

**Rapportage in opdracht van  
SenterNovem**

*EINDVERSIE*

**Beschikbaarheid van  
Nederlandse biomassa voor  
elektriciteit en warmte in  
2020**

Auteurs:

Ir. Jaap Koppejan, Procédé Biomass BV

Dr. Ir. Wolter Elbersen, WUR-AFSG

Ir. Marieke Meeusen, LEI

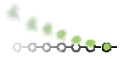
Dr. ir. Prem Bindraban, WUR-PRI

Onder begeleiding van:

Ir. Frank van Erp, SenterNovem

November 2009

Projnr. 200809



## Samenvatting

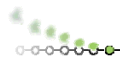
Beschikbaarheid van biomassa is een belangrijke factor bij het realiseren van de Nederlandse doelstellingen voor duurzame energie. Deze studie brengt de Nederlandse biomassa beschikbaarheid in kaart in het licht van de doelstellingen zoals geformuleerd in het Coalitieakkoord.

De focus van de studie is gericht op het systematisch in kaart brengen van de Nederlandse biomassa in de context van vraag naar duurzame elektriciteit en warmte maar ook in de context van alternatieve toepassingen en duurzaamheidseisen nu en in de toekomst.

Er zijn inschattingen van de beschikbaarheid van Nederlandse biomassastromen gemaakt onder 4 scenario's die afgeleid zijn van de bekende IPCC scenario's. Hierbij hebben wij de nadruk gelegd op twee drijvende krachten, nl (1) de mate waarin markten open of gesloten (EU) zijn, en (2) de mate waarin duurzaamheid (mitigatie broeikasemissies) een rol speelt versus *security of supply*.

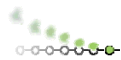
Geconcludeerd wordt dat er vanuit Nederland in 2020 ca 13,4 tot 16,4 miljoen ton droge stof aan biomassa beschikbaar is voor energieopwekking. Dit is 30 a 40 % van de biomassa die Nederland naar schatting jaarlijks verbruikt. Daarmee kan 53 tot 94 PJ aan finale energie worden opgewekt, waarmee 101 tot 157 PJ aan fossiele energie wordt vermeden. Deze biomassabeschikbaarheid en zeker de energieproductie daaruit kan na 2020 nog verder toenemen. Daarnaast zal ook biomassa worden geïmporteerd, met name voor bij- en meestoken in kolengestookte centrales en voor de productie van transportbrandstoffen.

Om deze beschikbaarheid ook een realiteit te laten worden is het nodig om significante maatregelen te nemen. Zo helpt het aanzienlijk als digestaat als kunstmestvervanger mag worden aangemerkt. Ook dient technologie te worden ontwikkeld en gedemonstreerd om op kosteneffectieve wijze primaire bijproducten zoals tak- en top hout en gewasresten te oogsten en voor te behandelen.

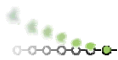


## Inhoudsopgave

<b>SAMENVATTING .....</b>	<b>II</b>
<b>1 INLEIDING EN ACHTERGROND .....</b>	<b>6</b>
1.1 AANLEIDING .....	6
1.2 DOELSTELLING .....	7
1.3 AANPAK .....	7
1.4 GEHANTEERDE INDELING EN DEFINITIES .....	8
1.4.1 <i>Gehanteerde indeling voor biomassastromen</i> .....	8
1.4.2 <i>Gehanteerde definitie van beschikbaarheid</i> .....	9
1.5 LEESWIJZER .....	10
1.6 BEGELEIDINGSCOMMISSIE .....	10
<b>2 ONTWIKKELING VAN DE INZET VAN BIOMASSA VOOR ELEKTRICITEIT EN WARMTE .....</b>	<b>11</b>
2.1 INLEIDING .....	11
2.2 BELEIDSDOELSTELLINGEN .....	11
2.3 HUIDIGE TOEPASSING .....	11
2.4 BELEIDSINSTRUMENTEN .....	12
2.4.1 <i>Convenanten</i> .....	12
2.4.2 <i>SDE-subsidie voor productie van duurzame elektriciteit en groen gas</i> .....	13
2.4.3 <i>Fiscale stimulering</i> .....	15
2.4.4 <i>Verhandelbare emissierechten</i> .....	15
2.4.5 <i>Onderzoek en demonstratie</i> .....	15
<b>3 HUIDIGE BESCHIKBAARHEID BIOMASSA IN NEDERLAND .....</b>	<b>16</b>
3.1 DEFINITIE .....	16
3.2 GRONDGEBRUIK .....	16
3.3 ENERGIEGEWASSEN .....	17
3.4 PRIMAIRE BIJPRODUCTEN .....	18
3.4.1 <i>Stro en andere droge gewasbijproducten uit de akkerbouw</i> .....	18
3.4.2 <i>Graszaadhooi</i> .....	20
3.4.3 <i>Natte gewasresten</i> .....	20
3.4.4 <i>Groenbemester</i> .....	21
3.4.5 <i>Houtige biomassa uit fruitteelt en boomteelt</i> .....	21
3.4.6 <i>Gras uit natuur en bermen</i> .....	22
3.4.7 <i>Heide</i> .....	22
3.4.8 <i>Riet</i> .....	22
3.4.9 <i>Groenafval uit de gebouwde omgeving</i> .....	22
3.4.10 <i>Biomassa van waterwegen</i> .....	22
3.4.11 <i>Mest</i> .....	23



3.5	SECUNDAIRE BIJPRODUCTEN .....	26
3.5.1	<i>Schoon resthout uit de houtverwerkende industrie</i> .....	26
3.5.2	<i>Reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie</i> .....	27
3.5.3	<i>Veilingafval</i> .....	34
3.6	TERTIAIRE BIJPRODUCTEN.....	34
3.6.1	<i>Zuiveringslib RWZI/AWZI</i> .....	34
3.6.2	<i>Afvalhout</i> .....	34
3.6.3	<i>Composteeroverloop</i> .....	36
3.6.4	<i>GFT</i> .....	36
3.6.5	<i>Brandbaar restafval van huishoudens, KWD en industrie</i> .....	36
3.6.6	<i>Reststoffen van verwerking van oud papier</i> .....	37
3.6.7	<i>Textiel</i> .....	38
3.6.8	<i>Solid Recovered Fuels (SRF)</i> .....	38
3.7	TOTALE HUIDIGE BESCHIKBAARHEID .....	39
<b>4</b>	<b>DE VERWACHTE BESCHIKBAARHEID VAN BIOMASSA IN NEDERLAND IN 2020</b> .....	<b>42</b>
4.1	INLEIDING .....	42
4.2	SCENARIO'S .....	42
4.3	BESCHRIJVING VAN DE VIER SCENARIO'S.....	44
4.3.1	<i>Drijvende krachten per type biomassa</i> .....	44
4.3.2	<i>Global Economy</i> .....	46
4.3.3	<i>Transatlantic Market</i> .....	47
4.3.4	<i>Strong Europe</i> .....	49
4.3.5	<i>Regional Communities</i> .....	50
4.3.6	<i>Samenvatting</i> .....	52
4.4	BELEIDSVERONDERSTELLINGEN.....	53
4.5	BESCHIKBAARHEID PER BIOMASSASTROOM .....	55
4.5.1	<i>Energiegewassen</i> .....	55
4.5.2	<i>Stro en andere droge gewasbijproducten uit de akkerbouw</i> .....	55
4.5.3	<i>Graszaadhooi</i> .....	56
4.5.4	<i>Natte gewasresten van akkerbouw en tuinbouw</i> .....	56
4.5.5	<i>Biomassa uit natuur en landschap</i> .....	57
4.5.6	<i>Houtige biomassa uit natuur en landschap</i> .....	59
4.5.7	<i>Groenbemester, natuurgas, bermgras en biomassa uit onderhoud van waterwegen en natte biomassa uit gebouwde omgeving</i> .....	59
4.5.8	<i>Schoon resthout uit de houtverwerkende industrie</i> .....	59
4.5.9	<i>Houtige biomassa uit fruitteelt en boomteelt</i> .....	60
4.5.10	<i>Mest</i> .....	60
4.5.11	<i>Reststromen uit de voedings en genotmiddelenindustrie</i> .....	63
4.5.12	<i>Afvalhout</i> .....	66
4.5.13	<i>Veilingafval</i> .....	67
4.5.14	<i>Zuiveringslib RWZI/AWZI</i> .....	67



4.5.15	GFT.....	68
4.5.16	Brandbaar restafval van huishoudens, KWD en industrie.....	68
4.5.17	Reststoffen van verwerking van oud papier.....	69
4.5.18	Textiel.....	69
4.5.19	Solid Recovered Fuels (SRF).....	70
4.6	BESCHIKBARE BIOMASSA IN 2020.....	71
4.7	BESCHIKBAARHEID VAN BIOMASSA VIA IMPORT.....	79
<b>5</b>	<b>DE VERWACHTE VRAAG VANUIT ELEKTRICITEIT EN WARMTE NAAR BIOMASSA IN 2020.....</b>	<b>82</b>
5.1	INLEIDING.....	82
5.2	EVALUATIE SCHOON EN ZUINIG.....	82
5.3	ONTWIKKELINGEN IN DE VRAAG NAAR BIOMASSA.....	82
5.3.1	Bij- en meestook van biomassa.....	83
5.3.2	Afvalverbrandingsinstallaties.....	84
5.3.3	Biomassavergisting.....	85
5.3.4	Biomassaverbranding, grootschalig.....	86
5.3.5	Biomassaverbranding voor warmte bij bedrijven.....	86
5.3.6	Houtkachels bij huishoudens.....	87
5.3.7	Transportbrandstoffen.....	88
5.3.8	Chemische industrie.....	88
5.3.9	Samenvatting.....	89
<b>6</b>	<b>CONFRONTATIE VRAAG NAAR EN AANBOD VAN BIOMASSA VOOR ELEKTRICITEIT EN WARMTE IN 2020.....</b>	<b>90</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES.....</b>	<b>93</b>
<b>8</b>	<b>AANBEVELINGEN.....</b>	<b>94</b>
<b>9</b>	<b>REFERENTIES.....</b>	<b>95</b>

# 1 Inleiding en achtergrond

## 1.1 Aanleiding

Energie uit biomassa wordt een belangrijke rol toegeschreven bij de invulling van de doelstellingen voor duurzame energieopwekking in Nederland. Dit blijkt bijvoorbeeld uit eerdere projecties van het Actieplan Biomassa voor 2010, maar ook voor 2020 in het werkprogramma Schoon en Zuinig, het Europese Biomassa Actieplan en de concept Europese Richtlijn voor Duurzame Energie [1].

Om het mogelijk te maken dat energie uit biomassa een belangrijke plaats verwerft in de Nederlandse energiehuishouding in 2020, is het essentieel dat de installaties die dan in bedrijf zijn, beschikken over voldoende biomassa van de juiste kwaliteit en prijs om een rendabele bedrijfsvoering mogelijk te maken. Daarbij hangt de prijs welke betaald zou kunnen worden vooral af van de vaste en variabele kosten van deze installaties, marktprijzen voor de geproduceerde energie alsmede het economische stimuleringsklimaat. Terecht benoemt de ex ante beleidsevaluatie van Schoon en Zuinig daarom dat de onzekerheid over de prijsontwikkeling en beschikbaarheid van biomassa een zeer belangrijke invloed heeft op de haalbaarheid van de projecties.

De prijs van de verschillende soorten biomassa is de resultante van vraag en aanbod. Vanuit verschillende toepassingen komt er vraag naar biomassa. Afhankelijk van het type biomassa is er de toepassing als energiedrager (voor elektriciteit, warmte, groen gas), als transportbrandstof, in materiaal, als voedsel, als veevoer en wellicht nog andere. De concurrentie met andere toepassingen is dus mede bepalend voor de prijs waartegen de biomassa beschikbaar komt voor elektriciteit en warmte. Ook aan de aanbodkant dient rekening te worden gehouden met ontwikkelingen. Het kan zijn dat een biomassastroom om milieutechnische redenen niet mag worden ingezet of dat de biomassa om technische redenen niet geschikt is voor een bepaalde toepassing. Ook kunnen er - bij de toenemende vraag naar duurzaam geproduceerde chemicaliën en transportbrandstoffen - verschillende reststromen vrijkomen die mogelijk inzetbaar zijn voor energieopwekking. Aldus bepalen factoren aan zowel de aanbod- als de vraagkant de prijs waartegen de biomassa beschikbaar komt voor elektriciteit en warmte.

Om de beschikbare biomassa te kunnen vaststellen is het van groot belang kennis en inzicht te hebben in de trends en ontwikkelingen op vraag en aanbod van biomassa.

Uit eerdere evaluaties is reeds gebleken dat Nederland voor haar duurzame energievoorziening ook in de toekomst voor een fors deel afhankelijk zal blijven van geïmporteerde biomassa, gezien de beperkte beschikbaarheid van inlandse biomassa. De inzet van biomassa voor energie in Nederland zal daarom op wereldschaal moeten kunnen concurreren met de inzet in andere landen.

In het verleden zijn er verschillende studies uitgevoerd naar de ontwikkelingen in de beschikbaarheid van biomassa in Nederland:

- Reeds in 2000 is in het kader van het project 'Marsroutes 2020' getracht om inzicht te verschaffen in mate waarin verschillende biomassa-technologie-combinaties in 2020 rendabel zouden kunnen zijn. Onderdeel van deze studie

was een gedetailleerde analyse naar verschillende typen beschikbare biomassa uit binnen- en buitenland.

- In 2005 is in het kader van het Actieplan Biomassa de beschikbaarheid voor 2010 op soortgelijke wijze onderzocht [44].
- Het Platform Groene Grondstoffen heeft in 2006 een analyse laten maken van de beschikbaarheid voor 2030 [2]. Voor elektriciteit uit biomassa is een specifieke uitwerking gemaakt, met een aanvulling op de getallen voor de beschikbaarheid. Deze uitwerking is grotendeels verricht op basis van scenario-analyse.

Daarnaast zijn er verschillende studies uitgevoerd naar de beschikbaarheid van biomassa op mondiaal niveau op de lange termijn, uitgaand van verschillende aannames voor bevolkingsgroei, economische groei, dieet en de teelt van energiewassen.

De verschillende, bovengenoemde studies geven allen een beeld van beschikbare biomassa – voor een bepaalde toepassing, voor een bepaald moment of onder bepaalde omstandigheden. SenterNovem wilde specifiek voor het richtjaar 2020 inzicht hebben in (i) de ontwikkelingen en factoren die bepalend zijn voor de beschikbaarheid van biomassa voor elektriciteit en warmte en (ii) de bandbreedtes van de te verwachten hoeveelheid biomassa in het jaar 2020.

Dit is van belang voor zowel de nationale invulling van de Europese Richtlijn voor Duurzame Energie als voor het werkprogramma Schoon en Zuinig.

## 1.2 Doelstelling

Inzicht in (i) de ontwikkelingen en factoren die bepalend zijn voor de beschikbaarheid van biomassa voor elektriciteit en warmte en (ii) de te verwachten hoeveelheid biomassa die beschikbaar komt voor elektriciteit en warmte in het jaar 2020.

## 1.3 Aanpak

De studie is opgebouwd uit verschillende fasen:

**Fase 1 Inventarisatie van de beschikbare hoeveelheid biomassa in een referentiejaar.** Vaak enkele jaren voor 2009. Daarbij is uitgegaan van bestaande literatuur. Er is geen aanvullend onderzoek verricht.

**Fase 2 Inventarisatie van de factoren die vraag en aanbod van de verschillende biomassastromen bepalen.** Op basis van eerdere studie en expert-inzichten in de diverse biomassamarkten is een beschrijving van de factoren gegeven die invloed hebben op vraag en aanbod. Zo is voor de landbouwmarkt gebruik gemaakt van LEI-rapporten die landbouwontwikkelingen beschrijven. Voor de afvalstromen is gebruik gemaakt van achterliggende scenariostudies voor het Landelijk Afvalbeheers Plan.

**Fase 3 Formulering van scenario's voor 2020.** De factoren die invloed hebben op beschikbaarheid zijn de onderliggende variabelen voor de scenario's, die verkennen welke hoeveelheid biomassa te verwachten is in 2020.

**Fase 4 Invulling van de scenario's.** Vervolgens zijn de scenario's ingevuld op basis van expert-opinions. Voor iedere biomassastroom die is onderscheiden is gekeken welke hoeveelheid er in welk scenario zou kunnen zijn. Daarbij is ook rekening gehouden met technologische ontwikkelingen.

**Fase 5 Beschrijving van de vraag naar biomassa voor elektriciteit en warmte.** In deze fase is de vraag naar biomassa die voortvloeit uit de doelstellingen inzake duurzame elektriciteit en warmte in kaart gebracht.

**Fase 6 Confrontatie van vraag en aanbod van biomassa voor elektriciteit en warmte**

Aldus is een beeld tot stand gekomen van de hoeveelheid biomassa die naar verwachting in 2020 beschikbaar zou kunnen zijn alsook de vraag naar biomassa voor de toepassing “electriciteit en warmte”. Vervolgens is er beschouwd waar kansen en knelpunten zijn, en zijn de resultaten van de analyse samengevat in conclusies en aanbevelingen.

## **1.4 Gehanteerde indeling en definities**

In de studie zijn uniforme definities gehanteerd voor de beschikbaarheid van biomassa en de indeling van stromen.

### **1.4.1 Gehanteerde indeling voor biomassastromen**

In deze studie is gebruik gemaakt van een indeling van biomassastromen op basis van de achterliggende, beïnvloedende factoren en die vanuit het aanbod geredeneerd logisch zijn. Op basis daarvan gebruiken we de volgende indeling: (i) energiegewassen, (ii) primaire bijproducten die in het veld vrijkomen, (iii) secundaire bijproducten die bij het proces vrijkomen en (iv) tertiaire bijproducten die vrijkomen na het gebruik als product. Deze groepen hebben soms ook vergelijkbare eigenschappen en technische verwerkingsmogelijkheden.

In de praktijk zijn overigens verschillende indelingen in gebruik.

- De witte en gele lijst is relevant in het kader van het emissieregime omdat daarmee onderscheid wordt gemaakt tussen schone en verontreinigde biomassastromen. Stromen die vallen onder de definitie voor schone biomassa in de LCP Directive (Richtlijn 2001/80/EG) komen op de witte lijst en vallen niet onder het Besluit Verbranden Afvalstoffen (BVA). Alle overige stromen staan op de gele lijst, hiervoor geldt de BVA wel. .
- De positieve lijst van biomassastromen die mogen worden covergist met mest, zonder dat dit consequenties heeft voor de juridische status en gebruiksmogelijkheden van het digestaat..
- Wordt de biomassa als afvalstof gezien of niet? Dit bepaalt onder andere wie het bevoegd gezag is. Zie bijv de brochure 'Afval of Biomassa, een juridische onderbouwing' van SenterNovem [3].
- De EVOA lijst voor in- en uitvoer van afvalstoffen, waarin onderscheid wordt gemaakt tussen groene en oranje lijst stoffen, afhankelijk van de noodzaak tot kennisgeving bij VROM.
- De NTA8003:2008, waarin biomassastromen worden geclassificeerd om de handel in biomassa te faciliteren en te stimuleren.
- De NTA8080, waarin duurzaamheidscriteria worden genoemd waarin in te zetten biomassastromen in de toekomst moeten gaan voldoen om als duurzaam geclassificeerd te worden.



Voor het bepalen van de directe impact van bioenergieproductie zijn er dus verschillende methoden en criteria beschikbaar die het mogelijk maken om aan te geven wat nu en in de nabije toekomst duurzaam is en dus toegestaan cq subsidieerbaar is. Indirecte effecten zijn ook relevant maar kunnen nog niet worden gekwantificeerd omdat vooralsnog geaccepteerde methoden ontbreken. Toch lijkt het waarschijnlijk dat deze indirecte effecten een belangrijke rol kunnen spelen in de beoordeling van biomassa als grondstof voor energieproductie.

#### **1.4.2 Gehanteerde definitie van beschikbaarheid**

In de praktijk worden verschillende termen gehanteerd voor het aanduiden van hoeveelheden biomassa die mogelijk kunnen worden ingezet voor energieopwekking, uiteenlopend van datgene wat direct kan worden ingekocht en ingezet voor energieopwekking, tot de totale bruto aanwezigheid of bijgroei van biomassa (een theoretisch maximum).

In deze studie wordt het begrip 'beschikbaar' onder een specifiek scenario voor biomassa als volgt gedefinieerd.

- De biomassa is aanwezig in Nederland.
- Er zijn technologieën en logistieke systemen beschikbaar die het materiaal kunnen omzetten naar bruikbare elektriciteit en warmte.
- Het overheidsbeleid maakt mogelijk dat het voor energie wordt ingezet omdat het uit ecologisch en juridisch oogpunt acceptabel is.
- De toepassing voor energieopwekking kan in financieel opzicht concurreren met andere gebruikstoepassingen – dat wil zeggen er zijn geen concurrerende toepassingen nu en/of in de toekomst.

In formulevorm is de beschikbaarheid als volgt te beschrijven:

$$B = A - T1 - T2 - T3 - T4$$

Waarbij

B = beschikbaarheid onder een scenario

A = aanwezigheid in Nederland onder een scenario

T1 = conventionele concurrerende toepassing onder een scenario (bijv. food, feed)

T2 = nieuwe concurrerende toepassing (2e generatie, etc.) onder een scenario

T3 = moet vanwege bodemvruchtbaarheid achtergelaten worden in het veld onder een scenario

T4 = te duur onder een scenario door afwezigheid van logistiek systeem of geschikte conversietechnologieën

Deze aanpak is gekozen voor (i) de huidige beschikbaarheid alsook (ii) de toekomstige beschikbaarheid van biomassa voor elektriciteit en warmte. Daarbij moet worden beseft dat voor een toekomstige inschatting van de beschikbaarheid van biomassa ieder van deze factoren weer afhankelijk is van het wereldbeeld dat wordt verondersteld. In deze studie worden de inperkende factoren T1-T4 niet voor elke stroom expliciet gekwantificeerd. Ze worden wel benoemd en kwalitatief doordacht om uiteindelijk te komen tot een inschatting van de te verwachte hoeveelheid.

Verder wordt voor 2020 verondersteld dat de beschikbare stromen dan ook daadwerkelijk kunnen worden ingezet. Dit in tegenstelling tot de stromen die nu al wel beschikbaar zijn maar welke nog niet worden ingezet vanwege bijvoorbeeld de resterende duur van verwerkingscontracten voor veel afvalstromen en de looptijd van het ontwikkelen van initiatieven.

## **1.5 Leeswijzer**

Het rapport volgt de verschillende fasen van het onderzoek. Eerst geeft hoofdstuk 2 een beeld van de drivers voor de inzet van biomassa voor duurzame elektriciteit en warmte met aandacht voor beleidsdoelstellingen en - instrumenten. Dit hoofdstuk geeft bovendien een beeld van de huidige praktijk. Vervolgens beschrijft hoofdstuk 3 de huidige beschikbaarheid aan de verschillende stromen van biomassa en de factoren die die beschikbaarheid bepalen. In hoofdstuk 4 staat de beschikbaarheid van biomassa voor elektriciteit en warmte in het richtjaar 2020 centraal. Eerst worden de scenario's geformuleerd waarna ze voor iedere biomassastroom worden ingevuld en uitgewerkt. Hoofdstuk 5 gaat in op de vraag naar biomassa voor elektriciteit en warmte. Aldus is er een basis voor hoofdstuk 6 waarin vraag en aanbod met elkaar worden geconfronteerd. In hoofdstuk 7 worden de conclusies geformuleerd, waarna hoofdstuk 8 afsluit met aanbevelingen voor de overheid, zogenaamde beleidsadviezen.

## **1.6 Begeleidingscommissie**

Het project is begeleid door een klankbordgroep onder leiding van Frank van Erp (SenterNovem) bestaande uit:

- Frank van Erp, SenterNovem (voorzitter)
- Kees Kwant, SenterNovem
- Ella Lammers, SenterNovem
- Timo Gerlagh, SenterNovem
- Willem Wiskerke, Stichting Natuur en Milieu
- Jan IJzerman, Oranjewoud
- Ed Buddenbaum, Ministerie van Economische Zaken
- Mariska de Bruijne, Ministerie van Economische Zaken
- Martin Buys, Ministerie van Economische Zaken
- Wouter Schaaf, Ministerie van Economische Zaken
- Han Swinkels, ZLTO
- Ton van Korven, ZLTO
- Jacob Rookmaker, Essent
- Maarten Gnoth, Electrabel
- Hage de Vries, Electrabel
- Martijn Plantinga, Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij
- Alison Middleton, Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij
- Maarten Kool, Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij
- Thorsten Wege, Ministerie van VROM
- Patrick Bergman, HVC Group
- Peter Paul Schouwenberg, NIDERA
- Rob Remmers, Cofely - GDF Suez
- Wim van Daalen, HVC groep
- Marleen Vermeulen, Nidera

## 2 Ontwikkeling van de inzet van biomassa voor elektriciteit en warmte

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het beleid inzake duurzame elektriciteit en warmte beschreven: doelstellingen, gehaalde resultaten en instrumentaria die de doelstellingen dichterbij moeten brengen.

### 2.2 Beleidsdoelstellingen

In Nederland geldt een aantal doelstellingen voor de opwekking van duurzame elektriciteit en warmte.

Sinds 2001 is er de doelstelling van de Nederlandse overheid om 9% van het netto binnenlands elektriciteitsverbruik in 2010 duurzaam in te vullen. Deze doelstelling uit de Derde Energienota [4] is afgeleid van de Europese richtlijn duurzame elektriciteit (2001/77/EG).

In het Actieplan Biomassa (2003) zijn doelstellingen geformuleerd voor de realisatie van duurzame energie in 2010. Volgens dit Actieplan moet de inzet van biomassa voor warmte en kracht in 2010 tot 75 tot 87 PJ aan minder fossiele energie leiden.

In het werkprogramma "Schoon en zuinig" uit 2007 zijn de volgende doelstellingen uit het Coalitieakkoord neergelegd:

1. Reductie van de uitstoot van broeikasgassen met 30% in 2020 ten opzichte van 1990.
2. Verdubbeling van het tempo van energiebesparing van 1% nu naar 2% per jaar.
3. Verhoging van het aandeel duurzame energie van ongeveer 3% nu naar 20% vermeden fossiele energie in 2020.

Vanuit de EC is in juni 2009 de richtlijn hernieuwbare energie van kracht geworden die voor Nederland neerkomt op een aandeel duurzaam van 14% van het finale gebruik in 2020. Dit komt ongeveer overeen met ca 17% vermeden fossiele energie, zodat kan worden geconcludeerd dat de doelstelling van 'Schoon en Zuinig' hoger is dan de doelstelling uit de Richtlijn Hernieuwbare Energie.

### 2.3 Huidige toepassing

De opwekking van duurzame energie wordt jaarlijks door het CBS geïnventariseerd. Ook worden door SenterNovem jaarlijks statusdocumenten Bio-energie gepubliceerd.

Voor de periode 2005-2008 is de productie van bio-energie weergegeven in Tabel 2.1, gezamenlijk met de uitgewerkte doelstelling voor bio-energie conform het Actieplan Biomassa [5]. Duidelijk is dat er momenteel 7.5% van de elektriciteit in Nederland op hernieuwbare wijze wordt opgewekt. Verder valt op dat biomassaverbranding in 2008 plotseling fors is toegenomen door de ingebruikname van een aantal grote centrales (BMC Moerdijk, HVC Alkmaar, Twence Hengelo). Tabel 2.1 laat ook zien dat bij- en meestoken in (vooral kolengestookte) centrales al jaren het grootste aandeel heeft, maar dat deze bijdrage niet of nauwelijks toeneemt.

Tabel 2.1 Productie van duurzame energie uit biomassa in Nederland (vermeden PJ fossiel) in de periode 2005-2007 (vaststelling) en 2008 (schatting). Ook is de doelstelling voor 2010 uit het Actieplan Biomassa weergegeven [74]

Bron	1990	2000	2005	2007	2008	Doelstelling Actieplan Biomassa 2010
Waterkracht	0,75	1,18	0,73	0,88	0,84	
Windenergie	0,50	6,86	17,22	28,19	35,06	
Zonne-energie totaal	0,08	0,49	1,05	1,12	1,19	
Zon-PV	0,00	0,07	0,30	0,30	0,33	
Zonnewarmte	0,07	0,42	0,75	0,82	0,86	
Omgevingsenergie totaal	0,00	0,81	2,33	4,15	5,44	
Warmtepompen	0,00	0,59	1,83	3,45	4,62	
Warmte/koudeopslag	0,00	0,22	0,50	0,70	0,82	
<b>Biomassa totaal</b>	<b>16,77</b>	<b>28,24</b>	<b>59,21</b>	<b>61,58</b>	<b>71,62</b>	<b>75-87</b>
Afvalverbrandingsinstallaties	6,09	11,42	11,87	12,98	12,72	20
Bij- en meestoken in centrales	0,00	1,76	30,52	15,70	19,69	34
Houtkachels voor warmte bij bedrijven	1,31	1,81	1,91	2,38	2,51	7
Houtkachels bij huishoudens	6,23	5,70	5,46	5,46	5,46	
Overige biomassaverbranding	0,44	2,32	4,40	5,63	9,11	8-18
Biogas, totaal	2,70	5,25	4,94	6,39	8,09	
<i>Biogas uit stortplaatsen</i>	0,34	1,93	1,58	1,41	1,31	2
<i>Biogas uit rioolwaterzuivering</i>	1,87	2,30	2,13	2,13	2,26	
<i>Biogas op landbouwbedrijven</i>	0,00	0,00	0,08	1,44	2,85	4-6
<i>Biogas, overig</i>	0,50	1,01	1,15	1,41	1,68	
Biobrandstoffen voor wegverkeer, totaal	0,00	0,00	0,10	13,03	14,03	
<i>Biobenzine</i>	0,00	0,00	0,00	3,69	5,46	
<i>Biodiesel</i>	0,00	0,00	0,10	9,34	8,57	
Totaal duurzame energiebronnen	18,10	37,58	80,54	95,92	114,15	
Totaal duurzame energie (vermeden fossiel)	0,67%	1,23%	2,44%	2,87%	3,44%	

## 2.4 Beleidsinstrumenten

Om de doelstellingen voor de productie van duurzame elektriciteit en warmte (waaronder uit biomassa) in het bijzonder te stimuleren is in Nederland een aantal instrumentaria ontwikkeld. Daaronder zijn convenanten, subsidies, fiscale stimulering, verhandelbare emissierechten en stimulering van onderzoek en innovatie.

### 2.4.1 Convenanten

Een van de middelen om de klimaat- en energiedoelstellingen te realiseren is door het maken van vrijwillige afspraken met sectoren in het bedrijfsleven. Hieronder worden enkele belangrijke overeenkomsten op het terrein van bio-energie genoemd.

### *Kolenconvenant*

In het *Kolenconvenant* dat de overheid en de energiebedrijven in 2002 hebben getekend [6] is vastgelegd dat de Nederlandse energiebedrijven in de periode van 2008 tot 2012 de CO<sub>2</sub> emissie met 3,2 Mton zullen reduceren. Dit zal voor een deel worden gerealiseerd door hogere rendementen en het gebruik van meer aardgasgestookte installaties in plaats van kolengestookte installaties. Daarnaast zal een groot deel worden gerealiseerd door de inzet van biomassa in deze installaties.

Ook andere sectoren, zoals de glastuinbouw, hebben convenanten met de overheid afgesloten, waarin is vastgelegd dat de CO<sub>2</sub> emissie zal worden gereduceerd. In deze sectoren kan de inzet van biomassa als energiebron interessant zijn om deze reductie te realiseren.

### *Sectorakkoord Energie 2008-2020*

Het *Sectorakkoord Energie 2008-2020* behelst een gezamenlijke aanpak van de klimaat- en energiedoelstellingen voor 2020 door overheid (EZ, VROM) en energiebedrijven (EnergieNed, VME, Netbeheer Nederland). Net als bij het kolenconvenant wordt ook hier de bij- en meestook van duurzame biomassa essentieel geacht voor de realisatie van de ambities. Als onderdeel hiervan zal de Rijksoverheid het opstellen, uitwerken en testen van certificeringtrajecten voor duurzame biomassa door de energiesector faciliteren.

### *Convenant 'Schone en Zuinige Agrosectoren'*

In het *Convenant 'Schone en Zuinige Agrosectoren'* [7] hebben de gezamenlijke agrosectoren afspraken gemaakt met de ministeries van LNV en VROM over de productie van duurzame energie. Van de kabinetsdoelstelling van 20 procent duurzame energie in 2020 gaan de agrosectoren circa 40 procent leveren (ruim 200 PJ). De sector heeft hiervoor verschillende stromen beschikbaar zoals mest, reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie, snoeihout en restproducten uit de houtindustrie.

## **2.4.2 SDE-subsidie voor productie van duurzame elektriciteit en groen gas**

Als opvolger van de MEP subsidie is in 2008 de regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) in werking getreden. Terwijl de MEP bestond uit een vast bedrag per opgewekte energie-eenheid, is de SDE regeling gebaseerd op de vaststelling van een basisbedrag, welke voor een specifiek type project nodig zou zijn om normaliter rendabel te kunnen draaien. De SDE subsidie zelf bestaat uit het verschil tussen dit basisbedrag en de verkoopprijs voor de geproduceerde energie (elektriciteit of gas). Voor enkele biomassacategorieën is er sinds 2009 een warmtestaffel, om zoveel mogelijk restwarmte die vrijkomt bij de productie van duurzame elektriciteit nuttig te gebruiken. De tariefstelling voor 2010 is in Tabel 2.2 weergegeven.

Tabel 2.2: SDE basisbedragen in 2010 [8]

	Basisbedrag SDE 2010	
	Geen warmtebenutting	Maximale warmtebenutting
Verbranding (10-50 MW <sub>e</sub> )	11,4 €ct / kWh	15,3 €ct / kWh
GFT vergisting	12,9 €ct / kWh	14,9 €ct / kWh
Co-vergisting, verbranding < 10 MW <sub>e</sub>	15,2 €ct / kWh	17,7 €ct / kWh
Overige vergisting	15,8 €ct / kWh	15,8 €ct / kWh
RWZI, AWZI en Stortgas	5,9 €ct / kWh	5,9 €ct / kWh
AVI's	11,4 €ct / kWh	13,7 €ct / kWh
Biogas uit GFT-vergisting	46,5 €ct / Nm <sup>3</sup>	
Overige vergisting (co-vergisting + VGI)	58,3 €ct / Nm <sup>3</sup>	
RWZI, AWZI en Stortgas	21,8 €ct / Nm <sup>3</sup>	

In de SDE regeling wordt niet alle benutte warmte ook nuttig aangewend omdat dit gerelateerd kan zijn aan het bedrijven van de productie-installatie zelf. Dit geldt bijvoorbeeld voor het opwarmen van de voeding van een vergistingsinstallatie.

Belangrijk in het kader van deze studie, is dat projecten die gebruik maken van primaire plantaardige oliën en vetten, vetzuren en glycerine (NTA8003: 2008 NTA 500, 550 tot en met 559, 587 en 592) niet voor subsidie in aanmerking komen in de regeling van 2009. Plantaardige oliën en vetten die vrijkomen als reststromen zijn niet altijd uitgesloten. Dierlijke oliën en vetten zijn toegestaan.

In 2008 is er relatief weinig kleinschalige verbranding/vergisting van biomassa gerealiseerd. Een van de belangrijkste genoemde redenen in de markt was het relatief lage basisbedrag en de emissie-eisen die werden opgelegd. Dit is aanzienlijk versneld met de hogere SDE bedragen voor 2009. Daarnaast worden ook de (vloeibare) reststromen uit de foodindustrie toegelaten en wordt een toeslag toegekend indien vrijkomende warmte nuttig wordt toegepast. Dit heeft geleid tot een forse toename in de interesse in projectrealisatie. Aan het eind van de kabinetsperiode wordt gemikt op ruim 400 MW extra bioenergie-vermogen (zie Tabel 2.3).

Tabel 2.3: Voortgang van de realisatie van doelstellingen SDE in deze kabinetsperiode. Bron: ministerie van EZ, [9]

Categorie	2008 (gecommuniceerd)	2009 (verwacht)	2010 (open te stellen)	2011 (indicatief)	2008-2011 (Verwachte realisatie)
Biomassa elektr. (incl. warmte)	190	69,5	30-38	30-38	129,5-145,5
Biomassa gas	18	31	16-22	16-22	63-75
Elektr RWZI, AWZI en stortgas	30	0	9	5	14
Groen gas RWZI, AWZI, stortgas	10	0,3	13	5	18
AVI's	160	127	86	0	213
<b>Totaal bio-energie</b>	<b>408</b>	<b>228</b>	<b>154-168</b>	<b>56-70</b>	<b>437-465</b>
Wind op land (incl. NOP)	2070	542	355-500	367-517	1265-1559
Zon-pv klein	93	38	20	25	83,3
Zon-pv groot	-	11	5	5	21
Waterkracht	-	0	20-45	6-13	26-58
Wind op zee	450	0	950	0	950
<b>TOTAAL</b>	<b>3021</b>	<b>819</b>	<b>1504-1688</b>	<b>459-630</b>	<b>2783-3137</b>

### **2.4.3 Fiscale stimulering**

Nederland kent fiscale mogelijkheden om duurzame energie initiatieven te stimuleren. Waar de SDE-subsidie alleen geldt voor initiatieven die elektriciteit of groen gas produceren, geldt de energie-investeringsaftrek (EIA) ook voor investeringen in bijvoorbeeld duurzame warmte. Onder de EIA kunnen investeerders die vennootschapsbelasting betalen, een deel van de investeringskosten van de bruto winst aftrekken.

### **2.4.4 Verhandelbare emissierechten**

Nederland is in het kader van het Kyoto Protocol verplicht om de emissie van broeikasgassen in de periode 2008-2012 met 6% te reduceren ten opzichte van het basisjaar 1990.

Middels het Europese CO<sub>2</sub>-emissiehandelssysteem (ETS) kunnen energie-intensieve bedrijven met een hoge CO<sub>2</sub> uitstoot onderling emissierechten verhandelen binnen Europa, met als beoogd resultaat dat maatregelen worden gerealiseerd op de plek waar dit het meest rendabel is. In de huidige handelsperiode (ETS2) van 2008 tot en met 2012 wordt enige krapte verwacht, aangezien de Europese Commissie de nationale emissieplafonds grofweg gemiddeld 10% lager heeft gesteld dan de plannen die lidstaten, waaronder Nederland, aanvankelijk hadden ingediend. In ETS3 (2013 - 2020) wordt de reikwijdte vergroot naar de internationale luchtvaartsector, wordt het emissieplafond verder verlaagd en komt er één Europees plafond in plaats van een nationaal plafond voor iedere lidstaat. Daarmee wordt verwacht dat de prijzen voor CO<sub>2</sub> in ETS steeds belangrijker worden voor onder andere bij- en meestookopties.

Overigens is er ook voor NO<sub>x</sub> handel in uitstoot mogelijk, dit kan voor kolencentrales reden zijn om bijvoorbeeld een SCR installatie te gaan plaatsen of om biomassa te gaan bijstoken omdat de NO<sub>x</sub> uitstoot bij het bij-en meestoken van biomassa over het algemeen lager is dan bij kolen.

### **2.4.5 Onderzoek en demonstratie**

Voor de langere termijn kan de overheid onderzoek en demonstratie van nieuwe technologieën stimuleren. Voor een aantal technologieën zoals torrefactie en (superkritische) vergassing kan worden verwacht dat deze bij voldoende stimulering in de komende jaren, in 2020 commercieel kunnen worden toegepast. Dit kan een belangrijke invloed hebben op de ontsluiting van anders onderbenutte biomassastromen. De resultaten van onderhavige studie geven dan ook geen eindbeeld, maar slechts een tussenstand in de ontwikkeling van de positie van bioenergie in Nederland op de langere termijn.

## 3 Huidige beschikbaarheid biomassa in Nederland

### 3.1 Definitie

In dit hoofdstuk staat de huidige beschikbaarheid van de verschillende biomassasoorten centraal. Gekeken wordt naar de hoeveelheid die er is en de factoren die de beschikbaarheid bepalen. Per stroom wordt een korte beschrijving gegeven van de markt met daarbij concurrerende toepassingen, typische marktprijzen en de hoeveelheid welke wordt geproduceerd en in principe ook beschikbaar zou kunnen worden gemaakt voor energieopwekking.

### 3.2 Grondgebruik

Specifiek geteelde biomassa en bijproducten die direct van het land komen zijn een beperkte maar wel belangrijke en nog vaak onderbenutte optie om biomassa vrij te maken voor energieproductie. In Tabel 3.1 is een onderverdeling te zien van Nederland in verschillende categorieën land. Op een deel van het oppervlak kunnen eventueel energiegewassen geteeld worden (zie 3.3). Van een ander deel kunnen “bijproducten” worden gebruikt die nu voor een deel achterblijven op het land of die nu wel afgevoerd worden maar een beperkte toepassing hebben (composteren).

In 2003 was de totale oppervlakte van Nederland 41.528 km<sup>2</sup>. Dit kan worden onderverdeeld zoals aangegeven in Tabel 3.1.



Tabel 3.1 Grondgebruik in Nederland in 2003 (LEI, 2008 [56])

<b>Bodemgebruik</b>	<b>km<sup>2</sup></b>
<b>Totaal verkeersterrein</b>	<b>1.147</b>
Spoorterrein	84
Wegverkeersterrein	1.040
Vliegveld	22
<b>Totaal bebouwd terrein</b>	<b>3.289</b>
Woonterrein	2.239
Bedrijventerreinen	895
Sociaal-culturele voorzieningen	154
<b>Totaal semi-bebouwd terrein</b>	<b>506</b>
Delfstofwinplaats	31
Bouwterrein	349
Overige semi-bebouwde terreinen	126
<b>Totaal recreatieterrein</b>	<b>937</b>
Park en plantsoen	267
Sportterrein	322
Overige recreatieterreinen	348
<b>Totaal agrarisch terrein</b>	<b>23.037</b>
Terrein voor glastuinbouw	157
Overig agrarisch terrein	22.880
<b>Totaal bos en open natuurlijk terrein</b>	<b>4.841</b>
Bos	3.464
Open natuurlijke terreinen	1.377
<b>Totaal water</b>	<b>7.772</b>
Binnenwater	3.598
Buitenwater	4.174
<b>Totaal</b>	<b>41.528</b>

### 3.3 *Energiegewassen*

Energiegewassen worden doelbewust geteeld voor energieopwekking. Onderscheid wordt gemaakt in teelt van energiegewassen binnen en buiten de gangbare landbouw.

Teelt van energiegewassen door boeren betreft nu vooral koolzaad voor biodiesel (en veevoer). Verder wordt er graan voor ethanol geteeld en wordt er ook een deel van het gewone graan en maïs (net als bij koolzaad) gebruikt voor ethanolproductie. Bij lage prijzen is het ook mogelijk om graan in te zetten voor thermische conversie. Meerjarige teelten op langdurige set-aside komt al beperkt voor maar lijkt door veranderde set-aside regels minder mogelijk in de (nabije) toekomst. Teelt van gewassen specifiek voor elektriciteit en warmte is marginaal. Voorbeelden zijn Miscanthus in Achterberg (5 ha), en Miscanthus voor verwarming van een stal in Rhenen. Verder staan er nog velden Miscanthus en Switchgrass op andere plaatsen in Nederland, maar deze biomassa wordt niet voor energie ingezet.

Wel van betekenis is de teelt van energiemais (speciale maïs variëteiten) of van gewone maïs voor vergisting (soms gecombineerd met ethanolproductie). Naar schatting van het LEI werd er 4.000 ha maïs voor vergisting ingezet. Dit laatste werd

minder aantrekkelijk toen de prijzen van maïs aantrokken vanwege de vraag naar veevoer. Toen werd de conversie naar biogas minder aantrekkelijk.

De inzet voor warmte en elektriciteit wordt beperkt omdat andere toepassingen vaak aantrekkelijker zijn (veevoer, biotransportbrandstoffen) en omdat er zorgen zijn over de indirecte effecten en daarmee over de duurzaamheid. Wij schatten dat er de laatste jaren maximaal zo'n 10.000 ha teelt voor energie heeft plaatsgevonden waarvan zo'n 50% voor elektriciteit en warmte. Het gaat dan om zo'n bruto 100.000 ton droge stof de laatste jaren.

Teelt van energiegewassen buiten de landbouw is ook een optie. Met name grond dat qua functie verandert van landbouw naar natuur komt hierbij in aanmerking. Op dit moment zijn er kleinschalige voorbeelden. Miscanthus en wilg bij Proefboerderij de Dorschkamp in Noord Holland, waarbij energieteelt wordt gecombineerd met slibreiniging is zo'n voorbeeld. Een tweede voorbeeld is de productie van riet in combinatie met reiniging van water op landgoed Lankheet (3 ha). Een derde voorbeeld is de korte-omloop wilg in Flevoland (60 ha). Andere mogelijkheden van energieteelt in combinatie met andere functies worden onderzocht [10, 11]:

- Rietproductie in het veenweidegebied [12]
- Energieteelt op voormalige vuilstortplaatsen
- Tijdelijke energieteelt op land dat ongebruikt is zoals bedrijfsterreinen. De 2<sup>e</sup> Maasvlakte is hiervan een voorbeeld. 2000 ha zou tijdelijk gebruikt kunnen worden.

Deze opties vergen nog veel onderzoek en ontwikkeling en aanpassing van beleid wat tot 2020 maar voor een deel mogelijk is.

### **3.4 Primaire bijproducten**

Primaire bijproducten komen vrij in het veld als restproduct van de teelt of bijgroei van een ander product. In deze paragraaf worden de belangrijkste stromen genoemd.

#### **3.4.1 Stro en andere droge gewasbijproducten uit de akkerbouw**

Er is circa 210.000 ha areaal aan stroproducerende gewassen, waarmee bruto 1,1 miljoen ton (85% DS)<sup>1</sup> biomassa wordt geproduceerd. Daarvan wordt 75% (840 kton) verkocht aan derden. De rest komt niet in het economisch verkeer en wordt anders

---

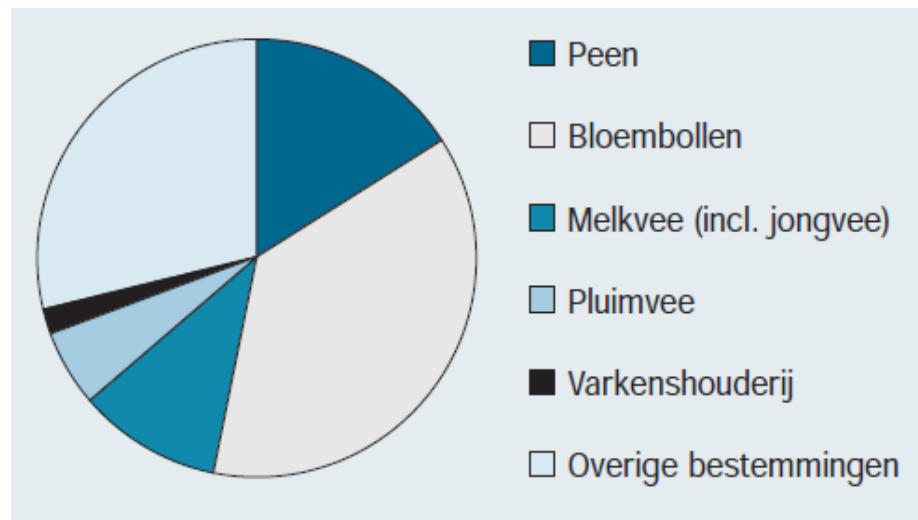
<sup>1</sup> Voor schatting van de productie van stro is analoog aan Edwards et al (2005) [1] de volgende functie gebruikt:

$$\text{straw} = \text{grain} * 0.769 - 0.129 * \arctan((\text{grain} - 6.7)/1.5)$$

Hierbij is de stroproductie een functie van de graanproductie waarbij het percentage stro afneemt naarmate de graanproductie toeneemt. Hierbij is er vanuit gegaan dat de functie geldt voor gewassen met droge bijproducten waaronder tarwe, gerst, haver, rogge, erwt, koolzaad, veldbonen, kapucijners.

verhandeld, vindt een toepassing als bodemverbeteraar en wordt sporadisch op het veld verbrand.

Overigens is de geschatte hoeveelheid van 1,1 miljoen ton stro (tarwe, gerst, haver, rogge, erwt, koolzaad) iets hoger dan de schatting van Bosma en Vermeer (2004)[13]. Zij schatten de Nederlandse stroproductie die verhandeld wordt op 840 kton per jaar (quote: 8% van het Nederlandse stro is 67 kton). We nemen aan dat 25% van de stroproductie niet wordt geoogst (en dus op het veld achter blijft) of verhandeld wordt buiten het economisch circuit. De resterende 75% (ongeveer 840.000 ton) wordt verwijderd en gebruikt voor niet-energietoepassing (zie Figuur 3.1).



*Figuur 3.1 Toepassing van stro in Nederland – geschatte hoeveelheid gebruikt is 840.000 ton per jaar (Bosma en Vermeer, 2004[14]).*

Stro heeft dus een duidelijke (niet-energie) markt in Nederland en er is regelmatig import van stro nodig om aan de vraag te voldoen. De verbruikersprijzen liggen de laatste jaren rond de 100 Euro per ton voor stro, terwijl de producentenprijzen rond de 40 a 50 Euro per ton stro liggen (LEI, 2006 [21]). Als er geen alternatieve afzet voor stro zou zijn zou er een minimale prijs van 40 Euro per ton betaald moeten worden voor aanvoer van stro op korte afstand (<15 km) van de boerderij. Dit dekt globaal logistiek- en opslagkosten voor de boer. Met de bestaande toepassingen van stro is beschikbaarheid ervan voor elektriciteit en warmte beperkt en moeilijk te garanderen tegen lage prijzen.



Figuur 3.2 Verbrand grijs stro, en nieuwe balen stro op Texel 2007

### 3.4.2 Graszaadhooi

Er komt jaarlijks zo'n 100 kton graszaadhooi vrij (85% ds). Dit hooi heeft een prijs die vergelijkbaar is met dat van stro. Er is een vaste afzetmarkt als ruwvoer, bedding, etc. Dit hooi is aantrekkelijker als veevoer voor dieren en zal meestal niet beschikbaar zijn voor elektriciteit en warmte.

### 3.4.3 Natte gewasresten

Voor natte gewasbijproducten is er een lineaire relatie verondersteld tussen opbrengst hoofdproduct en het bijproduct. Het bijproduct is geschat met behulp van data van Zwart et al (2004) [15] en de oppervlakte- en opbrengststatistieken. Het gaat hier om akkerbouwgewassen zoals aardappel, suikerbiet, cichorei en ui (in 2004 285.000 ha) en om tuinbouwgewassen zoals koolsoorten en prei (in 2004 78.000 ha). Hiervan uitgaande produceert de akkerbouw naar schatting maximaal zo'n 985 kton ds aan natte gewasbijproducten en de tuinbouw zo'n 200 kton ds aan natte gewasbijproducten.

Op dit moment worden de natte gewasresten weinig gebruikt. Theoretisch zou er – net als bij stro en hooi - een maximale afvoer van 65-70% mogelijk kunnen zijn. (overeenkomend met 830 kton ns). Echter er ontbreekt enige infrastructuur als oogst- en transportmachines. De natte gewasresten van het open veld worden bijna altijd ondergewerkt. Er wordt gesproken over aanvoer van gewasresten om stikstof verliezen te beperken, met name op zand en löss gronden in Nederland. Dit zou aanvoerkosten van deze resten kunnen beperken [15, 16].

Verder komen er in de glastuinbouw gewasresten vrij die voor een deel aan de bodem worden toegevoegd en voor een deel aan het einde van de cyclus worden afgevoerd naar de compostering. Het gaat hierbij om maximaal 76 kton ds natte gewasresten van 4.400 ha glastuinbouw. Een maximale beschikbaarheid van 50% lijkt ons mogelijk aangezien veel materiaal gedurende het seizoen ontstaat en op de bodem terecht komt waar het composteert. Op dit moment wordt veel van de gewasresten uit kassen aan het einde van het seizoen gecomposteerd. Toepassing voor energie is wel onderzocht.

Totaal is er dus  $830+38 = 868$  kton ds natte gewasresten potentieel beschikbaar uit tuinbouw en akkerbouw. Op natte basis is dit ca. 7 miljoen ton ns.

#### **3.4.4 Groenbemester**

Een alternatief voor het afvoeren van gewasresten is in veel gevallen de teelt van een groenbemester of vangstgewas na de oogst. Dit gewas wordt geteeld nadat een hoofdgewas is geoogst om resterende nutriënten op te nemen, uitspoeling van nutriënten te voorkomen en de bodemvruchtbaarheid te verbeteren. Het gewas wordt gewoonlijk niet geoogst. De voorwaarden voor inzet zijn dezelfde als bij de gewasresten: de kosten van logistiek moeten worden gecompenseerd.

In een aantal gevallen kan het wel worden geoogst en afgevoerd voor bijvoorbeeld vergisting [16]. In Nederland werd er de laatste jaren tussen de 17.000 en 31.000 ha groenbemestings-gewassen geteeld [34]. Typische ds opbrengsten zijn 2,5 tot 3 ton per ha, ofwel tussen de 51 en 93 kton DS.

Met een vochtgehalte van meer dan 70% is dit gewas vooral geschikt voor vergisting of bioraffinage. Kosten voor oogst en logistiek moeten betaald worden en bedragen naar schatting 50 a 100€ per ton DS. Verder is oogst in november moeilijk bij natte omstandigheden. Aanvoer kan dus onzeker zijn. Als hierboven gezegd is er bij afvoer van gewasresten wellicht minder noodzaak voor gebruik van stikstof van gewassen.

#### **3.4.5 Houtige biomassa uit fruitteelt en boomteelt**

Er is in Nederland 18.436 ha meerjarige fruitteelt (appels, peren, pruimen, kersen, bessen, etc) en 13.749 ha boomteelt.. Hier komt door snoei en herplant jaarlijks houtige biomassa vrij.

Koppejan (2005 [44]) schatte de hoeveelheid resthout uit de fruitteelt en van boomkwekerijen op 200 kton nat (ca 80 kton droge stof).

### **3.4.6 Gras uit natuur en bermen**

Natuurgras wordt voor een significant deel afgevoerd richting groencompostering. De inzet voor veevoeder is niet altijd goed mogelijk vanwege de mogelijke aanwezigheid van bepaalde – voor dieren nadelige – planten, zoals St Jakobskruid. Ook van bermgras kan de kwaliteit vaak onvoldoende worden gegarandeerd. Veel van het bermgras en natuurgras wordt daarom verwerkt in de groencompostering.

Daarnaast wordt er 240.000 ton bermgras (DS) geproduceerd. Op dit moment is afvoer van bermgras meestal gewenst. De kosten hiervoor bedragen € 0 tot 40 per ton vers, ofwel € 0 tot 80 per ton DS. Het vochtgehalte ligt tussen 40 en 80%. Toepassing zal dan ook met name in vergisting kunnen liggen. Verder is een vorm van bioraffinage mogelijk die ook in 2020 naar verwachting nog beperkt zal zijn. Verder is vergassen of verbranden mogelijk, indien het tijdens de logistieke keten eerst kan worden gedroogd.

### **3.4.7 Heide**

Heideplagsel komt vrij bij het onderhoud van het heidelandschap. Voor heide zijn er schattingen gemaakt van de productie van 36,4 kton ds [54, 55]. De kostprijs bedraagt tussen de € 0 en 40/ton. Hoewel het materiaal redelijk droog is, kan het asgehalte redelijk hoog liggen (boven 10%). Omdat er nog geen geschikte techniek ontwikkeld is om de brandstof te ontdoen van meekomend zand, wordt dit momenteel niet beschikbaar geacht voor energieopwekking.

### **3.4.8 Riet**

Riet wordt momenteel nog niet ingezet voor energieopwekking, o.a. vanwege het ontbreken van een goede logistiek. De beschikbaarheid van riet is geschat op 20.000 ton ds in 2020. [54,55]. De verwachte kosten liggen tussen de € 0 en 40 Euro/ton, in gebaalde vorm bij een installatie geleverd. Hoewel het materiaal redelijk droog zal zijn kan asgehalte redelijk hoog liggen (5 a 10%).

### **3.4.9 Groenafval uit de gebouwde omgeving**

Groenafval uit de bebouwde omgeving komt voort uit het onderhoud van stedelijke beplantingen. Een deel wordt afgevoerd als groenafval en een deel wordt ook niet afgevoerd of anders ingezet. Rabou et al [18] schat dat in bebouwde en semi-bebouwde omgeving zo'n 415 kton ds oogstbare biomassa wordt geproduceerd. Een deel hiervan is hout dat vooral in kachels van particulieren wordt gebruikt.

De rest van het materiaal is natter en blijft achter of wordt afgevoerd als groenafval. De gemeentelijke reinigingsdiensten haalden in 2007 ca 670 kton aan plantsoen/groenafval op uit de gebouwde omgeving [17]. Dit afval wordt thans praktische volledig gecomposteerd op groencomposteringen. Vergisting is geen optie voor het integrale groenafval, mogelijk wel voor bepaalde deelstromen.

### **3.4.10 Biomassa van waterwegen**

Biomassa uit waterwegen wordt nu voor een klein deel verwijderd bij het schoonhouden van watergangen. Er is een grove schatting gemaakt van 1 miljoen

ton vers en zo'n 350 kton ds materiaal (Rabou et al., 2006 [18]). Deze biomassa zou in een vergister kunnen worden gebruikt. Deze stroom komt voor een klein deel al voor in compostering. Grootste deel blijft ongebruikt. Potentieel is hier een deel in te zetten. Inzet voor energie zal ook in 2020 beperkt zijn.

### 3.4.11 Mest

Mest komt primair vrij bij de houders van vee: pluimvee, melkvee, varkens en paarden. De hoeveelheid mest die vrijkomt hangt dus direct samen met de omvang van de veestapel. Deze is weer afhankelijk van de markt van de dierlijke producten (melk- en vleesproducten). Daarnaast wordt de omvang van de veestapel ook bepaald door milieuwetgeving en regels rondom de ruimtelijke ordening.

Mest kan vervolgens direct worden ingezet als meststof, of eerst een bewerking ondergaan. Mest kan tevens als energiedrager worden ingezet via verbranding of anaerobe vergisting.

De totaal geproduceerde hoeveelheid mest door rundvee, kalveren en varkens was in 2006 ruim 61 Mton . Het grootste deel (rond 95%) hiervan is drijfmest – met een laag droge stof gehalte.

Tabel 3.2: Productie aan mest van rundvee, kalveren en varkens in 2006, [19]

Veecategorie	Weidemest (kton)	Stalmest (kton)	Totaal (kton)
Melkvee	6.613	30.130	36.743
Vleesvarkens	-	6.671	6.671
Vleeskalveren	-	2.920	2.920
Fokvarkens	-	5.339	5.339
Jong vee	1.705	7.769	9.474
Totaal	8.318	52.829	61.147

Het totaal geproduceerde mest door pluimvee bedroeg 1.437 kton in 2006. In Tabel 3.3 staat de onderverdeling tussen de verschillende soorten pluimvee. Het betreft hier vooral droge meststromen; slechts een kleine fractie (50 kton leghennenmest) is nat.

Tabel 3.3: Productie aan pluimveemest in 2006 [20]

Veecategorie	Weidemest (kton)	Stalmest (kton)	Totaal (kton)
Hennen vleeskuikens	-	111	111
Vleeskuikens	-	472	472
Leghennen	-	719	719
Ander pluimvee	-	135	135
Totaal pluimvee	-	1.437	1.437

Naast de stromen in Tabel 3.2 en Tabel 3.3 is er 3.874 kton aan mest van vleesvee, welke vrijwel geheel vrijkomt in de stal. Daarvan is één-derde steekvast en daarom als beschikbaar verondersteld als brandstof voor energieopwekking. Het resterende deel is drijfmest en kan via vergisting worden ingezet.

Tenslotte komt er mest vrij van schapen en paarden (2.676 kton; 100% steekvast) [21]. Terwijl schapenmest vooral vrij komt in de wei en dus niet beschikbaar is, wordt paardenmest vrijwel geheel al ingezet voor champost. Deze stromen worden dus niet als beschikbaar verondersteld voor energieopwekking.

Bijna 20% van de productie van melk- en jongvee is weidemest en ruim 80% is stal mest. Bij de overige graasdieren is die verhouding ongeveer half om half. Dit betekent dat 6.613 kton mest van melkvee en 1.705 kton mest van jongvee dat in de wei vrijkomt; het overige deel komt in de stal. Opgeteld is er 60.816 kton aan mest beschikbaar in de stal, welke kan worden aangewend voor een nuttige toepassing, waaronder energieopwekking.

#### *Huidige bestemming van mest*

Mest kan zowel binnen als buiten de Nederlandse landbouw worden afgezet. Tabel 3.4 maakt duidelijk dat de meeste mest momenteel binnen de landbouw wordt afgezet en daarbinnen vooral op het eigen bedrijf. Van deze 69.133 kton blijft 8.318 kton achter in de wei en resteert dus de eerder berekende 60.815 kton voor energiedoelinden en andere toepassingen binnen en buiten de landbouw.

Tabel 3.4: *Plaatsing van dierlijke mest in kton bij de 'modelmatige mestmarkt' van 2007 [22,23]*

<b>Bestemming</b>	<b>kton</b>
Binnen de landbouw, eigen bedrijf <sup>a)</sup>	47.622
Binnen de landbouw, ander bedrijf	15.662
Buiten de landbouw	5.849
<b>Totaal</b>	<b>69.133</b>

a) Inclusief dataverschil tussen de productie en gehalteforfaits.

#### *Afzet buiten de Nederlandse landbouw*

Volgens het "Protocol voor Monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen" [20] kan mest op de volgende manieren worden afgezet buiten de Nederlandse landbouw:

- 1) afzet van onbewerkte mest op hobbybedrijven;
- 2) afzet van onbewerkte mest op natuurterrein;
- 3) afzet van onbewerkte mest bij particulieren;
- 4) netto export van onbewerkte mest. (export-import)
- 5) mestverwerking
- 6) mestverbranding.

De afzet richting eerste vijf categorieën staat in Tabel 3.5 verder uitgewerkt. Er wordt vanuit gegaan dat de afzet van onbewerkte mest bij particulieren en natuurterreinen graasdierrijfmest is [23]. Van de 1.728 kton aan verwerkte mest is in 2006 844 kton als substraat in de champignonteelt ingezet. Overigens kunnen de restproducten van mestverwerking en –verbranding weer terug in de landbouw worden afgezet.



Tabel 3.5: Afzet van onbewerkte mest buiten de Nederlandse landbouw in 2006 in kton mest [23].

Mestsoort	kton
1. Onbewerkte mest naar hobbybedrijven <sup>a)</sup>	1.510
2. Onbewerkte mest naar natuurterrein	2.000
3. Onbewerkte mest naar particulieren	925
4. Export van onbewerkte mest, waarvan	1.927
- graasdierdrijfmest <sup>b)</sup>	98
- vleesvarkensdrijfmest	125
- fokvarkensdrijfmest	309
- vaste leghennenmest <sup>c)</sup>	715
- vleeskuiken en kalkoenenmest	460
- paardenmest als champost geëxporteerd	220
5. mestverwerking	1.728

- a) Luesink et al 2009 [23], tabel 2.22. Fosfaat van 4 mln kg omgerekend naar volume. Er van uitgegaan dat het 50% melkveemest en 50% varkensmest is.
- b) inclusief de mest van vleeskalveren;
- c) inclusief de mest die tot champignonsubstraat wordt verwerkt en vervolgens als champost wordt geëxporteerd en gecorrigeerd voor mestkorrels die op VDM's als export van onbewerkte pluimveemest is ingevuld (73.000 ton vaste pluimveemest).

Wat betreft het gebruik van mest voor energietoepassingen gaat het vooral om de energie die vrijkomt bij anaerobe vergisting en verbranding. De huidige situatie rondom beide opties worden hieronder besproken.

#### Anaerobe vergisting

De meeste bestaande vergistingsinstallaties worden gevoed met drijfmest welke vrijkomt van het eigen bedrijf. De mineralen komen weer vrij in het digestaat, wat weer kan dienen als meststof. Het kan echter niet worden toegepast als kunstmestvervanger omdat dit niet is toegestaan door de Europese Unie en de Nederlandse overheid. De reden is dat kunstmeststoffen geen dierlijke oorsprong mogen hebben, alleen meststoffen met een anorganische oorsprong of afkomstig uit industriële processen worden toegestaan. Wel wordt er middels 10 pilot experimenten onderzocht hoe het digestaat kan worden toegepast– binnen de grenzen van stikstof, fosfaat- en kaliumbemesting.

In 2007 waren ruim 50 boerderijvergisters operationeel, een verdubbeling ten opzichte van 2006. Daarnaast zijn er momenteel veel initiatieven in ontwikkeling, waarbij de schaalgrootte per initiatief toeneemt. In totaal is er in 2007 ongeveer 450 kton mest vergist, waarvan het grootste deel bestaat uit varkensmest, waarvan weer een deel van het digestaat wordt geëxporteerd. Overigens kan alleen gehygiëniseerd digestaat geëxporteerd worden; vanwege de noodzakelijke afdoding van ziektekiemen.

Vergisting van pluimveemest is nog minder gebruikelijk, in 2007 is er nog bij 4 bedrijven pluimveemest vergist, waarvan 635 ton in drie bedrijven. Het vierde bedrijf heeft vaste pluimveemest vergist in een mengsel van 40 kton rundvee-, varkens- en vaste pluimveemest [24]. Omdat kippenmest relatief veel stikstof bevat kan er verzuring optreden, wat de vergisting remt. Het vergisten van kippenmest vraagt

daarom altijd om toevoeging van cosubstraten. Een tweede aandachtspunt is de beperkte hoeveelheid mest die op het land mag worden uitgereden. Vanwege het hoge mineralengehalte is deze voor kippenmest minder dan voor mest van grazers<sup>2</sup>.

Er zijn verschillende covergistingsmaterialen, zoals maïs, groente-afval, de reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie.

#### Verbranding

Sinds het voorjaar 2008 wordt pluimveemest verbrand in de pluimveemestcentrale BMC te Moerdijk. Deze centrale produceert 36,5 MWe uit ca 400 kton per jaar aan pluimveemest (ca. een derde van de Nederlandse pluimveemestproductie). Deze mest wordt door ruim zeshonderd pluiveehouders uit Noord-Brabant en Limburg aangeleverd. Deze boeren zijn verenigd in coöperatie DEP, die ook mede-eigenaar van de mestcentrale is.

De prijs voor pluimveemest was in 2007 rond de -30..-35 euro per ton mest, is begin 2008 naar -17..-18 euro/ton mest gestegen en inmiddels verder gestegen naar -5..-10 euro/ton mest [25]. Deze stijging is een gevolg van de eerder genoemd pluimveemestcentrale. Waarschijnlijk zal de prijs weer wat dalen wanneer de markt een nieuw evenwicht heeft gevonden.

Voor rundveemest ligt de prijs op ongeveer -10..-15 euro/ton mest voor afvoer en varkensmest op ongeveer -18..-25 euro/ton mest.

### **3.5 Secundaire bijproducten**

#### **3.5.1 Schoon resthout uit de houtverwerkende industrie**

De productie van schoon resthout uit de houtverwerkende industrie is al jaren stabiel op ca 600 kton. Volgens een in 2009 gepubliceerde studie van Probos kwam er in 2007 ruim 640 kton aan resthout vrij uit Nederlandse houtverwerkende industrie [26]. Daarnaast werd er ca 78 kton aan resthout geïmporteerd, zodat het totaal aan industrieel resthout wat in Nederland werd verwerkt, ca 720 kton bedroeg. Daarvan is er in 2007 ca 340 kton ingezet voor energietoepassingen: ca. 100 kton in eigen kleinschalige verbrandingsinstallaties voor warmteproductie, 185 kton via de productie van houtpellets (waarvan ca 85 kton geëxporteerd) en ca. 55 kton in de installatie in Cuijk). Het restant (ca 300 kton) wordt als materiaaltoepassing geëxporteerd voor toepassing in spaanplaat en als strooisel voor ligboxen, maneges en paardestallen.

Verder wordt er ca 75 kton aan resthout geïmporteerd, dit betreft vooral wit zaagsel wat wordt gebruikt voor stalbedekking.

---

<sup>2</sup> In kg stikstof en fosfaat is het hetzelfde. Een uitzondering vormen de derogatiebedrijven daar is de gebruiksnorm voor mest van graasdieren hoger dan die voor hokdieren.

Tabel 3.6: *Herkomst en gebruik van resthout in 2007, afgeleid uit [26]. Alle waarden zijn in kton met 15% vocht. Voor rondhout zijn de droge stof gehalten omgerekend naar 15% vocht.*

Origine en type resthout	herkomst		Bestemming				Totaal
	NL	import	energie	spaanplaat	strooisel	Overige	
Rondhout	190		54	57	-	79	190
Afgevoerd naar houtvezelbedrijven	351	79	186	28	217		430
<i>wit zaagsel/krul</i>	168	44	-	-	212		212
<i>bruin zaagsel/krul</i>	106	27	128	-	5		133
<i>afkorthout</i>	62	5	53	14	-		67
<i>overig</i>	16	3	5	14	-		19
Eigen energieopwekking	100	-	100	-	-		100
TOTAAL	641	79	340	85	217	79	720

Hout dat voor strooisel en overige toepassingen wordt gebruikt wordt niet beschikbaar verondersteld voor energietoepassing, gezien de hoge prijs (ca 140 Euro/ton). De afzetprijs van houtresten voor productie van pellets, directe energietoepassing en export voor spaanplaat is van dezelfde orde grootte. Daarom is aangenomen dat de hoeveelheid resthout welke in principe kan worden ingezet voor energieopwekking  $340 + 85 = 425$  kton bedraagt. Daarvan is in 2007 255 kton daadwerkelijk ingezet in Nederland voor energieopwekking: de eerdergenoemde 100 kton in eigen verbrandingsinstallaties, 55 kton in Cuijk en ca 100 kton aan pellets voor bij- en meestook).

### 3.5.2 Reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie

De voedings- en genotmiddelenindustrie is in Nederland een belangrijke tak van industrie. Ze is verantwoordelijk voor 20% van de omzet en 17% van de werkgelegenheid in de totale industrie. Bij de verwerking van de agrarische grondstoffen, zoals aardappelen, suikerbieten, graan, komt een grote hoeveelheid reststromen vrij. In totaal gaat het om zo'n 10 miljoen ton per jaar [27]. Ongeveer de helft van de 10 miljoen ton reststromen is droog (4,9 miljoen ton) met een droge stof gehalte van meer dan 80%; nog eens 5 miljoen ton reststromen is nat, met een droge stof gehalte van 10-80%. Daarnaast zijn er vloeibare reststromen (750.000 ton) en afvalwater [27].

Tabel 3.7 en Tabel 3.8 maken duidelijk dat een groot deel van de VGI-reststromen in de diervoeders worden afgezet. Ook andere, eerdere studies komen tot dergelijke conclusies. Zo heeft Arcadis eerder geconstateerd [27] dat VGI-reststromen voor 80% worden afgezet als veevoer, voor 10% als grondverbeteraar en 5% van de reststromen vindt buiten de agrofoodketen een bestemming terwijl nog eens 5% wordt verbrand of gestort. Waar het gaat om de bestemming "veevoer" gaat het om zowel grondstoffen ten behoeve van veevoerindustrie als veevoer dat direct aan de veehouder wordt verkocht. Vooral reststromen uit de industrie die plantaardig materiaal verwerkt gaan naar veevoerbestedingen; voor de reststromen uit de dierlijke sectoren is deze bestemming alleen mogelijk wanneer er geen voedselveiligheidsrisico's zijn.

De prijzen die in Tabel 3.7, en Tabel 3.8 zijn genoemd zijn prijzen van de verschillende producten af fabriek. Voor een groot aantal producten die de boeren weer gebruiken is gerekend met de prijs die de boeren betalen minus een schatting van de kosten van transport (van de fabriek naar de boer) en de provisie van de tussenhandel. Er is vaak gekozen voor het jaar 2006, omdat dat een jaar was zonder extreme ontwikkelingen die de prijzen sterk beïnvloed hebben.

Tabel 3.7 geeft een overzicht van hoeveelheden vrijgekomen droge reststromen biomassa uit de VGI, waar het gaat om de volgende categorieën: schillen, vliezen en pitten, pulp, pure plantaardige vetten en oliën. De tabel laat zien dat een groot deel van deze producten in de veevoersektor hun plaats vinden.

Diermeel is het materiaal dat overblijft (i) na de slacht en verwerking van dieren én (ii) na de afzet van de daarbij vrijkomende bijproducten op markten als diervoer, vetsmelterijen en toepassingen als technisch vet. Wat overblijft wordt aangeboden aan het destructiebedrijf dat uiteindelijk zorgt voor de eindverwerking. Daarbij zijn er drie categorieën te onderscheiden:

- a) uitsluitend geschikt voor verwijdering,
- b) niet voor dierlijke consumptie en
- c) niet voor menselijke consumptie.

Deze producten worden verder behandeld en kunnen bijvoorbeeld als (bijstook)brandstof dienen in elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsovens. Het gebruik van deze reststromen in veevoer is verboden sinds 1999 i.v.m. de BSE-crisis. Er is wel discussie gaande over heropening van dit besluit. De vraag is of bepaalde soorten diermeel niet toch als veevoercomponent mogen worden ingezet. Vooralsnog is de EU daar terughoudend in. Het wachten is op een techniek waarmee kan worden aangetoond dat er geen herkauwersmeel in een product aanwezig is. Wanneer die techniek operationeel is, zou diermeel wellicht terug weer als veevoercomponent kunnen worden ingezet en is diermeel niet meer beschikbaar als brandstof.

Tabel 3.7 Reststromen uit de Nederlandse voedings- en genotmiddelenindustrie, toepassingen en kenmerken [28,34].

Industrie	Bijproduct	Huidige bestemming	Kenmerken	Prijs (2007) (euro per ton)	Hoeveelheid (kton / jaar)*
Aardappel-producten	Voorgebakken en diverse aardappelproducten (incl. afgekeurde aardappelen)	Grotendeels naar rundvee –en varkensbedrijven	Relatief hoge transportkosten Wisselende kwaliteit	Laag (10)	117
	Aardappelstoomschillen	voor directe voeding	Relatief geringe hoeveelheden per locatie	Laag (25)	726
	Snijverlies vlokken/snippers		as-gehalte: 5-10% dry ds-gehalte: 18%	Laag (10)	147
Margarine, Vetten, Oliën	Oliezadenschroot	Veevoer	ds-gehalte: 89%	Hoog	3.475
Slachterijen	Diermeel	Energie en afvalverwerking	Uniforme kwaliteit is mogelijk Jaarrond beschikbaar as-gehalte: 25,5% dry HHV 18.918 dry		250
Zetmeel en meel	Aardappelpersvezel		as-gehalte: 5-10% dry		395
	Aardappelzetmeel		Uniforme kwaliteit is mogelijk. Gemiddelde transportkosten Relatief geringe hoeveelheden per locatie	Laag (20)	83
	Tarwezetmeel (tarweconc., C-zetmeel)	75% naar varkensbedrijven als brijvoer, 25% naar graanalcohol	Hoge transportkosten Uniforme kwaliteit Grote hoeveelheden per locatie	Laag (20-35)	1.180
Cacao-industrie	Cacaodoppen en -afval				66
Koffiemaalderijen	Koffiedik				40
Suiker(bieten)-industrie	Vinasse				125
	Natte bietenperspulp				446
	Bietenstaartjes				90
	Bleekarde				12
Bierbrouwerijen	Bierbostel				500
Overig	Groente-afval				55
	Sorteerafval uien				60
	Visafval	Voer voor nertsen			76

Gebaseerd op: Bondt et al., 2009 [59], Vis, 2002 [29]

Een groot deel van de reststromen uit Tabel 3.7 wordt als component van (meng)voer ingezet. Het gaat daarbij om (a) de reststromen uit de margarine, vetten en oliënsector (sojaschroot, koolraapzaadschroot, lijnzaadschroot, zonnebloemschroot en schilvers en andere schilfers en schroten), (b) de tarwegriesmeelpellets en het maïsglutenvoer uit de meelverwerking en (c) het weipoeder uit de zuivelverwerking.

Deze stromen worden ingezet voor veevoer en tegen dermate hoge prijzen op de internationale markt verhandeld dat het niet te verwachten is dat deze reststromen voor energietoepassingen in aanmerking komen.

Voor de vochtrijke reststromen (zoals de aardappelproducten, het tarwezetmeel, bierbostel) is het beeld iets anders: deze stromen worden nu direct aan de varkens- en melkveehouders afgezet. De varkens- en rundveehouders bereiden het dagelijkse rantsoen zelf. Het gaat hier dus niet om vochtrijke producten die na droging aan de mengvoerindustrie worden geleverd. De rundveehouders voeren de natte reststromen direct aan de dieren – zonder nadere bewerking. De varkensbedrijven voeren de natte reststromen als onderdeel van – (zelfgemaakt) - brijvoer, waarvoor ze eigen brijvoerinstallaties hebben. In vooral de graanverwerkende, aardappelverwerkende en suiker- en zuivelindustrie ontstaan dit soort producten. In 2004 werd 5,1 miljoen ton als vochtrijk diervoer afgezet, opklimmend naar 5,3 miljoen ton in 2005 waarna de markt weer terugliep naar 5,1 miljoen ton in 2006. Het aanbod van reststromen voor de varkenshouderij is in 2006 teruggelopen, terwijl het aanbod voor de rundveehouderij juist is gestegen. Deze ontwikkeling zet zich, volgens de Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV) voort in 2007. Van de ruim 5 miljoen ton vochtrijke diervoeders gaat twee-derde naar de varkens en één-derde naar de rundveebedrijven. De belangrijkste producten voor de varkenshouderij zijn tarwezetmeel producten, aardappelstoomschillen en weiproducten. De rundveehouderij neemt vooral perspulp, bierbostel en aardappelpersvezels tot zich [30].

Bij de vochtrijke reststromen is de concurrentie tussen diervoer danwel vergister aan de orde. Vochtrijke reststromen die tot voor kort als diervoeder werden ingezet vinden steeds meer hun weg naar de vergister om tot biogas te worden verwerkt. Dit is niet alleen te zien bij de industriële bedrijven die deze reststromen produceren, maar ook bij boerenbedrijven die deze producten in eigen vergistingsinstallaties gebruiken. In 2006 telde Nederland enkele tientallen vergisters en een honderdtal initiatieven voor vergisting [31]. Aardappelverwerker McCain in Lelystad heeft zeer recent een vergistingsinstallatie in gebruik genomen en Cosun is met twee initiatieven bezig. Cosun wil in Dinteroord een vergistingsinstallatie bouwen voor haar organische bijproducten. De installatie zou niet alleen de bietenstaartjes van het eigen bedrijf moeten omwerken tot energie, maar ook bijproducten van andere bedrijven, zoals aardappelstoomschillen van de aardappelverwerkende bedrijven.

De verschuiving van het gebruik als diervoer naar de vergistingsroute wordt vooral ingegeven door een economische afweging, waarbij de jarenlange ontwikkeling van vergisting, en de subsidiëring ervan, waarschijnlijk een belangrijke rol spelen. Gesteld kan worden dat vergisting een voor de hand liggend alternatief is voor natte reststromen [27], met name voor industriële vergisters waarbij handel en transportkosten naar een afnemer kunnen worden vermeden en de geproduceerde warmte van de gasmotor nuttig kan worden toegepast in het proces. Een ander voordeel is dat de reststromen niet meer via het veevoer en de landbouwhuisdieren in de humane voedselketen terechtkomen. Incidenten op het gebied van voedselveiligheid, zoals bijvoorbeeld een dioxinecrisis, vormen dan geen afbreukrisico meer.

De verschuiving van het gebruik van vochtrijke reststromen van diervoeder naar alternatieve afzetkanalen is al in de cijfers terug te vinden. In Nederland is in 2006 ruim 5,15 miljoen ton aan vochtrijk veevoeder op het boeren erf geleverd, waarvan 3,25 miljoen ton op varkensbedrijven. Dit betekent een afname van ruim 3% (0,17 miljoen ton) ten opzichte van 2005, ondermeer vanwege een teruglopend aanbod van tarwezetmeelproducten, aardappelstoomschillen en weiprodukten voor de varkenshouderij. Steeds meer van deze producten worden gebruikt voor de productie van alcohol (o.a. nieuwe fabriek Nedalco in Sas van Gent), bio-ethanol en biogas. De reststromen uit de bereiding van alcohol (graanspoeling, DGS) komen grotendeels beschikbaar voor de veehouderij. Het aanbod van deze nieuwe reststromen zal naar verwachting in de toekomst verder toenemen [32] (OPNV, 2007).

Het gebruik van vochtrijke reststromen als basis voor de productie van biotransportbrandstoffen is minder zichtbaar. Ofschoon het Platform Groene Grondstoffen (2007) diverse redenen aanvoert om eerder aardolie voor transportbrandstoffen dan aardgas of steenkool voor warmte en elektriciteit te vervangen, zien we in de praktijk dat de reststromen vooral naar de vergistingsinstallaties gaan. Een van de redenen is dat de productie van bio-ethanol vergt een zeer omvangrijke investering van € 70 miljoen voor een fabriek met 100.000 ton capaciteit (Rabobank, 2005, in [33]). Dit is alleen door grote bedrijven op te brengen, en zelfs dan alleen met een aanzienlijke bijdrage vanuit de overheid. De concrete overheidssteun voor dergelijke projecten is nog niet echt goed van de grond gekomen. Bovendien speelt hier de eerder beschreven overweging dat bioethanolabrieken minder goed overweg kunnen met een mix aan reststromen. De eisen ten aanzien van goede en uniforme kwaliteit liggen hoger dan bij een vergister, waar meer ruimte is om uiteenlopende grondstoffen te gebruiken. Ook is het te duur om vochtrijke reststromen die bij bijvoorbeeld een suikerindustrie vrijkomen te gaan transporteren naar een bioethanolabriek honderd kilometer verderop. Transport naar varkensbedrijven in de directe omgeving, of vergisting op het terrein van de suikerabriek, is dan veel aantrekkelijker. Bij de keuze voor vergisting hebben subsidies altijd een belangrijke rol gespeeld. Tenslotte is vergisting al vele jaren een serieuze mogelijkheid, terwijl de productie van bioethanol en biodiesel in Nederland pas gedurende een paar jaar in beeld is.

Tabel 3.8 geeft een overzicht van de reststromen uit de margarine, oliën en vettenindustrie alsook de slachterijen.

Tabel 3.8 Dierlijke Vetten en Oliën als reststroom uit de Nederlandse voedings- en genotmiddelenindustrie, toepassingen en kenmerken [28, 34]

Industrie	Bijproduct	Huidige bestemming	Kenmerken	Prijs (2007) (euro per ton)	Hoeveelheid (1.000 ton per jaar)*
Margarine, oliën en vetten, slachterijen	Dierlijke vetten	Diervoer, biodiesel en warmte / elektriciteit	Uniforme kwaliteit is mogelijk Jaarrond beschikbaar	Hoog (275)	1.085 <sup>3</sup>
Frituurvetindustrie	Gebruikte frituurvetten en oliën (572)	Diverse toepassingen	Uniforme kwaliteit is mogelijk Jaarrond beschikbaar	Hoog (275)	130 <sup>4</sup>
Frisdrank – lichtalcoholische dranken ongeschikt voor menselijke consumptie	Mislukte partijen en restanten van de supermarkten				
Zuivelproducten ongeschikt voor menselijke consumptie	Mislukte partijen en restanten van de supermarkten				
Zuivelproducten ongeschikt voor menselijke consumptie	Kaaskorst	Veevoer			

In deze tabel zijn de organische biologisch restfractie uit de slachterijen en de vleesverwerkende industrie niet opgenomen. Het gaat daarbij om veren, haren, bloed, vetten en 'overig' slachtafval en deze komen - na sterilisatie en scheiding in vetten en eiwitten – terecht in veevoer en humane levensmiddelen.

De reststromen vrijkomend bij de slachterijen worden – afhankelijk van de wetgeving – in de diervoeders opgenomen. Dat geldt nadrukkelijk niet voor het SRM-materiaal (diermeel, besproken in Tabel 3.7). Putvet heeft een negatieve waarde, terwijl vetten als rugspek, broekvet, nekspek en reuzel een positieve waarde hebben. Deze worden vooral in het diervoer afgezet.

Dierlijke vetten worden op dit moment al gebruikt voor energie. Het gaat daarbij om elektriciteit die via stoomketels wordt geproduceerd, maar ook biodiesel. De diervoedersector vraagt in toenemende mate om plantaardige vetten in plaats van dierlijke vetten. Het gebruik van dierlijke vetten voor veevoer staat ter discussie en heeft het imago dat er risico's voor de voedselveiligheid kunnen zijn. Dit is grotendeels nog een gevolg van de BSE-crisis. De leveranciers spelen hierop in door de dierlijke vetten onder andere in de energiesector af te zetten. Sinds 1 oktober 2007 is er een Beoordelingsrichtlijn (BRL) "Vloeibare biobrandstof" waarin de dierlijke vetten zijn opgenomen. Deze richtlijn is bedoeld voor leveranciers van vloeibare biomassa op basis van dierlijke en plantaardige vetten, oliën en vetzuren ten behoeve van de opwekking van warmte en/of elektriciteit. De leveranciers kunnen met het behaalde certificaat aantonen dat de biobrandstof van goede kwaliteit is en de emissienormen niet overschrijdt. Directeur Bakker van NOBA/Rotie stelt dat het

<sup>3</sup> Het gaat hier om 100 kton putvet, 225 kton vetten (rugspek, broekvet, nekspek, reuzel) en 760 kton 'overig slachtbijproduct'.

<sup>4</sup> 120 kton komt uit de horeca en 10 kton komt vrij bij de aardappelverwerkende industrie (Vis, 2002)



opwekken van stroom en warmte met behulp van dierlijk vet en het veresteren van dierlijke vetten tot biodiesel het meeste perspectief biedt [35].

De kleinschalige verbranding van bio-olie (dierlijk of plantaardig) verkeert al enige tijd in een impasse als gevolg van de uitsluiting van vloeibare biomassa in de SDE. Ook met de SDE van 2009 komen primaire plantaardige oliën en vetten, vetzuren en glycerine<sup>5</sup> voorlopig niet voor subsidie in aanmerking, in afwachting van een verdere uitwerking van de duurzaamheidscriteria. Een relatief groot aantal projecten staan bijgevolg op hold. Momenteel zijn er slechts vier projecten in bedrijf (in de tuinbouw) en een drietal in aanbouw. Plantaardige oliën en vetten die vrijkomen als reststromen, zoals hierboven beschreven, zijn niet altijd uitgesloten en ook dierlijke oliën en vetten zijn toegestaan. Hieronder zijn een aantal praktijkvoorbeelden genoemd van de inzet van dierlijke vetten als energiebron in Nederland.

- Ten Kate Vetten stookt momenteel in zijn Duitse vestigingen dierlijke vetten in stoomketels. Er is een vergunning met MEP-subsidie voor 10 jaar verkregen voor de bouw van een motor met een vermogen van 10 MW die op dierlijke vetten zal draaien.
- Gebr. Smilde, sinds kort onderdeel van het Vion-concern, stookt momenteel een deel van zijn geproduceerde dierlijke vetten in eigen stoomketels op. Ook wordt dierlijk vet geleverd aan Duitse biodieselproducenten.
- Sonac stookt dierlijk vet in stoomketels. Verder levert het bedrijf de dierlijke vetten voor de bio-energiecentrale waarmee Sportcentrum Calluna in Ermelo de Energie Award 2006 heeft gewonnen.
- Rendac (verwerker van kadavers en slachtbijproducten) heeft plannen voor een kleinschalige biodieselfabriek met een productiecapaciteit van 2,2 miljoen liter per jaar. Rendac verstoekt een deel van de eigen productie in eigen stoomketels en dieselmotoren. Ook wordt dierlijk vet geleverd aan de EON-centrale op de Maasvlakte.
- Ecoson (Vion) produceert sinds 2007 jaarlijks 5 kton biodiesel, 50 kton geraffineerd vet en 1 MW<sub>e</sub> uit dierlijke vetten via vergisting en raffinage.
- BioDsl heeft een fabriek in Breda voor de productie van biodiesel. BioDsl richt zich in eerste instantie op een productie van twee miljoen liter biodiesel per jaar (2008), met een doorgroei naar 10 miljoen l/j.
- Ook van de handelaren in dierlijke vetten levert inmiddels menigeen aan bedrijven met WKK-installaties of stoomketels en/of aan (tot nu toe buitenlandse) producenten van biodiesel.

Ook in het buitenland worden inmiddels fabrieken gebouwd die draaien op restvetten. Zo wordt in Duitsland en het Verenigd Koninkrijk frituurvet en dierlijk vet al gebruikt voor de productie van biodiesel. Nederlandse bedrijven leveren ook aan de Duitse producenten. Europese producenten van biodiesel ondervinden momenteel overigens veel concurrentie van goedkope importen van met subsidie geproduceerde biodiesel uit onder andere de Verenigde Staten. In Missouri (Verenigde Staten) is een biodieselfabriek geopend op basis van kippenvet, naast een vestiging van pluimveeslachterij Tyson. De afschaffing van het belastingvoordeel in Duitsland maakt dat een aantal Duitse biodieselfabrieken zijn stilgelegd of overwogen te verhuizen naar de Verenigde Staten, aldus de brancheorganisatie Bundesverband Biogene und Regenerative Kraft- und Treibstoffe (BBK) [36].

<sup>5</sup> Dit betreft de stromen stromen 500, 550 tot en met 559, 587 en 592 uit de NTA8003:2008

### **3.5.3 Veilingafval**

Volgens schattingen van het Uitvoeringsorgaan Afvalbeheer komt er jaarlijks ca. 160 kton aan veilingafval vrij [37]. Dit betreft grotendeels onverkochte groenten en fruit. Het grootste deel hiervan (125 kton) wordt gecomposteerd en zou via vergisting ingezet kunnen worden voor energieopwekking. Daarnaast wordt ca. 20 kton verbrand en de resterende 15 kton wordt gestort.

## **3.6 Tertiaire bijproducten**

### **3.6.1 Zuiveringsslib RWZI/AWZI**

Jaarlijks wordt er ca. 1.200 kton aan ontwaterd zuiveringsslib geproduceerd bij de biologische zuivering op communale waterschappen, daarnaast komt er ca. 142 kton aan overige slibben beschikbaar zodat het totaal ongeveer 1.363 kton bedraagt [38]. Met een typisch vochtgehalte van 23% ds betekent dit ca. 310 kton ds. Deze hoeveelheden zijn al jaren vrijwel constant.

In 2007 werd ruim de helft van het RWZI/AWZI slib (770 kton ns, 175 kton ds) ingezet in de slibverbrandingsinstallaties bij DRSH en SNB. Door recent doorgevoerde energie-efficiëncymaatregelen leveren beide installaties ondanks de lage energieinhoud sinds kort netto elektriciteit aan het net.

Daarnaast werd ca. 365 kton ns thermisch gedroogd, alvorens deze in te zetten bij ENCI in Maastricht als secundaire brandstof [38]. Tenslotte wordt 225 kton ns gecomposteerd, alvorens deze wordt verbrand.

### **3.6.2 Afvalhout**

Afvalhout betreft hout dat na gebruik in een materiaal vrijkomt als afval. Het kan vrijkomen bij zowel bouw- en sloopwerkzaamheden, huishoudens en bedrijven en wordt onderverdeeld in A, B en C-hout. Volgens een recente studie van Probos [26] kwam er in 2007 in totaal 1.485 kton aan A, B, en C hout vrij.

De verschillende soorten worden voor een groot deel al gescheiden ingezameld. A en B hout worden nuttig toegepast als secundaire grondstof in de houtvezel- en spaanplaatindustrie en als brandstof in onder meer energiecentrales. C-hout wordt vooral geëxporteerd als brandstof.

A-hout betreft onbehandeld hout dat na gebruik in een product vrijkomt. Dit betreft bijvoorbeeld emballagehout (pallets en kisten), en schoon bouw- en sloophout. Naar schatting komt er ruim 600 kton per jaar vrij. A-hout wordt deels weer hergebruikt in materiaaltoepassingen, bijvoorbeeld voor de productie van geperste pallets bij Presswood in Ermelo (ca. 180 kton A-hout) en voor de productie van spaanplaat in m.n. Italië en België. Omdat de prijsniveaus van toepassing als energiedrager en in spaanplaat vergelijkbaar zijn, kan worden aangenomen dat er ca. 420 kton A-hout beschikbaar is voor energietoepassingen in Nederland (dit is dus niet de daadwerkelijke huidige inzet).

B-hout bestaat uit verlijmd en geleverd of gelakt hout. Naar schatting kwam er in 2007 ca. 800 kton per jaar vrij via gescheiden inzameling. Net als bij A-hout ontbreken

exacte statistieken omdat A en B hout vaak gezamenlijk wordt ingezameld. Ook hier geldt dat een deel wordt geëxporteerd voor toepassing in spaanplaat, een toenemend deel wordt echter in Nederland ingezet voor energieopwekking in speciale verbrandingsinstallaties. Gezien het vergelijkbare prijsniveau voor beide toepassingen kan worden verwacht dat de volledige hoeveelheid B-hout beschikbaar is voor energieopwekking.

De minimumstandaard voor A en B hout volgens het LAP is nuttige toepassing (materiaalrecycling of producthergebruik ). Tot voor kort werd het meeste B-hout geëxporteerd naar Duitsland, waar het werd verbrand voor energieopwekking. Met het van kracht worden van een stortverbod voor brandbaar afval in Duitsland in 2005 en het beschikbaar komen van een aantal nieuwe biomassacentrales in Nederland wordt nu aanzienlijk minder B-hout geëxporteerd. Volgens de studie van Probos [26] was de inzet van de vrijkomende 1485 kton aan A- en B hout in 2007 als volgt:

- 535 kton aan A- en B-hout werd geëxporteerd voor de productie van spaanplaat.
- 175 kton werd ingezet voor de productie van pallets
- 20 kton werd ingezet voor de productie van Dekochips en andere toepassingen
- 755 kton werd ingezet voor energieopwekking, waarvan 130 kton in eigen land en 625 kton na export.

Met de recent gebouwde installaties van HVC, Twence, AVR en enkele jaren geleden Bruins en Kwast en de vergasser bij de Amer centrale wordt bijna de helft in Nederland ingezet. In 2008 is er volgens Uitvoering Afvalbeheer nog voor ca 650 kton aan A- en B hout geëxporteerd, vrijwel gelijk verdeeld over energietoepassingen en materiaalhergebruik (in spaanplaat).

Tabel 3.9 *Initiatieven voor energetische verwerking van afvalhout in Nederland [28, 34]*

Installatie	Input
Twence	140 kton/jr afvalhout, groenafval en zeefoverloop compostering
HVC	170 kton/jr houtafval uit bouw- en sloopafval en overloop uit compostering
AVR	150 kton/jr afvalhout en snoeihout
Bioenergie Twente	17 kton B hout
AMER 9	100 kton afvalhout

C-hout is verduurzaamd hout, wat kan bestaan uit gecreosoteerd hout (CC-hout, bevat koper en chroom) en gewolmaniseerd hout (CCA hout, wat koper, chroom en arseen bevat). De laatste categorie wordt aangemerkt als gevaarlijk afval. Er is in 2008 ca 80 kton aan C-hout gescheiden in verzameld, dit is praktisch volledig geëxporteerd naar met name Duitsland, waar het bijvoorbeeld in cementovens wordt meegestookt. Daarnaast wordt er een onbekende hoeveelheid C-hout al ingezet in de Nederlandse AVI's, niet gescheiden ingezameld maar als fractie in huishoudelijk of bedrijfsafval. Van CC en CCA-hout is producthergebruik en materiaalrecycling ongewenst vanwege het hoge gehalte aan verontreinigingen (met name zware metalen). Gezien de kosteneffectiviteit van de inzet in cementovens ten opzichte van verbranding in meer kleinschalige, speciale installaties wordt aangenomen dat er

voorlopig geen installaties komen in Nederland en wordt deze stroom dan ook niet als beschikbaar verondersteld.

Samengevat kan worden gesteld dat van de totale productie aan afvalhout (1.485 kton), 1.210 kton beschikbaar kan worden verondersteld voor energieopwekking.

### **3.6.3 Composteeroverloop**

Composteeroverloop betreft de grovere stukken hout die overblijven na de compostering van groenafval. Deze fractie wordt geschud t.b.v. de verwijdering van zand en geshredderd en kan daarna worden ingezet als biobrandstof. Naar schatting is hiervan ca 50 kton per jaar beschikbaar, dit wordt o.a. in de centrale te Cuijk ingezet. In principe is dit materiaal reeds inbegrepen in de categorieën voor biomassa welke vrijkomt bij landschapsonderhoud, om dubbeltellingen te voorkomen zal deze hier dan ook niet worden meegenomen.

De hoeveelheid composteeroverloop die in de toekomst beschikbaar blijft voor energietoepassingen hangt direct af van het aandeel hout in het groenmateriaal dat wordt aangeleverd aan de composteerders. Bij hoge houtfracties wordt het materiaal namelijk niet eerst gecomposteerd maar kan het rechtstreeks worden ingezet voor energieopwekking.

### **3.6.4 GFT**

Volgens de werkgroep Afvalregistratie werd er in 2007 in 23 installaties ca 1,34 Mton aan GFT van huishoudens verwerkt (Euralcode 200108) [38]. Deze hoeveelheid is al jaren vrijwel constant. Ca. 100 kton van het gescheiden ingezamelde GFT afval van huishoudens wordt thans anaerob vergist in de bestaande installaties van Biocel in Lelystad en van VAR in Apeldoorn, veruit het grootste deel wordt echter nog gecomposteerd en zou in potentie in de toekomst ook via anaerobe vergisting kunnen worden omgezet.

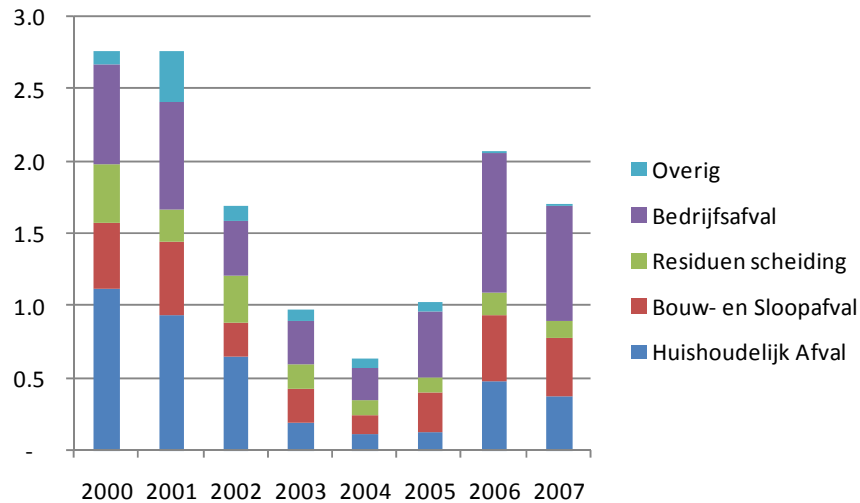
In totaal verwerkten deze installaties in 2007 1,6 miljoen ton aan GFT en ander organisch materiaal als veilingafval, swill (6 kton), landbouwafval en organisch afval uit de HDO-sector. Daarnaast is er door de composteerders ca 150 kton aan Tuin en plantsoenafval (Euralcode 200201) ingenomen.

### **3.6.5 Brandbaar restafval van huishoudens, KWD en industrie**

Een belangrijke ontwikkeling die de verwerking van brandbaar afval heeft beïnvloed, is de inwerkingtreding van het Duits stortverbod per 1 juni 2005. Daardoor is de vraag van Duitse verbrandingsinstallaties voor Nederlands afval sterk afgenomen en is de export van brandbaar afval tijdelijk vrijwel stil komen te liggen. Omdat er te weinig verbrandingscapaciteit was in Nederland, is er ook een tijdelijke toename geweest van de stort van brandbaar afval in Nederland, zie ook Figuur 3.3. In 2007 is er ca 1.7 Mton aan brandbaar afval gestort in Nederland.

De openstelling van de grenzen voor brandbaar afval per 1 januari 2007 heeft dan ook niet geleid tot grote grensoverschrijdende transportbewegingen. Met de

totstandkoming van nieuwe biomassacentrales en capaciteitsuitbreiding van AVI's in zowel Nederland als Duitsland is dit probleem nu vrijwel opgelost.



Figuur 3.3 Hoeveelheid met ontheffing gestort brandbaar afval in Nederland [39]

Er komt momenteel ca 6,4 Mton aan brandbaar restafval vrij van huishoudens (ca 4 Mton), de handel/diensten/overheid (HDO) sector (ca 1.5 Mton) en de industrie (ca 0.9 Mton). Daartegenover staat een effectieve beschikbare verwerkingscapaciteit van de AVI's van 6,2 Mton<sup>6</sup>. De huidige verwerkingscapaciteit van AVI's is dan ook al ongeveer voldoende om het aanbod aan brandbaar afval te verwerken.

Met de initiatieven die thans zijn vergund, in aanbouw zijn en gepland zijn, neemt de effectieve verwerkingscapaciteit van de AVI's toe tot 7,0..7,7 Mton in 2012. Met een verwacht aanbod van ca 6,5..7,5 Mton van de vier CPB scenario's in 2012 kan worden verwacht dat er dan geen sprake meer is van een overschot aan brandbaar afval.

### 3.6.6 Reststoffen van verwerking van oud papier

In 2007 is er 2.307 kton oud papier verwerkt door de papierproducenten Kappa, Norske Skog Parenco, SCA-De Hoop en Smurfit [40, 41], dit komt overeen met ca 75% van de grondstoffenbehoefte van de hele industrie. De aangewezen verwerkingsmethode voor oud papier volgens het LAP is hergebruik, het is dan ook niet beschikbaar voor directe energieopwekking.

Vanuit de papierindustrie komen wel verschillende reststromen beschikbaar, dit zijn vooral:

- Zogenaamde "rejects" die vrijkomen na de verwerking van oud papier. Dit wordt meestal in een eigen ketel verbrand;
- papierslib wat bestaat uit te korte vezels uit oud papier voor de recycling. Dit materiaal is beschikbaar voor energieopwekking. Daarnaast wordt papierslib meegestookt in cementovens en bijgestookt in bruinkoolgestookte en kolengestookte installaties. Het deel dat wordt ingezet als brandstof heeft een calorische waarde van ca. 1,6 MJ/kg;

<sup>6</sup> Dit is ongeveer 90% van de vergunde capaciteit van 6.9 Mton, vanwege onderhoud e.d.

- ontinktingsresidu dat vrijkomt bij de ontinkting van oud papier (voordat het wordt hergebruikt in het proces). Dit bevat o.a. kalk en klei, dat kan worden herwonnen na verbranding. Er staan in Nederland 2 grote verbrandingsinstallaties voor ontinktingslib, namelijk de TCI installatie bij AVR in Duiven welke TopCrete maakt en de installatie bij Norske Skog Parenco in Renkum welke papierkalk produceert. Beide hebben een capaciteit van 200-250 kton/jaar en vanwege de nuttige toepassing de status R (geen eindverwijdering).
- AWZI slib dat vrijkomt bij de afvalwaterzuiveringsinstallaties in de papierindustrie.

In totaal is er ca 232 kton ds (ca 1 Mton nat) beschikbaar, wat ook wordt ingezet voor energieopwekking en terugwinning van materialen (zie Tabel 3.10).

Tabel 3.10 *Vrijkomende en ingezette reststromen bij de papierindustrie in Nederland (kton droge stof) [42]*

	Hergebruik van materiaal en energie	Verbranden als verwijdering	Storten	Totaal
Rejects	73	6	13	91
Papierslib	24	0	0	24
zuiveringsslib	36	6	0	42
Ontinktingslib	92	0	0	92
Schors-/houtresten	5	0	0	5
Papieras	0	0	0	0
Overig/diversen	2	0	0	2
<b>Totaal</b>	<b>232</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>256</b>

### 3.6.7 *Textiel*

De meest recente gegevens over de inzameling en verwerking van textiel stammen uit 2005. Jaarlijks komt er ca. 111 kton aan gescheiden ingezameld textiel komt vrij bij bedrijven en huishoudens. Hiervan wordt 83 kton hergebruikt, de rest (ca 18 kton) wordt vooral verbrand in AVI's, hiervoor zou mogelijk een meer hoogwaardige toepassing kunnen worden gevonden. Aangenomen wordt dat gescheiden in gezameld textiel voor ca. de helft bestaat uit natuurlijke vezels, het restant uit synthetische vezels.

### 3.6.8 *Solid Recovered Fuels (SRF)*

Terwijl nascheiding van restafvalstromen voor de productie van hoogcalorische fracties in het eerste LAP nog sterk werd gepromoot met de gedachte dat de vrijkomende brandstof zou kunnen worden ingezet voor vervanging van primaire brandstoffen bij ENCI, CORUS of in kolengestookte centrales met een hoger energetisch rendement dan een AVI, bleek dit in de praktijk niet of nauwelijks te gebeuren, zodat vrijwel de volledige productie in het verleden is geëxporteerd. Alhoewel de inzet van SRF in kolengestookte centrales wel degelijk aantrekkelijk kan zijn uit financieel en milieutechnisch oogpunt, is dit in de recente verleden nooit gebeurd omdat het investeringsrisico voor aanpassing van de installaties onvoldoende werd afgedekt door de financiële opbrengsten [43].

De verwerkingscapaciteit van scheidingsinstallaties was in 2005 nog ruim 700 kton [44], sindsdien is dit echter teruggelopen [45]. Volgens statistieken van Uitvoering Afvalbeheer is er in 2008 nog ca. 135 kton aan SRF geëxporteerd, wat afkomstig is uit de nascheiding van huishoudelijk, KWD en industrieel restafval (zie Tabel 3.11).

Daarnaast wordt er bij ARN in Nijmegen ca 300 kton SRF geproduceerd uit integraal restafval in een eigen nascheidingsinstallatie, welke in een eigen verbrandingsinstallatie (AVI voor hoogcalorisch afval) wordt ingezet.

Tabel 3.11 Export van Solid Recovered Fuel (SRF) door Nederlandse bedrijven in 2008 [45]

Herkomst	ton
Albra Winschoten B.V.	33.005
AVR Afvalverwerking Chemie B.V.	2.070
AVR Afvalverwerking Rijnmond N.V.	2.028
Essent Milieu Wijster	28.710
Icova B.V.	40.925
Kappa Roermond Papier B.V.	2.614
Omrin Econvert B.V.	24
Renergy B.V.	19.379
Smurfit Kappa Roermond Papier B.V.	6.507
Var B.V. Divisie Energie	18
	135.278

In het LAP2 is de minimumstandaard voor brandbaar restafval verbranden als vorm van verwijderen. Er wordt niet aangestuurd op bewerken, nascheiden, sorteren, enz. Een van de genoemde redenen is dat de verbrandingsmarkt in de afgelopen jaren is vrijgegeven en de overheid heeft erop aangedrongen dat extra AVI-capaciteit wordt gebouwd, zodat storten van brandbaar restafval kan worden verminderd. Sturing van brandbaar restafval naar nascheiding, betekent dat de rijksoverheid gaat ingrijpen in een nog maar pas door haar zelf vrijgegeven markt en afval gaat weghalen bij installaties waarvan ze zelf heeft aangedrongen om ze te bouwen [46]. Dit is redelijk onwaarschijnlijk.

### 3.7 Totale huidige beschikbaarheid

De huidige beschikbaarheid van biomassa voor energieopwekking bedraagt ca 125 PJ LHV / 180 PJ HHV zoals is weergegeven in Tabel 3.12. Daarvan wordt ca 40% ingezet.

Tabel 3.12 De productie, beschikbaarheid en inzet van Nederlandse biomassa in 2009.

	eigenschappen		productie				beschikbaar				ingezet	
	MJ/kg ds	MJ/kg ns	kton nat	kton ds	PJ HHV	PJ LHV	kton ns	ktonds	PJ HHV	PJ LHV	kton nat	initiatieven
Stro	17,9	13,3	1.100	935	16,8	14,6	-	-	-	-	-	- ethanol, vergisting,
grasstro	17,9	13,3	100	85	1,5	1,3	-	-	-	-	-	- geen
Natte gewasresten akkerbouw	18,1	0,5	6.567	985	17,8	3,0	-	-	-	-	-	- vergisting, bioraffinage
Natte gewasresten tuinbouw	18,1	0,3	2.543	356	6,4	0,7	-	-	-	-	-	- vergisting, bioraffinage
Groenbemester	18,1	0,5	467	70	1,3	0,2	-	-	-	-	-	-
Fruit- en boomteelt	19,8	8,0	160	80	1,6	1,3	160	80	1,6	1,3	10	-
Hout uit bos zonder oogst	19,8	8,0	752	376	7,4	6,0	-	-	-	-	-	-
Hout uit bos met oogst	19,8	8,0	2.488	1.244	24,6	19,9	300	150	3,0	2,4	270	Cuijk, Lelystad
Hout uit landschap	19,8	8,0	960	480	9,5	7,7	1	1	0,0	0,0	1	Beetsterzwaag e.d.
Natuurgras	18,1	5,3	2.700	1.080	19,6	14,3	-	-	-	-	-	-
Bermgras en gras van waterwegen	18,1	5,3	1.600	640	11,6	8,5	20	8	0,1	0,1	-	-
Heide	18,1	13,0	172	146	2,6	2,2	-	-	-	-	-	-
Riet	18,8	13,9	47	40	0,7	0,6	1	1	0,0	0,0	-	-
Energieteelt binnen landbouw	19,8	5,9	24.750	9.900	196,1	146,5	-	-	-	-	40	-
Energieteelt buiten landbouw	19,8	15,2	588	500	9,9	8,9	-	-	-	-	-	-
Hout uit bebouwde omgeving	19,8	12,1	400	280	5,5	4,9	400	280	5,5	4,9	400	-
Natte biomassa bebouwde omgeving	18,1	10,5	700	490	8,9	7,4	-	-	-	-	-	-
Gras voor bioraffinage	18,1	0,5	66.667	10.000	181,1	30,5	-	-	-	-	-	-
Resthout uit houtverwerkende industrie	19,4	15,4	640	576	11,2	9,9	425	383	7,4	6,6	255	eigen gebruik
Pluimveemest en andere steekvast mest	16,0	6,6	5.404	2.972	47,7	35,9	2.728	1.501	24,1	18,1	400	DEP
Rundermest, kalvermest en varkensmest	16,7	-	61.145	4.892	81,5	-	12.229	978	16,3	-	450	meerdere
RWZI slib	13,7	1,5	1.363	341	4,7	2,0	1.363	341	4,7	2,0	630	DRSH, SMB
Aquatiscie biomassa	38,1	1,3	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Swill	15,9	1,9	6	2	0,0	0,0	6	2	0,0	0,0	-	-
Voedings- en genotmiddelenindustrie	-	8,6	8.061	-	-	69,6	-	-	-	-	-	-
Aardappelrestproducten	17,4	0,9	990	178	3,1	0,9	248	45	0,8	0,2	100	AVIKO, AVEBE
Oliezadenschroot	18,2	14,4	3.475	3.093	56,2	50,1	10	9	0,2	0,1	-	ADM (lecitine)
Diermeel	21,8	15,0	250	213	4,6	3,7	250	213	4,6	3,7	250	kolencentrales
Aardappel/tarwe zetmeel en meel	17,4	2,2	1.658	415	7,2	3,6	-	-	-	-	-	-
Cacaodoppen	19,8	15,2	66	56	1,1	1,0	66	56	1,1	1,0	-	-
Koffiedik	21,8	6,5	40	16	0,3	0,3	40	16	0,3	0,3	20	Douwe Egberts
Suikerbietenreststromen	17,4	1,3	661	132	2,3	0,8	-	-	-	-	-	-
Bierbostel	17,4	1,3	500	100	1,7	0,6	-	-	-	-	-	-
Groenteafval	17,4	1,3	115	23	0,4	0,1	115	23	0,4	0,1	-	-
Visafval	21,8	2,2	76	15	0,3	0,2	-	-	-	-	-	-
Restvetten	38,1	35,6	100	100	3,8	3,6	100	100	3,8	3,6	-	-
Frituurvetten	38,1	35,6	130	130	4,9	4,6	130	130	4,9	4,6	-	-





	eigenschappen		productie				beschikbaar				ingezet	
	MJ/kg ds	MJ/kg ns	kton nat	kton ds	PJ HHV	PJ LHV	kton ns	ktonds	PJ HHV	PJ LHV	kton nat	initiatieven
Gescheiden ingezameld GFT	15,9	5,8	1.340	659	10,5	7,7	150	74	1,2	0,9	50	Orgaworld, VAR
Reststoffen van papierverwerking	18,2	2,0	1.103	256	4,7	2,3	1.000	232	4,2	2,0	500	AVR, NSP
Gescheiden ingezameld textiel	21,2	16,5	111	95	2,0	1,8	18	15	0,3	0,3	18	AVI's
Gescheiden ingezameld oud en bewerkt hout	19,4	15,4	1.485	1.337	26,0	22,9	1.210	1.089	21,2	18,7	477	Twence, AVR, HVC, etc
Restfractie van HHA	17,8	9,4	3.965	2.758	49,1	37,2	3.881	2.700	48,0	36,4	3.965	AVI's
Restfractie van industrieel afval	5,6	2,2	900	827	4,6	2,0	881	810	4,5	2,0	900	AVI's
Restfractie van KWD	16,8	9,1	1.500	1.104	18,6	13,7	1.468	1.080	18,2	13,4	1.500	AVI's
Veilingafval	17,4	1,3	160	32	0,6	0,2	125	25	0,4	0,2	-	-
Papierslib	18,2	2,0	2.307	531	9,7	4,6	-	-	-	-	-	-
Composteeroverloop	19,8	10,1	50	30	0,6	0,5	50	30	0,6	0,5	50	Cuijk
Solid Recovered Fuels	20,2	13,1		0	-	-	135	108	2,2	1,8	-	-
<b>TOTAAL</b>			<b>210.361</b>	<b>48.568</b>	<b>881</b>	<b>558</b>	<b>27.510</b>	<b>10.477</b>	<b>180</b>	<b>125</b>	<b>10.286</b>	
Waarvan BIOGEEN					843	531	24.352	8.148	144	99	7.095	
Waarvan FOSSIEL					38	28	3.158	2.330	36	27	3.192	

## 4 De verwachte beschikbaarheid van biomassa in Nederland in 2020

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staat de te verwachten beschikbaarheid aan biomassa in 2020 centraal. Om toekomstige ontwikkelingen in de beschikbaarheid van biomassa te kunnen kwantificeren is gebruik gemaakt van scenarioanalyse. Daarbij zijn twee van elkaar onafhankelijke parameters geïdentificeerd die beide een belangrijke invloed hebben op de beschikbaarheid van biomassa. Door extremen in beide variabelen aan te nemen ontstaan vier contrasterende scenario's, welke elk een wereldbeeld beschrijven zoals deze er in de toekomst uit zou kunnen zien.

Het doel van scenario-ontwikkeling in het kader van het onderhavige project is structuur aan te brengen in trends en drijvende krachten die mogelijk grote invloed hebben op de ontwikkeling van de toekomstige beschikbaarheid van afval en biomassa voor energieopwekking. Daarbij gaat het om drie variabelen die per scenario kunnen verschillen:

1. de productie of aanwezigheid van biomassa in 2020
2. de beschikbaarheid van deze aanwezige biomassa voor de toepassing "energie".
3. de inzetbaarheid van verschillende conversietechnieken voor omzetting van de beschikbare biomassa naar bruikbare finale energie.

Deze methodiek is nadrukkelijk niet bedoeld voor het doen van voorspellingen over toekomstige ontwikkelingen. Het geeft echter wel een beeld binnen welke extremen de beschikbaarheid van biomassa zich naar verwachting zal ontwikkelen.

De kernvraag waarvoor de scenario's zijn ontwikkeld luidt als volgt:

*"In welke mate kan de hoeveelheid biomassa die naar verwachting beschikbaar is in 2020, bijdragen aan een significante opwekking van duurzame energie in Nederland?"*

### 4.2 Scenario's

In het recente verleden zijn verschillende relevante scenariostudies uitgevoerd die de mogelijke ontwikkeling beschrijven van de landbouw, energiesector en de afvalsector, zie Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Recent uitgevoerde scenariostudies voor de ontwikkeling van landbouw, energiesector en de afvalsector*

Afkomstig van	Scenarioanalyse	Betreft
RIVM	Nota "Energie en Samenleving"	energiesector
RIVM	Studie "Invulling van de IPCC-scenario's voor de Nederlandse landbouw"	Landbouw
MNP, RIVM	rapport Kwaliteit en toekomst - Verkenning van duurzaamheid (2004)	mobiliteit, energie- en voedselvoorziening, 2030
CPB, MNP, RPB	rapport <i>Welvaart en leefomgeving</i> [47]	Brede samenleving, 2040
SenterNovem	Prognosedocument Landelijk Afvalbeheerplan, 2008	Afvalsector, 2021

Wat deze studies onder andere samenbindt, is dat telkens is uitgegaan van de volgende parameters

- de relevantie van privaat vs publiek belang en
- de mate van internationale samenwerking.

Beide factoren kunnen zich uiteenlopend ontwikkelen en aldus ontstaan er vier hoekpunten waarbinnen de energie- en de landbouwsector zich kunnen bewegen. In onderhavige studie is de verdeling tussen privaat en publiek belang geïnterpreteerd als de mate waarin financiële winst, security of supply en duurzaamheid drijvende krachten zijn.

In Tabel 4.2 zijn enkele kenmerken van deze scenario's genoemd.

Tabel 4.2 Beschrijving op hoofdlijnen van bestaande scenario's voor de ontwikkeling van landbouw, energiesector en de afvalsector

	Mondiale instituties	Lokale netwerken
<b>Sterke economische groei, minder aandacht voor ecologische en sociale duurzaamheid</b>	<p><b>“Global Economy”</b>: economie en geldelijk gewin overheerst zonder nationale barrières</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De wereldeconomie wordt gebaseerd op direct geldelijk gewin waarbij de gevolgen voor het milieu niet expliciet in acht worden genomen;</li> <li>• Een onderlinge verwevenheid van een volledig open economie met mondiale bestuursstructuren</li> </ul>	<p><b>“Transatlantic Market”</b>: geldelijk gewin overheerst binnen nationale en regionale grenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De wereldeconomie wordt gebaseerd op direct geldelijk gewin waarbij de gevolgen voor het milieu niet expliciet in acht worden genomen;</li> <li>• Regio's en landen verschansen zich achter hun grenzen (lokale netwerken)</li> </ul>
<b>Lagere economische groei, meer aandacht voor ecologische en sociale duurzaamheid</b>	<p><b>“Strong Europe”</b>: wereldproblemen worden gezamenlijk opgelost</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De wereldeconomie draagt bij aan het oplossen van mondiale problemen als het milieu en de tegenstelling arm-rijk;</li> <li>• Een onderlinge verwevenheid van een volledig open economie met mondiale bestuursstructuren</li> </ul>	<p><b>“Regional Communities”</b>: wereldproblemen worden lokaal opgelost</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De wereldeconomie draagt bij aan het oplossen van mondiale problemen als het milieu en de tegenstelling arm-rijk;</li> <li>• Regio's en landen verschansen zich achter hun grenzen (lokale netwerken)</li> </ul>

Met deze scenario's hebben we een instrument in handen om (i) de hoeveelheid biomassa in te schatten en (ii) de toepassingen voor die biomassa en daarmee (iii) de beschikbaarheid ervan voor elektriciteit en warmte. Daarbij is gebruik gemaakt van het studiemateriaal van de algemeen gebruikte scenario's.

### 4.3 Beschrijving van de vier scenario's

In deze studie wordt voor de extrapolatie van de huidige beschikbaarheid van biomassa naar deze in het jaar 2020 aangesloten bij de reeds eerder uitgevoerde scenario's, zoals hierboven beschreven. Voor de vier wereldbeelden is de situatie voor zowel de algemene sociaal-economische ontwikkeling en de specifieke ontwikkeling van de energiesector, de afvalsector, de landbouwsector als (gecombineerd) de productie "energie uit biomassa" hieronder geschetst.

Vervolgens zijn de scenariokenmerken door het projectteam vertaald in hoofdlijnen voor ontwikkelingen van de afvalmarkt, de energiemarkt en de landbouwmarkt tot 2020. Deze ontwikkelingen zijn waar mogelijk gekwantificeerd. Hierbij is gebruik gemaakt van:

- informatie over de huidige beschikbaarheid voor energieopwekking;
- informatie over langlopende afspraken en contracten;
- informatie over trends die per stroom in kaart zijn gebracht, op basis van diverse bronnen
- inschattingen van de rentabiliteit van de inzet van stromen voor energieopwekking (ten opzichte van andere toepassingen) bij verschillende energieprijsniveaus;
- verwachtingen over regionale specialisatie.

Deze stap is steeds uitgevoerd door de meest deskundige organisatie binnen het projectteam. Zo heeft LEI de landbouwmarkt geanalyseerd, WUR-AFSG de primaire bijproducten en Procede Biomass de tertiaire (afval)stromen.

#### 4.3.1 Drijvende krachten per type biomassa

Voor de teelt van *energiegewassen* is de de economische opbrengst bepalend. Het gaat dan om de economische opbrengst bij inzet van deze gewassen voor energieopwekking, in relatie tot de gemaakte kosten (rentabiliteit) en in vergelijking met de economische opbrengst van andere gebruiksalternatieven. Krachten die van invloed zijn op deze opbrengst zijn onder meer:

- de ontwikkeling in de prijs van fossiele energie (inclusief eventuele heffingen)
- ontwikkeling van landbouwbeleid: met name wat betreft de landbouwsubsidies die de marktprijs van landbouwproducten bepalen;
- ontwikkeling van stimuleringsbeleid: directe stimulering van energiebenutting van gewassen via subsidies of grondbeleid (bijv. braaklegging);
- ontwikkeling van grondprijzen;
- ontwikkeling van arbeidskosten.

Voor *primaire en secundaire bijproducten* uit de landbouw, bosbouw en natuur geldt momenteel dat ze een beperkte economische waarde hebben. Stro en mest (uit niet overschotsgebieden) zijn landbouwbijproducten die nu al een economische waarde hebben, waarmee inzet voor energieopwekking concurreert. Voor primaire bijproducten als dunningshout uit bossen met als primaire functie natuurbehoud of recreatie geldt dat de economische opbrengst een deel van de kosten van bosbeheer kan compenseren.

De opbrengst in relatie tot de kosten is bepalend voor de beschikbaarheid van deze bijproducten uit land- en bosbouw bepaald. Derhalve gaat het om factoren als:

- opbrengst: hoeveelheid en prijs;
- efficiëntieverbetering van de productie- en oogstmethoden, hetgeen van invloed is op de hoeveelheid bijproducten;
- ontwikkeling van de arbeidskosten, die van belang is wanneer de inzameling van de bijproducten (bijv. takken en stro) die op het land achter blijven extra arbeid vergt;
- kosten van transport en logistiek: de markten voor stro opereren slechts regionaal vanwege de - in vergelijking met de opbrengst - hoge transportkosten.
- ontwikkeling van de milieuwetgeving, die onder meer bepaald wanneer er sprake is van een mestoverschot.

Veel *tertiaire biomassa-reststromen* hebben momenteel een lage of negatieve economische waarde. Voor de beschikbaarheid van deze stromen voor energieopwekking wordt vooral overheidsbeleid als bepalende factor genoemd. Meer in het bijzonder gaat het dan om:

- efficiëntieverbetering van de productiemethoden, hetgeen van invloed is op de hoeveelheid reststromen die vrijkomen;
- ontwikkeling van de milieuwetgeving en afvalbeleid;
- ontwikkeling in de kwaliteitseisen voor andere gebruiksalternatieven: bermgras wordt bijvoorbeeld nu deels ingezet als veevoeder;
- ontwikkeling van de verwerkingskosten van reststromen, in vergelijking tot de kosten verbonden aan energieconversie;
- kosten van transport en logistiek.

Heel specifiek vragen we aandacht voor de factor “duurzaamheid” in relatie tot beschikbaarheid. Deze factor is niet altijd eenduidig in te vullen. We vragen daarbij met name aandacht voor het effect van indirect landgebruik (indirect Land Use Change, iLUC), wat een belangrijk effect op de aantrekkelijkheid van verschillende biomassasoorten kan hebben.

Op dit moment vindt er een wetenschappelijke en tot op zekere hoogte publieke discussie plaats over de indirecte effecten van het gebruik van biomassa voor energie.

De kern is dat competitie om (i) de biomassa of (ii) de grond om deze biomassa te produceren kan leiden tot hogere prijzen voor biomassa grondstof en voor landbouwgrond. Dit kan dan leiden tot

- Minder of slechtere voeding voor arme bevolkingsgroepen.
- Meer investeringen gericht op een hogere productiviteit per ha. Vanzelfsprekend dient bij het bereiken van hogere productiviteit door toegenomen bemesting een optimum te worden gezocht tussen toename in de productiviteit en beperking van de indirecte milieueffecten door uitspoeling en indirecte broeikasgasemissie.
- In gebruikname van meer land, wat leidt tot een verandering in landgebruik. Deze indirecte landgebruiksveranderingen hebben vaak een negatief effect, zoals veel CO<sub>2</sub> uitstoot en biodiversiteitsverlies (bijv. bos omzetten in bouwland).

Goede methoden om de indirecte effecten te kwantificeren zijn er niet maar het is wel duidelijk dat de effecten significant kunnen zijn op het totale broeikas effect. Het is wel

duidelijk dat de indirecte effecten de duurzaamheid van biomassa voor energie zo negatief kan beïnvloeden dat het niet beter is dan het fossiele alternatief [48,49,50]. Het is echter wel mogelijk om iets te zeggen over mogelijkheden om indirecte effecten te minimaliseren [49; 51], deze omvatten o.a.:

- Het gebruik van (onbenutte en onderbenutte) bijproducten en afval
- Het gebruik van onderbenut land voor productie van biomassa
- Hogere productie per hectare
- Betere benutting van biomassa (bioraffinage) waarbij food, feed en fuel wordt geproduceerd.

We concluderen dat in de nabije toekomst en zeker in 2020 scenario's waar indirecte effecten relevant zijn, de inzet van biomassa van (onbenutte en onderbenutte) bijproducten over het algemeen relatief aantrekkelijker zal zijn dan de inzet van specifiek geteelde biomassa of bijproducten die een afzet in voedsel of veevoerketens hebben. Geteelde biomassa kan wel aantrekkelijk zijn als die op ongebruikt en dus waarschijnlijk marginaal land geteeld wordt. De potentie van deze optie staat ter discussie aangezien de productiviteit op dit land lager zal zijn en er vaak meer inputs (water, nutriënten, etc.) nodig zijn per eenheid biomassa [52, 53].

#### 4.3.2 Global Economy

Het scenario "Global Economy" combineert 'economische winst voor het hier en nu' met 'mondiale Global Economy'. Dit resulteert in het volgende wereldbeeld.

Economie	Overall hoge economische groei met hardnekkige tegenstellingen tussen arm en rijk
Technologie	Snelle technologische ontwikkeling, in dienst van productie
Cultuur	Zelfbewuste wereldburgers, grenzeloze consumptie
Instituties	Versterking van WTO-achtige lichamen
Duurzaamheid	CO <sub>2</sub> -uitstoot blijft stijgen, armoede blijft bestaan

##### *Biomassa voor energie in het algemeen*

- Overall ter wereld wordt biomassa geproduceerd en gevraagd; er is een levendige handel in biomassa voor energie
- Bio-energie wordt vooral gedreven door security of supply en kosten en minder door wens GHG uitstoot te verminderen en andere milieuoverwegingen zijn onbelangrijk
- De prijs van biomassa voor energie is laag
- Ondersteuning van de landbouw speelt een kleine rol bij ondersteuning van bio-energie
- 1e generatie transportbrandstoffen wereldwijd gesourced - 2e generatie transportbrandstoffen alleen als het uit kan
- Bijproducten worden inefficiënt gebruikt
- Nederlandse biomassa speelt een kleine rol

##### *Energievoorziening*

- Technologie leidt tot kostenbesparing
- Het energiegebruik verdubbeld in 2030 ten opzichte van het huidige niveau
- Het gebruik fossiele bronnen en CO<sub>2</sub>-emissie blijft hoog

- Pas op lange termijn substantiële ontwikkeling hernieuwbare energie; zelfvoorziening EU van 60 naar 40%

*Nederlandse landbouw*

Nederland produceert in grootschalige eenheden, met behulp van de meest geavanceerde technologieën die productieverhogende en kostprijsverlagende effecten hebben. Er is sprake van intensieve productiemethoden met grootschalige kassen, melkveehouderij in industrie-achtige eenheden waar de koeien binnen blijven en varkensflats., mondiale Global Economy en afschaffing van quotaregelingen;

Er is geen effectief grensoverschrijdend milieubeleid. Er is geen bulkproductie meer; de producten moeten hoge toegevoegde waarde opleveren.

Het landbouwareaal is sterk verminderd. Belangrijke ontwikkelingen in de landbouw :

Areaal landbouw:	-15 %
Areaal glastuinbouw	+ 60 %
Aantal melkkoeien	+ 25 %
Aantal varkens	- 5 %
Volume toegevoegde waarde	+ 90 %
NH3-emissie	+ 15 %

*Afvalverwerking*

In dit scenario kan Europa worden gezien als één grote afvalmarkt met veel mogelijkheden om ook over de grens afval te laten verbranden. Dit zal de druk op streven naar nuttige toepassing doen afnemen en, ook binnen Nederland, leiden tot een verschuiving van nuttige toepassing naar verbranden maar niet naar storten. Dit effect zal zich met name manifesteren in de sectoren waar veel gemengd brandbaar afval vrijkomt (huishoudens en HDO).

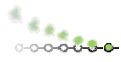
*Biomassa voor energie in Nederland*

In grootschalige, intensieve landbouwsystemen (met name glastuinbouw, melkveehouderij en intensieve veehouderij) wordt biomassa tegen een lage prijs – concurrerend met de wereldmarktprijs – voortgebracht. Daarbij gebruik makend van afvalstromen en technologieën die rendabel zijn; maatschappelijk draagvlak voor technologieën speelt geen rol. Het rendement van energieconverie is beperkt, en er is weinig WKK. Primaire bijproducten worden niet benut voor energie omdat het te duur is. Inzet van mest voor energie is beperkt.

**4.3.3 Transatlantic Market**

Het scenario “transatlantic market” combineert ‘economische winst voor het hier en nu’ met ‘lokale netwerken’. Er is sprake van mondiale handel met milieurestricties en effectief grensoverschrijdend milieubeleid. Dit resulteert in het volgende wereldbeeld:

Economie	Rijke landen trekken zich terug achter afgegrensde grenzen
Technologie	Bepaalde ontwikkeling alleen binnen rijke gebieden
Cultuur	Naar binnen gericht, eigen veiligheid voorop, egoïsme
Instituten	Minder daadkracht van internationale handelsorganisaties
Duurzaamheid	Milieuproblemen en armoede zeer hardnekkig



#### *Biomassa voor energie in het algemeen*

- Bio-energie wordt vooral gedreven door security of supply en kosten en minder door wens GHG uitstoot te verminderen en andere milieuoverwegingen zijn onbelangrijk. Duurzame energie komt tot bloei om de afhankelijkheid van anderen te verminderen. Biomassa voor energie is beperkt – zelfvoorziening van voedsel heeft een hogere prioriteit.
- Milieu in het algemeen is niet van belang; wel de lokale milieubelasting
- Ondersteuning van de landbouw speelt een grotere rol bij ondersteuning van bio-energie – 1e generatie transportbrandstoffen zijn langer belangrijk.
- Bijproducten worden inefficiëntie gebruikt
- Nederlandse biomassa speelt een relatief geringe rol

#### *Energievoorziening*

- Het energiegebruik stijgt met 75% in 2030
- De energieprijs is verdubbeld in 2030
- Energiegebruik, gebruik fossiele bronnen en CO<sub>2</sub>-emissie blijven stijgen
- De ontwikkeling hernieuwbare energie gering;
- De zelfvoorziening EU van 60 naar 55%.

#### *Nederlandse landbouw*

EU blijft de landbouwsector sterk steunen om de zelfvoorziening van voedsel te garanderen. Alle sectoren krimpen, maar de krimp is voor bijvoorbeeld de akkerbouw veel geringer dan in scenario Global Economy; Het accent ligt op de grote, gespecialiseerde professionele landbouwbedrijven. De belangrijkste ontwikkelingen:

Areaal landbouw	- 15%
Areaal glastuinbouw	- 15 %
Aantal melkkoeien	- 5 %
Aantal varkens	- 55 %
Volume toegevoegde waarde	+ 10 %
NH3-emissie	- 30 %

#### *Afvalverwerking*

In dit scenario wordt de verwerking van afval overgelaten aan private investeringen. In veel gevallen zal dat leiden tot een afname van gescheiden inzameling (en daarmee dalend hergebruik) binnen huishoudelijk afval en kantoor, winkel en diensten (KWD)-afval. Er is echter aangenomen dat het restant wordt verbrand en dus het aandeel verbranden zal toenemen.

#### *Biomassa voor energie in Nederland*

Reststromen en mest van gespecialiseerde landbouwbedrijven en bedrijven uit de agrosector wordt gebruikt om de energievoorziening op het platteland met behulp van lokale/regionale eenheden in te vullen.



#### 4.3.4 Strong Europe

Het scenario "strong Europe" combineert 'economische winst voor de wereld, voor later' met 'mondiale instituties'. Dit resulteert in het volgende wereldbeeld;

Economie	Vrije handel, structurele wijzigingen op wereldniveau
Technologie	Zeer sterke ontwikkeling ook gericht op ecologie
Cultuur	Minder materialisme, nieuwe normen en waarden
Instituties	Sterke mondiale overheid, verantwoordelijke multinationals
Duurzaamheid	Instituties lossen het CO <sub>2</sub> - en armoedeprobleem op

##### *Biomassa voor energie in het algemeen*

- Bio-energie wordt vooral door wens GHG uitstoot te verminderen en andere en andere milieuoverwegingen zijn belangrijk. Security of supply is ondergeschikt
- Ondersteuning van de landbouw speelt geen rol bij ondersteuning van bioenergie
- 
- Bijproducten worden wereldwijd efficiënt ingezet ook voor bioenergie
- Teelt concurreert niet met voedsel
- Hoogproductieve teelt levert veel bijproducten voor energieproductie
- 2e generatie concurreert 1e generatie er snel uit. Nederland is de chemische fabriek van de wereld met veel aandacht voor milieubeheer en energie-efficiency. Het gebruik van hernieuwbare grondstoffen, waaronder biomassa, heeft het gebruik van fossiele brandstoffen voor een belangrijk deel vervangen.
- Gasvormige energiedragers die aantrekkelijk zijn uit oogpunt van milieu kunnen gemakkelijk worden ingezet en gedistribueerd in de overgebleven (aard)gasinfrastructuur.
- Grootschalig geproduceerde biomassa komt uit de Scandinavische landen.
  - o Sterk klimaatbeleid CO<sub>2</sub>-emissie;
  - o Energiegebruik 50% toename in 2030;
  - o Hernieuwbare energie en besparingstechnologie: op langere termijn nemen gebruik fossiele bronnen en CO<sub>2</sub>-emissie af;
  - o Zelfvoorziening EU van 60 naar 46%.

##### *Nederlandse landbouw*

EU ondersteunt middels subsidie het behoud van karakteristieke Europese natuur en landschappen. Multifunctionele landbouw wordt ondersteund en technologie vergaand geaccepteerd, mits de technologie bijdraagt aan een duurzame landbouw. Er is een min of meer gelijkblijvend landbouwareaal, met een krimp van de veehouderij.

Belangrijke ontwikkelingen in de landbouw:

Areaal landbouw (%)	- 15
Areaal glastuinbouw (%)	+ 5
Aantal melkkoeien (%)	- 5
Aantal varkens (%)	- 5
Volume toegevoegde waarde (%)	+ 30
NH <sub>3</sub> -emissie (%)	+ 5

### *Afvalverwerking*

In dit scenario investeert de overheid door EU-beleid, relatief veel op het gebied van milieu en natuur en wordt er ook een sterke invloed van de EU verondersteld op het afvalbeleid. Aangenomen is dat dit leidt tot het actief stimuleren van nuttige toepassing van afval.

### ***Biomassa voor energie in Nederland***

De agro-reststromen uit de VGI industrie worden ingezet voor gasvormige energiedragers die via - de niet meer voor aardgas gebruikte - infrastructuur worden gedistribueerd. Daarbij worden de nieuwste technologieën gebruikt: technologieën die passen bij economische groei en die bijdragen aan duurzaamheid. Duurzaamheid is een belangrijk issue en nieuwe technologieën worden daar eerst op getoetst. Nederlandse biomassa wordt optimaal ingezet en concurreert met duurzame geïmporteerde biomassa. Mest wordt efficiënt ingezet voor energieproductie en nutriënten gerecycled. Prijzen voor duurzame biomassa zijn iets hoger.

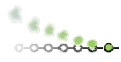
### **4.3.5 Regional Communities**

Het scenario “regionale communities” combineert ‘economische winst voor de wereld, voor later’ met ‘lokale netwerken’. Dit resulteert in het volgende wereldbeeld;

	Regional Communities
Economie	Lage groei, consumptie dichtbij productie, milieu in prijzen opgenomen
Technologie	Gemiddelde ontwikkeling, kleinschalige toepassingen
Cultuur	Einde aan materialisme, nieuwe waarden, milieubewuste consumptie
Instituties	Regionale bestuursvormen, sterke netwerken, “poldermodel”
Duurzaamheid	Lokale milieuproblemen zijn in de hand te houden

### *Biomassa voor energie in het algemeen*

- Bioenergie wordt vooral door wens GHG uitstoot te verminderen en andere en andere milieuoverwegingen zijn belangrijk
- De ondersteuning van de landbouw speelt een belangrijke rol bij ondersteuning van bioenergie
- Bijproducten met een hoge productiviteit worden efficiënt ingezet, ook voor energieopwekking. Hoogproductieve teelt levert veel bijproducten voor energieproductie.
- 2e generatie concurreert 1e generatie er niet zo snel uit
- Er is meer biomassa uit Nederland beschikbaar voor thermische conversie / bijstoken
- Duurzame energie komt tot ontwikkeling omdat Nederland daarmee onafhankelijker wordt ten opzichte van anderen
- Grootschalige energieproductie-eenheden passen niet in het beeld
- Biomassa voor energie is beperkt – en zeker niet grootschalig
- Het (aard)gasnetwerk is in stand gehouden
- De opwekking van energie moet duurzaam en “maatschappelijk verantwoord” zijn. Security of supply is ondergeschikt.
- Gedragsverandering richting schone energie
- Het energiegebruik stijgt met 50% in 2030;



- Hernieuwbare energie en besparing: op langere termijn stabiliseren gebruik fossiele energie en CO<sub>2</sub>-emissie; zelfvoorziening EU van 60 naar 50%.

#### *Nederlandse landbouw*

- De productie is extensief en kleinschalig georganiseerd met veel aandacht voor landschap, natuur en zorg;
- Geen high-tech technologieën, wel schone technologieën die passen bij de “natuurlijkheid” van de landbouw;
- Lichte daling van het landbouwareaal, merendeel blijft in productie op kleinschalige bedrijven;
- Extensivering van de productie belemmert een grootschalig gebruik van de landbouwgrond voor non-food toepassingen.

Areaal landbouw	- 10%
Areaal glastuinbouw	- 55 %
Aantal melkkoeien	- 15 %
Aantal varkens	- 55 %
Volume toegevoegde waarde	- 5 %
NH <sub>3</sub> -emissie	- 30 %

#### *Afvalverwerking*

In dit scenario blijft gescheiden inzameling (en dus hergebruik) gestimuleerd door de Rijksoverheid. Dat leidt ertoe dat, met name bij het afval van consumenten, een (beperkte) groei mogelijk is van hergebruik.

#### *Biomassa voor energie in Nederland*

Energieproductie op extensieve, kleinschalige bedrijven voor de eigen regio. Daarbij worden alleen technologieën ingezet die passen bij het concept “natuurlijke landbouw”. Vrijwel alle biomassa wordt efficiënt gebruikt en gerecycled, wat de beschikbaarheid voor energieopwekking weer beperkt. Reststromen worden hergebruikt en ingezet voor energie; ook op kleine schaal met alleen schone technologieën die ook als “duurzaam” zijn bestempeld in de maatschappelijke discussie. Consumenten zijn zeer milieubewust en bereid meer te betalen voor duurzame producten en energie uit hernieuwbare bronnen. Mede hierdoor zijn kleinschalig veel initiatieven ontstaan. Met name in landelijke gebieden is kleinschalige biomassa-conversie populair. In stedelijke gebieden wordt een actief stimuleringsbeleid gevoerd voor energieopwekking uit huishoudelijk afval, zowel het gemengde afval uit de grijze container als het GFT-afval. De niet-biomassa afvalstromen worden deels hergebruikt en deels verbrand ten behoeve van energieopwekking. Omdat zowel de consument als de overheid (subsidies) bereid zijn te betalen en ook de financiële wereld (groene beleggingen) ondersteuning biedt, zijn deze kleinschalige initiatieven rendabel.

#### 4.3.6 Samenvatting

In Tabel 4.4 zijn de scenario's overzichtelijk gepresenteerd.

Tabel 4.3 Gehanteerde scenario's in deze studie, met bijbehorende kenmerken.

	Mondiale instituties	Lokale netwerken
<b>Sterke economische groei, minder aandacht voor ecologische en sociale duurzaamheid</b>	<b>"Global Economy":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage biomassa- en CO<sub>2</sub> prijzen</li> <li>• Levendige mondiale handel, vooral vanwege security of supply</li> <li>• Indirecte CO<sub>2</sub> effecten minder belangrijk</li> <li>• Ondersteuning van de Nederlandse landbouw speelt geen rol bij ondersteuning van bio-energie</li> <li>• 1e gen transportbrandstoffen wereldwijd gesourced</li> <li>• 2e gen transportbrandstoffen alleen als het uit kan</li> <li>• Bijproducten worden inefficiënt gebruikt.</li> <li>• Nederlandse biomassa wordt vooral ingezet in decentrale verbranding, Cofiring breidt uit met nieuwe kolencentrales.</li> </ul>	<b>"Transatlantic Market":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage biomassaprijzen</li> <li>• Handel binnen Europa, vooral gedreven door security of supply en kosten</li> <li>• Indirecte CO<sub>2</sub> effecten minder belangrijk</li> <li>• Ondersteuning van de landbouw speelt een grotere rol bij ondersteuning van bioenergie</li> <li>• 1e gen transportbrandstoffen zijn langer belangrijk en komen vooral uit Oost Europa.</li> <li>• Bijproducten worden inefficiënt gebruikt</li> <li>• Nederlandse biomassa speelt een relatief geringe rol.</li> <li>• Nederlandse biomassa wordt vooral ingezet in decentrale verbranding, Cofiring breidt uit met nieuwe kolencentrales.</li> </ul>
<b>Lagere economische groei, meer aandacht voor ecologische en sociale duurzaamheid</b>	<b>"Strong Europe":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatief hoge biomassa- en CO<sub>2</sub> prijzen</li> <li>• Duurzaam geteelde biomassa (met name residuen) wordt mondiaal gesourced.</li> <li>• Bioenergie wordt gedreven door wens GHG uitstoot te verminderen, ook andere duurzaamheidscriteria zijn sturend. Security of supply is ondergeschikt</li> <li>• Ondersteuning van de landbouw speelt geen rol bij ondersteuning van bioenergie</li> <li>• Bijproducten worden wereldwijd efficiënt ingezet voor bioenergie</li> <li>• Energieteelt (wereldwijd) concurreert niet met voedsel om land</li> <li>• 2e generatie transportbrandstoffen concurreren met bestaande kolencentrales om lignocellulose.</li> <li>• 1<sup>e</sup> generatie transportbrandstoffen fasen uit</li> <li>• Geen nieuwe kolencentrales, hoge percentages bijstook in bestaande centrales</li> </ul>	<b>"Regional Communities":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoogste prijzen voor biomassa en CO<sub>2</sub></li> <li>• Duurzaam geteelde biomassa wordt uit Oost Europa gesourced</li> <li>• Bioenergie wordt vooral door wens GHG uitstoot te verminderen, ook andere duurzaamheidscriteria en security of supply zijn sturend.</li> <li>• Ondersteuning van de landbouw speelt een belangrijke rol bij ondersteuning van bioenergie.</li> <li>• Bijproducten worden efficiënt ingezet ook voor bioenergie</li> <li>• Energieteelt (wereldwijd) concurreert niet met voedsel om land</li> <li>• 2e generatie concurreert 1e generatie er op termijn uit, niet direct vanwege bescherming van landbouw.</li> <li>• 1<sup>e</sup> generatie transportbrandstoffen fasen uit</li> <li>• Geen nieuwe kolencentrales, hoge percentages bijstook in bestaande centrales</li> </ul>

De uitkomsten van de scenarioanalyse verschillen op drie punten:

- De totale hoeveelheid geproduceerde biomassa per stroom en
- De hoeveelheid biomassa die naar (i) energie en (ii) andere toepassingen zou kunnen gaan of gaat.
- De inzet van bepaalde technologieën (conversiemix).

Wat betreft het eerste punt: Voor een aantal biomassastromen is de hoeveelheid biomassa die wordt geproduceerd in 2020 redelijk goed bekend vanwege autonome trends die naar alle waarschijnlijkheid weinig beïnvloed worden door de scenario's. In andere gevallen is de geproduceerde hoeveelheid nog wel onderwerp van discussie en kan deze verschillen per scenario, dit geldt bijvoorbeeld bij dierlijke mest.

Het tweede punt betreft de vraag van biomassa vanuit de verschillende toepassingen. Verwacht wordt dat in alle scenario's uit oogpunt van zowel duurzaamheid in de betekenis van people en planet als economisch gewin de food en feed-toepassing prevaleren. Wel kunnen er verschillen bestaan ten aanzien van de richting waarin de resterende biomassa heen gaat: biofuel, bio-energie of non-food-toepassingen.

Tenslotte kan worden aangenomen dat de wijze van energetische benutting sterk afhangt van het gekozen scenario: dit geldt bijvoorbeeld voor het belang dat wordt gegeven aan restwarmtebenutting bij elektriciteitsopwekking.

#### **4.4 Beleidsveronderstellingen**

Een adequaat integraal stimuleringsbeleid en passende regelgeving, ontworpen vanuit maximalisatie van de inzet van duurzaam verkregen biomassa is essentieel voor de beschikbaarheid en nog meer de efficiënte inzet van biomassa voor energieopwekking. De inzet van mest en andere agroreststromen is een van de belangrijkste onzekere factoren die door aanpassing van overheidsbeleid kan worden gestimuleerd of ontmoedigd. Het gebruik van goedkope ruim beschikbare en ook duurzaam in te zetten maar moeilijk te converteren biomassa vergt hogere investeringen die over een langere tijd afgeschreven moeten worden. De continuïteit in beschikbare stimuleringsmiddelen is hierbij van groot belang. Hieronder zijn de belangrijkste beleidsveronderstellingen genoemd welke worden geïmplementeerd onder de verschillende scenario's.

##### **Mineralenwetgeving**

Een van de belangrijk knelpunten voor verdere inzet van mest is de vigerende Nitraatrichtlijn uit 1991, die als middelvoorschrift kent dat er 170 kg/ha aan nitraat uit dierlijke mest mag worden uitgereden. Bij door de EU toegestane derogatie mag dit worden verhoogd tot 250 kg/ha. Veel gewassen hebben echter meer stikstof nodig (grasland bijv 340 kg/ha) zodat dit met kunstmest wordt aangevuld. Ook is de gebruiksnorm voor fosfaat uit dierlijke mest zo laag dat er sprake is van een fosfaatoverschot, waardoor ca 30 miljoen kg via mest wordt geëxporteerd terwijl er nog steeds 40 miljoen kg aan fosfaat via geïmporteerde kunstmest wordt toegepast en de prijzen van schaarser wordend fosfaat stijgen.

Tegelijkertijd zijn zowel stikstof als fosfaat in digestaat beter opneembaar voor planten dan ruwe mest, waardoor het verdedigbaar is dat de gebruiksnormen voor toepassing van digestaat soepeler moeten zijn dan bij ruwe mest en digestaat als basis voor kunstmestvervanger kan dienen. Bij covergisting van mest met andere substraten geldt dat het volledige digestaat als meststof wordt gezien. Daardoor neemt de hoeveelheid nutriënten in de te vergisten mest toe ten opzichte van de ruwe mest. Deze regelgeving is ook van groot belang om de afvoer van gewasresten voor energiewinning te kunnen compenseren met aanvoer van organische stof uit bijvoorbeeld digestaat.

Overigens is sluiting van de nutriëntenkringloop ook een relevant beleidsonderwerp bij verbrandingsinstallaties voor schone biomassa, omdat daarbij kalium en fosfaatrijke fracties geconcentreerd vrijkomen in de bodemas. In tegenstelling tot landen als Oostenrijk, Zweden en Finland mag bodemas afkomstig van de verbranding van schone biomassa nog niet direct worden toegepast als meststof.

In de duurzame scenario's 3 en 4 wordt aangenomen dat (i) derogatie wordt toegestaan, en (ii) digestaat van vergistingsinstallaties en bodemas van de verbranding van schone biomassa onder bepaalde condities volledig als kunstmestvervanger kan worden ingezet.

### Substantiële financiële stimulering

In de afgelopen jaren is het SDE budget voor bio-energie ontoereikend geweest om alle aanvragen te honoreren, waardoor de marktimplementatie deels wordt tegengehouden. In de duurzame scenario's 3 en 4 wordt aangenomen dat er bij de markt zekerheid bestaat dat over langere termijn voldoende geld beschikbaar is om alle aanvragen te honoreren.

In de meer duurzame scenario's 3 en 4 wordt een belangrijke waarde gehecht aan duurzaamheid en zijn de indirecte effecten van het gebruik van biomassa relevant waardoor efficiënt gebruik van biomassa en dus gebruik van bijproducten aantrekkelijk wordt. Het opleggen van duurzaamheidscriteria resulteert dus in een hogere prijs voor duurzame biomassa.

### Onderzoek en ontwikkeling

In de duurzame scenario's 3 en 4 is er een sterke wens om snel te komen tot realisatie van 2<sup>e</sup> generatie biotransportbrandstoffen, chemicaliën, bioraffinage en groen gas. Hiervoor worden substantiële middelen beschikbaar gesteld. In het duurzame scenario 4 wordt ook fors onderzoek gedaan aan de mogelijkheden voor lokale biomassaproductie.

In tabel 4.3 zijn de beleidsveronderstellingen voor de scenario's gepresenteerd.

Tabel 4.4 Gehanteerde beleidsveronderstellingen bij de verschillende scenario's.

	Mondiale instituties	Lokale netwerken
<b>Sterke economische groei, minder aandacht voor ecologische en sociale duurzaamheid</b>	<p><b>“Global Economy”:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geen integraal beleid voor energie uit biomassa</li> <li>• Huidige belemmeringen in mest- en nutriëntenwetgeving grotendeels gehandhaafd</li> <li>• Geen additionele duurzaamheidscriteria opgelegd tov huidige situatie</li> <li>• Huidige hoogte en budget voor stimulering (SDE) gehandhaafd.</li> </ul>	<p><b>“Transatlantic Market”:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geen integraal beleid voor energie uit biomassa</li> <li>• Huidige belemmeringen in mest- en nutriëntenwetgeving grotendeels gehandhaafd</li> <li>• Minder additionele duurzaamheidscriteria opgelegd tov huidige situatie</li> <li>• Huidige hoogte en budget voor stimulering (SDE) gehandhaafd.</li> </ul>
<b>Lagere economische groei, meer aandacht voor ecologische en sociale duurzaamheid</b>	<p><b>“Strong Europe”:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integraal beleid voor optimalisering gebruik van biomassa voor energie, met meer doelmatige mestwetgeving, emissieregelgeving, stimuleringsmaatregelen, etc als afgeleide;</li> <li>• Nitraatrichtlijn grondig herzien</li> <li>• Ruimere gebruiksnormen voor digestaat dan bij mest</li> <li>• Digestaat en bodemas mag onder voorwaarden worden aangewend als kunstmestvervanger</li> <li>• Duurzaamheidscriteria zijn integraal onderdeel van stimuleringsbeleid – hoe duurzamer hoe meer het oplevert</li> <li>• Financiële stimuleringsregeling maakt veel toepassingen mogelijk</li> <li>• Fors budget voor 2e generatie biotransportbrandstoffen, chemicaliën, bioraffinage en groen gas</li> </ul>	<p><b>“Regional Communities”:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integraal beleid voor optimalisering gebruik van biomassa voor energie, met meer doelmatige mestwetgeving, emissieregelgeving, stimuleringsmaatregelen, etc als afgeleide;</li> <li>• Nitraatrichtlijn grondig herzien</li> <li>• Ruimere gebruiksnormen voor digestaat dan bij mest</li> <li>• Digestaat en bodemas mag onder voorwaarden worden aangewend als kunstmestvervanger</li> <li>• Duurzaamheidscriteria zijn integraal onderdeel van stimuleringsbeleid – hoe duurzamer hoe meer het oplevert</li> <li>• Financiële stimuleringsregeling maakt veel toepassingen mogelijk</li> <li>• Fors budget voor 2e generatie biotransportbrandstoffen, chemicaliën, bioraffinage en groen gas</li> </ul>

## 4.5 Beschikbaarheid per biomassa-stroom

In deze paragraaf wordt de huidige beschikbaarheid per stroom beschreven, voor de vier verschillende scenario's.

### 4.5.1 Energiegewassen

Bij elkaar hebben de energieteelt opties een potentie van meer dan 100.000 ha (= 1 miljoen ton ds bij 10 ton ds per ha). Het is belangrijk te beseffen dat deze vorm van energieteelt voor een deel overlapt met de optie om biomassa (bijproduct) uit natuur en andere oppervlaktes en dat zelfs onder gunstige scenario's maar een deel van de potentie te realiseren is tot 2020. De kosten voor energiegewassen (zoals Miscanthus, switchgrass en wilg) uit de landbouw zullen tussen de € 110,- en 150,- per ton ds biomassa liggen.

Tot 2020 zou onder scenario's waarbij import duur is en lokale productie wordt gestimuleerd energieteelt binnen de landbouw tot 50.000 ha kunnen bijdragen. Teelt voor biofuels (suikerbiet, raap, etc) en vergisting (maïs) zal met name belangrijk zijn onder scenario's waarbij "security of supply" de driver is voor bioenergie en import relatief duur is.

Lignocellulose biomassateelt buiten de landbouw zal met name belangrijk zijn als duurzaamheid en lokale productie belangrijk zijn. Bij 50.000 ha zou dat 500.000 ton ds op kunnen leveren. Of dit daadwerkelijk zal gebeuren hangt af van het gekozen scenario. Verwacht wordt dat onder het scenario 'Regional Communities' de meeste energieteelt plaatsvindt. De kosten zullen sterk afhangen van de regels en subsidies en zullen geleverd naar schatting € 80 a 120 per ton ds bedragen.

Tabel 4.5 Geproduceerde en beschikbare biomassa van energieteelt (kton)

Scenario	Geproduceerd			Beschikbaar voor elektriciteit en warmte		
	Binnen de landbouw	Buiten de landbouw	Totaal	Binnen de landbouw	Buiten de landbouw	Totaal
1: Global Economy	124	29	153	124	29	153
2: Transatlantic Market	248	59	306	248	59	306
3: Strong Europe	0	147	147	0	147	147
4: Regional Communities	124	294	418	124	294	418

### 4.5.2 Stro en andere droge gewasbijproducten uit de akkerbouw

Scenario's waarbij meer stro beschikbaar zou zijn in 2020 doen zich voor als een alternatieve toepassing wegvalt (minder peen, bollen en melkvee) en er meer teelt van granen is in Nederland. Verder zou er meer lang stro graan verbouwd kunnen worden waardoor er per hectare meer stro vrijkomt. Dit alles lijkt echter onwaarschijnlijk. In 2020 zal de beschikbaarheid van stro tegen een redelijke prijs voor energie dan ook meestal beperkt zijn. Sporadisch (bij hoge graanproductie en lage stro prijzen) kan er incidenteel wel stro tegen aantrekkelijke prijzen beschikbaar zijn, de aanvoer is echter onvoldoende betrouwbaar om een centrale hierop te baseren.

Het LEI [21]) verwacht tot 2020 een afname van het graan areaal maar een toename van de totale graan productie. In de door het LEI gehanteerde vooruitblik kunnen we verwachten dat de hoeveelheid stro globaal iets afneemt in 2020 vergeleken met nu. Tegelijkertijd zal de vraag naar stro voor alternatieve doelen toenemen – afhankelijk van het gekozen scenario. Daarmee komen we op een beschikbare hoeveelheid van 110-220 kton stro voor elektriciteit en warmte.

Tabel 4.6 Geproduceerde en beschikbare stro (kton)

Scenario	Geproduceerd	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	1.100	110
2: Transatlantic Market	1.100	165
3: Strong Europe	1.100	110
4: Regional Communities	1.100	220

#### 4.5.3 Graszaadhooi

Bij graszaadhooi spelen soortgelijke overwegingen als bij stro. Wel geldt dat de concurrentie met veevoer als additionele factor meespeelt. De beschikbaarheid is daardoor erg beperkt, zie Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Geproduceerde en beschikbare graszaadhooi (kton)

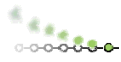
Scenario	Geproduceerd	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	100	5
2: Transatlantic Market	100	8
3: Strong Europe	100	5
4: Regional Communities	100	10

#### 4.5.4 Natte gewasresten van akkerbouw en tuinbouw

Natte gewasresten zouden op den duur te gebruiken zijn in bijvoorbeeld vergisting of bioraffinage. Voorwaarde is dat de hoeveelheid koolstof in de bodem (bodem C) wordt gehandhaafd. Dit kan aanleiding zijn voor discussie hoewel de hoge productiviteit hoofdgewas, of aanvoer van andere C (mest, digestaat, compost). Verder is de aanwezigheid van verwerkingsinstallaties in de nabijheid essentieel omdat de biomassa veel vocht bevat. Inzet van dit materiaal voor vergisting wordt belemmerd door het grote volume (vooral water) en door de relatief hoge nutriëntengehalte wat afzet van het digestaat kan belemmeren. Om substantiële hoeveelheden van deze producten in te kunnen zetten is bovendien een aanpassing van nutriënten regelgeving nodig. Met name producten met een hoog N gehalte (suikerbieten blad en tuinbouw resten) op zand en loss zullen aantrekkelijk zijn.

Naar onze inschatting zal tot 25% van de natte gewasresten (= 200.000 a 300.0000 ton ds, ca. 1,75 miljoen ton vers) in 2020 gebruikt worden (voor vergisting) onder een scenario waarin duurzaamheid belangrijk is en nutriëntenregelgeving aangepast wordt. Verder zal de vergoeding voor duurzame energie voldoende hoog moeten zijn.





De kosten voor aanvoer van deze natte biomassa (eerste 1.75 miljoen ton) bedragen tussen de -20 en +40 Euro per ton.

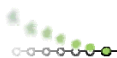
Het LEI [21] verwacht een minimale verandering van de opbrengst van akker- en tuinbouwproductie, zodat ook de hoeveelheid bijproducten minimaal verandert. Suikerbieten neemt tot 66% van het areaal in 1999 af, terwijl de opbrengst aan aardappelen gelijk blijft [21].

Tabel 4.8 Geproduceerde en beschikbare gewasresten (kton)

Scenario	Geproduceerd	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	6.947	0
2: Transatlantic Market	6.947	1.489
3: Strong Europe	6.947	1.973
4: Regional Communities	6.947	2.979

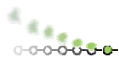
#### 4.5.5 Biomassa uit natuur en landschap

In Tabel 4.9 is een samenvatting gegeven van de biomassa uit natuur, landschap en bermen op basis van verschillende studies voor 2020 (54, 55). Er is hierbij uitgegaan van een toename in het oppervlak van bos en met name natuurlijk grasland. Naar verwachting zal deze toename in oppervlakte vooral ten koste gaan van de oppervlakte gras in Nederland.



Tabel 4.9 Analyse van de biomassa voor energie uit natuur, landschap en bermen in 2020 [54, 55] en eigen analyse

	Oppervlakte ha	Product	Bruto productie ton DS/ha	Bruto beschikbaar ton DS	oogst+afvoer %	oogst + afvoer ton DS	Andere gebruik %	Niet energie gebruik ton DS	Voor energie ton DS	Vochtgehalte (% ns)
Natuur										
Bos zonder oogst	83,600	hoofd	3.75	313.500	0%					
		bij	0.75	62.700	0%					
Bos met oogst	276,400	hoofd	3.75	1.036.500	70%	725.550	65%	471.608	253.943	45%
		bij	0.75	207.300	18%	36.278	0%	0	36.278	45%
Gras natuur	207,600		5.20	1.079.520	65%	701.688	50%	350.844	350.844	70%
heide	66,200		2.20	145.640	50%	72.820	50%	36.410	36.410	20%
riet	6,000		6.60	39.600	100%	39.600	50%	19.800	19.800	20%
<b>Totaal natuur</b>	<b>639,800</b>			<b>2.884.760</b>		<b>1.575.936</b>		<b>878.662</b>	<b>697.274</b>	
Landschap										
hout buiten bos	100,000	hoofd	4.00	400.000	55%	220.000	60%	132.000	88.000	45%
		bij	0.80	80.000	25%	20.000	0%	0	20.000	45%
Bermen	60,000		4.00	240.000	100%	240.000	0%	0	240.000	50%



#### 4.5.6 *Houtige biomassa uit natuur en landschap*

Volgens de studie van Kuiper en de Lint [54] is er in 2020 290 kton hout uit natuur en daarnaast uit landschap 108 kton hout beschikbaar. Dit is voor een deel rondhout en voor een deel tak- en tophout. We moeten er vanuit gaan dat de prijs minstens de logistieke kosten van verzamelen, transport en chippen moet dekken (zonder kosten voor oogst). De prijs aan de poort zal dan 25 a 100 Euro per ton ds bedragen.

#### 4.5.7 *Groenbemester, natuurgras, bermgras en biomassa uit onderhoud van waterwegen en natte biomassa uit gebouwde omgeving*

Deze stromen hebben soortgelijke fysieke kenmerken als natte gewasresten. Alternatieve toepassing is vooral compostering (bodem C) en laagwaardig veevoer. Achterlaten is een optie wanneer dit uit ecologische overwegingen mag.

Bij elkaar gaat het om 5,5 miljoen ton biomassa met een droge stof van 1,6 miljoen ton. Vooral in de duurzame scenario's 3 en 4 wordt bermgras en natuurgras grootschalig ingezet. Ook is er dan minder vraag naar ruwvoer i.v.m. de afnemende veestapel.

Tabel 4.10 Geproduceerde en beschikbare groenstromen (kton ns)

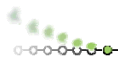
Scenario	Geproduceerd	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	5.467	387
2: Transatlantic Market	5.467	764
3: Strong Europe	5.467	1.361
4: Regional Communities	5.467	2.296

#### 4.5.8 *Schoon resthout uit de houtverwerkende industrie*

Aangenomen wordt dat zowel de productie als de beschikbaarheid voor energieopwekking van schoon resthout uit de houtverwerkende industrie stabiel blijft op het huidige niveau van ca 640 kton productie en 425 kton beschikbaarheid.

Tabel 4.11 Geproduceerde en beschikbare reststromen uit de houtverwerkende industrie (kton ns)

Scenario	Geproduceerd	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	640	425
2: Transatlantic Market	640	425
3: Strong Europe	640	425
4: Regional Communities	640	425



#### 4.5.9 Houtige biomassa uit fruitteelt en boomteelt

LEI [21] verwacht een toename van de oppervlakte in 2020 van appels, peren en boomkwekerijen van 30 %. Daarmee zal ook de bruto beschikbaarheid van biomassa met 30% toenemen tot ca 260 kton (vers). Veel van deze biomassa wordt nu verhakseld en ondergewerkt, gecomposteerd en ook nog sporadisch verbrand bij gebrek aan een alternatief. Er is onderzoek gedaan naar afzet naar biomassacentrales en er wordt hout uit fruitteelt in de Betuwe in de biomassa centrale Cuijk gebruikt. De kosten voor aanvoer liggen naar schatting rond de 25 Euro per ton ns oftewel 50 Euro per ton ds. De maximale toepassing van deze biomassa zal in 2020 ca. 80% zijn (100 kton ds) als er een goed logistiek systeem is met verwerkingseenheden of biomassacentrales op korte afstand. Voor een deel gaat biomassa uit fruitteelt en boomteelt nu naar groencompostering.

Verwacht wordt dat tot 2020 verbranding in de open lucht onmogelijk is en dat onder alle scenario's deze grondstof ingezet zal kan voor energie.

Tabel 4.12 Geproduceerd en beschikbaar resthout uit fruitteelt en boomteelt (kton ns)

Scenario	Geproduceerd	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	260	104 (40%)
2: Transatlantic Market	260	156 (60%)
3: Strong Europe	260	182 (70%)
4: Regional Communities	260	234 (80%)

#### 4.5.10 Mest

De hoeveelheid mest die in 2020 vrijkomt is vooral afhankelijk van de omvang van de veestapel. Aan de hand van de verwachte omvang van de veestapel is in Tabel 4.13 en Tabel 4.14 de productie van drijfmest en steekvaste mest voor de verschillende scenario's vastgelegd.

Van de geproduceerde droge mest wordt ca 1.000 kton ingezet in de champignonteelt. Verwacht wordt dat dit in de toekomst zo blijft. Dit betekent dat er 1000 kton minder beschikbaar is voor energie-doeleinden. De overige hoeveelheid mest wordt grotendeels beschikbaar verondersteld voor energie-doeleinden. Het percentage dat hiervan beschikbaar wordt verondersteld, verschilt tevens per scenario:

- In alle scenario's wordt verondersteld dat 80% van de geproduceerde pluimveemest beschikbaar is.
- Voor drijfmest wordt aangenomen dat in scenario 1 en 2 40% beschikbaar is voor vergisting, in scenario 3 en 4 wordt dit extra gestimuleerd en is 60% beschikbaar.



Tabel 4.13 Geproduceerde en beschikbare drijfmest van melkvee, vleesvarkens, vleeskalveren, zeugen en jong melkvee (kton ns)

Scenario	Geproduceerde mest	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	64.139	25.656
2: Transatlantic Market	45.305	18.122
3: Strong Europe	52.770	31.662
4: Regional Communities	41.515	24.909

Tabel 4.14 Geproduceerde en beschikbare steekvaste mest van pluimvee, schapen/geiten en vleesvee (kton ns)

	Geproduceerde mest	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte
1: Global Economy	5.332	4.266
2: Transatlantic Market	4.614	3.691
3: Strong Europe	5.332	4.266
4: Regional Communities	4.614	3.691

Overigens zijn er ook andere scenario's voor 2020 recent gepubliceerd.

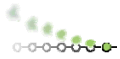
Het rapport *Nationale emissieplafonds 2020; Impact op de Nederlandse landbouw en visserij* (Vrolijk et al, 2008 [56]) gaat voor de mestproductie voor 2020 uit van een aantal andere aannames (zie kader) en scenario's, resulterend in andere verwachte hoeveelheden mest. In die studie wordt 61.373 kton drijfmest van melkvee, vleesvarkens, vleeskalveren, zeugen en jong melkvee verwacht en 1.377 droge mest. Daarbij komt nog

- mest van vleesvee, (3.874 kton; één-derde vast en twee-derde drijfmest)
- mest van schapen en paarden (2.676 kton; 100% vast).

Daarmee komen deze cijfers het meest dichtbij scenario 1.

Ook zijn er twee scenario's doorgerekend in de recente LEI-studie "De agrarische sector in Nederland naar 2020 [21]", waarin de hoeveelheid mest iets lager is voorspeld voor de scenario's met of zonder derogatie<sup>7</sup>. Dit ligt in de orde van grootte van 3-6%.

<sup>7</sup> Derogatie houdt in dat de Europese Commissie Nederland toestemming heeft gegeven om af te wijken van de Nitraatrichtlijn, van de maximale bemestingsnorm van 170 kilogram stikstof uit dierlijke mest per hectare per jaar. Deze derogatie loopt tot en met 2009, maar wordt mogelijk verlengd. In het eerste scenario wordt uitgegaan van die verlenging; in het tweede niet.



Kader 4.1 *Uitgangspunten en verwachtingen rondom de ontwikkeling van de landbouw in Vrolijk et al., 2008 [19]*

Algemene uitgangspunten

*Markt:* WTO: EU\*offer aanvaard, waardoor meer toegang van buitenlandse landbouwproducten tot EU-markt. Relatief iets minder gunstige prijsontwikkeling.

*Biobrandstoffen:* Biobrandstoffenrichtlijn: 10% bijmenging in 2020.

*GLB:* Directe betalingen volledig ontkoppeld; 25% modulatie. Afschaffing quota en braakverplichting.

*Mest en nutriëntenbeleid:* Derogatie gehandhaafd maar op een niveau van 230 kg. Aanscherping aanwending fosfaat uit kunstmest en dierlijke mest.

Specifieke uitgangspunten mest en emissies

*Fosfaat:* Aanscherping aanwending fosfaat uit kunstmest en dierlijke mest: maximaal 60 kg fosfaat uit kunstmest en dierlijke mest op bouwland; maximaal 90 kg fosfaat uit kunstmest en dierlijke mest op grasland

*Dierlijke mest:* Gebruiksnorm dierlijke mest van 170 kg N per ha en op derogatie bedrijven 230 kg N per ha.

*Stikstof:* Voorgenomen stikstofgebruiksnormen van 2009 en op uitspoelinggevoelige gewassen op zandgrond een 30% lagere norm dan in 2006.

*Acceptatiegraad:* Door aanscherpen gebruiksnormen en uitrijverbod op kleigrond daalt de acceptatiegraad.

*Dierrechten:* Dierrechten in de intensieve veehouderij nog steeds effectief. Regionale compartimentering afgeschaft.

*Stallen:* Alle stallen in de varkens- en pluimveehouderij emissiearm. Voldoen aan AMvB huisvesting

*Huisvesting:* Legkippenbesluit en varkensbesluit volledig van kracht: alle pluimvee in grondhuisvesting, geen legbatterijen meer. Groter hokoppervlakte voor varkens, daardoor hogere emissie.

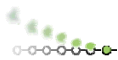
*Zodebemester:* Zodebemester verdwijnt ten gunste van sleepvoeten en sleufkouter. Daar door gaat de ammoniakemissie bij aanwenden op grasland omhoog.

*Mestverwerking:* Alle extra mest die door het aanscherpen van de gebruiksnormen niet kan worden geplaatst, wordt verondersteld verwerkt te worden.

*Ureum:* Melkureumgetal is 3 punten lager dan in 2006, daardoor lagere N-excretie melkvee.

*Aanwending:* Aanwenden van mest in twee werkgangen op bouwland is verboden. Daardoor gaat de ammoniakemissie bij aanwenden op bouwland omlaag.

Meijer et al. (2008) [57] hebben in de studie "strategische verkenning covergisting van mest" gekeken naar de mogelijkheden en wenselijkheden van een verdere ontwikkeling van covergisting van dierlijke mest. Er is voldoende mest en andere reststromen om de technische potentie van covergisting veel groter te doen zijn dan de huidige omvang ervan. De scenario's die in [57] zijn doorgerekend zijn wezenlijk anders dan die waar de onderhavige studie mee rekent. In die studie is gewerkt met een streefbeeld als toekomstbeeld. De basis hiervan lag in vier scenario's die verschillen ten aanzien van (i) energieprijzen en (ii) interactie tussen stad en platteland. Het toekomstbeeld dat is doorgerekend betrof het scenario met een hoge energieprijzen en veel interactie tussen stad en platteland. Voor dat scenario was de veronderstelling dat er voldoende mest beschikbaar is om bij een inzet van 50% mest en 50% biomassa ongeveer 750 MW<sub>e</sub> op te wekken.



Ook relevant in dit verband is de studie Prestaties, potenties en ambities (Van der Schans et al., 2008 [58]). Daarin wordt voor de landbouw de nationale doelstellingen inzake klimaat en energie vertaald in een maatregelenpakket. Deze studie is mede richtinggevend geweest voor de afspraken die de landbouwsector heeft gemaakt in het eerder genoemd Convenant "Schone en Zuinige Agrosectoren". Van der Schans et al. [58] constateren dat de productie van duurzame energie zonder stimulering van overheidswege niet zal toenemen tot 2020. Zij schatten in dat de kosten voor de productie van duurzame energie nog te hoog zijn in vergelijking tot de opbrengsten. Echter, om te komen tot een bijdrage aan de klimaatdoelstellingen zal vergisting nadrukkelijk een plaats in het palet aan maatregelen verdienen. Daarbij schetsen de auteurs van [58] de volgende ontwikkelingen:

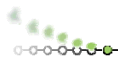
- 6% van de rundveemest zal worden vergist. Daardoor vermindert de methaan- en lachgasemissie uit de opslag (met 6%) en daalt het energieverbruik.
- 25% van de rundveemest wordt gescheiden in (a) een dunne, relatief stikstofrijke en (b) een dikke, relatief fosfaatrijke fractie. Dit vergroot de aantrekkelijkheid van het gebruik van de dunne (stikstofrijke) gescheiden fractie in vergelijking met de onbewerkte drijfmest.
- 25% van de varkensmest wordt vergist op niet-bedrijfsgebonden mestvergisters (zogenaamde regio-vergisters). Deze zijn groot van omvang en leveren groen gas aan het gasnet. Door de vergisting daalt de methaan- en lachgasemissie uit de opslag (met 15% in geval van 25% vergisting<sup>8</sup>)
- 25% van de varkensmest wordt verwerkt, hetgeen ook weer 15% minder methaan- en lachgasemissie oplevert.
- Alle pluimveemest wordt verbrand, waardoor 60% minder methaan en lachgas uit de opslag vrijkomt.

#### **4.5.11 Reststromen uit de voedings en genotmiddelenindustrie**

Voor het inschatten van de ontwikkelingen in de beschikbaarheid van stromen uit de VGI is gebruik gemaakt van het onderzoek "Biomassa voor veevoer en bio-energie" van Bondt et al. [59]. Daarin is het aanbod van reststromen VGI voor 2020 berekend op basis van een scenarioanalyse, startend vanuit de totale productie van de VGI in 2005. Daarbij is in elk scenario aangenomen dat restproducten uit de VGI met dezelfde snelheid toenemen als de vraag naar humaan voedsel van 2005 naar 2020. Geconcludeerd wordt dat de hoeveelheid vrijkomende reststoffen in alle scenario's vrijwel onveranderd blijft (voor bijvoorbeeld de schroten slechts 0,1%). Gezien de onzekerheidsmarges daarop, wordt in onderhavige studie uitgegaan van een minimale wijziging van de productie aan restproducten uit de VGI sector.

Van groter belang in de beschikbaarheid van reststromen uit de VGI voor energieopwekking is de concurrentie met veevoer. In Bondt et al. [59] is voor

<sup>8</sup> Dit is een gevolg van het feit dat de mest altijd nog enige opslag behoeft.



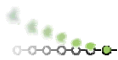
dezelfde vier scenario's een aantal uitgangspunten als basis gekozen, die globaal overeen komen met het onderhavige onderzoek en een beeld geven van de concurrentieverhoudingen tussen de verschillende afzetkanalen. Daaruit bleek dat er wel degelijk verschuivingen te verwachten zijn in het gebruik van reststromen naar de diervoedersector. Duidelijk is dat de beleidsdoelstellingen inzake biotransportbrandstoffen effect hebben op de bestemming van de reststromen. Dat effect speelt vooral in de scenario's 1 (Global Economy) en 2 (Transatlantic Market) met hogere economische groei en minder ambitieuze duurzaamheidseisen; in de andere scenario's is het effect minder relevant.

Een belangrijke aanname in het model van Bondt et al. [59] is dat het voorrang geeft aan humane voeding en bio-energie boven de diervoedersector voor benutting van de vrijkomende (rest)producten. Ook van belang is dat in dit model de feitelijke concurrentie niet is meegenomen, de prijs was een inputparameter en prijsveranderingen vormden geen expliciet onderdeel van dit model. Onder die worst-case uitgangspunten heeft de diervoedersector een tekort van 0,9% (Global Cooperation) en 2,3 % (Regional Communities) tot 7,1 – 7,3 % in de scenario's Global Economy en Continental Markets. Het onderzoek van Bondt et al. laat dus zien dat er wel degelijk beweging in deze markt te verwachten is onder invloed van de groeiende vraag naar energieproducten gebaseerd op biomassa. Tegelijkertijd ligt er geen onderzoek waarin de effecten van prijsvorming ook meegenomen zijn en waarin een onderlinge afweging van de verschillende markten heeft plaatsgevonden resulterend in de (te verwachten) beschikbaarheid van biomassa voor elektriciteit en warmte.

Van de verschillende reststromen uit de VGI is 34% technisch inzetbaar voor de productie van biotransportbrandstoffen, via eerste generatie technologie. Daarbij is het merendeel (bijna 32%) inzetbaar voor bio-ethanol; het gaat daarbij vooral om de aardappelreststromen, de reststromen uit de zetmeelindustrie en bietmelasse. Slechts 2% is inzetbaar als basis voor de productie van biodiesel, dit zijn restvetten en -oliën. De overige 66% is niet of slechts matig geschikt als grondstof voor biotransportbrandstoffen.

Behalve de technische geschiktheid zijn andere criteria zijn minstens zo belangrijk. Zo is het van grote betekenis dat de grondstof voor ethanolproductie in ruime hoeveelheden, zonder teveel seizoensfluctuaties beschikbaar is. Ethanolfabrieken zijn immers groot van omvang en vragen dus veel grondstof. Bovendien moet de kwaliteit van de grondstof goed en uniform zijn. Bij de productie van bio-ethanol moet het productieproces nauwkeurig worden afgestemd op de te gebruiken grondstof. Idealiter is er één continue reststroom nodig voor een bio-ethanolfabriek, van voldoende volume en met een uniforme kwaliteit. Wanneer een fabriek meerdere – sterk verschillende kwaliteitsstromen – als basis heeft stijgen de conversiekosten bij





gebruik van reststromen in vergelijking met het gebruik van energiegewassen [60]. Een mix van diverse kleinere reststromen is hier geen reële optie.

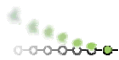
Tenslotte is een laag drogestofgehalte van grondstoffen een minpunt, omdat dat de conversiekosten verhoogt en vaak zal leiden tot relatief hoge transportkosten. Wanneer we deze aanvullende criteria ook in overweging nemen ontstaat een veel minder rooskleurig beeld van de potentiële geschiktheid van de Nederlandse reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie als basis voor biotransportbrandstoffen. Dit is ook in de praktijk zichtbaar: ofschoon veel reststromen goed geschikt zijn als grondstof voor bio-ethanol is dit in de praktijk nog niet aan de orde.

Tabel 4.15 brengt de beschikbare reststromen uit de VGI in 2020 in beeld. Uitgangspunt is dat de geproduceerde hoeveelheid reststromen in 2020 gelijk is aan die van 2006, zoals weergegeven in Tabel 3.7.

In scenario 1 (Global Economy) wordt een lagere beleidsdoelstelling voor de biofuels verondersteld, veel droge reststromen (inclusief diermeel) gaan dan naar diervoer. De nattere reststromen vinden hun weg vooral naar het (natte) veevoer en voor 25% naar anaerobe vergisting. De dierlijke vetten en restproducten gaan naar bio-energie, met name elektriciteit. De vrijgekomen frituurvetten worden ingezet voor de productie van biodiesel. Aangenomen wordt dat er hoogwaardige technologieën worden ontwikkeld waarmee diermeel kan worden ingezet voor nieuwe biobased products, zodat deze reststroom niet meer beschikbaar komt voor productie van elektriciteit.

Ook in scenario 2 (Transatlantic Market) is het beleid rondom biofuels minder ambitieus. Ofschoon de veestapel kleiner is, is ook de internationale handel minder groot hetgeen ongeveer dezelfde hoeveelheid reststromen voor de toepassing 'veevoer' vraagt als in het eerste scenario.

Het derde scenario (Strong Europe) heeft wel ambities inzake biofuels; daarmee trekt deze markt een deel van de (energierijke) reststromen naar zich toe. Ook wordt dit scenario gekenmerkt door hoogwaardige technologie, waardoor nieuwe *biobased products* zich aandienen. Ook deze producten en technologieën trekken aan de reststromen. Verondersteld wordt dat de natte reststromen die in scenario 1 en 2 nog een weg naar de vergisters vonden, nu een aantrekkelijke grondstof zijn voor de *biobased products*. Het droge schroot-materiaal wordt via biorefinery tot hoogwaardige producten verwerkt en er blijft slechts 12,5% van de natte reststromen over voor de elektriciteitstoepassing via vergisting. In dit scenario wordt ook diermeel via hoogwaardige technieken verwerkt tot diverse biobased producten; diermeel komt daarmee niet beschikbaar voor elektriciteit.



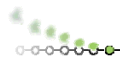
Het vierde scenario (Regional Communities) kent een kleinere veestapel, maar ook de internationale handel is beperkt. Dit betekent dat nagenoeg alle reststromen nodig zijn voor de nationale veestapel; slechts 12,5% van de natte reststromen komt vrij voor elektriciteit via vergisting. Omdat er – net als in scenario III - ambitie is inzake biofuels blijven de dierlijke vetrijke reststromen buiten bereik van de elektriciteitsproducenten. In Tabel 4.15 is de post 'natte reststromen' een aantal van de in Tabel 3.7 genoemde reststromen: de diverse stromen uit de aardappelverwerkende industrie, de reststromen uit de suikerindustrie en uit de graanverwerking. Bij elkaar gaat het grofweg om zo'n 3.300 kton.

Tabel 4.15 Reststromen uit de VGI in 2020 (kton ns)

Scenario	Reststromen	Prod (kton ns)	Beschikbaar (kton ns)
1: Global Economy	Natte reststromen, niet naar brijvoer (25%)	3.300	825
	Dierlijke vetten en restproducten	1.085	1.085
	Frituurvet	130	0
	Diermeel	250	0
2: Transatlantic Market	Natte reststromen, niet naar brijvoer (25%)	3.300	825
	Dierlijke vetten en restproducten	1.085	1.085
	Frituurvet	130	0
	Diermeel	250	250
3: Strong Europe	Natte reststromen welke niet naar biobased products of brijvoer gaan	3.300	412
	20% van het schroot wat via biorefinery wordt ingezet	1.085	695
	Frituurvet	130	0
	Diermeel	250	0
4: Regional Communities	Natte reststromen welke niet naar biobased products of brijvoer gaan	3.300	412
	Dierlijke vetten en restproducten	1.085	0
	Frituurvet	130	0
	Diermeel	250	250

#### 4.5.12 Afvalhout

De productie van afvalhout hangt nauw samen met de mate van economische groei. Omdat afvalhout vooral vrijkomt als restproduct bij consumenten, wordt aangenomen dat deze kan worden gekoppeld aan de ontwikkelingen in de productie van afval van consumenten, zoals beschreven in de vier CPB scenario's die ten grondslag liggen aan het LAP2 [61]. Afhankelijk van het scenario resulteert dit in een toename van 17 tot 55 % ten opzichte van het huidige niveau van 1.485 kton. In het LAP2 wordt gesteld dat nuttige toepassing de minimumstandaard is voor A en B hout, hieronder valt naast materiaalhergebruik ook de inzet als brandstof. Het vrijkomende A en B hout kan dan ook volledig als beschikbaar worden verondersteld. Wel wordt verwacht



dat de huidige materiaaltoepassing van voor de productie van pallets en andere toepassingen (ca. 200 kton) in Nederland in stand blijft. C-hout mag niet worden ingezet als brandstof, dit betreft momenteel een stroom van ca 80 kton.

Tabel 4.16 Geproduceerd en beschikbaar afvalhout in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	2.302	2.027
2: Transatlantic Market	1.960	1.685
3: Strong Europe	2.064	1.789
4: Regional Communities	1.737	1.210

#### 4.5.13 Veilingafval

Aangenomen wordt dat de productie van veilingafval analoog aan de VGI sector op het huidige niveau blijft (ca. 160 kton). Hiervan kan ca 125 kton via vergisting worden ingezet voor energieopwekking, de rest wordt vooral gestort.

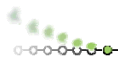
Tabel 4.17 Geproduceerd en beschikbaar veilingafval in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	160	125
2: Transatlantic Market	160	125
3: Strong Europe	160	125
4: Regional Communities	160	125

#### 4.5.14 Zuiveringsslib RWZI/AWZI

Zuiveringsslib komt vrij bij rioolwaterzuiveringsinstallaties. De hoeveelheid slib is met name gekoppeld aan de hoeveelheid inwoners van Nederland omdat ca 90% van het slib afkomstig is van communale rioolwaterzuiveringsinstallaties. Met een verwachte toename van 16.4 miljoen Nederlanders nu naar ca 16.8 miljoen in 2020 neemt de hoeveelheid zuiveringsslib slechts licht toe, van 341 kton ds naar 349 kton ds (ca 1.396 kton bij 23% ds).

De minimumstandaard voor slib van waterzuivering uit RWZI's en AWZI's is thermisch verwerken, al dan niet na voordrogen. Aangenomen wordt dat RWZI en AWZI slib in alle scenario's wordt verbrand in slibverbrandingsinstallaties zoals ook nu gebeurt.



Tabel 4.18 Geproduceerd en beschikbaar RWZI/AWZI slib in 2020 in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	1.396	1.396
2: Transatlantic Market	1.396	1.396
3: Strong Europe	1.396	1.396
4: Regional Communities	1.396	1.396

#### 4.5.15 GFT

De hoeveelheid gescheiden ingezameld GFT hangt nauw samen met de hoeveelheid huishoudens en is al een aantal jaren stabiel op 1.5 Mton. Verwacht wordt dat deze hoeveelheid niet substantieel zal afhangen van het scenario. Omdat in 2020 alle lopende contracten voor compostering van GFT zijn afgelopen, kan worden aangenomen dat deze totale hoeveelheid ook beschikbaar is voor energieopwekking.

Tabel 4.19 Geproduceerd en beschikbaar gescheiden ingezameld GFT in 2020 in de vier scenario's (kton)

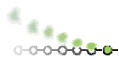
Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	1.500	1.500
2: Transatlantic Market	1.500	1.500
3: Strong Europe	1.500	1.500
4: Regional Communities	1.500	1.500

#### 4.5.16 Brandbaar restafval van huishoudens, KWD en industrie

De hoeveelheid brandbaar restafval is sterk afhankelijk van het gekozen scenario. In de vier CPB scenarios welke ten grondslag liggen aan het LAP2 [61] zijn expliciet getallen opgenomen voor de drie doelgroepen huishoudens, KWD en industrie, resulterend in Tabel 4.20. Afhankelijk van het gekozen scenario kan de productie toenemen van de huidige 6.4 Mton naar 6.6..8.4 Mton in 2020.

Tabel 4.20 Productie van restafval van huishoudens, KWD en industrie in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	huishoudens	KWD	industrie	Totaal
1: Global Economy	5.599	1.666	1.177	8.442
2: Transatlantic Market	5.021	1.594	1.106	7.721
3: Strong Europe	4.753	1.590	1.086	7.429
4: Regional Communities	4.199	1.470	996	6.665



De wijze waarop het brandbare restafval wordt ingezet hangt af van de mate waarin nascheiding wordt gestimuleerd door de overheid. In 4.5.19. wordt aangenomen dat in scenario's 2 en 4 tot 1 Mton aan brandbaar restafval via SRF (solid recovered fuel) productie kan worden omgebogen richting een of meerdere kolencentrales. Daarmee neemt de beschikbaarheid van brandbaar restafval voor AVI's met dezelfde hoeveelheid af, zie Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Beschikbaarheid van restafval van huishoudens, KWD en industrie voor AVI's in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	huishoudens	KWD	industrie	Totaal
1: Global Economy	5.599	1.666	1.177	8.442
2: Transatlantic Market	4.371	1.388	963	6.721
3: Strong Europe	4.753	1.590	1.086	7.429
4: Regional Communities	3.569	1.249	847	5.665

#### 4.5.17 Reststoffen van verwerking van oud papier

Verwacht wordt dat de vraag naar papier, en daarmee ook de productie van reststoffen uit de verwerking van oud papier lager ligt in de duurzame scenario's 3 en 4 ten opzichte van de scenario's 1 en 2 waarbij hogere economische groei optreedt.

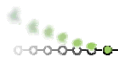
Aangenomen wordt dat de wijziging in de verschillende scenario's gelijk oploopt met de afvalproductie in de industrie zoals beschreven in de vier CPB scenario's welke ten grondslag liggen aan het LAP2 [61]. Dit resulteert in een toename van 3..24%, afhankelijk van het gekozen scenario.

Tabel 4.22 Geproduceerde en beschikbare reststromen van de papierindustrie in 2020 in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	1.368	1.240
2: Transatlantic Market	1.247	1.130
3: Strong Europe	1.225	1.110
4: Regional Communities	1.137	1.030

#### 4.5.18 Textiel

Verwacht wordt dat de hoeveelheid gescheiden ingezameld textiel en daarmee de restfractie welke niet geschikt is voor recycling, weinig afhankelijk is van het scenario. Aangenomen wordt daarom dat er in alle scenario's de huidige hoeveelheden gehandhaafd blijven.



Tabel 4.23 Geproduceerd en beschikbaar oud textiel in 2020 (kton ns)

Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	111	18
2: Transatlantic Market	111	18
3: Strong Europe	111	18
4: Regional Communities	111	18

#### 4.5.19 Solid Recovered Fuels (SRF)

Voor Solid Recovered Fuels geldt dat er vanuit het LAP2 een weinig stimulerende werking uitgaat voor de nascheiding van het geproduceerde brandbaar restafval (zie par. 4.5.16) omdat de minimumstandaard voor afval is vastgesteld op verbranding als vorm van verwijderen. Omdat de AVI capaciteit momenteel fors wordt uitgebreid, wordt verwacht dat er binnenkort geen overschot meer is kan worden verwacht dat verwerkingstarieven zullen gaan dalen. Dit kan hergebruik door inzet als brandstof in belangrijke mate frustreren.

Door inzet van SRF in een stand-alone verbrandingsinstallatie worden vergelijkbare elektrische rendementen behaalt als in een AVI. Een voorbeeld hiervan is de Lomellina 2 installatie in Italië, welke sinds 2000 ca 180 kton/jaar aan SRF inzet voor de productie van 19 MWe (ca 23% netto elektrisch rendement). Dit is vergelijkbaar met een conventionele AVI.

Om hogere conversierendementen te halen kan worden aangesloten bij een kolencentrale, bijvoorbeeld door stookgasreiniging of via parallelle verbranding en stoomzijdige integratie door ofwel de bouw van een nieuwe verbrandingsinstallatie, ofwel betere integratie van bestaande AVI's met kolencentrales.

Indien ervan wordt uitgegaan dat er 1 Mton SRF wordt omgebogen van een AVI zonder warmtebenutting naar een kolencentrale, levert dit ca. 2,5 PJ extra aan finale energie (elektriciteit) op. Uit overleg met enkele technologieleveranciers (o.a. Foster Wheeler) is gebleken dat men klaar is voor een demonstratieproject met vergassing van SRF en stookgasreiniging t.b.v. bijstoken in een kolencentrale. Kernvraag is of de overheid en energiesector bereid zijn voor lange termijn de opzet van dergelijke initiatieven of een verdergaande integratie tussen AVI's en kolencentrales financieel te ondersteunen, ten gunste van een hogere duurzame energieproductie.

In de scenarioanalyse wordt ervan uitgegaan dat er bij Global Economy en Transatlantic Market geen SRF wordt geproduceerd, in de meer duurzame scenario's 'Strong Europe' en 'Regional Communities' wordt er in 2020 1 miljoen ton



afgescheiden en ingezet in kolengestookte centrales. In de beschikbaarheid van brandbaar restafval voor AVI's (par. 4.5.16) wordt hiervoor gecorrigeerd.

Tabel 4.24 Geproduceerde en beschikbare SRF stromen in 2020 in de vier scenario's (kton ns)

Scenario	Geproduceerd (kton ns)	Beschikbaar voor elektriciteit en warmte (kton ns)
1: Global Economy	0	0
2: Transatlantic Market	0	0
3: Strong Europe	1.000	1.000
4: Regional Communities	1.000	1.000

#### 4.6 Beschikbare biomassa in 2020

De hoeveelheid biomassa en de hoeveelheid die inzetbaar is voor elektriciteit en warmte is per scenario weergegeven in Tabel 4.27. De eerste kolommen geven de beschikbare hoeveelheid biomassa weer in kton ds.

Per stroom is afhankelijk van het gekozen scenario in de analyse een conversietechnologie aangenomen welke gangbaar is in de omzetting naar finale energie, rekening houdend met de belangrijkste eigenschappen van het materiaal zoals energiedichtheid, chemische samenstelling en financiële aspecten. Belangrijk is het om op te merken dat bij een aantal technieken het conversierendement van energie in de biomassa naar bruikbare energie (warmte, elektriciteit en/of groen gas) is gedefinieerd op basis van de lagere calorische waarde van de gebruikte biomassa (zoals verbranding), terwijl bij andere technieken is uitgegaan van de hogere calorische waarde (zoals anaerobe vergisting).

Voor een aantal biomassastromen is er een keuze welke techniek kan worden ingezet. Zo kan het biogas uit een anaerobe vergistingsinstallatie worden ingezet in een decentrale gasmotor, of na opwerking invoeden in het aardgasnet. In deze studie is aangenomen dat 50% van de installaties invoeden op het aardgasnet, de andere 50% beschikken over een WKK en leveren aan het elektriciteitsnet, zonder dat ze daarbij de warmte gebruiken ter vermindering van fossiele energie. De specificaties van de gekozen conversietechnieken zijn weergegeven in Tabel 4.25.



Tabel 4.25 Aangenomen specificaties van de conversietechnieken.

Benaming in Tabel 4.27	Technologie	Conversie op basis van	Eindproducten			
			elektriciteit	warmte	gas	verlies
AD_mw	Vergisting + gasmotor, met warmtebenutting	HHV	24%	27%	0%	49%
AD_zw	Vergisting + gasmotor, zonder warmtebenutting	HHV	24%	0%	0%	76%
WKK_kl_mw	Verbranding WKK kleinschalig met warmtebenutting	LHV	20%	50%	0%	30%
WKK_gr_zw	Verbranding WKK grootschalig zonder warmtebenutting	LHV	30%	0%	0%	70%
AVI_zw	verbranding AVI, geen warmtebenutting	LHV	23%	0%	0%	77%
cofiring	bij- en meestoken in kolencentrale	LHV	43%	0%	0%	57%
AD_gas	Vergisting + groen gas	HHV	0%	0%	60%	40%
warmte	kleinsch verbranding voor warmte	HHV	85%	0%	0%	15%
motor_mw	bio-olie motor met warmtebenutting	LHV	41%	40%	0%	19%
Slibverbr_zw	Slibverbrandingsinstallatie	LHV	20%	0%	0%	80%
SCWG	Superkritische vergassing met brandstofcel	HHV	50%	0%	0%	50%

De aannames voor bovenstaande rendementen zijn afgestemd met ECN, welke deze tevens recentelijk heeft gehanteerd in een evaluatie voor Schoon en Zuinig, om de haalbaarheid van 35% duurzame elektriciteit in 2020 te onderzoeken.

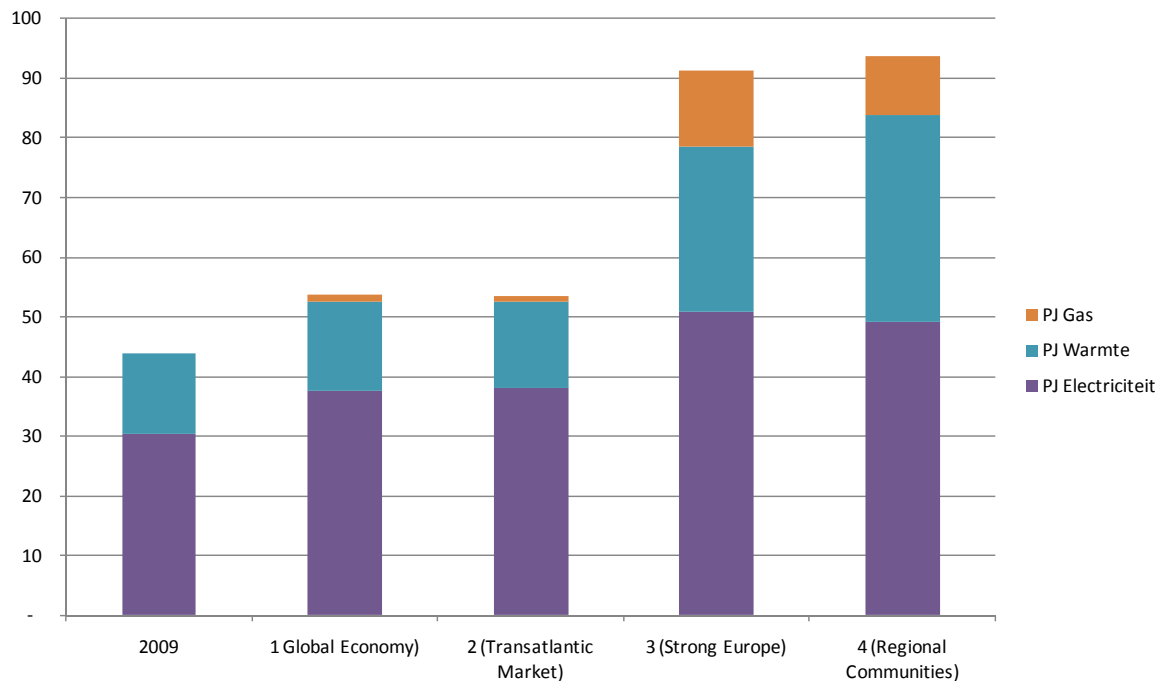
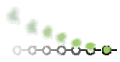
Tabel 4.26 en Figuur 4.1 geven de belangrijkste resultaten weer. Momenteel komt er in Nederland ca 48 miljoen ton ds aan biomassa vrij, waarvan ruim 10 Mton ds beschikbaar voor energieopwekking. Daarmee kan 45 PJ aan finale energie worden opgewekt, ofwel 85 PJ aan fossiele energie vermeden.

Afhankelijk van het gekozen scenario stijgt de beschikbaarheid van binnenlandse biomassa van 10,5 Mton ds naar 13,7 - 16,4 Mton ds in 2020, bij een vrijwel gelijkblijvende hoeveelheid geproduceerde biomassa. Met de biomassa die dan beschikbaar is, kan ca 53-94 PJ aan finale energie worden opgewekt.

Tabel 4.26 Hoeveelheid beschikbare biomassa voor elektriciteit en warmte in 2009 en 2020 en de daaruit te produceren hoeveelheid elektriciteit en warmte voor de verschillende scenario's. Tussen haakjes is de productie van de diverse stromen weergegeven.

	2009	1 Global Economy	2 Transatlantic Market	3 Strong Europe	4 Regional Communities
Mton ds	10,5 (48,6)	13,8 (50,4)	13,4 (47,1)	16,4 (47,9)	15,5 (46,3)
PJ LHV	125 (558)	173 (515)	167 (491)	179 (494)	173 (485)
PJ HHV	180 (881)	231 (910)	226 (855)	281 (868)	268 (841)
PJ Elektriciteit	30	38	38	51	49
PJ Warmte	13	15	15	28	35
PJ Groen gas	-	1	1	13	10
PJ finaal	44	54	53	91	94
PJ vermeden fossiel	83	101	102	155	157





Figuur 4.1 Productie van finale energie (PJ) bij de inzet van de beschikbare biomassa volgens de vier scenario's.

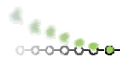
Duidelijk is dat onder de duurzame scenario's (scenario 3 en 4) aanmerkelijk meer biomassa voor energieopwekking vrijkomt. De geproduceerde hoeveelheid finale energie neemt navenant ook toe onder die scenario's.

Met de Nederlandse biomassa wordt in 2020 vooral elektriciteit gemaakt (ca 38-51 PJ finale energie).

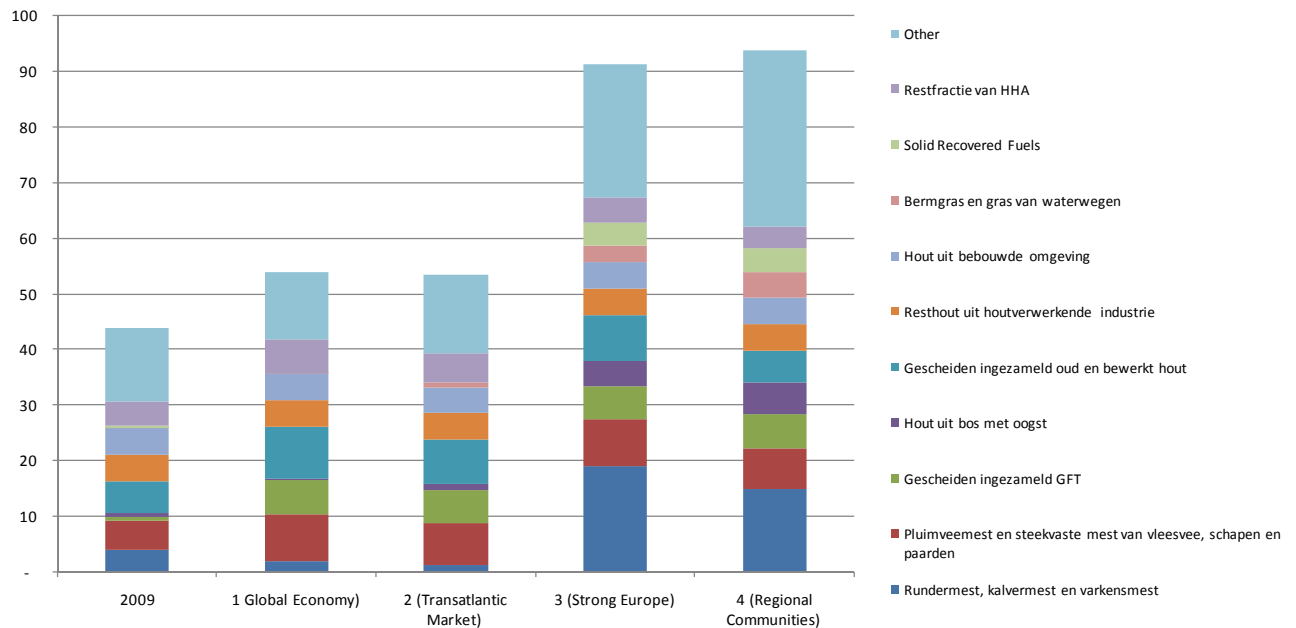
Daarnaast wordt verwacht dat ook groen gas een belangrijke rol kan gaan spelen (tot ca 13 PJ finale energie in scenario 3 en 4). Vooral onder de duurzame scenario's komt een belangrijke bijdrage van Nederlandse biomassa voor energieopwekking (ca. 15-30%) uit drijfmest en steekvaste mest, zie Figuur 4.2<sup>9</sup>. Omdat mestvergisters moeilijk hun warmte kwijt kunnen is het interessant om het geproduceerde biogas op te waarderen tot groen gas. Dit levert een belangrijke toename op in de productie van duurzame energie (zowel finaal als vermeden fossiel).

Duurzame warmte (15-35 PJ) speelt een kleinere rol dan elektriciteit omdat het vooral bij grootschalige initiatieven vaak niet goed mogelijk is gebruik te maken van

<sup>9</sup> Bij de 'duurzame' scenario's 3 en 4 neemt de veestapel enigszins af, waardoor ook de hoeveelheid geproduceerde mest enigszins lager is dan in 1 en 2. Omdat echter wordt aangenomen dat er in deze 'duurzame' scenario's knelpunten in de realisatie (nutriëntenwetgeving, RO aspecten) worden geëlimineerd, wordt aangenomen dat er van de productie aan drijfmest meer mest wordt ingezet via vergisting.



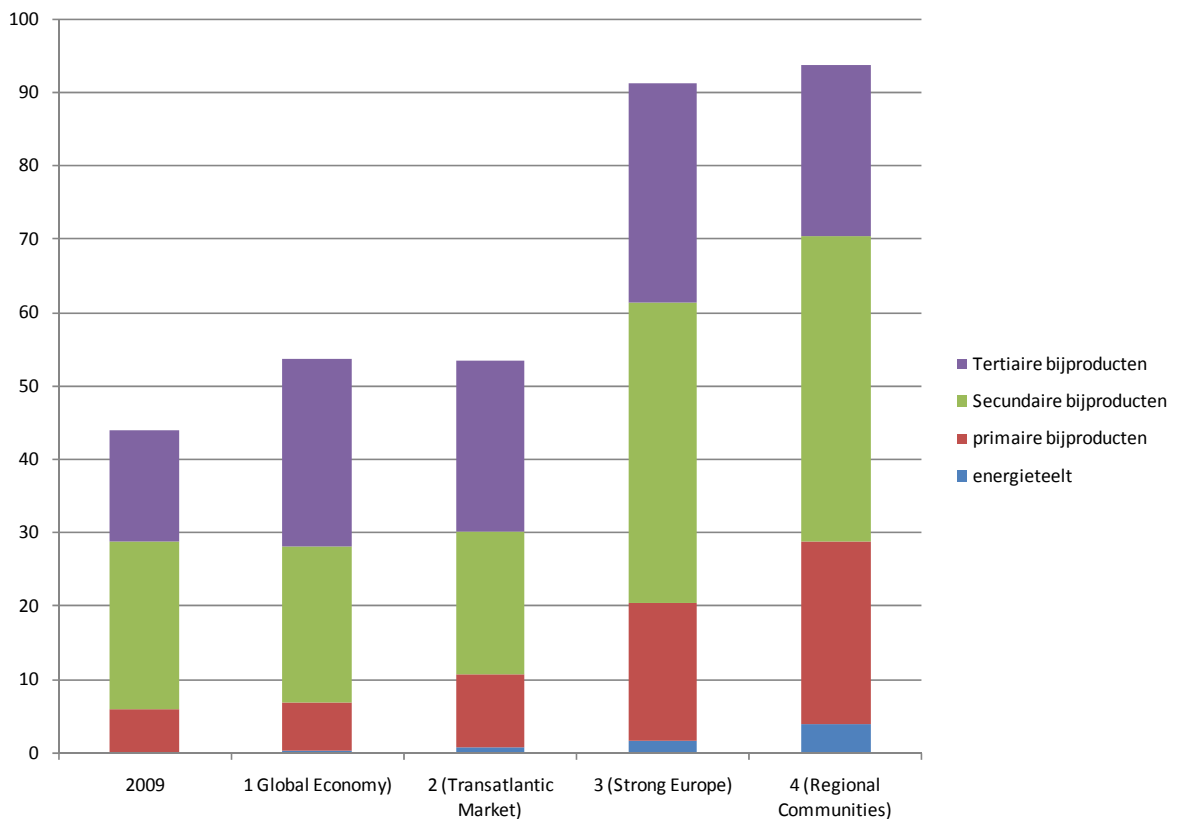
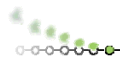
de grote hoeveelheden geproduceerde warmte die vrijkomen. Aangenomen is dat bij de meer duurzame scenario's 3 en 4 om deze reden vooral relatief kleinschalige wkk installaties worden gerealiseerd, zodat beter gebruik kan worden gemaakt van de restwarmte.



*Figuur 4.2 Potentiële bijdrage van de belangrijkste beschikbare biomassastromen aan duurzame energieopwekking (PJ finale energie)*

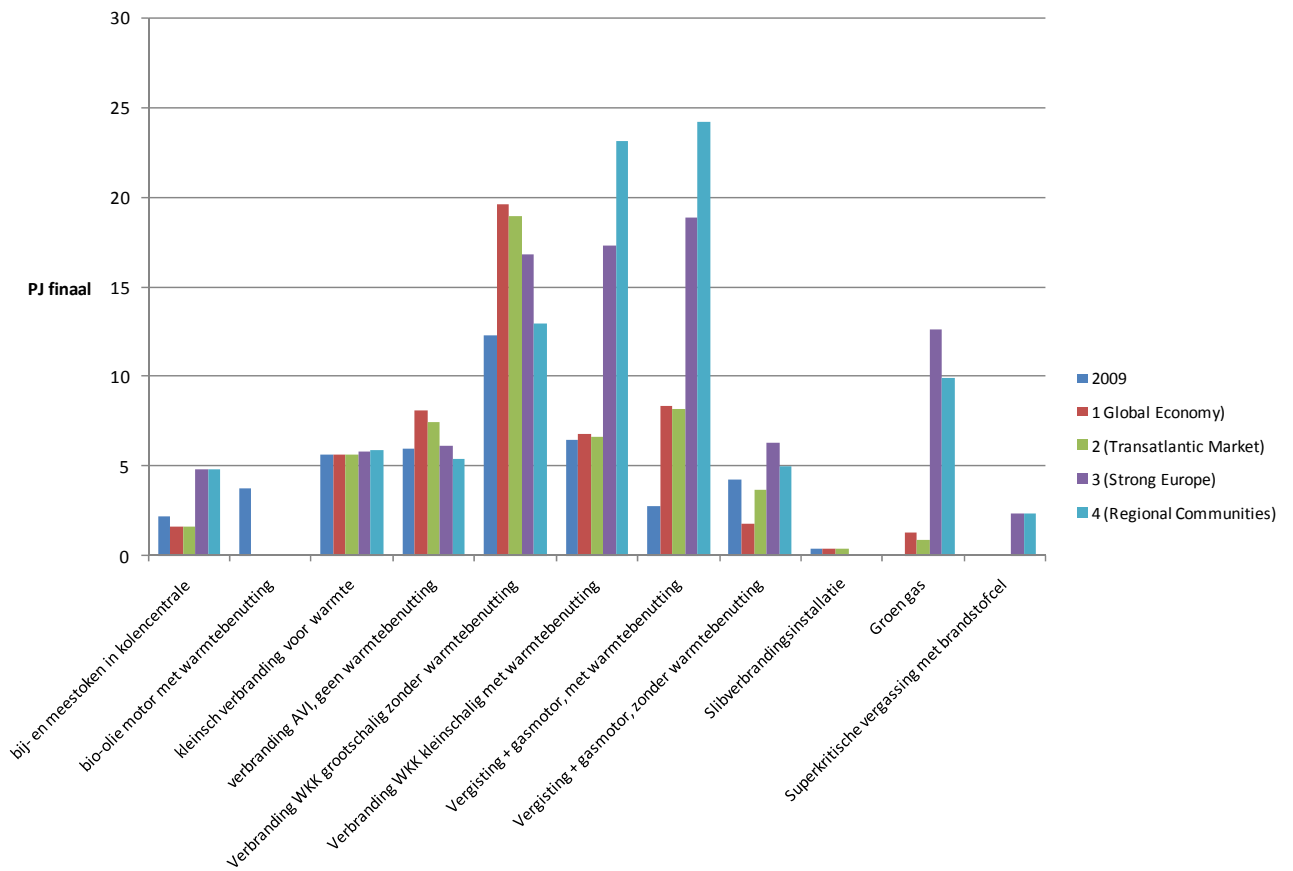
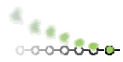
In de 'duurzame' scenario's 3 en 4 wordt bovendien efficiënter gebruik gemaakt van afvalstromen zoals SRF, waarvan is aangenomen dat er in deze scenario's 1 Mton kan worden bij- en meegestookt in kolencentrales. Ook primaire en secundaire biomassareststromen zoals tak- en tophout en stro worden dan meer gebruikt.

De scenarioanalyse laat verder zien dat in de scenario's van een sterk milieubewustzijn (3 en 4), de indirecte effecten van het gebruik van biomassa belangrijk worden. Dit kan leiden tot een extra benutting van primaire bijproducten, waarvan het nu nog te duur is deze te verzamelen. Deze kunnen worden ingezet voor bioraffinage, waarna de restproducten weer beschikbaar komen voor energieopwekking. Tegelijkertijd is verondersteld dat in een scenario met een hoog milieubewustzijn minder mest wordt geproduceerd, waardoor ook minder biomassa beschikbaar is voor energieopwekking.



Figuur 4.3 Potentiële bijdrage van de belangrijkste beschikbare biomassastromen aan duurzame energieopwekking, onderverdeeld naar het type stroom (PJ finale energie)

Uit Figuur 4.4 blijkt dat de belangrijkste technologieën voor inzet van de beschikbare Nederlandse biomassa zijn grootschalige warmtekrachtinstallaties, gebaseerd op verbrandingstechnologie en grootschalige anaerobe vergistingsinstallaties (Figuur 4.4). Daarbij is voor mestvergisting aangenomen dat het biogas van de helft van de installaties wordt ingezet voor de productie van elektriciteit via een gasmotor, de andere helft wordt ingezet voor de productie van groen gas. De resulterende elektriciteitsproductie komt overeen met 540..700 MW<sub>e</sub> aan grootschalige biomassa-wkk en ca 200 MW<sub>e</sub> aan verschillende biomassa vergistingsinstallaties bij inzet van alle beschikbare biomassa.



**Figuur 4.4** Potentiële inzet van technologieën voor de omzetting van de in Nederland beschikbare biomassastromen (PJ finale energie)



Tabel 4.27 Beschikbaarheid per stroom (kton ds) en daarmee mogelijke productie aan finale energie en vermeden fossiele energie bij de aangegeven conversietechnologie

Stroom Jaar / SCENARIO	Aanwezig (kton droge stof)					Beschikbaar (kton droge stof)					Technologie	PJ finale energie					PJ vermeden fossiel				
	2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4		2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4
Stro	935	935	935	935	935	-	94	140	94	187	WKK gr_zw / WKK kl_mw	-	0,4	0,7	1,1	2,1	-	1,0	1,4	1,6	3,1
Grasstro	85	85	85	85	85	-	4	6	4	9	WKK gr_zw / WKK kl_mw	-	0,0	0,0	0,0	0,1	-	0,0	0,1	0,1	0,1
Natte gewasresten akkerbouw	985	742	742	742	742	-	-	148	186	297	AD_zw / AD_mw	-	-	0,6	1,7	2,7	-	-	1,4	2,8	4,4
Natte gewasresten tuinbouw	356	280	280	280	280	-	-	70	84	140	AD_zw / AD_mw	-	-	0,3	0,8	1,3	-	-	0,7	1,2	2,1
Groenbemester	70	70	70	70	70	-	-	14	14	28	AD_zw / AD_mw	-	-	0,1	0,1	0,3	-	-	0,1	0,2	0,4
Fruit- en boomteelt	80	130	130	80	80	80	52	78	64	64	WKK gr_zw / WKK kl_mw	0,4	0,2	0,4	0,7	0,7	0,9	0,5	0,8	1,1	1,1
Hout uit bos zonder oogst	376	376	376	376	376	-	-	38	38	75	WKK gr_zw / WKK kl_mw	-	-	0,2	0,4	0,9	-	-	0,4	0,6	1,3
Hout uit bos met oogst	1.244	1.244	1.244	1.244	1.244	150	62	249	373	498	WKK gr_zw / WKK kl_mw	0,7	0,3	1,2	4,4	5,8	1,6	0,7	2,6	6,3	8,4
Hout uit landschap	480	480	480	480	480	1	48	96	144	192	WKK gr_zw / WKK kl_mw	0,0	0,2	0,5	1,7	2,2	0,0	0,5	1,0	2,4	3,3
Natuurgras	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	-	54	162	270	378	AD_zw / AD_mw	-	0,2	0,7	2,5	3,5	-	0,5	1,5	4,0	5,7
Bermgras	640	640	640	640	640	8	32	168	320	512	AD_zw / AD_mw	0,0	0,1	0,7	2,9	4,7	0,1	0,3	1,6	4,7	7,6
Heide	146	146	146	146	146	-	-	-	29	44	WKK kl_mw	-	-	-	0,3	0,5	-	-	-	0,5	0,7
Riet	40	40	40	40	40	1	-	-	12	16	Warmte kl	0,0	-	-	0,2	0,3	0,0	-	-	0,2	0,3
Energieteelt binnen landbouw	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900	-	50	99	-	50	WKK gr_zw / WKK kl_mw	-	0,2	0,4	-	0,5	-	0,5	1,0	-	0,8
Energieteelt buiten landbouw	500	500	500	500	500	-	25	50	125	250	WKK gr_zw / WKK kl_mw	-	0,1	0,3	1,6	3,3	-	0,3	0,6	2,4	4,7
Hout uit bebouwde omgeving	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	Warmte kl	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Natte biomassa bebouwde omg	490	490	-	-	490	-	25	-	-	-	AD_mw	-	0,2	-	-	-	-	0,4	-	-	-
Gras voor bioraffinage	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	-	-	-	100	200	AD_mw	-	-	-	0,9	1,8	-	-	-	1,5	3,0
Resthout uit houtverw. industrie	576	576	576	576	576	383	383	383	383	383	WKK kl_mw	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Steekvaste (pluimvee)mest	2.972	2.933	2.538	2.933	2.538	1.501	2.346	2.030	2.346	2.030	WKK gr_zw	5,4	8,5	7,4	8,5	7,4	12,2	18,7	16,2	18,7	16,2
Drijfmest	4.892	5.131	3.624	4.222	3.321	978	257	181	2.533	1.993	50% AD_zw, 50% groen gas	3,9	1,9	1,4	19,0	14,9	8,7	2,7	1,9	26,6	20,9
RWZI slib	341	349	349	349	349	341	349	349	349	349	Slibverbr_zw /SCWG	0,4	0,4	0,4	2,4	2,4	0,9	0,9	0,9	5,3	5,3



Stroom Jaar / SCENARIO	Aanwezig (kton droge stof)					Beschikbaar (kton droge stof)					Technologie	PJ finale energie					PJ vermeden fossiel				
	2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4		2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4
Aquatische biomassa	0	-	-	3	5	-	-	-	3	5	AD_mw	-	-	-	0,0	0,1	-	-	-	0,1	0,2
Swill	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	AD_zw / AD_mw	0,0	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-
VGI																					
Aardappelrestproducten	178	178	178	178	178	45	45	45	22	22	AD_zw / AD_mw	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Oliezadenschroot	3.093	3.093	3.093	3.093	3.093	9	9	9	93	93	AD_zw / AD_mw	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	1,4	1,4
Diermeel	213	213	213	213	213	213	213	213	85	85	Cofiring	1,6	1,6	1,6	0,6	0,6	3,6	3,5	3,5	1,4	1,4
Aardappel/tarwe zetmeel	415	415	415	415	415	-	104	104	52	52	AD_zw / AD_mw	-	0,4	0,4	0,5	0,5	-	0,9	0,9	0,7	0,7
Cacaodoppen	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	Warmte kl	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Koffiedik	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	WKK kl_mw	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Suikerbietenreststromen	132	132	132	132	132	-	33	33	17	17	AD_zw / AD_mw	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,3	0,3	0,2	0,2
Bierbostel	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	AD_zw / AD_mw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groenteafval	23	23	23	23	23	23	6	6	3	3	AD_zw / AD_mw	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Visafval	15	15	15	15	15	-	0	0	0	0	AD_zw / AD_mw	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Restvetten	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	AD_zw / AD_mw	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Frituurvetten	130	130	130	130	130	130	-	-	-	-	motor mw	3,8	-	-	-	-	6,4	-	-	-	-
Gescheiden ingezameld GFT	659	738	738	738	738	74	738	738	738	738	AD_mw	0,6	6,0	6,0	6,0	6,0	1,0	9,7	9,7	9,7	9,7
Papierresiduen	256	317	289	284	264	232	288	262	258	239	WKK kl_mw	1,5	1,9	1,7	1,7	1,5	2,2	2,7	2,5	2,4	2,2
Textiel	95	95	95	95	95	15	15	15	15	15	AVI_zw	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Oud en bewerkt hout	1.337	2.072	1.764	1.858	1.564	1.089	1.824	1.517	1.610	1.089	WKK gr_zw	5,6	9,4	7,8	8,3	5,6	12,5	20,6	17,2	18,2	12,3
Restfractie HHA	2.758	3.895	3.493	3.307	2.921	2.700	3.895	3.041	3.307	2.483	AVI_zw	4,2	6,0	4,7	5,1	3,9	9,4	13,3	10,4	11,3	8,5
Restfractie ind. afval	827	1.082	1.017	998	916	810	1.082	885	998	778	AVI_zw	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,7	0,5	0,6	0,5
Restfractie KWD	1.104	1.226	1.173	1.170	1.082	1.080	1.226	1.021	1.170	919	AVI_zw	1,5	1,8	1,5	1,7	1,3	3,5	3,9	3,2	3,7	2,9
Veilingafval	32	32	32	32	32	25	25	25	25	25	AD_mw	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Composteeroverloop	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	WKK gr_zw / WKK kl_mw	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5
SRF	0	-	-	-	-	108	-	-	800	800	Cofiring	0,6	-	-	4,2	4,2	1,3	-	-	9,3	9,3
<b>TOTAAL</b>	<b>48.568</b>	<b>50.364</b>	<b>47.117</b>	<b>47.942</b>	<b>46.268</b>	<b>10.477</b>	<b>13.763</b>	<b>13.392</b>	<b>16.407</b>	<b>15.538</b>		<b>43,9</b>	<b>53,8</b>	<b>53,5</b>	<b>91,2</b>	<b>93,8</b>	<b>83,0</b>	<b>100,6</b>	<b>100,6</b>	<b>155,2</b>	<b>156,7</b>

#### **4.7 Beschikbaarheid van biomassa via import**

Via import zijn er enorme hoeveelheden biomassa beschikbaar, die kunnen worden gebruikt ter aanvulling van of in concurrentie met de uit Nederland beschikbare biomassa zoals in 4.6 vermeld. Deze concurrentie kan met name worden verwacht voor grootschalige toepassingen als kolengestookte centrales en biobrandstoffen. Volgens Junginger et al [62] werd in 2008 85% van de voor bij- en meestoken gebruikte biomassa geïmporteerd. Alhoewel de focus van dit rapport is op de beschikbaarheid van biomassa uit Nederland, wordt in deze paragraaf toch kort ingegaan op de mogelijkheden.

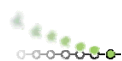
##### *Energiegewassen*

Op de lange termijn (2050) zou de teelt van energiegewassen een belangrijke bijdrage kunnen gaan leveren aan energieopwekking. Volgens de WAB studie [65] zou er in 2050 120 EJ aan energiegewassen beschikbaar kunnen zijn op het mogelijk beschikbare overschot aan landbouw- en weidegronden. Indien er daarnaast wordt geteeld in gebieden waar waterschaarste en degradatie van grond beperkingen zou kunnen opleggen, en leereffecten in de landbouw worden meegenomen, zou er tot 300 EJ beschikbaar kunnen komen op termijn (2050).

##### *Reststromen uit bos- en landbouw en organisch afval*

Er komen enorme hoeveelheden landbouwresiduen vrij bij diverse teelten van gewassen, zoals palmpitschilfers, koffieschillen, rijstkaf, etc. Uitgaande van FAO statistieken van de productie van landbouwgewassen en gemiddelde *residue-to-crop ratios* kan aannemelijk worden gemaakt dat er wereldwijd ca 5 miljard ton aan primaire bijproducten vrijkomt op het veld (vooral stro) [63]. Van deze biomassa geldt echter dat deze vaak al benut wordt (voor bodemverbetering, als bouw materiaal, brandstof, e,d) zodat deze alleen bij hogere productie per ha, zoals in de EU, voldoen aan de duurzaamheidscriteria van Cramer. Tegelijk worden veel residuen nog op het veld verbrand en is afvoer wat dat betreft geen slecht alternatief. Daarnaast zijn de kosten van het verzamelen veel hoger dan bij procesresiduen.

Naast de genoemde hoeveelheid residuen die vrijkomt 'in het veld', komt er wereldwijd nog eens ruim 1.2 miljard ton aan secundaire bijproducten vrij tijdens de verwerking. Dit betreft stromen als bagasse, maïskernen, koffieschillen, etc. Ook hier geldt dat wanneer de duurzaamheidscriteria van Cramer worden toegepast, de werkelijke beschikbaarheid van duurzaam geproduceerde biomassa veel lager is dan de productie. Hoewel ook hier veel stromen onbenut blijven is veevoer een belangrijke toepassing van veel stromen. Desalniettemin kan worden verwacht dat procesresiduen de grootste potentie vormen van duurzaam geproduceerde biomassastromen voor bij- en meestoken omdat de lokale concurrentie met andere toepassingen over het algemeen beperkt is en het materiaal relatief eenvoudig te verzamelen is. Voorbeelden hiervan zijn restproducten van de palmolieproductie in Zuidoost Azië (ca 35 Mton of 420 PJ excl Palm Kernel Expeller welke tevens als veevoer wordt gebruikt) en rijstkaf in Zuid en Zuidoost Azië (ca 100 Mton of 1200 PJ) [63]. Een zelfde situatie doet zich voor met bagasse. Bij afwezigheid van concurrerende toepassingen wordt de kostprijs van dergelijke stromen (vanaf ca. 50



Euro/ton) vooral bepaald door de logistieke kosten en de noodzaak tot voorbehandeling, vanwege de slechte maalbaarheid van verschillende stromen.

Naast de landbouw en voedingsmiddelenindustrie komt er veel houtig materiaal vrij bij de bosbouw wat tot nu toe fors onderbenut is. Dit betreft zowel tak- en top hout en stobben die normaal gesproken achterblijven in het bos en deels geoogst zouden kunnen worden, als procesresiduen (zaagsel, bast) welke vrijkomen bij de bewerking van het geoogste hout. Momenteel wordt er wereldwijd al ruim 10 Mton (18 PJ) aan houtpellets geproduceerd en verhandeld. Het grootste deel daarvan komt uit Canada, Rusland, de Baltische Staten en Scandinavië. Nederland is een van de grotere afnemers van houtpellets. De prijs is relatief stabiel en bedraagt momenteel ca 120-140 Euro/ton geleverd in Rotterdam, ofwel een meerprijs t.o.v. kolen van ca 2.5-3.5 Euroct/kWhe<sup>10</sup>. Afhankelijk van hoe vraag en aanbod zich ontwikkelen zal deze prijs in de toekomst kunnen variëren. Daarnaast zijn er kosten verbonden aan aanpassing van de fuel handling, dit met ca 200-400 Euro/kWe [64] of ca. 0.5 €ct/kWhe<sup>11</sup> relatief goedkoop.

Volgens de WAB assessment [65] kan ervan worden uitgegaan dat er op termijn (2050) 40-170 EJ aan reststromen van bos- en landbouw en organisch afval beschikbaar is.

#### Samenvatting

De belangrijkste voordelen van veel residuen ten opzichte van energiegewassen is dat de kosten meestal lager zijn en ook dat de indirecte effecten op CO<sub>2</sub> emissie meestal gunstiger zijn. Momenteel wordt er voor de import van biomassa dan ook vooral aanspraak gemaakt op residuen, zoals uit resthout geproduceerde houtpellets (momenteel ca 12 US\$/GJ). Een samenvatting van de beschikbaarheid van biomassa volgens de WAB studie is weergegeven in Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Beschikbaarheid van biomassa in 2050 [65].

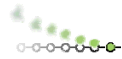
	Verwachting (EJ/jaar)
Reststromen van bos- en landbouw en organisch afval	40 – 170
Additionele bosbouw	60-100
Energiegewassen	330
<i>Op overschot aan landbouw- en weidegronden</i>	120
<i>Op gebieden met waterschaarste, marginale en gedegradeerde gronden</i>	70
<i>Door leereffecten in landbouwtechnieken</i>	140
	500

Energievraagmodellen, die het biomassa gebruik berekenen op grond van de kosten van concurrerende energieopties bij verschillende hoogtes van CO<sub>2</sub> belasting, komen voor het jaar 2020 uit op een mondiale productie van 60 tot 100 EJ/jaar aan biomassa voor zowel transportbrandstoffen als elektriciteit [65]. Omdat dit aanzienlijk

10 ENDEX stelt deze prijzen inmiddels vast

11 Bij afschrijving over 10 jaar, een rentepercentage van 6% en 7500 vollasturen.





lager is dan de in Tabel 4.28 aangegeven beschikbaarheid, kan worden geconcludeerd dat er voorlopig voldoende biomassa via import kan worden aangetrokken. Nadrukkelijk wordt daarbij opgemerkt dat het vooralsnog niet duidelijk is welk deel hiervan aan alle (nationale en internationale) duurzaamheidseisen inzake energie voldoet. De indruk is derhalve dat er in principe voldoende biomassa is, maar de vraag is of en in hoeverre deze ook aan de duurzaamheidscriteria voldoet.

In de WAB-studie is ook gerekend met de invloed van het CO<sub>2</sub>-beleid. Indien biomassa uiteindelijk wordt ingezet voor elektriciteitsopwekking, is het verwachte prijsniveau bij een CO<sub>2</sub> tax tot 100 US\$/ton C ca 3 US\$/GJ bij de bron, ofwel ca 5 US\$/GJ bij de centrale in Nederland. Volgens de WAB studie is er tegen deze prijs ca 70-80 EJ aan biomassa beschikbaar in 2020 [65].

Indien het uiteindelijk wordt ingezet voor transportbrandstoffen, kan ca 4-5 US\$/GJ bij de bron worden betaald bij een C-prijs van 150 US\$/ton en een olieprijs van 40 US\$/barrel, ofwel 14-15 US\$/GJ incl. transport en conversie.

## 5 De verwachte vraag vanuit elektriciteit en warmte naar biomassa in 2020

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke vraag naar biomassa zich vanuit de elektriciteit- en warmte sector manifesteert in de periode tot 2020, afhankelijk van het gekozen scenario.

### 5.2 Evaluatie Schoon en Zuinig

Volgens het werkprogramma "Schoon en zuinig" uit 2007 moet het aandeel duurzame energie worden verhoogd van ongeveer 2% naar 20% vermeden fossiele energie in 2020. In absolute zin betekent dit ca. 600 PJ vermeden fossiele energie bij een primair energie verbruik van 3.000 PJ. Als gezegd is deze nationale doelstelling ambitieuzer dan de EU doelstelling van 14% van het finale energieverbruik.

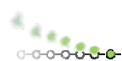
Recentelijk is er een rapport verschenen van het Planbureau Leefomgeving naar de meest kosteneffectieve invulling van de doelstellingen voor 2020, geformuleerd onder het coalitieakkoord en bij aanname van EU doelstellingen voor reductie van de CO<sub>2</sub> uitstoot met 20% resp. 30% wanneer armere landen meedoen [66]. Uit deze PBL analyse blijkt dat de bijdrage van het werkprogramma Schoon en Zuinig aan kosteneffectieve implementatie van duurzame energieopties niet optimaal is, zo wordt via Schoon en Zuinig volgens [66] nauwelijks bijgedragen aan de implementatie van groen gas. Daarnaast wordt geconcludeerd dat de effectiviteit van het werkprogramma sterk afhankelijk zal worden van de geldende CO<sub>2</sub> prijzen. De belangrijkste resultaten van de PBL analyse zijn weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 *Kosteneffectieve realisatie van de doelstellingen voor duurzame energie onder het coalitieakkoord (20% in 2020) en bij inachtneming van de EU doelstellingen voor reductie van CO<sub>2</sub> [66] (getallen in PJ vermeden fossiel). Ter vergelijk zijn de met het werkprogramma Schoon en Zuinig haalbare reducties weergegeven bij een CO<sub>2</sub> prijs van 20 resp 50 Euro/ton*

Categorie	Coalitieakkoord	EC EU 20%	EC EU 30%	Werkprogramma Schoon en Zuinig
Biobrandstoffen	50	50	50	37-84
Wind	145	145	146	16-100
Warmte	41	35	35	21-37
Biomassa electr.	99	72	43	0-41
Groen gas	75	34	34	0
Totaal	410	308	336	74-262

### 5.3 Ontwikkelingen in de vraag naar biomassa

In deze paragraaf worden de lopende ontwikkelingen in de vraag naar biomassa per type eindgebruiker beschreven. Alhoewel deze studie zich vooral richt op de productie van warmte, elektriciteit en groen gas, is het ook van belang zicht te hebben op de ontwikkelingen in de vraag naar biomassa voor materiaaltoepassingen



en de productie van transportbrandstoffen en chemicaliën. Terwijl concurrentie met materiaaltoepassingen al impliciet is meegenomen in de definitie van beschikbaarheid, wordt de vraag naar biomassa voor transportbrandstoffen en chemicaliën hieronder beschreven aan de hand van recentelijk uitgevoerde studies.

### 5.3.1 *Bij- en meestook van biomassa*

Het bij- en meestoken van biomassa in kolengestookte centrales neemt nu al een belangrijke plaats in in de opwekking van duurzame energie, maar dit kan nog aanzienlijk worden uitgebouwd. Momenteel wordt er ruim 1 Mton (ca. 20 PJ) per jaar aan biomassa bij- en meegestookt in kolengestookte centrales, verwacht wordt echter dat dit kan gaan toenemen tot ca 5 Mton (80 PJ) in 2020 [43].

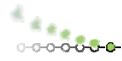
In de afgelopen jaren is er in Nederland jaarlijks ca 200 PJ aan kolen en 100 PJ aan aardgas ingezet via directe verbranding in stoomketels voor grootschalige elektriciteitsopwekking [67](CBS 2008). In deze systemen kan ook biomassa worden bij- en meegestookt.

Voordat er in 2007 een halvering optrad door een belangrijke verandering in de subsidiëtarieven en een maatschappelijke discussie over de wenselijkheid van het bijstoken van palmolie, was de bijdrage aan vermindering van fossiele energie in 2006 ca 29 PJ (1.2 Mton biomassa). Dit was ongeveer gelijk verdeeld over kolengestookte centrales (waarin vaste biomassa wordt verstoekt) en gasgestookte centrales (waarin plantaardige oliën werden verstoekt[68]). Dit komt overeen met een bijstookniveau van gemiddeld ca 14% op energiebasis over twee gasketelgestookte centrales en 7% voor de 6 kolengestookte centrales.

De per Nov. 2007 vergunde ruimte voor bij- en meestoken bedroeg ca 3,3 Mton of ca 62 PJ aan biomassa, waarvan ca. 2,8 Mton of 45 PJ in kolengestookte eenheden (gemiddeld 22% bijstoken) en 0,5 Mton of 17 PJ in de Clauscentrale (gemiddeld 17% bijstoken). Dit is voldoende om te voldoen aan de doelstellingen in het Actieplan Biomassa (34 PJ in 2010) en het kolenconvenant<sup>12</sup>. Recent ontwikkelde technische inzichten over de mogelijkheden tot bij- en meestoken bieden perspectief voor verdere groei. In de Ex Ante evaluatie van Schoon en Zuinig [77] verwacht ECN dan ook dat in 2011 ca 200 MW<sub>e</sub> van de in het Actieplan Schoon en Zuinig genoemde extra 500 MW<sub>e</sub> in deze kabinetsperiode te committeren biomassa capaciteit door bij- en meestoken gaat worden ingevuld. Bij realisatie van dit doel wordt er ca. 3,5 Mton of 47 PJ aan biomassa bij- en meegestookt (bij 15 GJ/ton).

Inmiddels is het directe bij- of meestookpercentage voor een aantal kolengestookte centrales gestegen naar ca. 20% op energiebasis. De Amer centrale verstoekt momenteel ca 750 kton/jaar aan biomassa, waarbij in unit 9 tot ca 33% op energiebasis uit biomassa afkomstig is door een combinatie van direct en indirect bijstoken [69]. Voor toekomstige poederkoolgestookte centrales wordt in het

<sup>12</sup> Volgens het Kolenconvenant dienen de kolencentrales gezamenlijk 3.2 Mton CO<sub>2</sub> te vermijden door bij- en meestook van ca. 2.5 Mton aan biomassa bij een gem. stookwaarde (LHV) van 15 GJ/ton. Dit komt overeen met 503 MW<sub>e</sub> bij 7500 bedrijfsuren per jaar. Of de doelstellingen per centrale ook gehaald gaan worden is overigens nu nog niet duidelijk.



technische ontwerp rekening gehouden met een bijstookniveau tot ca. 40% op energiebasis, terwijl bij multi-fuel-ontwerpen (bijv met een CFB) zelfs tot 100% biomassa mogelijk is. Dit gaat wel gepaard met significante investeringen en technische aanpassingen aan het ontwerp van de installatie zoals voorvergassing cq. parallelle verbrandingsinstallatie bij poederkoolcentrales of een compleet ander ketelontwerp zoals een Circulating Fluidised Bed, waarin zowel kolen als biomassa kan worden gestookt en welke alleen bij nieuwe centrales toepasbaar is.

Om het mogelijk te maken dat via het bij- en meestoken van biomassa opgewekte duurzame energie een nog belangrijkere plaats verwerft in de Nederlandse energiehuishouding in 2020, is het essentieel dat de kolencentrales die dan in bedrijf zijn, kunnen beschikken over voldoende biomassa van de juiste kwaliteit en prijs om een rendabele bedrijfsvoering mogelijk te maken. Dit betreft zowel de huidige installaties die dan nog in bedrijf zijn, als ook eventuele nieuwe kolengestookte centrales die momenteel worden gepland. Momenteel is er voor ca 4000 MWe in vergunningprocedure. Indien wordt aangenomen dat onder invloed van een gunstig en stabiel stimuleringsklimaat er alles aan wordt gedaan het technische potentieel te benutten in het bestaande park en daarnaast nog twee nieuwe kolencentrales te bouwen welke tot 40% kunnen bijstoken, kan de vraag naar biomassa voor grootschalige bij- en meestook in kolencentrales oplopen tot ca. 5 Mton of ca. 80 PJ aan LHV. De werkelijke inzet is afhankelijk van het dan geldende marktklimaat (met name de marktprijs van CO<sub>2</sub> en de prijs van kolen).

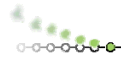
Het Platform Groene Grondstoffen verwacht dat er in 2030 203 PJ aan biomassa wordt ingezet voor decentrale en centrale elektriciteitsproductie, waarvan 86 PJ wordt geïmporteerd [70]. Alhoewel dit niet expliciet wordt gesteld, kan worden aangenomen dat geïmporteerde biomassa ook in de toekomst vooral grootschalig wordt ingezet, terwijl inlandse biomassa welke meestal vrijkomt als relatief kleine stromen met een hoge verscheidenheid vooral in relatief kleine, decentrale *dedicated* installaties wordt verstoekt. Een onderbelichte optie is wellicht voorbewerking (torrefactie, pyrolyse, pelletering, bioraffinage) van deze biomassa tot een hoogwaardigere brandstof.

Naast kolengestookte eenheden bestaan er nu ook twee grootschalige met aardgas gestookte stoomketels (Clauscentrale en Harculo) met een totale brandstofvraag van 100 PJ, welke grotendeels met plantaardige oliën in te vullen is. Het is echter maar sterk de vraag of de bestaande met aardgas gestookte stoomketels in 2020 nog in gebruik zijn.

### **5.3.2 Afvalverbrandingsinstallaties**

De recente toevoeging van verschillende nieuwe AVI-lijnen heeft er in combinatie met het lagere aanbod van restafval door de recente kredietcrisis toe geleid dat de krapte op de verbrandingsmarkt zo goed als verdwenen is. Recente toevoegingen zijn

- De nieuwe hoogrendements-AVI (500 kton) bij AEB
- de vierde lijn van AZN Moerdijk



- de derde lijn (216 kton) van Twence

Daarnaast zijn er plannen voor nieuwe lijnen of uitbreiding van bestaande lijnen tot een totaal van 1,7 Mton. Verwacht wordt dat de effectieve verwerkingscapaciteit toeneemt tot 7,0..7,7 Mton in 2012. Daarmee is de verwerkingscapaciteit van de AVI's ruim voldoende om het beschikbare restafval te verwerken.

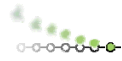
Als gevolg van de IPPC richtlijn (BREF Afvalverbranding) zijn er sinds 2007 verschillende vergunningaanvragen gestrand vanwege te beperkte rendementen (uitbreiding Essent Milieu Wijster, revisievergunning AVR Rotterdam). In afwezigheid van significante warmtebenutting heeft een AVI vanwege beperkingen op de stoomcondities door de samenstelling van het afval een elektrisch rendement van ca 20-25%. Ook via de SDE en de nieuwe Kaderrichtlijn Afval (2008/98/EG) worden AVI's gestimuleerd hun energetisch rendement te verhogen. Een voorbeeld van een efficiënte benutting is de koppeling van een AVI met een meer efficiënte energiecentrale zoals reeds toegepast bij AZN Moerdijk. Een alternatieve mogelijkheid is om SRF te maken en dit via vergassing of parallele verbranding bij een kolencentrale in te zetten.

### 5.3.3 Biomassavergisting

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat er via vergisting van natte reststromen een grote bijdrage kan worden geleverd aan duurzame energieopwekking in Nederland. Met de huidige SDE stimulering is ook het aantal vergistingsinitiatieven flink toegenomen, zowel op boerderijschaal (tot ca 25 kton/jaar) als op grote schaal (ordegrootte 50-150 kton/jaar per initiatief). Dit betreft zowel vergisting van drijfmest, GFT, berm- en natuurgas als verschillende natte reststromen uit de VGI.

Met name bij mestvergisting is een sterke groei waargenomen, ten opzichte van 2007 heeft er in 2008 een verdubbeling plaatsgevonden van deze toepassing (zie ook Tabel 2.1). Geschat wordt dat er circa 75 (co-)vergistingsinstallaties in bedrijf zijn met een cumulatief opgestelde elektrisch vermogen van circa 65 MW<sub>e</sub> [71]. Een veertigtal projecten verkeren in de fase van een vergunningsaanvraag of vergunningprocedure. Een fors aantal vergistingsprojecten (circa 40) stond in 2008 op hold, vaak in afwachting van (hogere) SDE subsidie (zie figuur 5). Verwacht wordt dat het aantal vergistingsinstallaties tot 2020 fors kan gaan toenemen. Daarbij zijn de belangrijkste knelpunten de lokatiekeuze (RO aspecten) en de financiële haalbaarheid door een adequate SDE vergoeding.

Verder is het voor mestvergistingsinstallaties van belang dat de voordelen van het uitrijden van digestaat i.p.v. ruwe mest worden erkend. Met een aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm en het meetellen van co-producten als dierlijke meststof in digestaat zal door co-vergisting de mestoverschot naar alle waarschijnlijkheid alleen maar toenemen. Indien het digestaat (eventueel alleen de dikke fractie) erkend wordt als kunstmestvervanger, kan de afzet ervan verruimd worden doordat deze dan valt onder de stikstofgebruiksnorm en niet meer onder de gebruiksnorm dierlijke mest. Omdat digestaat vrijwel dezelfde kwaliteiten heeft als kunstmest (minerale nutriënten, homogeen, constante samenstelling, enz.), is het belangrijk dat digestaat in de toekomst als kunstmestvervanger mag worden toegepast [72].



Naast de toepassing van mestvergisting met eventueel andere substraten neemt ook de vergisting van andere substraten toe, bijvoorbeeld voor GFT en bij RWZI's. De productie van biogas uit stortplaatsen loopt langzaam terug.

Bij vergistingsinitiatieven is het niet altijd goed mogelijk de geproduceerde restwarmte van de gasmotor goed af te zetten. Bij de productie van groen gas uit biogas is afzet van restwarmte niet nodig. Voor de invoeding in het aardgasnet is het echter noodzakelijk dat een transportleiding van voldoende capaciteit en met het juiste drukniveau in de buurt van het initiatief bevindt, dit is niet altijd het geval. Ook is er nog slechts beperkte ervaring met het invoeden en zijn netwerkbedrijven nog enigszins terughoudend. In onderhavige studie is aangenomen dat bij de helft van de mestvergisters invoeden in het aardgasnet mogelijk is, bij de andere helft wordt het biogas ingezet in een gasmotor t.b.v. elektriciteitsproductie.

#### **5.3.4 Biomassaverbranding, grootschalig**

Grootschalige verbranding is vooral geschikt voor brandbare biomassa welke niet op de witte lijst voorkomt en daarom onder het Besluit Verbranding Afvalstoffen een uitgebreide rookgasreinigingsinstallatie vereist, welke vooral rendabel is op grote schaal. Dit betreft stromen als pluimveemest, B-hout en papierresiduen. Volgens het CBS werd hiermee in 2008 9.11 PJ aan fossiele energie vermeden (zie ook Tabel 2.1).

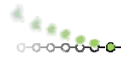
Recentelijk zijn er verschillende grootschalige verbrandingsinstallaties gerealiseerd waarmee elektriciteit wordt geproduceerd (HVC Alkmaar, Twence Hengelo, AVR Rozenburg en BMC Moerdijk). Hiermee is in totaal circa 110 MWe nieuw bio-energie vermogen ter beschikking gekomen. De eerste drie initiatieven verbranden B-hout, de vierde pluimveemest. HVC Alkmaar heeft verder haalbaarheidsonderzoeken gestart voor nog twee BEC's, één te realiseren in Dordrecht en één in Zaandam.

Daarnaast zijn er een aantal initiatieven voor grootschalige inzet van plantaardige oliën, met een totaal vermogen van ca 200 MW<sub>e</sub>. Dit betreft de voorgenomen palmoliecentrales van Biox in Vlissingen, Rotterdam en Delfzijl. Vanwege onduidelijkheden rondom duurzaamheidscriteria staan deze projecten momenteel op hold.

Auteurs van onderhavig rapport verwachten dat met de realisatie van een aantal additionele grootschalige installaties, er voor ca 350 MWe aan capaciteit is gerealiseerd in 2020, hiervoor is ca 33 PJ/jaar aan brandstof nodig.

#### **5.3.5 Biomassaverbranding voor warmte bij bedrijven**

Het voordeel van kleinschalige biomassaverbranding is dat er vaak een goede afzetmogelijkheid bestaat voor de geproduceerde restwarmte, bijvoorbeeld voor wijkverwarming of industriële processen. Elektriciteitsopwekking is haalbaar vanaf een schaalgrootte van ca. 1 MW<sub>e</sub>, daaronder wordt alleen warmte geproduceerd. Op



kleine schaal is het vooral aantrekkelijk gebruikt te maken van relatief schone biomassa-reststromen welke decentraal vrijkomen.

In de houtverwerkende industrie zijn ca 1100 verbrandingsinstallaties in bedrijf met een schaalgrootte tussen ca 100 kW en enkele MW's. Daarnaast is ook in andere sectoren het stoken van biomassa voor warmteproductie in opkomst, bijvoorbeeld bij kalvermesterijen en pluimveehouderijen. De inzet van bio-olie in bio-oliegestookte motoren en hulpketels in de glastuinbouw is stil komen te staan na de drastische prijsstijging enkele jaren geleden. Volgens het CBS is er in 2008 2.51 PJ vermeden fossiele energie geleverd door industriële verbranding van biomassa (zie Tabel 2.1).

Voor de komende jaren wordt een verschuiving verwacht in de toepassing van biomassagestookte kachels, waarbij enerzijds de toepassing in de houtverwerkende industrie afneemt door de stijgende marktwaarde van het houtafval dat wordt verstoekt. Anderzijds worden houtsnippergestookte kachels nu meer populair om bij zwembaden en andere grote warmtevragers verduurzaming door te voeren. Ook zijn er inmiddels een aantal initiatieven waarbij riet, stro en grasachtige biomassa wordt ingezet. Verwacht wordt dat de vraag naar biomassa kan toenemen naar ca. 5 PJ.

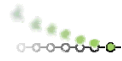
Een bedreiging daarbij is de voorgenomen aanscherping van emissie-eisen voor NO<sub>x</sub> en stof, volgens het aangekondigde Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties (BEMS) welke vooral voor kleinschalige installaties zwaar doorwerkt in de financiële haalbaarheid.

### **5.3.6 Houtkachels bij huishoudens**

Volgens CBS statistieken wordt er al jaren ruim 5 PJ aan fossiele energiebesparing gerealiseerd. Hiervoor wordt ca 600 kton aan houtblokken per jaar ingezet. Dit hout is voor een groot deel (geschat wordt tenminste 50%) afkomstig vanuit de informele sector in de gebouwde omgeving.

Het betreft naar schatting ca. 800.000 houtgestookte sfeerkachels (open haarden, vrijstaande kachels en inbouwhaarden) in Nederlandse huishoudens [73]. In de afgelopen 10 jaar is de verkoop van houtkachels na een aanzienlijke daling gestabiliseerd op ca 15.000 kachels per jaar, sinds kort wordt er weer een lichte stijging waargenomen. Een belangrijke redenen daarbij is de besparing op de gasrekening. Uit consumentencontacten met dealers wordt waargenomen dat om dezelfde reden de bestaande kachels ook vaker worden gestookt.

De Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK) is van mening dat het stoken van hout in decentrale houtkachels als een prima optie kan worden beschouwd voor opwekking van duurzame energie, mits het gebeurt op een milieutechnisch verantwoorde wijze. De sector stelt zich ten doel om in 2020 de nu 5,5 PJ vermeden fossiele brandstof te hebben verhoogd naar 20 PJ door het stoken met hout in houtkachels, waarbij de totale huidige uitstoot van fijn stof door houtkachels niet wordt verhoogt. Uit een scenarioanalyse blijkt dat dit alleen haalbaar is bij drastische stimulering van vervanging van oude kachels door nieuwe kachels



welke voldoen aan de DIN+ norm [73]. Daarnaast is het noodzakelijk dat het imago van houtstook wordt verbeterd.

In onderhavige studie wordt voor 2020 wel verwacht dat de bijdrage van houtkachels licht zal toenemen, van 5 PJ vermeden fossiel tot 7 PJ in 2020. Daarvoor is 840 kton/jaar aan hout nodig.

### **5.3.7 Transportbrandstoffen**

In 2008 werd 3,0% van de transportbrandstoffen hernieuwbaar ingevuld met behulp van bio-ethanol en biodiesel [74]. Volgens de vanwege duurzaamheidsdiscussie naar beneden bijgestelde doelstelling zou dit in 2010 4% moeten bedragen. In 2020 zou de bijdrage vervolgens weer verder moeten toenemen naar 10%. Naast biomassa zou daarin een bijdrage kunnen komen van hernieuwbare elektriciteit en waterstof.

Verwacht wordt dat de bijdrage van biomassa aan de doelstelling in 2020 overeen komt met ca 56 PJ primaire energie [52] of 48 PJ finale energie (19 PJ aan benzinevervangers en 29 PJ aan dieselvvervangers [75]). Banse en Faaij verwachten een inzet van ca 130 PJ (voornamelijk biodiesel) in 2020 alleen in het geval van sterke technologieontwikkeling plaatsvindt zodat 2<sup>e</sup> generatie transportbrandstoffen doorbreken [76]. Overigens bedroeg de productiecapaciteit voor alleen biodiesel in 2008 al bijna 2.5 Mton (93 PJ product). De grondstoffen voor de productie van biodiesel zullen vrijwel volledig moeten worden geïmporteerd uit Oost Europa en andere werelddelen. Het is volgens Bindraban et al [52] echter maar de vraag of dit aandeel kan worden gehaald als gevolg van de lopende discussie rondom duurzaamheid. Voor de productie van bioethanol wordt momenteel vooral teruggevallen op geïmporteerd graan en maïs, bij de doorbraak van 2<sup>e</sup> generatie technologie kan ook lignocellulose worden ingezet.

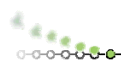
### **5.3.8 Chemische industrie**

Binnen de chemische industrie wordt fossiele energie niet alleen gebruikt als directe energiebron, maar ook als zogenaamde feedstock – de zogenaamde non-energetische gebruik van fossiele energie. In 2006 werd 552 PJ aan non-energetische gebruik van fossiele energie ingezet in de industrie.

Banse en Faaij (2009) [76] onderzoeken hoe de vraag naar biomassa voor de chemie zich in de komende jaren kan gaan ontwikkelen a.d.h.v. vier scenario's die verschillen in de mate van waarin technologische ontwikkelingen plaatshebben (Low Tech versus High Tech) en de mate waarin internationale handel plaatsvindt (Nationaal versus internationaal).

In de scenario's "Low Tech" is het uitgangspunt dat alleen die technologieën ingezet worden die nu al commercieel beschikbaar zijn. De "HighTech" scenario's daarentegen veronderstellen de inzet van de zogenaamde tweede generatie technologieën vanaf 2010. Binnen de IntHighTech scenario zijn bovendien twee projecties gedaan: (i) alleen de fossiele synthetische gassen zijn vervangen door





biomassa en (ii) 25% van alle chemische componenten zijn vervangen door biomassa – dit conform de uitgangspunten van het Platform Groene Grondstoffen.

In de nationale scenario's wordt verondersteld dat de internationale handel beperkt is tot die binnen de Europese Unie (EU27+). Daarentegen worden de biomassastromen in de internationale scenario's wereldwijd verhandeld. In die gevallen kan de biofuel-doelstelling worden ingevuld met suikerriet uit Brazilië; dat is niet het geval bij de nationale scenario's.

Voor 2020 komen Banse en Faaij afhankelijk van het scenario op een totale besparing aan fossiel energiegebruik tussen praktisch nul voor het low-tech scenario en ca 130 PJ in het geval er alles aan wordt gedaan om via vergassingstechnologie en synthese grootschalig bulk chemicals als ethyleen en syngas en speciality chemicals als polymelkzuur te produceren, grotendeels gebruik makend uit geïmporteerde lignocelluloseachtige biomassa.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat er in 2020 alleen een significante claim op de Nederlandse biomassa zal worden gelegd indien technologische ontwikkeling sterk wordt gestimuleerd, veruit het grootste deel zal echter worden geïmporteerd.

### 5.3.9 Samenvatting

Een samenvatting van de vraag naar biomassa voor verschillende toepassingen is weergegeven in Tabel 5.2. De totale vraag uit deze sectoren voor wordt geschat op ongeveer 15 Mton/jaar voor thermische conversie , plus 28 Mton/jaar via anaërobe vergisting.

Tabel 5.2 Verwachte vraag naar biomassa voor verschillende stand-alone toepassingen in 2020 bij voldoende stimulering

Technologie	Biomassa	Verwachte vraag (kton/jaar)
Bij- en meestoken	Geïmporteerde houtpellets, agroresiduen	5.000
Huishoudelijke sfeerkachels	Houtblokken	600
Industriële houtkachels voor warmtelevering	Houtsnippers, schoon resthout, riet	400
Bio-wkk	Houtsnippers (vers resthout en A-hout)	350
	Pluimveemest	900
	Afvalhout	750
Anaërobe vergisting	Drijfmest	25.000
	GFT	1.500
	VGI restproducten, swill	800
	RWZI slib	1.400
AVI's	restafval	7.000
Totaal		Ca 43 Mton

## 6 Confrontatie vraag naar en aanbod van biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020

Uit hoofdstuk 4 volgt hoeveel biomassa in 2020 is te verwachten en hoofdstuk 5 laat zien hoeveel vraag naar biomassa voor elektriciteit en warmte er in 2020 zal zijn. Dit hoofdstuk geeft inzicht in de wijze waarop deze op elkaar aansluiten.

In Tabel 6.1 is nogmaals het beeld geschetst van de kosteneffectieve realisatie van de doelstellingen inzake duurzame energie. Daar is nu een kolom aan toegevoegd, namelijk: de hoeveelheid biomassa die uit Nederland beschikbaar is.

*Tabel 6.1 Kosteneffectieve realisatie van de doelstellingen voor duurzame energie onder het coalitieakkoord (20% in 2020) en bij inachtneming van de EU doelstellingen voor reductie van CO<sub>2</sub> [66] (getallen in PJ vermeden fossiel). Ter vergelijking zijn de met het werkprogramma Schoon en Zuinig haalbare reducties weergegeven bij een CO<sub>2</sub> prijs van 20 resp 50 Euro/ton*

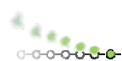
Categorie	Coalitieakkoord	EC EU 20%	EC EU 30%	Werkprogramma Schoon en Zuinig	Uit NL beschikbare biomassa
Biobrandstoffen	50	50	50	37-84	
Wind	145	145	146	16-100	
Warmte	41	35	35	21-37	17-39
Biomassa electr.	99	72	43	0-41	84-113
Groen gas	75	34	34	0	1-13
Totaal	410	308	336	74-262	102-158

Daaruit blijkt dat:

- Indien alle uit Nederland beschikbare biomassa wordt ingezet zoals aangegeven in hoofdstuk 4.6, kan hiermee ca 1/3 van de doelstellingen voor duurzame energie worden ingevuld (101-158 van 410 PJ). Het is echter de vraag of dit wel het meest kosteneffectief is, daar Nederlandse biomassa voor een aantal toepassingen moet concurreren met geïmporteerde biomassa. Dit geldt met name voor de productie van transportbrandstoffen of de bij- en meestook in kolengestookte centrales.
- Met de Nederlandse biomassa wordt vooral elektriciteit gemaakt, en in mindere mate warmte en groen gas. De beperkte warmteproductie wordt veroorzaakt door de beperkte mogelijkheden om de geproduceerde restwarmte bij vooral grote elektriciteitscentrales nuttig aan te wenden.

Wanneer in Nederland op kosteneffectieve wijze (dat wil zeggen, de goedkoopste opties eerst) wordt ingezet op 20% hernieuwbare energie in 2020, zal daarvan 30-35% moeten worden ingevuld door hernieuwbare elektriciteit (Menkveld *et al.*, 2007 [77]).

In Tabel 6.2 wordt een vergelijking gemaakt van de mogelijke elektriciteitsproductie middels uit Nederland beschikbare biomassa met het resultaat van de recente verkenning Schoon en Zuinig [78] waarin is beschouwd hoeveel duurzame



elektriciteit er in het bijzonder zou kunnen worden opgewekt met verschillende opties, gegeven de thans beschikbare financiële middelen. Daaruit blijkt dat bij- en meestoken in 2020 volledig tot nulniveau zou teruglopen.

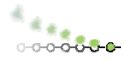
Tabel 6.2 *Vergelijking van de mogelijke elektriciteitsopwekking op basis van de in Nederland beschikbare biomassa in 2020 in de verschillende scenario's met de verkenning van Schoon en Zuinig (GWh<sub>e</sub>).*

Technologie	2009	2020				
		1 Global Economy	2 Transatlantic Market	3 Strong Europe	4 Regional Communities	Verkenning Schoon en Zuinig
bij- en meestoken in kolencentrales	606	448	448	1.350	1.350	0
bio-olietmotoren	540	0	0	0	0	1.038
Slibverbrandingsinstallatie	111	114	114	-	-	
Verbranding WKK	3.985	6.048	5.841	6.181	5.623	
Vergisting	1.548	1.605	2.095	4.220	4.549	3.076
AVI	1.665	2.259	2.060	1.712	1.505	
Superkritische vergassing van slib	-	-	-	665	665	
Eindtotaal	8.455	10.474	10.557	14.128	13.692	4.114

Geconcludeerd kan worden dat uit Nederland afkomstige biomassa ook in de toekomst kan worden ingezet voor energieopwekking. Daarnaast wordt biomassa geïmporteerd voor bij- en meestoken in kolencentrales, transportbrandstoffen en eventueel ook duurzame chemicaliën.

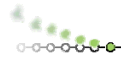
In alle scenario's wordt de uit Nederland afkomstige biomassa naar verwachting in 2020 vooral ingezet voor decentrale energieopwekking middels bio-wkk en anaerobe vergisting. Uit de analyse blijkt dat drijfmest een belangrijke rol kan gaan spelen in de levering van duurzame energie uit biomassa. In de praktijk zijn er echter verschillende knelpunten voor grootschalige implementatie van mestvergistingsinstallaties welke aangepakt zouden moeten worden. Dit is vooral gerelateerd aan de afzet van het geproduceerde digestaat bij covergisting met andere substraten. Ook blijkt het in de praktijk lastig om bij de in schaalgrootte toenemende vergistingsinstallaties de vrijkomende restwarmte nuttig af te zetten en de installatie in te passen op een bedrijventerrein of in het landelijke gebied. Het lijkt daarom van belang dat er snel ervaring wordt opgedaan met het invoeden van groen gas in het aardgasnet, zodat installaties beter inpasbaar zijn en het biogas meer hoogwaardig wordt benut.

Een belangrijke rol in de energieopwekking blijft ook in de toekomst weggelegd voor het bij- en meestoken van biomassa in kolengestookte centrales. Hiervoor zijn grote hoeveelheden biomassa nodig van uniforme kwaliteit, welke normaliter alleen door import kunnen worden verkregen. Mogelijk kan torrefactie als voorbehandelingstechniek hierbij een belangrijke rol gaan spelen, omdat daarbij een breed spectrum aan biomassastromen kan worden geconverteerd naar een sterk gestandaardiseerde brandstof welke direct kolen kan vervangen, zodat bijstookpercentages fors kunnen worden verhoogd.



Kleinschalige verbranding van biomassa bij huishoudens en bedrijven neemt ook in de toekomst een ondergeschikte rol in de levering van energie uit biomassa.

De verwerkingscapaciteit van AVI's is sinds het verdwijnen van het moratorium zover toegenomen dat de drijfveer voor het nascheiden van brandbaar restafval t.b.v. een efficiëntere inzet aan het verdwijnen is. Tegelijkertijd zijn er recentelijk een aantal scheidingsinstallaties gesloten waarmee een hoogcalorische fractie uit restafval kon worden afgesloten, waarvan in het eerste LAP werd aangenomen dat dit met een hoger energierendement kon worden ingezet dan integraal restafval. Om een zo efficiënt mogelijke inzet van brandbaar restafval en andere biomassa mogelijk te maken, is het aan te raden de mogelijkheden te onderzoeken voor verdergaande synergie met zowel bestaande als nieuw te realiseren kolencentrales door voorvergassing of stoomzijdige integratie.



## 7 Conclusies

Momenteel wordt er ca 72 PJ aan fossiele energie vermeden door de inzet van biomassa voor energieopwekking. Daarvan wordt ruim 40 PJ bereikt met biomassa uit Nederland. Verwacht wordt dat de beschikbaarheid van biomassa voor elektriciteit en warmte uit Nederland in 2020 dusdanig kan toenemen dat hiermee 101-157 PJ kan worden vermeden. Dit komt overeen met ca. 3,4-5,3 % van het verwachte primaire energieverbruik in 2020. Dit is 1/4 tot 1/3 van de totale overheidsdoelstelling. Na 2020 kan dit nog toenemen. Let wel dat toepassing van biomassa voor transportbrandstoffen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> generatie) en chemicaliën een belangrijke concurrent voor toepassing van biomassa voor elektriciteit en warmte zullen worden. Het is belangrijk dat daarbij steeds in ogenschouw wordt genomen wat de doelmatigheid is van de inzet van biomassa qua kosteneffectiviteit en CO<sub>2</sub> vermijding.

Met de Nederlandse biomassa wordt in 2020 vooral elektriciteit opgewekt (ca 38-51 PJ finale energie). Daarnaast wordt verwacht dat ook groen gas een belangrijke rol kan gaan spelen (ca 1-13 PJ finale energie). Duurzame warmte speelt ook een rol (15-35 PJ) die gezien de potentie nog beperkt te noemen is.

Indien alle uit Nederland beschikbare biomassa wordt ingezet zoals aangegeven in hoofdstuk 4.6, kan hiermee ca 1/3 van de doelstellingen voor duurzame energie worden ingevuld (101-157 van 410 PJ vermeden fossiel). Met name voor grootschalige toepassingen zoals bij- en meestook in kolengestookte centrales zal import een grote rol spelen.

Het grootste potentieel van de Nederlandse biomassa ligt bij afvalstromen, waaronder mest (in potentie 2-26 PJ vermeden fossiel in 2020 bij drijfmest en ca 16-18 PJ vermeden fossiel door vaste mest). Belangrijk is dat hier efficiënt gebruik van kan worden gemaakt via vergisting en verbranding. Belangrijke knelpunten zijn gerelateerd aan het gebruik van de vrijkomende reststoffen (digestaat). Ook is ruimtelijke inpassing van belang, een pro-actief overheidsbeleid is hierbij essentieel. Tenslotte is ook verbetering van het publieke imago en het draagvlak van de inzet van mest belangrijk.

Primaire biomassastromen zoals tak- en tophout en natuurgas zijn nu nog weinig gebruikt. Indien indirecte milieueffecten zwaarder gaan meewegen, wordt verwacht dat dergelijke stromen meer worden ingezet. Andere belangrijke afvalstromen die aanzienlijk verder kunnen worden ontwikkeld, zijn GFT en afvalhout.

## 8 Aanbevelingen

### *Ontwikkel verwerkingsopties voor primaire bijproducten*

Een belangrijke nog onderbenutte groep van biomassastromen wordt gevormd door primaire bijproducten. Dit betreft verschillende stromen zoals tak- en top hout wat nu nog in bossen achterblijft. Maar het gaat ook om gewasresten die nu nog op de akker achterblijven. Het gebruik van deze stroom heeft effecten op nutriëntenhuishouding, bodemkoolstof en biodiversiteit. Een matige benutting zal waarschijnlijk voordelen hebben (denk aan vermijden eutrofiering) terwijl een te grote afvoer juist nadelen kan hebben. Voor een optimaal gebruik van deze relevante en potentieel zeer duurzame biomassabronnen is het belangrijk de interacties te kennen en deze kennis te gebruiken bij het formuleren van beleid.

### *Ontwikkel een integraal beleid om mestvergisting te stimuleren*

Mest (en ook veel andere stromen als natte gewasresten) vormt een grote onbenutte biomassa bron voor energieopwekking waarbij tegelijk methaanuitstoot (en N<sub>2</sub>O uitstoot) vermeden kan worden en nutriënten op een efficiëntere manier gerecycled kunnen worden. Het positieve effect op vermindering van broeikasuitstoot is dan groter dan alleen de directe vermindering van CO<sub>2</sub> uitstoot van fossiele brandstoffen. Het is nodig om vanuit een geïntegreerde visie algemeen beleid te formuleren waarbinnen de specifieke knelpunten opgelost kunnen worden. De mogelijkheid digestaat als kunstmestvervanger af te kunnen zetten is hierbij een van de knelpunten.

### *Werk aan het oplossen van knelpunt rondom RO/inpasbaarheid*

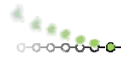
Verder zijn zowel initiatiefnemers als lokale overheden vaak niet goed op de hoogte van de consequenties voor ruimtelijke ordening en inpasbaarheid van bio-energie initiatieven. Dit speelt vooral bij grootschalige mestvergisting.

### *Stimuleer actiever de benutting van duurzame warmte*

Met uitzondering van de productie van groen gas via vergisting wordt bij iedere gebruikelijke vorm van biomassaomzetting (rest)warmte geproduceerd waarvoor een nuttige bestemming wenselijk is omdat daarmee fossiele energie wordt bespaard. Alhoewel in de SDE regeling voor 2009 een bonus ("warmtestaffel") ingesteld voor nuttig toegepaste warmte, zou een meer rationele vergoeding op basis van door geleverde warmte en elektriciteit vermeden CO<sub>2</sub> wenselijk zijn bij het kosteneffectief en optimaal ontwikkelen van bio-energie.

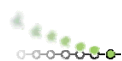
### *Ontwikkel ook verwerkingsopties voor de "moeilijker" biomassa*

Biomassa is hernieuwbaar maar is ook schaars en het gebruik is zeker niet per definitie duurzaam. Nu de makkelijk in te zetten biomassa al toegepast wordt heeft het zin om ook moeilijker in te zetten biomassa te gaan gebruiken. Meestal is deze biomassa minder schaars, goedkoper en duurzamer maar ze vergt ook duurdere conversie- of voorbehandelingstechnologieën. Voorbeelden zijn torrefactie, pyrolyse en vormen van bioraffinage. Stabiel beleid dat investeringen in deze technologieën en bijbehorende ketens mogelijk en rendabel maakt is nodig.



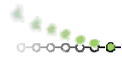
## 9 Referenties

- 1 Richtlijn 2009/28/EC ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen, Europese Commissie, 5 juni 2009
- 2 ECN, WUR, Naar een duurzame elektriciteitsvoorziening - Transitiepad bio-elektriciteit, Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening, werkgroep Bio-elektriciteit, 2006
- 3 Afval of Biomassa, een juridische onderbouwing, G.J. Kremers, T. van Esch en J.G. Cuperus, Tauw, i.o.v. SenterNovem, Januari 2005
- 4 Derde Energienota, ministerie van Economische Zaken, december 1995.
- 5 Actieplan Biomassa, samenwerken aan bio-energie, ministerie van Economische Zaken, 03ME22, 2003
- 6 Convenant Kolencentrales en CO<sub>2</sub>-Reductie, Ministerie van EZ, 2002
- 7 Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren, Ministerie van LNV, 2009
- 8 [www.senternovem.nl/sde](http://www.senternovem.nl/sde)
- 9 Brief van min. Van der Hoeven aan Tweede Kamer, 23 November 2009 over openstelling SDE 2010, [www.ez.nl](http://www.ez.nl)
- 10 Eker, M, W. Elbersen, B. de Klerk, R. de Koning, N van de Windt, and A. Wintjes (1999): Switch On!, First prize winning entry for the 'Living energy' design competition to introduce energy crop cultivation in the landscape. Wageningen, Amsterdam, Oosterbeek, Alterra, ATO, 1999.
- 11 M. Londo, M. Roose, J. Dekker, H. de Graaf, Willow short-rotation coppice in multiple land-use systems: evaluation of four combination options in the Dutch context, Biomass and Bioenergy 27 (2004) 205 – 221
- 12 Innovatienetwerk. April 2007. De riet-economie: innovatieve energieteelt in het veenweidegebied.
- 13 <http://www.pv.wageningen-ur.nl/index.asp?producten/boeken/praktijkkompas/var/200403007007.asp>
- 14 Bosma en Vermeer, Voldoende stro voorhanden, Praktijkkompas Varkens, 2004
- 15 K.B. Zwart, A.A. Pronk, L.J.M. Kater: Verwijderen van gewasresten in de open teelten. Een deskstudie naar de effecten op de bodemvruchtbaarheid en de mogelijke verwerking van gewasresten in het kader van het project Nutriënten Waterproof, LNV-programma's systeeminnovatie open teelten (400-I en 400-III). Systeeminnovatierapport, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegroendsgroenten, PPO nr 530133, 2004

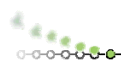


- 16 F.J. de Ruijter & R. Postma, Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof.. Rapport OV 0412, 2004.
- 17 Inzameling van afval van reinigingsdiensten in 2007, [www.cbs.nl/statline](http://www.cbs.nl/statline)
- 18 L.P.L.M Rabou, E.P. Deurwaarder (ECN), H.W. Elbersen, E.L. Scott (WUR, A&F), Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030
- 19 Vrolijk, H., J. Helming, H. Luesink, P. Blokland, D. Oudendag, M. Hoogeveen, H. van Oostenbrugge en J. Smit, Nationale emissieplafonds 2020; Impact op de Nederlandse landbouw en visserij. Den Haag, LEI Wageningen UR, 2008.
- 20 Luesink, H.H., M.J.C. de Bode, P.W.G. groot Koerkamp, H. Klinker, H.A.C. Verkerk en O. Oenema. Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen. Wageningen, Wageningen UR, WOT werkdocument 37, 2006
- 21 Silvis, H.J., C.J.A.M. de Bont, J.F.M. Helming, M.G.A. van Leeuwen, F. Bunte en J.C.M van Meijl, De agrarische sector in Nederland naar 2020; Perspectieven en onzekerheden, Rapport 2009-021, LEI, 2009
- 22 MAM/MAMBO, Vrolijk, H.J.C., 2007
- 23 Luesink, H.H., P W. Blokland, J.N. Bosma en M.W. Hoogeveen, Monitoring mestmarkt 2008 Achtergronddocumentatie. Den Haag, LEI Wageningen UR, 2009.
- 24 Mondelinge communicatie CBS, dhr Van Bruggen, 2009
- 25 Luesink, H.H., Persoonlijke mededelingen. Den Haag, LEI Wageningen UR., 2009
- 26 N. A. Leek, J. Oldenburger, A. Winterink, De markt van gebruikt hout en resthout in 2007, Wageningen, februari 2009
- 27 Arcadis IMD, Hergebruik van reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie, 2001
- 28 Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV), De Nederlandse afzet van vochtrijke voedermiddelen in 2005, 2006
- 29 M. Vis, Beschikbaarheid van reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie voor energieproductie , BTG voor SenterNovem, rapportnr. 2DEN-02.18, 2002
- 30 Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV), OPNV jaarberichten, 2004, 2005, 2006
- 31 Platform Groene Grondstoffen, Groenboek energietransitie, 2007
- 32 Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV), De Nederlandse afzet van vochtrijke voedermiddelen in 2006, 2007

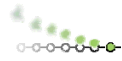




- 33 Annevelink, E., R.R. Bakker en M.J.G. Meeusen, Quick scan kansen op het gebied van biobrandstoffen; Met nadruk op de agro-sector. Rapport 619. AFSG/LEI, Wageningen, 2006
- 34 N. Bondt, M.J.G. Meeusen, Bijproducten voor biobrandstoffen, Rapport 3.08.01, LEI, 2008
- 35 Informatiecampagne Dierlijk Vet, 2007
- 36 Agrarisch Dagblad, 4 oktober
- 37 Nederlands afval in cijfers, gegevens 2000-2006, Uitvoering Afvalbeheer, SENTERNOVEM, maart 2008
- 38 Werkgroep Afvalregistratie, 2008, Afvalverwerking in Nederland, Gegevens 2007, Werkgroep Afvalregistratie, November 2008
- 39 Min van VROM, Landelijk afvalbeheerplan 2009 - 2021 (LAP) - Naar een materiaalketenbeleid, 2009
- 40 Koninklijke Vereniging van Nederlandse Papier- en kartonfabrieken (VNP), Jaarverslag 2007
- 41 PricewaterhouseCoopers, 2007, waardevol afval - Een beknopt overzicht van de ontwikkelingen op de Nederlandse afvalmarkt anno 2007
- 42 Overleggroep Papier- en kartonindustrie, Uitvoering intentieverklaring Papier- en kartonindustrie, Jaarrapportage 2007, december 2008
- 43 Koppejan, J., Elbersen, W. Bindraban, P., Meeusen, M., Ontwikkelingen in de beschikbaarheid van biomassa voor bij- en meestook in Nederlandse kolencentrales - Tussenrapportage in het kader van het project "Inventarisatie beschikbare biomassa voor energietoepassingen", DENB086018, 2009
- 44 Koppejan, J., De verwachte beschikbaarheid van biomassa in 2010, SenterNovem, 2005
- 45 Mondelinge Communicatie Timo Gerlagh, Uitvoering Afvalbeheer, 2009
- 46 Min van VROM, ontwerp LAP2, beleidskader 14: afvalscheiding, 2009
- 47 MNP, CPB en RPB (2006): Welvaart en Leefomgeving
- 48 NTA 8080:2009 nl, NEN, 2009
- 49 The Gallagher Review of the indirect effects of biofuels production, Renewable Fuels Agency (UK), Final Report, 2008
- 50 Elbersen, H.W., P. Bindraban, R. Blaauw, R. Jongman. 2008. Biodiesel from Brazil. Report for the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. Wageningen, November, 2008.
- 51 JRC/EEA/OECD Expert Consultation: "Review and inter-comparison of modelling land use change effects of bioenergy", Paris, France, 29-30 January 2009



- 52 Bindraban, P, Bulte, E., Conijn, S., Eickhout, B., Hoogwijk, M., Londo, M., Climate change - Scientific assessment and policy analysis Can biofuels be sustainable by 2020? - An assessment for an obligatory blending target of 10% in the Netherlands. WAB 500102 024, 2009
- 53 Platform Groene Grondstoffen. 2006. Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa, zowel in Nederland als in het buitenland. Uitwerking van transitiepad 1: Duurzame productie en Ontwikkeling van Biomassa. Augustus 2006.
- 54 L. Kuiper, S. de Lint, Binnenlands biomassapotentieel; Biomassa uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en houtketen, Ecofys Netherlands B.V., 2008,
- 55 Spijker, J., Elbersen, H., Jong, J. de, Berg, C. van den, Niemeijer, C., Biomassa voor energie uit de Nederlandse natuur; Een inventarisatie van hoeveelheden, potenties en knelpunten, Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1616, 2007
- 56 Vrolijk et al, Nationale emissieplafonds 2020; Impact op de Nederlandse landbouw en visserij, 2008
- 57 Meijer, G.A.L. et al., Strategische verkenning covergisting van mest, Animal Science Group, Host, IBBK, en EPRO-consult, 2008
- 58 F. van der Schans, E. van Well, E. Vlaar, Prestaties, potenties en ambities - Quicksan Landbouw en Klimaat, CLM Onderzoek en Advies BV, 2008
- 59 Bondt et al., Biomassa voor veevoer en bio-energie, 2009 (in press)
- 60 R. van den Broek, M. van Walwijk, P. Niermeijer, M. Tijmensen, Biofuels in the Dutch Market, a fact-finding study, Ecofys, 2GAVE-03.12, 2003
- 61 Ministerie van VROM, ONTWERP Landelijk afvalbeheerplan 2009 – 2021 - Naar een materiaalketenbeleid, 8 december 2008
- 62 Martin Junginger, Ric Hoefnagels, IEA Bioenergy Task 40 / EUBIONETIII, Country report for the Netherlands, Universiteit Utrecht, Copernicus Institute, 2008
- 63 FAOSTAT 2008, <http://faostat.fao.org>
- 64 S. van Loo, J. Koppejan (eds), IEA Bioenergy Task 32 Handbook on Biomass Combustion and Cofiring (2nd edition), 2008.
- 65 V. Dornburg, A. Faaij, P. Verweij, H. Langeveld, G. van de Ven, F. Wester, H. van Keulen, K. van Diepen, M. Meeusen, M. Banse, J. Ros, D. van Vuuren, G.J. van den Born, M. van Oorschot, F. Smout, J. van Vliet, H. Aiking, M. Londo, H. Mozaffarian, K. Smekens, E. Lysen (Ed), S. van Egmond (Ed), Biomass Assessment - Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy, Wetenschappelijke Assessment en Beleidsanalyse (WAB), 2008



- 66 Schoon en Zuinig in breder perspectief - De effecten op het luchtbeleid en de betekenis voor de lange termijn, R.A. van den Wijngaart, J.P.M. Ros, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Bilthoven, april 2009
- 67 CBS Statline, 2009
- 68 Bio-energie in Nederland: monitoring vergunningverlening 2007, J.H.W. Lindeman, M. Mangnus, R.D. Smeets, KEMA Consulting, SenterNovem 2DEN0810, Feb 2008.
- 69 W. Willeboer, Essent, IEA Task 32 meeting, Oct 2008.
- 70 Elektriciteit uit Biomassa, Platform Duurzame Elektriciteitsopwekking, Werkgroep Transitiepad Duurzame Elektriciteit, juni 2007
- 71 KEMA, Statusdocument Bio-energie 2008, 2009
- 72 L.M. Brenneisen, M. Klaver, Onderzoek afzet van digestaat uit co-vergistinginstallaties in de landbouw, HoSt, 2005
- 73 J. Koppejan, Scenarioanalyse Houtkachels 2020, Rapportage in opdracht van de Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK), Werkgroep Bio-Brandstof Houtkachels, Sept 2008
- 74 CBS Statline, gegevens over opwekking van duurzame energie in 2008, 2009
- 75 S. Lensink, ECN, mondelinge communicatie, 2009
- 76 M. Banse, A. Faaij, R. Hoefnagels, V. Dornburg, Analysis of the Economic Impact of Large-Scale Deployment of Biomass Resources for Energy and Materials in the Netherlands, Platform Groene Grondstoffen, 2009
- 77 M. Menkveld (ECN), ism MMP, Beoordeling werkprogramma Schoon en Zuinig - Effecten op energiebesparing, hernieuwbare energie en uitstoot van broeikasgassen, ECN-E--07-067, 2007
- 78 A.W.N. van Dril, Verkenning Schoon en Zuinig – Effecten op energiebesparing, hernieuwbare energie en uitstoot van broeikasgassen, Planbureau voor de Leefomgeving, ECN, April 2009