor het voorkomen van het schuiven van hout van de spaanplaatindustrie naar de energiesector is een aantal mogelijkheden voor handen:*

- A Verlagen of afschaffen REB uitzondering voor hout dat ook bruikbaar is voor herverwerking.*
- B Opnemen van herverwerking als minimum standaard in het Landelijk Afvalbeheersplan (LAP) voor schoon afvalhout*
- C Invoeren van een Regulerende Materiaal Belasting waarop met uitzondering voor materialen op basis van kort cyclisch biologisch materiaal.*

*Optie A richt zich op het bestaande probleem maar heeft het nadeel dat erg specifiek en misschien lastig handhaafbaar is. Optie B sluit aan bij methodiek van het LAP waarin voor verschillende materialen minimum standaarden worden aangegeven welke in de praktijk gaan functioneren als wet.*

*Optie C is een wat langere termijn optie die hieronder verder uitgewerkt wordt.*

## 8.2

### Kippenmest

Bijstoken van kippenmest in een kolencentrale levert onafhankelijk van de alternatieve verwerking van kippenmest een duidelijke netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie. Een stand-alone installatie levert alleen bij het afnemen van mest dat anders als ruwe mest gebruikt was of thermisch gedroogd zou zijn een netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie op. Een stand-alone installatie scoort een netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie van nul als de mest anders door middel van staldroging gedroogd was (de belangrijkste verwerkingstechniek nu (75%)). Als mest wordt afgenomen die anders gecomposteerd was wordt het netto CO<sub>2</sub>-effect van een stand-alone installatie negatief. Warmte leveren geeft een relatief beperkte verbetering van de score van een stand-alone installatie.

De milieubeweging staat op het standpunt dat een deel van de fossiele energie benodigd voor het groeien van de kippen aan de mest moet worden toegerekend. Dit heeft effect op het bruto CO<sub>2</sub>-effect maar geen effect op het netto verschil met herverwerking. De conclusies zijn hiermee niet afhankelijk van deze discussie.

#### *Aanbeveling:*

*Inzet voor energie van via staldroging voorbereide mest levert in een stand-alone installatie als gepland op de Moerdijk en in Apeldoorn geen netto CO<sub>2</sub>-winst op. Het ligt daarmee voor de hand om dergelijke projecten geen duurzame energie status te geven en niet te financieren met geld bedoeld voor duurzame energie (REB-teruggaaf) of CO<sub>2</sub>-emissiereductie. Dan kan dat geld effectiever worden ingezet. Mits voorzien van redelijke rookgasreiniging gaat het om een vorm van afvalverwerking die milieukundig vergelijkbaar scoort als hergebruik in de landbouw. Zonder duurzame energiestatus zouden beide opties allebei een plek op markt kunnen krijgen.*

*Inzet in kolencentrale levert wel CO<sub>2</sub>-netto winst op maar deze is per kWh ongeveer de helft lager dan die van windmolenprojecten en PV-projecten (0,45 kg versus 0,85 kg CO<sub>2</sub> per kWh aangenomen dat wind en PV ook kolen verdringen). Hier zou een halve REB uitzondering zo als ook bij AVI's worden toegepast op zijn plaats zijn.*

## 8.3

### Ingezameld papier

Inzet van ingezameld papier voor energie zorgt voor een toename van de netto CO<sub>2</sub>-emissie als papierfabrieken daardoor noodgedwongen meer houtpulp gaan gebruiken. Als al het in Nederland ingezameld papier (1.150 kton per jaar) naar energie zou gaan geeft dit een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename van 700 kton a 1,4 Mton. Alleen als de inzet van papier voor energie gecombineerd wordt met meer inzameling van papier is er een netto CO<sub>2</sub> emissiereductie omdat er dan sprake is van een verschuiving van AVI of stort naar energieconversie met een hoger rendement. Om dit te bereiken ligt het meer voor de hand om beleid op stort of inzameling te voeren.

Ook voor papier geldt net als bij kippenmest dat de milieubeweging oud papier niet als CO<sub>2</sub>-neutraal ziet. Dit heeft echter geen effect op het verschil in energietoepassing en herverwerking en dus ook niet op het netto CO<sub>2</sub>-emissieverschil.

Voor materialen als papierslib dat niet meer bruikbaar is voor herverwerking is energietoepassing wel een te overwegen optie.



*Aanbeveling: Aangezien het CO<sub>2</sub>-netto effect van oud papier inzet recycling van papier groter is dan van inzet voor energie wordt geadviseerd de inzet van ingezameld oud papier voor energie niet te stimuleren en dus de REB teruggaaf voor deze stroom niet te laten gelden. Verder verhogen van het inzamelpercentage en het voorkomen van stort van papier zijn wel activiteiten die een emissiereductie van CO<sub>2</sub> bewerkstelligen. De energiesector kan wel een CO<sub>2</sub>-eductie bewerkstelligen door papier te laten afscheiden uit huishoudelijk afval en dit in te zetten voor energie (zoals bijvoorbeeld papier en kunststof in het subcoal project). Dan treedt er een verschuiving van AVI naar e-sector op wat resulteert in een netto CO<sub>2</sub>-winst.*

#### **8.4 Kunststof**

Voor kunststof is gekeken naar kunststof dat nu vrijkomt als ongescheiden afval van huishoudens. Voor kunststof afval van niet huishoudens is uit andere studies duidelijk dat afscheiding en mechanische recycling de voorkeur verdient. Hier zijn industrie en milieubeweging het redelijk over eens.

Voor kunststof van huishoudens is een vergelijking gemaakt tussen maximaal inzamelen en herverwerken zoals in Duitsland beoogd wordt of het maximaal inzetten als secundaire brandstof waar het Nederlands zich op te lijkt gaan richten.

Het CO<sub>2</sub>-netto resultaat van maximaal recyclen of van maximaal inzetten als brandstof is vrijwel gelijk. De kosten per ton CO<sub>2</sub> van maximaal recycling zijn echter tien maal hoger dan van toepassing als brandstof. De combinatie van beide technieken scoort het beste qua CO<sub>2</sub>-netto resultaat tegen een kostprijs van 225 gulden per ton CO<sub>2</sub>. Dit is lager dan de indirecte subsidie van 300 f/ton CO<sub>2</sub> die de overheid nu uitgeeft aan groene stroom voor huishoudens.

##### *Aanbeveling*

*Een combinatie van inzameling van alleen de interessante kunststoffen voor herverwerking bij huishoudens en het mechanisch nascheiden van de restafval waaruit kunststof in kolencentrales wordt bijgestookt levert het beste CO<sub>2</sub>-netto resultaat tegen redelijke kosten (parallel aan consumentbond oordeel: beste uit de test). Relatief goedkoop en met een redelijke CO<sub>2</sub>-netto resultaat is alleen het nascheiden van afval en het inzetten daarvan als brandstof. Omdat kunststof inzet voor energie niet gesubsidieerd wordt is er geen sprake van scheve markt voor herverwerking en energie zoals bij papier en kippenmest.*

#### **8.5 Problematische stromen voor energietoepassing**

Uit de discussies in de begeleidingscommissie en de analyse van een aantal stromen komen dus de volgende stromen naar voren waarbij energietoepassing duidelijk niet de voorkeur verdient:

- resthout uit de houtindustrie;
- A en B- afvalhout geschikt voor plaatmateriaalproductie;
- ingezameld oud papier;
- kunststof geschikt voor mechanische recycling.

Voor kippenmest is herverwerking of inzet in een stand-alone verbrandingsinstallatie ongeveer even goed. Hier ligt subsidiëring van maar 1 van de opties niet voor de hand.

De volgende stromen zijn niet doorgerekend maar kunnen milieukundig waarschijnlijk beter worden herverwerkt dan omgezet in energie. Bij het

overwogen van inzet voor energie zou een netto CO<sub>2</sub>-berekening gedaan kunnen worden om definitief uitsluitsel te geven.

- tapijtafval;
- autobanden;
- producten uit de voeding en genotmiddelen industrie als bijvoorbeeld sojaschroot, aardappelafval etc. geschikt voor veevoer;
- bermgras;
- stro van granen;
- GFT.

Andere stromen als bijvoorbeeld rioolzuiverings- en papierslib waar geen herverwerkingsopties voor zijn geven een CO<sub>2</sub>-emissiereductie bij inzet als energie. Hierbij is het wel zaak dat er met een goede rookgasreiniging voorkomen wordt dat er een onevenredig grootte afwenteling plaats vindt op ander milieuproblemen.

## 8.6 Hoofdconclusie

De vraag of er afvalstromen zijn die misschien voor energie gaan worden ingezet waarvan het CO<sub>2</sub>-netto effect negatief moet helaas bevestigend worden beantwoord: Uit dit onderzoek komen de volgende cases naar voren:

- 1 De 600 kton afvalhout die nu naar de spaanplaatindustrie gaat kan een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename veroorzaken van 200 (bijstoken in kolencentrales) à 600 (stand-alone installaties) kton CO<sub>2</sub> per jaar als deze stroom verschoven wordt naar de energiesector.
- 2 Als de 3.500 kton kippenmest die nu met staldroging wordt voorbereid verstoekt wordt in stand-alone installaties zonder warmte afzet dit een CO<sub>2</sub>-emissietoename van 100 kton ten opzichte van afzet in de landbouw.
- 3 Als al het in Nederland ingezameld papier (1.150 kton per jaar) naar energie zou gaan geeft dit een netto CO<sub>2</sub>-emissietoename van 700 kton à 1,4 Mton.

Totaal zouden deze verschuivingen dus maximaal een toename van de netto CO<sub>2</sub>-emissie van 2 Mton CO<sub>2</sub> per jaar kunnen veroorzaken. Als al deze stromen bovendien gesubsidieerd gaan worden als groene stroom met ongeveer 16 cent per kWhe subsidie en belastingkorting dan zou dit de Nederlandse overheid nodeloos een half miljard gulden per jaar kunnen kosten<sup>5</sup>. Deze verschuivingen zouden natuurlijk het liefst voorkomen moeten worden. De in dit hoofdstuk gepresenteerde aanbevelingen spelen hier op in.

Voor een aantal cases geeft energietoepassing ongeveer een gelijk CO<sub>2</sub>-netto resultaat. Het gaat hierbij om:

- 1 Het verschuiven van 400 kton afvalhout dat nu in buitenland voor energie wordt ingezet naar Nederlandse energietoepassing.
- 2 Het nascheiden van kunststof uit huisvuil voor energietoepassing.
- 3 Het verstoffen van mest in een stand-alone installatie die naast elektriciteit ook warmte nuttig afzet.

Voor deze verschuivingen geldt dat subsidiering hiervan niet zinvol is.

---

<sup>5</sup> 9 PJ afvalhout, 24 PJ kippenmest en 15 PJ papier geven bij met stand-alone installatie met een rendement van 25% (worst case voor CO<sub>2</sub> netto resultaat) 3,3 miljard kWhe. Met 16 cent/kWhe subsidiëren van al deze stroom kost 533 mln gulden per jaar = 240 mln euro per jaar.



Voor een aantal cases geeft energietoepassing een beter CO<sub>2</sub> netto resultaat. maar is dit per kWhe duidelijk minder dan duurzame energieopties als windenergie en zonne-energie. Het gaat dan bijvoorbeeld om:

- 1 Het bijstoken van kippenmest in een kolencentrale. (van herverwerking naar kolencentrale).
- 2 Het verbranden van nagescheiden papier uit de afvalsector (van AVI naar kolencentrale).

Het is te overwegen om ook voor stromen die wel een CO<sub>2</sub>-netto winst geven de financiële stimulans afhankelijk te maken van de netto CO<sub>2</sub>-emissiereductie per kWhe. Kippenmest en uit huisvuil afgescheiden papier ingezet in een kolencentrale zijn voorbeelden van afval techniek combinaties die per kWhe ongeveer de helft van de CO<sub>2</sub>-emissiereductie bereiken als die van een windmolen. Dit sluit aan bij ideeën over de labelling van elektriciteit qua milieuprestatie

*Algemene aanbevelingen:*

*Regulerend materiaalbelasting*

- *Voor de REB werkt marktverstoring voor stromen die zowel ingezet kunnen worden voor duurzame energie als voor recycling. Overwogen zou kunnen worden om parallel aan de REB een Regulerend Materiaal Belasting (RMB) te ontwikkelen. Op basis van het klimaat-effect van materialen eventueel aangevuld met informatie over toxische emissies en finaal afval zou deze RMB geheven kunnen worden over alle belangrijke materialen in de Nederlandse economie. Net als de uitzonderingen voor duurzame energie voor de REB zou recycling uitzonderingsposities moeten krijgen voor deze RMB. Hiermee zou het evenwicht tussen de stimulering van energietoepassing van afval en herverwerking hersteld kunnen worden.*
- *Opname van recyclingprojecten van kunststof (en eventueel andere materialen) in de groenfinanciering en de subsidie mogelijkheden in het kader van klimaatbeleid (bijvoorbeeld in het kader van het CO<sub>2</sub>-reductieplan).*
- *Het stortverbod op brandbaar afval kan worden uitgebreid met een stortverbod voor te recyclen materiaal*
- *Voor opties waar gebruik gemaakt wordt van nieuw hout is cruciaal wat het netto CO<sub>2</sub>-effect van bosbouw voor energieproductie is. Dit zou ook verder onderzocht kunnen worden.*





## 9 Literatuurlijst

- [AOO96] Driessen, I., Houtafval, een apart geval  
Afval Overleg Orgaan,  
Utrecht, juni 1996
- [BMA01] Telefonisch gesprek met Projectbureau BMA
- [BMA99] Informatieset Verwerking en Export Pluimveemest",  
Projectbureau BMA, 1999
- [BMA99b] Jaarverslag 1999, Stimuleringsprogramma bevordering mest afzet, BMA
- [BTG95] Wasser, R., e.a., Foreign wood fuel supply for power generation in the  
Netherlands, BTG, Novem/FAO, Enschede, August 1995
- [CE01] Naar bespreking met ir. J. Vroonhof van CE
- [CE00] Normstelling voor biomassa; de kosteneffecten en milieueffecten van het  
voorgenomen emissiebeleid voor biomassa  
H.J. Croezen (CE), W. Ruijgrok (KEMA), G.C. Bergsma (CE)  
CE, Delft, 2000.
- [CE00b] Bello, O, G. Bergsma  
Een milieuvergelijking van kippenmest  
CE 2000
- [CE00c] Croezen, H.J., G. Bergsma  
Subcoal milieukundig beoordeeld  
CE 2000
- [CE99a] Bergsma, G.C., e.a., Beperking van emissie naar de lucht bij conversie van  
biomassa naar elektriciteit en warmte  
CE, Delft, 1999
- [CE99b] Bergsma, G.C., e.a., Koppeling NO<sub>x</sub>-emissie-eisen aan het rendement van  
bio-energieconversie  
CE, Delft, 1999
- [CE99c] Bergsma, G.C., Spaanplaatproductie in Italië uit Nederlands afvalhout  
milieukundig beoordeeld,  
CE, Delft, november 1999
- [CE99d] Bergsma, G., H.J. Croezen, N. Manderveld  
Koppeling NO<sub>x</sub>-emissie-eisen aan het rendement van bio-energieconversie  
CE, 1999
- [CE97] Bergsma, G.C., H. Sas, Een afweging van energetische benutting versus  
materiaalhergebruik van afvalhout  
CE, Delft, Novem, 1997
- [CE97b] Vroonhof, J.T.W., H.J. Croezen en G.J. de Weerd  
Scheiding van Bouwafval, onderzoek naar milieu en kosteneffecten van ver-  
wijderingsalternatieven van bouwafval  
CE, Delft, 1997

- [CE97c] Wit, R.C.N., G. de Weerd, H. Sas  
Milieubeoordeling van kleinschalige mestverwerkingstechnieken  
CE 1997
- [CE96] Vroonhof, J.T.W., H.J.W. Sas en G.C. Bergsma  
Financiële waardering van de milieu-effecten van afvalverbrandingsinstallaties  
in Nederland,  
CE, Delft, 1996
- [CE96b] Rooijers, F.J., J. Verlinden, S.H. Moorman  
Warmte in de aanbidding  
CE 1996
- [CE94] Sas, H., e.a., Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van  
milieu-effecten en kosten, CE, Delft, september 1994
- [CE/HI94] Kreuzberg, G., e.a., Verwijderingsalternatieven voor bouwafval: kosten,  
energieproductie en grondstofgebruik,  
CE, Hibiin, Delft, 1994
- [CEPI01] naar de European waste paper List van de CEPI
- [CML95] Huppes, G., Inzage in proefschrift in voorbereiding,  
Leiden, 1996
- [ECN96] M. de Boer, J. van Doorn  
Inventarisatie van vaste industriële reststromen uit de voedings- en genots-  
middelenindustrie  
ECN, Petten, 1996
- [ECN95] J. van Doorn, R. van Ree  
De inzet van oud papier binnen de energievoorziening via vergassing  
ECN, Petten, 1995.
- [FNOI] FNOI
- [HEK00] Hekkert, M.P., L.A.J. Joosten, E. Worrel  
Analysis of the paper and wood flows in The Netherlands  
2000
- [INN95] M.T. Oudkerk, F.R. van Galen  
Onderzoek naar de energiewinning uit bermgras  
Innogas, Gorichem, september 1995.
- [IVAM93] Kortman, J.G.M. en R.G. Lim, Minimalisering van de milieubelasting van niet  
dragende binnenwanden in de woningbouw  
IVAM, Amsterdam, 1993
- [KEMA96] M.L. Beekes et al  
Bijstoken van geïmporteerde biomassa uit Estland in de Centrale Maas-  
vlakte (EZH) en de Centrale Borssele (EPZ): economische haalbaarheid  
KEMA, Arnhem, 16 oktober 1996.
- [KEMA95] Bestebroer, S.I., Energiewinning uit biomassa,  
Arnhem, mei 1995



- [LEI01] Telefonisch verstrekte informatie van de heer Bolhuis (LEI)
- [LMO90] Haakman, K., Ecologisch bouwen, wonen en werken, Landelijk Milieu, Utrecht, 1990
- [LNV] Mest en een schone milieu", brochure van de Directie Landbouw, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
- [NOV00] C.J.G. van Halen, E. Hanekamp, O. van Hilten, J.A. Zeevalkink Marsroutes voor elektriciteit- en warmteopwekking uit afval en biomassa (rapport 2EWAB00.20) Novem EWAB, Utrecht, december 2000.
- [NOV99] R.A.P.M. Weterings et al Beschikbaarheid van afval en biomassa voor energieopwekking in Nederland Novem, Utrecht, december 1999.
- [NOV99b] Beschikbaarheid van afval en biomassa voor energieopwekking in Nederland Novem, december 1999
- [OCFBE01] Dijkgraaf, Aalbers, Varkevisser Afvalprijzen zonder grens OCFEB 2001
- [REIJ01] Reijnders, L. Is hout verbranding kooldioxide-neutraal? *Lucht*, Maart 2001
- [SBH95] Sikkema, R., Naar een betere (afval)benutting in 2000; Actualisatie van resthout en oud hout in Nederland 1993 - 2000 Stichting Bos en Hout, Wageningen, 1995
- [SBH94] Sikkema, R., e.a., Bossen en Hout op koolstofbalans, Stichting Bos en Hout, Wageningen, juli 1994
- [SBH01] Bos en Hout berichten nr. 3 2001 over afval en resthout Smulders, 2001
- [SBR96] SBR, Bouw en sloopafval praktijkboek SBR, Ten Hagen Stam, Den Haag, 1996
- [SPPA93] Thorén, A., e.a., The forest cycle, piece by piece, Swedish Pulp and Paper Association, Stockholm, 1993
- [TNO95] Eggels, P.G., e.a., Milieu-effecten van de energiewinning uit (afval)hout, TNO, Apeldoorn, april 1995
- [TUD88] v.d. Broek, C., Milieueffecten van bouwmaterialen TU Delft Studiegroep stadsontwerp en milieu, Delft, 1988
- [UVA94] Fraanje, Lafleur Verantwoord gebruik van hout in Nederland IVAM Environmental Research, UvA, 1994

- [UVA90] Fraanje, P., e.a., Minimalisering van milieubelasting in de woningbouw  
IVM UVA / TUE,  
Amsterdam, 1990
- [VAOP01] [www.vaop.nl](http://www.vaop.nl)
- [vHA92] Heijningen, R.J.J. van, e.a. Energiekentallen in relatie tot preventie en  
hergebruik van afvalstromen, Van Heijningen Energie en Milieuadvies
- [VNP01] [www.papierinfo.nl](http://www.papierinfo.nl) en telefonisch gesprek met VNP
- [VNP00] Jaarverslag 2000  
Vereniging van Nederlandse Papier- en kartonfabrieken (VNP)
- [VNP99] VNP jaarverslag 1999



**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
tel: 015 2 150 150  
fax: 015 2 150 151  
e-mail: ce@ce.nl  
website: www.ce.nl

## **De netto CO<sub>2</sub>-emissie van hergebruik en energieproductie uit afval vergeleken**

Bijlagen

### **Rapport**

Delft, juli 2001

Opgesteld door: Geert Bergsma  
Harry Croezen  
Olivier Bello





# A Berekeningen Kippenmest

## A.1 Huidige hoeveelheden kippenmest

De mestproductiecapaciteit wordt bepaald door de veestapel en de mestproductie per dier. De geproduceerde mest wordt zoveel mogelijk afgezet op het eigen bedrijf binnen de door de wetgeving gestelde normen. Het resterende deel, de *niet-plaatsbare mestproductiecapaciteit* op het eigen bedrijf, wordt in bewerkte of onbewerkte vorm afgezet op de mestmarkt. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat *kippenmest* uit een menging van legghennen- en vleeskuikenmest bestaat, in een verhouding van 25/75. Het droge stofgehalte van deze mest, zonder verder bewerking (ruwe mest, inclusief dus eventuele zaagsel van uit de stal) is circa 22%. Deze karakteristieken worden vervolgens in de rest van deze studie begrepen onder term *ruwe kippenmest*. Er zijn drie afzetkanalen mogelijk voor deze kippenmest:

- Directe aanwending van het overschot ruwe (onbewerkte) kippenmest na afvoer naar binnenlandse tekortgebieden. Kippenmest wordt dan met water verdund en over de grond besproeid.
- Ver-/ bewerkte kippenmest wordt gebruikt als vervanger van kunstmest en vermijdt de directe aanwending van onbewerkte kippenmest op de binnenlandse landbouwgrond. Dit wordt echter in Nederland vrijwel niet toegepast, ondanks een duidelijk beleid om mestverwerkingstechnieken te promoten. Verwerkte mest wordt vervolgens grotendeels geëxporteerd. De enige uitzondering is de bewerking "staldrogen" die vrijwel standaard ter plekke op de pluimveehouderij toegepast wordt.
- Onbewerkte en be- of verwerkte kippenmest wordt naar het buitenland afgevoerd (export). In het geval van export van be-/verwerkte kippenmest wordt uitgegaan van terugdringing van kunstmest en vermijden van aanwending van ruwe mest, zoals in de Nederlandse situatie. De be-/verwerkingstechnieken die voor kippenmest gelden zijn: staldrogen, composteren en thermisch drogen (ter fabricage van de mestkorrels).

In Tabel 15 zijn de cijfers voor de werkelijke hoeveelheden meststoffen en mestproducten gepresenteerd die op de markt per jaar gebracht worden. Het gaat dus om de hoeveelheden van *eindproducten*, d.w.z. dat ze gebonden zijn met het droge stofgehalte (% ds). De percentages die < 1% worden op nul afgerond.

Tabel 15 Hoeveelheid per jaar op de markt gebrachte mestproducten (kton)

Hoeveelheden in kton/jaar (1999)*	in binnenland	export				Totaal	
		Duitsland	Frankrijk	België	Overig	werkelijk op de markt afgezet	afzet voor 22% ds
ruwe mest (22%ds)	401	10	0	60	0	471	471
be-/verwerkte mest							
<i>staldrogen</i> (55%ds)	1.426	180	70	0	0	1.676	4.190
<i>composteren</i> (65%ds)	0	10	30	0	0	40	118
<i>thermisch drogen</i> (80%ds)	0	12	15	0	43	70	255
	<b>binnenland</b>	<b>export</b>					<b>Totaal afzet</b>
<b>totaal afzet (22%ds)</b>	<b>3.966</b>	<b>1.068</b>	--	--	--	--	<b>5.034</b>

\* op basis van eigen berekening uit gegevens opgenomen [BMA, 1999]

\*\* waarvan 50% in de Midden-Oosten

## A.2 Aanpak energiescenario's

### Scenario Bijstoken

Voor de kolencentrale wordt uitgegaan van de volgende eigenschappen:

Brandstof: kolen

$\eta_e = 41\%$  ( $\eta_e$  is het elektrische rendement)

CO<sub>2</sub>-emissies: 0,846 kg/kWh (ofwel 94 kg/GJ<sub>prim</sub>)

Het elektrische rendement  $\eta_e$  is gebaseerd op eigen berekeningen van CE en komt overeen met het gemiddelde elektrische rendement van het Nederlandse energiepark.

### Scenario Elektriciteitslevering

In dit scenario wordt elektriciteit opgewekt met kippenmest. In het kader van de CO<sub>2</sub>-reductieplan van de overheid zal het vergeleken met de opwekking van elektriciteit met een STEG op aardgas. De eigenschappen van beide opties zijn:

kippenmestcentrale:	STEG <sup>6</sup> :
brandstof: kippenmest	brandstof: aardgas
$\eta_e = 25\%$ <sup>7</sup>	$\eta_e = 54\%$
CO <sub>2</sub> -emissies: n.v.t.*	CO <sub>2</sub> -emissies: 0,38 kg/kWh (56 kg/GJ <sub>prim</sub> )

\* De verbranding van kippenmest wordt hier beschouwd als CO<sub>2</sub>-neutraal. Zoals eerder gezegd, neemt de kippenmestoptie echter CO<sub>2</sub>-emissies voor zijn rekening omdat de mest eerst voorgedroogd dient te worden voordat verbrand wordt (energieverbruik van de ventilatoren bij staldroging; komt overeen met 12 kg CO<sub>2</sub>-emissies per ton ingezette ruwe kippenmest). Dit wordt verder in de berekeningen meegenomen.

### Scenario Elektriciteit&Warmte-levering

Dit scenario is een variant van scenario "Elektriciteitslevering". Hier levert de kippenmestinstallatie ook warmte op. De warmteproductie wordt vergeleken met de productie van een CV-ketel. De elektriciteitsproductie wordt nog steeds vergeleken met de productie van een STEG zoals hierboven beschreven. De eigenschappen van de verschillende opties zijn:

kippenmestcentrale:	STEG:
brandstof: kippenmest	brandstof: aardgas
$\eta_e = 20\%$ $\eta_{th} = 41\%$	$\eta_e = 54\%$ ( $\eta_{th} = 0\%$ )
CO <sub>2</sub> -emissies: n.v.t.**	CO <sub>2</sub> -emissies: 0,38 kg/kWh (56 kg/GJ <sub>prim</sub> )

\*\* i.e. vorige scenario

Indien energie door 1 ton ruwe kippenmest (0,36 ton 60%ds-mest) te verbranden opgewerkt wordt, wordt 0,58 GJ<sub>e</sub> en 1,19 GJ<sub>th</sub> bij het bedrijf afgeleverd. Voor dezelfde elektriciteitsproductie zou een STEG (zie hierboven) 1,19 GJ<sub>th</sub> *minder* produceren. De aanname is dat de bij de STEG missende

<sup>6</sup> Volgens CO<sub>2</sub>-reductieplan. Het gaat hier om een STEG met een vermogen van typisch 250 MW<sub>e</sub> waarbij de afzet van warmte vaak niet rendabel is, aangezien de hoeveelheid warmte die afgezet zou moeten worden.

<sup>7</sup> Indien alleen elektriciteit geproduceerd wordt, wordt in deze studie een rendement van 25% gehanteerd i.p.v. 29%.





warmte dan door een CV-ketel op aardgas geproduceerd zou moeten worden, met de volgende eigenschappen:

CV-ketel:

brandstof: aardgas

$\eta_{th} = 99\%$

CO<sub>2</sub>-emissies: 56 kg/GJ<sub>prim</sub>

### A.3 Rekenvoorbeeld bruto CO<sub>2</sub>-emissies

De bruto CO<sub>2</sub>-emissies voor de inzet van kippenmest als energiebron in een kolencentrale (scenario *Bijstoken*) wordt berekend als volgt:

1 ton kippenmest met 22%ds is 0,37 ton mest met 60%ds met een stookwaarde van (ruim) 7,9 GJ<sub>prim</sub>/ton mest. Dit is dus 2,90 GJ<sub>prim</sub>/ton ruwe mest.

Indien 1 ton ruwe kippenmest bijgestookt wordt in een kolencentrale met een uitstoot van 94 kg CO<sub>2</sub>/GJ<sub>prim</sub>, wordt 2,90 GJ<sub>prim</sub> × 94 = 272,6 kg CO<sub>2</sub>/ton ruwe mest emissies door inzet van kolen vermeden. Hieraan moeten echter nog de emissies die gepaard gaan met het voordrogen van kippenmest, worden toegevoegd. Dit komt overeen met 12 kg CO<sub>2</sub>/ton ruwe mest (bewerkingstechniek staldroging).

De (afgeronde) bruto CO<sub>2</sub>-emissies voor het scenario *Bijstoken* zijn dus -260 kg CO<sub>2</sub>/ ton ruwe mest.

### A.4 CO<sub>2</sub>-emissies buiten de e-markt

In dit hoofdstuk wordt de berekeningen voor de CO<sub>2</sub>-emissies buiten de e-markt toegelicht. Deze berekeningen maken gebruik van enkele resultaten van |CE00b|. Deze resultaten worden eerst kort gepresenteerd en worden becommentarieerd. Ze hebben betrekking op het CO<sub>2</sub>-verschil tussen de fabricage en aanwending van kunstmest en het gebruik van kippenmest als meststof. Verzurings- en vermistingseffecten worden voor de berekeningen niet meegenomen en benaderd in de gevoeligheidsanalyse.

#### A.4.1 Overgang van kunstmest naar kippenmest

#### A.4.2 Definities

##### *Kunstmest*

Met de term *kunstmest* wordt in |CE00b| uitgegaan van de volgende samenstelling: 85% stikstofkunstmest (N-kunstmest) en 15% fosfaatkunstmest (P-kunstmest). Deze verhouding komt overeen met de statistieken voor het nutriëntenverbruik (m.b.t. kunstmest) in de Nederlandse akkerbouw voor het jaar 1998 [CBS 2000].

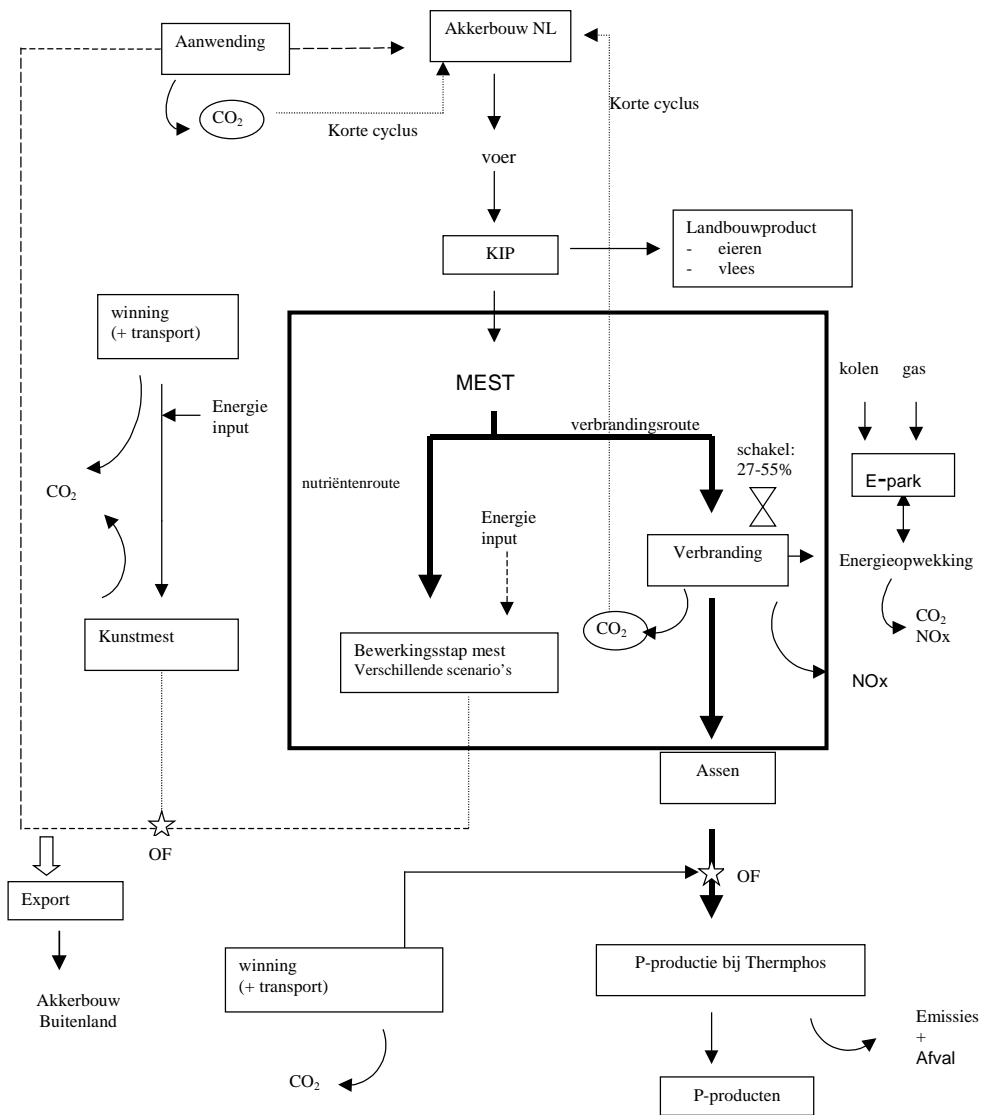
Gezien kunstmest speciaal ontwikkeld is voor een optimale bemesting van de grond en relatief nauwkeurig te monitoren is, wordt uitgegaan van een bemestingsrendement van 100%. De CO<sub>2</sub>-emissies die gepaard gaan met de aanwending van het product op de landbouwgrond worden verwaarloosd ten aanzien van de fabricage-emissies. Emissies die ontstaan door het transport van het kunstmestproduct worden niet meegenomen.

### Kippenmest

Kippenmest is al in A.1 gedefinieerd. Indien kippenmest be- of verwerkt wordt, wordt zoals bij kunstmest energie gebruikt voor het verwerkingsproces. Emissies voor het transport worden niet meegenomen.

In Figuur 5 worden de twee verwerkingsroute voor kippenmest schematisch weergegeven.

Figuur 5 De nutriënten- en verbrandingsroute voor kippenmest



### A.4.3 Afzetkanalen voor kippenmest als mestproduct

Voor nadere beschrijving van de verwerkingsprocessen wordt verwezen naar [CE00b]. In dit hoofdstuk worden de resultaten van [CE00b] kort gepresenteerd.

#### Onbewerkte mest

Het overschot ruwe kippenmest kan direct op de binnen- of buitenlandse landbouwgrond aangewend worden. De samenstelling van de ruwe mest is in de praktijk vaak niet nauwkeurig vastgesteld, en de werkelijke bemesting



van de grond dan moeilijk voorspelbaar. Daarom wordt voor de zekerheid in ieder geval kunstmest aan de grond toegediend. Bij direct gebruik van ruwe mest wordt vervolgens niet uitgegaan van terugdringing van kunstmest. Aanwending van ruwe kippenmest leidt voornamelijk tot verzuring. CO<sub>2</sub>-emissies worden veroorzaakt door transport en spuitmachines bij aanwending.

#### *Be-/verwerkte mest*

Indien kippenmest be- of verwerkt wordt, dan is de bemestingswaarde van de mest verhoogd en kan het met kunstmest concurreren. Afhankelijk van het type behandeling van de mest (staldroging, composteren of thermisch drogen) zal de toegevoegde bemestingswaarde hoger of lager zijn. Composteren en thermisch drogen (ter fabricage van hoogwaardige mestkorrels) zijn de verwerkingen waarvoor kippenmest het beste met kunstmest kan concurreren. Het verdringen van kunstmest gaat gepaard met een reductie van de CO<sub>2</sub>-emissies vanwege de lagere procesenergievraag bij de mestverwerking. Dit geldt voor alle verwerkingstechnieken. Ander voordeel van het gebruik van be-/verwerkte kippenmest in plaats van kunstmest is de reductie van het vermestingeffect (veroorzaakt bij de productie van kunstmest door lekkage van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in de lucht). Nadeel is echter een relatieve versterking van de verzuring vanwege de niet-optimale beschikbaarheid van stikstof in be-/verwerkte kippenmest [zie A.5].

Indien kippenmest geëxporteerd wordt, wordt voor de milieueffecten uitgegaan van dezelfde effecten als in Nederland. Daarnaast komen voor alle situaties de milieueffecten van een eventueel transport van het mestproduct naar de bestemming van zijn afzet. Voor de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies van het transport, wordt uitgegaan van een gemiddelde afstand van 80 km voor het binnenland en 400 km voor de export. Alleen voor de mestkorrels wordt uitgegaan van een gemiddelde afstand van 600 km.

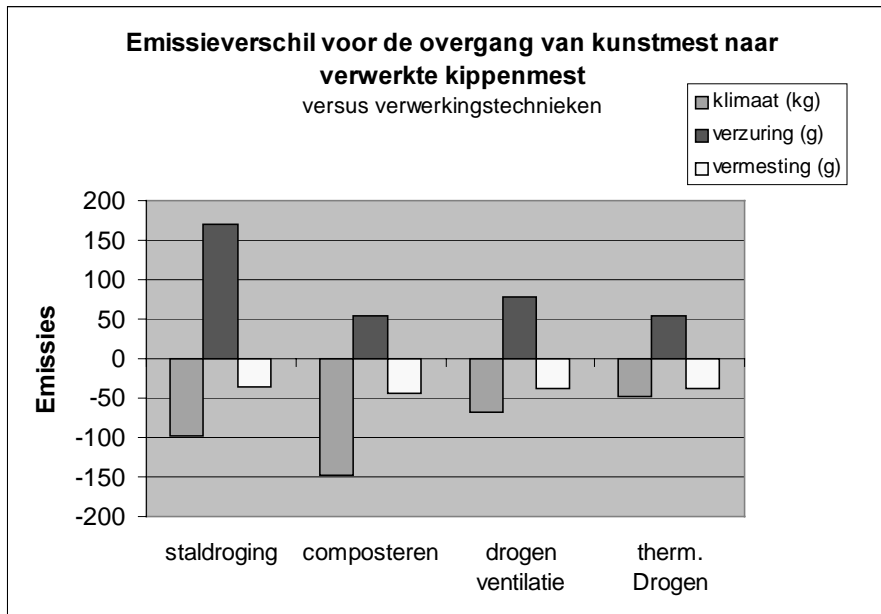
## **A.5 CO<sub>2</sub>-emissies**

De resultaten voor de CO<sub>2</sub>- (en overige) emissies voor de inzet van kippenmest als vervanger van kunstmest zijn in Tabel 16 gepresenteerd. Daar wordt 1 ton kippenmest ingezet als meststof om kunstmest te vervangen. Aan de hand van de bemestingsrendement van het kippenmestproduct (afhankelijk van de verwerkingstechniek) wordt de gelijkwaardige hoeveelheid kunstmest berekend (uit [CE00b]).

Tabel 16 CO<sub>2</sub>-emissies per ton ruwe mest ingezet als vervanger van kunstmest

Overgang van kunstmest naar verwerkte kippenmest (uit 1 ton ruwe mest)	Milieuthema's (emissies in kg)		
	CO <sub>2</sub>	verzuring	vermesting
staldroging	-97	1,7	-0,4
composteren	-149	0,5	-0,4
drogen ventilatie	-68	0,8	-0,4
therm. Drogen	-47	0,6	-0,4

Figuur 6 CO<sub>2</sub>-emissies (kg/ton) per ton ruwe mest ingezet als vervanger van kunstmest



We zien dat alle verwerkingstechnieken een mestproduct leveren dat voordelig kunstmest kan vervangen qua CO<sub>2</sub>-emissie. De aanwending van kippenmest op de landbouwgrond is echter verreweg meer verzurend. Alle typen verwerkte kippenmest scoren beter dan kunstmest voor het milieuthema vermesting.

De aanwending van ruwe kippenmest op de landbouwgrond veroorzaakt 11 kg CO<sub>2</sub> per ton aangewende mest. Indien kippenmest eerst be-/verwerkt wordt en dan pas aangewend, worden deze emissies vermeden.

#### Voorbeeld

Indien 1 ton ruwe mest (22% ds) stalgedroogd wordt en dan ter vervangen van kunstmest wordt aangewend, luiden de CO<sub>2</sub>-emissies:

$$(\text{CO}_2\text{-staldroging}) - (\text{CO}_2\text{-ruwe mest}) = (-97) - (11) = -108 \text{ kg/ton ruwe mest}$$

Voor het geval dat de mest getransporteerd wordt, dient de volgende berekeningen te worden gedaan:

Uitgaand van 0,4 ton stalgedroogde mest getransporteerd over 400 km met als emissies voor transport 0,0913 kg CO<sub>2</sub> per ton.km [CE00b].

$$\begin{aligned} \text{extra CO}_2\text{-transport} &= \text{ton vervoerde mest} \times \text{km afstand} \times \text{kg CO}_2\text{/ton.km} \\ &= 0,4 \times 400 \times 0,091 \\ &= 14,56 \text{ kg (afgerond op 15 kg)} \end{aligned}$$

Totaal CO<sub>2</sub> buiten e-markt voor geëxporteerde kippenmest na staldroging is, uitgegaan dat de staldroging van 1 ton ruwe mest met 22% tot 0,4 ton mestproduct leidt [CE00b]:

$$\begin{aligned} \text{Totaal} &= (-108 \text{ kg/ton ruwe mest}) + 15 \text{ kg/ton ingezette mest} \\ &= -93,4 \text{ kg CO}_2 \text{ per ton ruwe mest (afgerond op -93 kg)} \end{aligned}$$



## A.6 Kostenberekening

De *netto* kosten zijn de kosten die gepaard gaan met het overschalen van kippenmest als mest naar kippenmest als energiebron. Ze worden berekend door de kosten voor de verwerking van kippenmest + transport naar afzetplaats + marktprijs van het mestproduct af te trekken van de kosten voor de productie van energie uit kippenmest. De kosten voor de productie van energie uit kippenmest worden door Stichting DEP verstrekt. Ze zijn inclusief subsidies, investerings- en opwekkingskosten.

Als voorbeeld:

De netto kosten voor de verwerking van ruwe mest tot stapelbare mest, inclusief transport naar Duitsland bedragen 38 - 50 NGL per ton eindproduct (55% ds). Dat is dus 15 - 20 NGL/ton ruwe mest (22% ds).

De kostprijs voor de opwekking van elektriciteit uit kippenmest bedraagt 25 - 35 NGL/ton mest (mest input @ 55% - 60% ds). Er wordt uitgegaan van een gemiddelde kostprijs van 30 NGL/ton mest. Dit komt neer op 11 NGL/ton ruwe mest.

De netto kosten voor het overschakelen van kippenmest als mest naar kippenmest als energie bron is vervolgens  $11 \text{ NGL} - (15 - 20 \text{ NGL}) = -4 \text{ tot } -9 \text{ NGL/ton ruwe mest}$ .

## A.7 Toerekening naar een input van 1 ton ruwe kippenmest

In Tabel 17 zijn alle resultaten van de berekeningen in details gepresenteerd, aangevuld met eigen kostenberekeningen afgeleid uit gegevens van [BMA99].

Tabel 17 Kentallen voor de input van 1 ton ruwe kippenmest ( 22% ds)

Markt	Toepassing	Verwerking	Output (ton)	Kosten verwerking 0 (NGL)	Kosten energie [DEP] (NGL)	Kosten* (NGL)	CO <sub>2</sub> buiten de e-markt 0 (kg)	Energie scenario	CO <sub>2</sub> -bruto (binnen de e-markt) (kg)	CO <sub>2</sub> -netto (kg)
Binnenland	Aanwending van ruwe mest op grond in tekort gebieden	De mest wordt met water verdund tot 15%ds	1,5	10 - 15 + 16 -18 (transport) ≈ 27 - 32	11	-21 à -16	11	Bijstoken	-260	-271
								Electriciteit Elekt&Warmte	-75 -115	-86 -126
	Be-/verwerkte mestproduct	staldroging	0,4	sterk variabel** 13 - 15	11	-4 à -2	-108	Bijstoken	-260	-152
								Electriciteit Elekt&Warmte	-75 -115	33 -7
	composteren	0,3	n.v.t	n.v.t	n.v.t	-160	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
	therm. Drogen	0,2	n.v.t	n.v.t	n.v.t	-58	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
Buitenland	Export	ruwe mest + transport 400 km	1,5	42 - 52	11	-41 à -31	43	Bijstoken	-260	-303
								Electriciteit Elekt&Warmte	-75 -115	-118 -158
								Bijstoken	-260	-167
	Export	staldroging + transport 400 km	0,4	15 - 20	11	-9 à -4	-94	Bijstoken	-260	-167
								Electriciteit Elekt&Warmte	-75 -115	19 -22
								Bijstoken	-260	-111
	Export	compost + transport 400 km	0,3	18 - 20	11	-9 à -7	-150	Bijstoken	-260	-111
								Electriciteit Elekt&Warmte	-75 -115	75 34
Export	thermische drogen + transport 600 km	0,2	16 - 18	11	-7 à -5	-45	Bijstoken	-260	-215	
							Electriciteit Elekt&Warmte	-78 -121	-30 -70	

\* kosten = kosten energieopwekking - kosten verwerking

\*\* de opbrengst kan van -7 / -9 NGL tot -20 / -22 NGL (winter) uitlopen

## A.8 Huidige afzetmarkten

De drie afzetsscenario's die in de vorige paragraaf werden gepresenteerd worden nu t.o.v. de mestmarkt kort in kaart gebracht.

### *Binnenlandse situatie*

Directe aanwending van ruwe en vooral licht bewerkte kippenmest (staldroging) na afvoer naar binnenlandse tekortgebieden is verreweg het meest gebruikte kanaal (zie Tabel 15). Deze mest is immers voor de afnemer goed-



koper dan kunstmest en heeft al zonder grote bewerking een redelijke bemestingswaarde. De marktprijs van ruwe/stapelbare kippenmest is circa -20 cent/kg stikstof (ofwel -10 à -15 NGL/ton mest; d.w.z. dat de afnemer geldt krijgt om de mest aan te wenden) tegen 1,25 NGL/kg stikstof voor kunstmest [BMA01]. Nadeel van ruwe of stapelbare kippenmest is echter dat de benutting van stikstof moeilijker te sturen is dan met kunstmest. In dierlijke mest is dit mineraal immers in ruime hoeveelheden aanwezig, maar niet in de vorm waaraan meteen planten iets hebben. Planten kunnen stikstof alleen opnemen als het gebonden is aan een ander element, bijvoorbeeld zuurstof of waterstof. Bij de bereiding van kunstmest wordt stikstof kunstmatig aan deze elementen gebonden. In verband met onder andere steeds strengere fosfaatnormen wordt deze afzetmarkt in de toekomst beperkt.

In verwerkte kippenmest wordt stikstof door planten makkelijker opneembaar gemaakt. Dit wordt in Nederland voorlopig alleen voor export van de mest toegepast. De relatief dure verwerkingsprocessen afgezet tegen een lage productprijs (concurrentie van ruwe en stapelbare mest qua kosten, concurrentie met kunstmest qua nauwkeurigheid van het mengsel) zijn belangrijke oorzaken hiervan. Ondanks de fosfaatnorm is het dus nog steeds interessant om ruwe kippenmest als meststof in Nederland te gebruiken, en be-/verwerkte kippenmest is financieel alleen aantrekkelijk voor export.

### *Export*

Tot op heden bestaat het grootste gedeelte van de geëxporteerde kippenmest nog uit ruwe en licht bewerkte mest (zie Tabel 15). In 1999 heeft een omslag plaatsgevonden t.o.v. van de periode 1995 t/m 1998, waar de export van dit soort mest drastisch was afgenomen. De export is in het kalenderjaar 1999 met bijna 15% toegenomen t.o.v. 1998. Dit is te danken aan investeringen waardoor grotere afstanden te overbruggen zijn (Oost-Duitsland, Oost-Europa), wat nieuwe afzetmogelijkheden voor ruwe en stapelbare kippenmest heeft geboden [CE00b]. Er bestaan echter nog onzekerheden over de afzetmogelijkheid van kippenmest in het buitenland in een nabije toekomst. Dit heeft onder andere te maken met steeds strengere eisen op veterinair gebied bij de aangifte van een gezondheidscertificaat. Dit heeft wel een remmende werking op de export van dit soort mest. Een intensievere samenwerking met buitenlandse handelspartners lijkt langzamerhand plaats te vinden, waardoor de vergunningsprocedure voor export van ruwe en stapelbare kippenmest in de toekomst worden versoepeld. Bovendien worden de mestverwerkingstechnieken steeds beter waardoor het mestproduct beter gehomogeniseerd wordt en meer garanties biedt. Hiervoor wordt gewerkt aan eventuele afgifte van keurmerken. De belangrijkste afzetmarkten voor deze mest zijn Duitsland en Noord-Frankrijk.

Recent neemt vooral de export naar Frankrijk toe. De Franse wetgeving biedt immers mogelijkheden om dit soort mestproducten af te zetten. De export van gecomposteerde kippenmest naar Frankrijk is in 1999 verdubbeld t.o.v. 1998 [BMA99], [BMA99b]. Met name de huidige kosten- / opbrengstenverhoudingen en de vergunningsprocedure vormen echter in veel gevallen vooralsnog een belemmering om op grote schaal verwerkte kippenmest te exporteren.

Hoog verwerkte kippenmest, met name de mestkorrels, dient apart bekeken te worden. Export van mestkorrels begint namelijk een substantieel deel uit te maken van de totale export van kippenmest (zie Tabel 15). De vraag naar deze soort meststof zal naar verwachting in de komende jaren blijven stijgen. Verre afzetbestemmingen mogen voor dit product benaderd worden, vanwege de relatief hoge bemestingswaarde (competitiviteit van het mestproduct) en het klein gewicht (levert weinig transportproblemen) per hoeveelheid nutriënten van de mestkorrels. De markt in het Midden-Oosten

neemt al de helft van de export van de kippenmestkorrels voor zijn rekening en er zijn opties in Zuid-Amerika en Afrika.





## B Berekeningen gescheiden ingezameld papier

### B.1 Huidige hoeveelheden

Afhankelijk van het beoogde eindproduct wordt het oud papier in het algemeen door de oud papierhandelaar globaal in drie soorten gesorteerd.

Tabel 18 Categorieën gesorteerd oud papier en bestemmingen voor hergebruik

Oud-papiersoort	Eindproduct bij hergebruik van oud papier
(Bijna) wit papier van een goede kwaliteit, zoals: - Kantoorpapier - Printerpapier - Wit cellulosekarton - Onbedrukt grafisch papier (zoals afsnijdsels van drukkerijen)	Schrijfpapier Printer- en kopieerpapier Papier voor drukwerk Sanitair papier, zoals toiletpapier, handdoekjes en keukenrollen
<b>Bont papier</b> , zoals: - Kranten, brochures, tijdschriften - kartondoosjes, vouwkartons - Verpakkingspapier	Krantenpapier Sanitair papier, zoals toiletpapier, handdoekjes en keukenrollen Verpakkingspapier/karton
Kartons (golfkarton, , massiefkarton)	Papieren en kartonverpakkingen Karton

Bron: CEPI

Het gescheiden ingezameld oud papier uit huishoudens behoort tot de tweede categorie, namelijk tot bontpapier.

De twee hoofdroute voor het hergebruik van bontpapier zijn:

- A Het bontpapier wordt gesorteerd om de doosjes eruit te halen en vervolgens gebruikt bij de kranten- en tissue industrie.
- B Het bontpapier wordt zonder sortering ingezet bij de verpakkingsindustrie.

De totale productie van de zogenoemde A-route luidt 583 kton/jaar, waarvan 76% (442 kton) uit krantenpapier bestaat en 24% (141 kton) uit sanitair papier.

Tabel 19 Hoeveelheden door de Nederlandse papierindustrie geproduceerde kranten-, sanitair en verpakkingspapier per jaar (2000)

Eindproduct	Totale productie kton (gew.% <sup>1</sup> )	inzet oud papier in het eindproduct	Verwerker in NL
krantenpapier	442(12,5%)	80%	Parengo B.V.
sanitair papier	141 (4,0%)	circa 100%	Georgia Pacific NL B.V. SCA Hygiene Products Van Houtum
verpakkingspapier/karton	1.964 (55,6%)	100%	o.a.: - SCA Packaging De Hoop B.V. - Kappa Packaging - Smurfit
totale papierproductie in Nederland	3.532 (100%)	gemiddeld 74%	

<sup>1</sup> Over de totale productie van de Nederlandse papierindustrie [VNP00]. Deze cijfers zijn gecorrigeerd op basis van het verschil tussen de productie en de afzet van de papierindustrie (5,6%).

## B.2 Berekeningen CO<sub>2</sub>-bruto (e-sector)

### B.2.1 Aanpak energiescenario's

Dezelfde energiescenario's als voor kippenmest worden hier gehanteerd. Voor de twee scenario's verbranden met alleen elektriciteitsopwekking en verbranden met elektriciteitsopwekking en warmteafzet worden de berekeningen gebaseerd op het voorbeeld van de biomassacentrale te Cuijk.

#### *Scenario Bijstoken*

Technische eigenschappen van de kolencentrale:

Brandstof: kolen

$\eta_e = 41\%$  ( $\eta_e$  is het elektrische rendement)

CO<sub>2</sub>-emissies: 0,846 kg/kWh (ofwel 94 kg/GJ<sub>prim</sub>)

Indien bontpapier bijgestookt wordt, zal het kolengebruik verminderen. Er wordt aangenomen dat het rendement van de kolencentrale niet beïnvloed wordt door de inzet van bontpapier als brandstof. Het bontpapier moet echter eerst gedroogd worden en dan gepelletiseerd.

Voordrogen: 0,18 GJ<sub>th</sub> aardgas / 53 kg afgedampt vocht

Pellet: 0,17 GJ<sub>e</sub> elektrisch per 372 kg ds product [CE00c]

#### *Scenario Elektriciteitslevering*

In dit scenario wordt elektriciteit opgewekt door een centrale op biomassa. In het kader van de CO<sub>2</sub>-reductieplan van de overheid zal het vergeleken worden met de opwekking van elektriciteit met een STEG op aardgas. De eigenschappen van beide opties zijn:



Cuijk:	STEG:
brandstof: biomassa	brandstof: aardgas
$\eta_e = 30\%$	$\eta_e = 54\%$
CO <sub>2</sub> -emissies: n.v.t.*	CO <sub>2</sub> -emissies: 0,38 kg/kWh (56 kg/GJ <sub>prim</sub> )

\* Uitgegaan dat het verbranden van biomassa CO<sub>2</sub>-neutraal is.

Het papier hoeft in dat geval niet voorgedroogd te worden en er hoeven dus ook geen pellets gemaakt te worden.

#### Scenario Elektriciteit&Warmte-levering

In dit scenario wordt ook warmte opgeleverd. De elektriciteitsproductie wordt nog steeds vergeleken met de productie van een STEG zoals hierboven beschreven.

De eigenschappen van de verschillende opties zijn:

Cuijk:	STEG:
brandstof: biomassa	brandstof: aardgas
$\eta_e = 25\%$ $\eta_{th} = 60\%$	$\eta_e = 54\%$ ( $\eta_{th} = 0\%$ )
CO <sub>2</sub> -emissies: n.v.t.	CO <sub>2</sub> -emissies: 0,38 kg/kWh (56 kg/GJ <sub>prim</sub> )

Indien energie door 1 ton bontpapier te verbranden opgewerkt wordt, wordt 0,55 GJ<sub>e</sub> en 1,32 GJ<sub>th</sub> bij het bedrijf afgeleverd. Voor dezelfde elektriciteitsproductie zou een STEG (zie hierboven) 1,32 GJ<sub>th</sub> *minder* produceren. De aanname is dat de bij de STEG missende warmte dan door een CV-ketel op aardgas geproduceerd zou moeten worden, met de volgende eigenschappen:

CV-ketel

brandstof: aardgas  
 $\eta_{th} = 95\%$   
 CO<sub>2</sub>-emissies: 56 kg/GJ<sub>prim</sub>

### B.2.2 Rekeningvoorbeeld: scenario bijstoken

De bruto CO<sub>2</sub>-emissies voor de inzet van bontpapier als energiebron in een kolencentrale wordt berekend als volgt:

De stookwaarde van bontpapier is 11 GJ<sub>prim</sub>/ton bontpapier (80% ds). Indien 1 ton bontpapier bijgestookt wordt in een kolencentrale met een uitstoot van 94 kg CO<sub>2</sub>/GJ<sub>prim</sub>, wordt 11 GJ<sub>prim</sub> × 94 = 1.034 kg CO<sub>2</sub>/ton bontpapier emissies door inzet van kolen vermeden. Hieraan moeten echter nog de emissies die gepaard gaan met het voordrogen en pelletiseren van het papier, worden toegevoegd. De energiekosten voor deze processen zijn:

Voordrogen: 0,18 GJ<sub>th</sub> aardgas / 53 kg afgedampt vocht  
 Pellet: 0,17 GJ<sub>e</sub> elektrisch per 372 kg ds product

Voor het droge stofgehalte van papier wordt uitgegaan van 80% [CE, 2000]. De kosten aan primaire energie voor het drogen van bontpapier luiden: (20% vocht × 1ton / 53 kg vocht × 0,18 GJ = 0,679 GJ<sub>th</sub>. Voor de warmteconversie wordt uitgegaan van het rendement dat in het CO<sub>2</sub>-reductieplan gehanteerd wordt (99% voor een CO<sub>2</sub>-uitstoot van 56

kg/GJ<sub>prim</sub>). De CO<sub>2</sub>-emissies voor het drogen van 1 ton bontpapier zijn vervolgens  $(0,679 \text{ GJ}_{\text{th}} / 99\% \times 56 \text{ kg}) = 38,42 \text{ kg}$ .

Het pelletiseren van het gedroogd papier kost aan energie;

$1 \text{ ton} \times 80\% / 372 \text{ kg ds} \times 0,17 \text{ GJ}_e = 0,365 \text{ GJ}_e$

Voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot die gepaard gaat met de productie van wordt uitgegaan van het gemiddelde energiepark. Het komt dan neer op 169,6 kg/GJ<sub>e</sub>. De CO<sub>2</sub>-emissies voor het pelletiseren zijn vervolgens  $(0,365 \text{ GJ}_e \times 169,6 \text{ kg}) = 62 \text{ kg}$ .

De totale CO<sub>2</sub>-emissies voor het scenario *bijstoken* zijn dus:

$(-1.034 \text{ kg} + 38,42 \text{ kg} + 62 \text{ kg}) = -933,5 \text{ kg}$ .

### **B.3 Samenstelling van papier**

#### **B.3.1 Grondstof van papier: de vezels**

De papiervezel geeft sterkte aan papier en karton. De vezel is afkomstig uit de oorspronkelijke grondstof van papier: hout. Door het voortdurend opnieuw gebruiken raakt de vezel beschadigd: hij wordt slapper, korter en platter. Na enkele recycleercycli is de vezel dan ook 'versleten'. Daardoor zou het papier minder sterk kunnen worden. Een realistische vuistregel voor het aantal keren waarin een vezel hergebruikt kan worden, is als volgt:

- krantenpapier: 5 keer;
- tissues: 0 keer (sanitair papier wordt vrijwel maar één keer gebruikt);
- verpakkingspapier: 10 keer.

Versleten vezels zijn bij sanitair papier niet zo'n probleem. Maar bij krantenpapier, dat door drukpers moet, wel. Om ervoor te zorgen dat papier sterk genoeg is, wordt bij de productie van krantpapier telkens verse, dus lange en sterke houtvezels toegevoegd. Deze houtvezels zijn afkomstig van naaldbomen. Bij Pareco in Nederland wordt 80 % oud papiervezels en 20 % houtvezels gebruikt voor de fabricage van krantenpapier [VNP].

In de berekeningen voor de netto CO<sub>2</sub>-emissies worden deze 'tripsgetallen' echter niet meegenomen. Immers, wanneer wordt berekend over de levensduur van een 1 kg papierproduct, zou immers evenveel kansen moeten worden gerekend om dat papier in de e-sector te verbranden. Als voorbeeld hebben we: 1 kg krantpapier wordt op de markt afgezet. Het wordt dan gescheiden ingezameld en dient onder de vorm van bontpapier 5 keer als grondstof voor krantpapier totdat het als reject verwijderd wordt. Elke keer dat het bontpapier weer gebruikt wordt om krantpapier te produceren, had de e-sector het even goed kunnen verbranden. Voor 1 kg bontpapier dat hergebruikt wordt, mist de e-sector over de levensduur van bijvoorbeeld krantpapier 5 keer de kans om papier te verbranden. Uiteindelijk wordt het 'tripsgetal' van krantpapier zowel binnen als buiten de e-sector meegenomen. Dit heeft dus geen invloed op de berekening van de netto CO<sub>2</sub>-emissies.

#### **B.3.2 Alternatieve grondstoffen**

Indien het bontpapier uit huishoudens verbrand wordt, zijn er verschillende opties voor de papierindustrie om verse vezels te verkrijgen:

- Meer nieuw hout gebruiken.



- Inzet van oud hout, bijvoorbeeld sloophout. Verwerking van oud hout tot papierpulp is nog een onbekend proces. De kwaliteit van de pulp moet gegarandeerd zijn, wat hoge eisen aan het opwerkingsproces stelt. Daardoor is oud hout (afvalhout) niet geschikt als grondstof voor de papierproductie. Het grootste probleem met dat soort hout is namelijk de kans op laklagen bij de productie van papier. Ook lichte verontreinigingen in de grondstof kunnen grote problemen veroorzaken in het productieproces van papier.
- Meer import van oud papier van vergelijkbare kwaliteit.
- Andere materialen kunnen als grondstof worden ingezet voor de papierproductie, zoals stro, riet, algen en hennep [UVA94]. Vooralsnog zijn deze materialen echter geen goed alternatief gebleken, zowel t.o.v. de papierkwaliteit als voor financiële redenen. En zelfs wanneer het technologisch mogelijk wordt om vanuit deze materialen een redelijk papierkwaliteit te garanderen, wordt dan nog altijd pulp gemaakt; het is niet bekend of de milieubelasting van deze pulp dan minder zou zijn dan de pulp uit oud papier/hout.

### B.3.3 Inzet van houtvezels

De grondstof is houtsnippers van dunningshout uit bossen en zagerijresten. Het hout kan gemalen (mechanisch proces) of gekookt worden (chemisch proces). Bij malen wordt bijna alles van het hout gebruikt (96 tot 99%), maar het papier dat op deze manier wordt gemaakt is niet zo sterk en vergeeft nogal snel. De kookmethode houdt maar een deel van het hout over (45%). Dat is de zuivere cellulose. Het hout wordt onder toevoeging van chemicaliën gekookt. De bindstof die de vezels bij elkaar houdt - lignine genaamd - wordt daardoor praktisch geheel opgelost. Het chemisch proces levert houtvezels van betere kwaliteit en wordt vervolgens bij voorkeur niet toegepast voor producten zoals krantenpapier, tissues of verpakkingspapier [VNP].

### B.3.4 Energieverbruik per eindproduct

De complete productieketen voor de fabricage van een papierproduct luidt, in hoofdlijnen:

Oud papier circuit:

- eventuele voorbereiding en voorscheiding van het oud papier;
- maken van de pulp uit oud papier;
- verwerking met eventueel (deels) ontinking.

Verse vezels circuit:

- winning van hout;
- malen en persen tot pulp (mechanisch\* of chemisch proces).

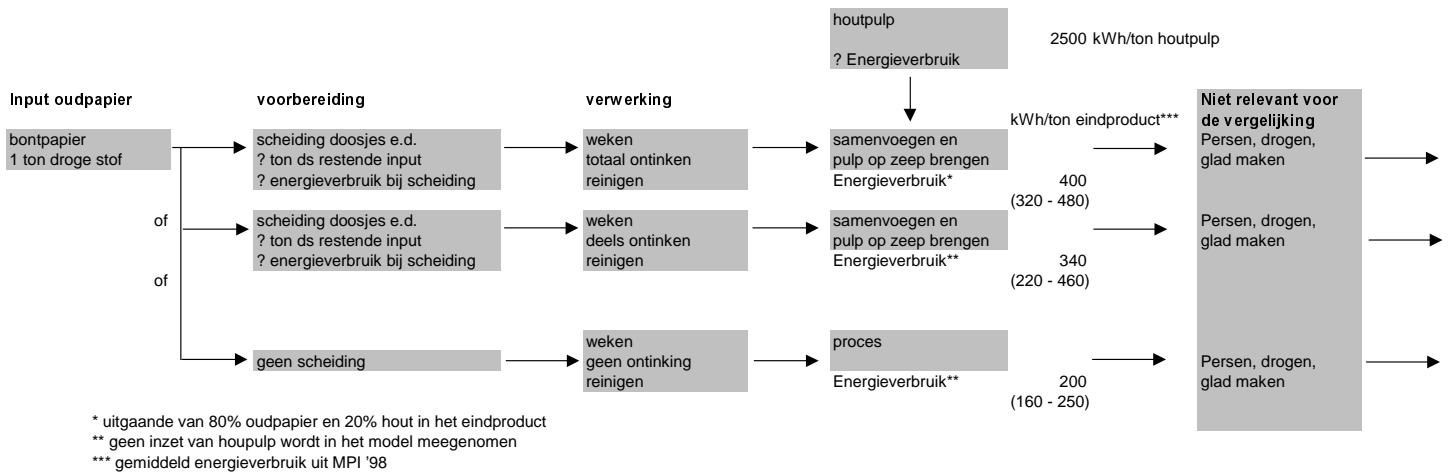
\* In Nederland wordt alleen mechanische pulp geproduceerd.

Dan komt als eindfase:

- samenvoegen en pulp op zeep brengen;
- persen en drogen tot eindproduct.

De complete productieketen van de eindproducten *krantpapier*, *tissues* en *verpakkingspapier* wordt niet integraal meegenomen. Voor de situatie waar een tekort aan oud papier ontstaan als grondstof voor de papierindustrie, wordt alleen het maken van de pulp zelf beïnvloed. De *fase drogen en persen* wordt dus niet bekeken.

Figuur 7 Productieketen van relevante eindproducten uit bontpapier



#### B.4 Huidige markt voor bontpapier

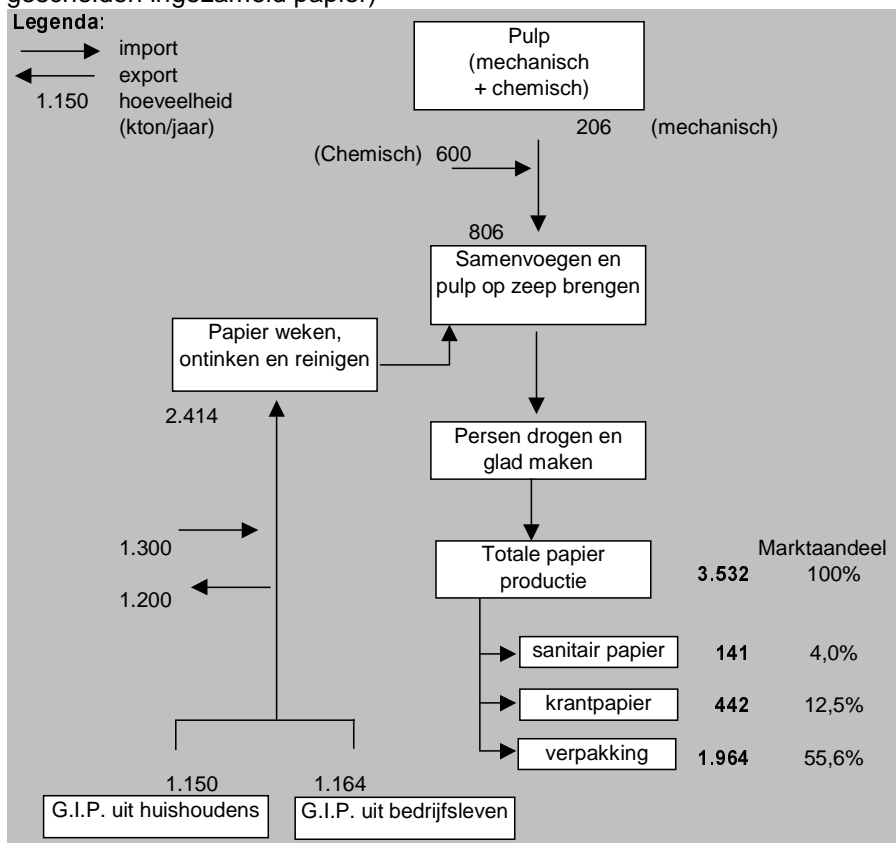
Papierafval van huishoudens (bontpapier) wordt momenteel voornamelijk aan de bron gescheiden ingezameld ter herverwerking in de papierindustrie. Het papier wordt deels geëxporteerd voor hergebruik, met name naar West-Europa, Noord-Amerika en Zuid-Oost-Azië, deels gemengd met geïmporteerd oud papier (voornamelijk uit Duitsland (|VNP00|) en in Nederland verwerkt. Het totale aandeel oud papier (afkomstig van (buitenlandse) huishoudens en bedrijfsleven) in de vezelinzet bedroeg in 2000 2.414 kton [VNP]. Figuur 8 geeft een overzicht van de papierstromen in Nederland. Deze figuur is gebaseerd op de cijfers uit |VNP00|.

##### *Export van eindproducten geproduceerd uit bontpapier*

De export van krantenpapier wordt steeds meer bedreigd door de slechte economische toestanden in het Verre Oosten en de komst van nieuwe capaciteiten in Duitsland en Frankrijk. Ook de recente nieuwe impuls van de Canadese papierbranche wordt als een probleem ervaren. Aan de andere kant is de afzet in West-Europa en Noord-Amerika gestegen. De stagnatie groei van Duitsland heeft deze laatste jaren de export van met name sanitair papier geremd. Bovendien is een nieuwe sterke concurrentie vanuit Italië ontstaan.



Figuur 8 Huidige papierstromen in Nederland voor het jaar 1998 (G.I.P. staat voor gescheiden ingezameld papier)



#### *Binnenlandse situatie*

Nederland kent een zeer efficiënte inzamelstructuur voor oud papier. Gemeenten zijn namelijk door de overheid verplicht om het huishoudelijk afval in te zamelen en te verwerken. Een taak die ze, met het oog op het milieu, in Nederland met volle overtuiging uitvoeren. Het is echter duidelijk dat het hele traject zoveel werk en organisatie met zich meebrengt, dat de meeste gemeenten het graag uitbesteden aan derden. Dat wil zeggen dat tegen een bepaalde vergoeding de commerciële onderneming vrij baan krijgt om het oud papier in te zamelen en te verkopen. De inzameling van huishoudelijk oud papier wordt dus in feite door de gemeente gesubsidieerd.





## C Berekeningen voor huishoudelijk kunststofafval

In deze bijlage worden de berekeningen voor de kunststofscenario's toegelicht.

### C.1 Maximale inzet als secundaire brandstof

Voor de route met maximale inzet als secundaire brandstof is uitgegaan van scenario 3 uit de studie 'Verwerking kunststof verpakkingsafval uit huishoudens'. Volgens dit scenario wordt grijs huisvuil mechanisch gescheiden in een installatie met een opbouw zoals de scheidingsinstallatie van VAGRON heeft. Bij de VAGRON wordt licht materiaal (voornamelijk folie en papier) met windzifters afgescheiden. Deze PPF-fractie kan in de praktijk worden afgezet als secundaire brandstof. Daarnaast worden in een AVI te verbranden RDF en ONF geproduceerd. Het ONF bestaat uit het in huisvuil aanwezige fijne materiaal, met name GFT, zand en glas. ONF zal in de toekomst worden opgewerkt. Daarbij zullen de in ONF aanwezige kunststoffen grotendeels als stoorstoffen worden verwijderd en worden toegevoegd aan het te verbranden RDF.

In het beschouwde scenario is verondersteld dat naast de PPF fractie nog eens extra PE/PP, PS en PET uit de RDF worden afgescheiden met materiaalherkenning op basis van lichtspectra (AUTOSORT-techniek) om te worden ingezet als secundaire brandstof.

In deze studie is voor afzet van de secundaire brandstof uitgegaan van afzet bij cementovens. Dit is momenteel de meest gangbare afzetmarkt voor hoogwaardige secundaire brandstoffen. Afzet bij kolencentrales wordt weliswaar in Nederland overwogen, maar is nog geen praktijk. De afgescheiden secundaire brandstof wordt met het oog op transport en verwerking gepelletiseerd en circa 400 km verder toegepast. Daarbij wordt meestal bruinkool vervangen.

RDF en stoorstoffen uit ONF worden in een AVI verbrand, onder productie van warmte en elektriciteit.

### C.2 Massabalans, CO<sub>2</sub>-emissie en kosten

Met behulp van windzifters en AUTOSORT-techniek wordt in totaal 55% van de in het grijze huisvuil aanwezige kunststofafval geïsoleerd. Hieruit wordt circa 46% aan pellets geproduceerd. De overige 45% van het kunststofafval uit huisvuil wordt in een AVI verbrand.

Tabel 20 geeft een opbouw van de netto CO<sub>2</sub>-emissie voor deze route.

Tabel 20 Opbouw netto CO<sub>2</sub>-emissie voor maximale inzet als sec. brandstof (kentallen in kg/ton kunststofafval)

	AVI	bijstook	totaal
eigen bijdrage	1.011	1.329	2.340
hulpstoffen, etc.			
- drogen		18	18
- pelletiseren		22	22
- microniseren		14	14
- transport		17	
uitgespaard			17
- bruinkool (gebruikt in cementfabrieken)		-1.661	-1.661
- elektriciteit	-287		-287
- warmte	-45		-45
netto	671	-261	410

De totale kosten voor de verwerkingsroute bedragen naar schatting circa f 235,-/ton:

Tabel 21 Opbouw kosten per ton huishoudelijk kunststofafval

AVI	122
Scheiding huisvuil	30
Afscheiding extra PPF	14,9
Pelletiseren	50
Transport pellets	18
	235

Voor verbranding is uitgegaan van de gemiddelde kosten voor verbranding van RDF. De verbrandingskosten voor RDF zijn berekend op basis van de stookwaarde van RDF (circa 11,7 MJ/kg na verwijdering extra plastic materiaal) en op basis van de aanname dat de kosten lineair toenemen met de stookwaarde en f 200,-/ton bedragen voor afval met een stookwaarde van 9,5 MJ/kg. Er is expres geen toerekening naar het kunststof materiaal in de RDF gemaakt, omdat de daarvoor toepasbare methoden discutabel zijn. De overige kostenkentallen zijn ontleend aan bij het CE bekende informatie, zoals de economische evaluatie van het Subcoal initiatief. Afzet van pellets kan tegen nultarief.

### C.3 Maximale mechanische recycling

#### Uitwerking

Voor maximale mechanische recycling is uitgegaan van in Duitsland gangbare systemen voor inzameling, mechanische scheiding en herverwerking.

Aangenomen is dat er een aparte fractie waardevolle huisvuilcomponenten wordt aangeboden, bestaande uit metalen, drankenkartons en kunststof verpakkingen (KMD-fractie). In Duitsland wordt gesproken over de Gelbe Sack, naar het inzamelmiddel dat wordt gebruikt. In België (FOST-PLUS) en in diverse andere Europese bestaat een vergelijkbaar systeem.



De ingezamelde KMD-fractie wordt mechanisch en handmatig gescheiden in de aparte waardevolle componenten en in verontreinigingen. Daarbij worden, conform de opbouw van scheidingsinstallaties voor KMD-fracties in Duitsland, de volgende stappen doorlopen:

- scheiding met een trommelzeef in drie deelfracties (< 40 mm, 40 – 180 mm, > 180);
- afscheiding van metalen uit de drie zee fracties;
- afscheiding van lichte materialen met windzifters uit de fracties 40 – 180 mm en > 180 mm;
- afscheiding van PE-flacons, PET-flacons en PS-bekers en overige plastic rigids uit de fractie 40 – 180 mm.

De waardevolle componenten worden herverwerkt of nuttig toegepast. Folie > 180 mm, kunststof flacons en PS-bekers (schipzuivel) worden afgezet bij herverwerkers. De folie fractie wordt geïsoleerd door het nat wassen en pulpen van de fractie lichte materialen > 180 mm. Beide andere fracties kunnen zonder verdere voorbewerking bij herverwerkers worden afgezet. De producten worden bij de herverwerkers geregranuleerd. Het granulaat vervangt primair materiaal. De substitutiefactoren zijn respectievelijk 0,7, 1 en 1. Herverwerking van PET is buiten beschouwing gelaten vanwege het kleine aandeel van PET in huishoudelijk kunststofafval. Afscheiding wordt daardoor onverantwoord duur en herverwerking draagt nauwelijks bij aan de reductie van de netto CO<sub>2</sub>-emissie per ton huishoudelijk kunststofafval.

De overige rigids worden samengevoegd met de fractie lichte componenten en verwerkt tot massieve producten. De samengevoegde fractie wordt daarbij eerst versnipperd en gewassen om stoffen als papier te verwijderen. Bij verwerking tot secundaire brandstof wordt beton vervangen.

Afscheiding van flacons, bekers en overige rigids vindt nu vaak nog handmatig plaats. Waarschijnlijk is door verdere ontwikkeling van optische herkenningstechnieken in de toekomst mechanische scheiding op basis van een combinatie van materiaal en vorm mogelijk. Daardoor kan de scheiding van de KMD-fractie in de toekomst volledig mechanisch en tegen lagere kosten plaatsvinden. In deze studie is alvast uitgegaan van geheel mechanische scheiding, om zo de toekomstige mogelijkheden te kunnen schetsen.

In het scenario is verder als standaard aangenomen dat het overige grijze huisvuil integraal in een AVI wordt verbrand. Het is echter ook mogelijk om net als in het scenario 'maximale inzet als secundaire brandstof' het overige grijze huisvuil te scheiden. Deze mogelijkheid is eveneens beschouwd. De integrale verwerking van het grijze afval of de verwerking van de scheidingsproducten in AVI of cementoven vindt op dezelfde manier plaats als in het scenario 'maximale inzet als secundaire brandstof'.

### **Massabalans**

De massabalans voor beide opties (geen of wel nascheiding overblijvend grijs huisvuil) zijn gegeven in Tabel 22.

Tabel 22 Massabalansen verwerkingsroutes

	integrale verbranding grijs huisvuil	nascheiding grijs huisvuil
in grijs huisvuil	50%	50%
- in PPF bij nascheiding		28%
- in RDF bij nascheiding		22%
in gele zak	50%	50%
- grote folie	13%	13%
- kleine folie	16%	16%
- flacons	5%	5%
- bekers	3%	3%
- ov. rigids	10%	10%
- rest	3%	3%

Ongeveer 50% van het bij huishoudens vrijkomende kunststofafval wordt met de gele zak ingezameld.

### CO<sub>2</sub>-emissie

Tabel 23 en Tabel 24 geven de opbouw van de netto CO<sub>2</sub>-emissie voor beide opties.

Tabel 23 Netto CO<sub>2</sub> emissies optie MR

	AVI	gele zak	totaal
a) eigen bijdrage	1.140	49	1.188
b) hulpstoffen, etc.			
- inzameling			
- scheiding		22	22
- drogen			
- pelletiseren			
- microniseren			
- transport		6	6
c) uitgespaard			
- bruinkool			
- elektriciteit	-324	-14	-338
- warmte	-51	-2	-53
- grote folie		-102	-102
- HDPE-flacons		-53	-53
- PS-bekers		-56	-56
- kleine folie en ov. rigids		-181	-181
netto	765	-331	434



Tabel 24 Netto CO<sub>2</sub>-emissies optie MR plus nascheiding en bijstook

	AVI rest	bijstook	gele zak	totaal
a) eigen bijdrage	478	656	49	1.183
b) hulpstoffen, etc.				
- inzameling				
- scheiding			22	22
- drogen		9		9
- pelletiseren		11		11
- microniseren		7		7
- transport		7	6	13
c) uitgespaard				
- bruinkool		-819		-819
- elektriciteit	-136		-14	-149
- warmte	-21		-2	-23
- grote folie			-102	-102
- HDPE-flacons			-53	-53
- PS-bekers			-56	-56
- kleine folie en ov. rigids			-181	-181
netto	321	-128	-331	-138

Het scheiden van grijs huisvuil leidt tot een duidelijke reductie van de netto CO<sub>2</sub>-emissie. Herverwerking van kleine folie en overige rigids spaart ongeveer net zoveel CO<sub>2</sub> uit als mechanische recycling van grote folie, flacons en bekens. Dit heeft enerzijds te maken met het veel grotere percentage plastic materiaal dat tot dikwandige producten wordt herverwerkt en anderzijds met de voor grote folie aangehouden substitutiefactor (0,7). Daardoor spaart recycling van grote folie per eenheid kunststof materiaal een relatief bescheiden hoeveelheid CO<sub>2</sub> uit.

### Kosten

De kostenopbouw voor beide opties is gegeven in Tabel 25 en Tabel 26. Aangenomen is dat gewassen grote folie, flacons, bekens en gewassen kleine folie en overige rigids tegen nul-tarief kunnen worden afgezet bij herverwerkers. In het DSD-systeem en FOST-PLUS systeem afgescheiden folie en flacons kunnen in de praktijk ook kostenloos worden afgezet. Afzet van pellets secundaire brandstof is eveneens gratis, zoals ook in het scenario 'maximale inzet als secundaire energiedrager'.

Tabel 25 Kosten optie MR

	AVI	gele zak	totaal
- inzameling		250	250
- scheiding huisvuil			
- afscheiding extra PPF			
- scheiding gele zak		225	225
- pelletiseren			
- verbranding	100	6	106
- opbrengsten		-34	
- transport		15	15
	100	463	563

Tabel 26 Kosten optie MR plus nascheiding en bijstoken

	AVI rest	bijstook	gele zak	totaal
- inzameling			250	250
- scheiding huisvuil	7	8		15
- afscheiding extra PPF		8		8
- scheiding gele zak			225	225
- pelletiseren		25		25
- verbranding	61		8	69
- opbrengsten			-34	
- transport		9	15	24
	68	50	465	584

Inzameling en scheiding van het materiaal in de gele zak vormen verreweg het grootste deel van de totale kosten. Wel of niet scheiden van grijs huisvuil heeft nauwelijks invloed op de totale kosten. De kosten voor verbranding van het beetje restmateriaal dat resteert na scheiding van het materiaal uit de gele zak wordt wel iets duurder bij nascheiding van grijs afval, omdat de stookwaarde van het naar de AVI afgevoerde residu en daarmee de gemiddelde verbrandingskosten per ton fors toenemen.

