

KRITISCHE SUCCESFACTOREN BIOMASSA

Identificatie/Specificatie Kritische Succesfactoren bij de Ontwikkeling en de Marktintroductie van Biomassaconversiesystemen voor de Productie van Elektriciteit en/of Warmte en/of Gasvormige/Vloeibare Secundaire Energiedragers

R. van Ree
T. Gerlagh
B. Groenendaal
L. Dinkelbach
J. van Doorn
K. Hemmes

Revisies		
A	25 april 2000	
B	23 juni 2000	
Opgesteld door:	Goedgekeurd door:	ECN-Brandstoffen Conversie & Milieu / Biomassa Systemen ECN-Beleidsstudies
R. van Ree (BCM) T. Gerlagh (BS)	D. Jansen (BCM) T. de Lange (BS)	
Geverifieerd door:	Vrijgegeven door:	
J. Prij (ECN-BCM)	C.A.M. van der Klein (ECN-BCM)	

Verantwoording

Het project, waarvan de resultaten in dit rapport worden weergegeven, is uitgevoerd in opdracht van de directie van ECN, in het kader van het ENGINE-programma. Het project is uitgevoerd middels een gezamenlijke inspanning van ECN-Brandstoffen, Conversie & Milieu / Biomassa Systemen (projectnr.: 7.2879) en ECN-Beleidsstudies (projectnr.: 7.7217). Een deel van het totale projectbudget (ca. 28%) is gebruikt als co-financiering voor het deels (50%) door Novem gesubsidieerde project “Technisch en Economisch Potentieel van het Bijstoken van Biomassa en Afval in Nederlandse Elektriciteitscentrales en STEG-eenheden” (BCM-projectnr.: 7.2887). De belangrijkste resultaten van dit “mee-/bijstook-project” worden in het 3^e-kwartaal van 2000 separaat gerapporteerd (ECN-C—99-062) .

Abstract

The Dutch government has set the policy target that in 2020 10% of the total energy consumption has to be provided by means of renewable energy sources. Biomass is expected to play a major role (25-30%) in this future renewable energy based energy supply system.

However, it is still unclear if this biomass-based target will be reached. Although studies showed that success or failure of innovations and projects depend on a multitude of scientific, technical, economic and societal variables, a number of questions still remained unanswered. This information often concentrated exclusively on the cost price aspects.

This study is conducted to identify the internal and external barriers other than cost aspects, which are of vital importance to a successful penetration of biomass in the Dutch energy market. Barriers with a decreasing influence on the market introduction of bioenergy in the Netherlands are: short-term contractability of biomass (organic waste streams) for energy purposes, applicable emission and waste policies, and unfamiliarity of bioenergy by the public and government. Barriers that potentially could play an important role on the market introduction of bioenergy in the Netherlands in the near future are: long-term contractability of biomass (organic waste streams and energy crops) for energy purposes, the “new” emission constraints and their potential negative influence on the implementation of small-scale biomass-based combined-cycle plants, the rivalry of bioenergy with other renewable energy based technologies in a liberalising energy market, the social acceptance of bioenergy, the future European agriculture policy (energy crops), and the current status and development perspectives of biomass-based energy conversion technologies.

Trefwoorden

Biomassa beschikbaarheid/contracteerbaarheid

Biomassa classificatie/certificering

Teelt

Import

Kritische succesfactoren

Energiebeleid

Klimaatbeleid

Afvalbeleid

Emissiebeleid

Maatschappelijk draagvlak

Liberalisering energiemarkt

Biomassa verbranding

Biomassa vergassing

Biomassa vergisting

Kerngegevens

ECN-projectnrs.:	7.2879 (BCM) 7.7217 (BS)	Opdrachtgever:	ECN-directie
Projectleider:	Drs.ing. R. van Ree rea	Programma:	ENGINE
Contractleider:	Drs.ing. R. van Ree rea	Projectlooptijd:	050399 – 311299
Supervisor:	Ir. D. Jansen		
Unit:	ECN-BCM/BS		
WEH:	Biomassa Systemen		

INHOUD

1. INLEIDING	7
2. HUIDIGE-/TOEKOMSTIGE BESCHIKBAARHEID/ CONTRACTEERBAARHEID BIOMASSA VOOR ENERGIE-DOELEINDEN IN NEDERLAND	11
2.1 INTRODUCTIE.....	11
2.2 ORGANISCHE RESTSTROMEN.....	11
2.2.1 <i>Classificatie/certificering</i>	11
2.2.2 <i>Beschikbaarheid/contracteerbaarheid</i>	12
2.2.2.1 ECN-studie: beschikbaarheid/contracteerbaarheid organische reststromen VGI.....	13
2.2.2.2 CEA-studie: BIO-MASTERCLASS.....	13
2.2.2.3 ABC-studie TNO et al.: beschikbaarheid afval/biomassa voor e-productie in Nederland.....	14
2.3 BINNENLANDSE TEELT	16
2.3.1 <i>Introductie</i>	16
2.3.2 <i>Teelt op cultuurgronden in de akkerbouw-/landbouwsector</i>	17
2.3.3 <i>Combinatieteelt (multifunctioneel landgebruik)</i>	19
2.3.4 <i>Algenteelt</i>	19
2.3.5 <i>Selectie huidige teeltinitiatieven</i>	20
2.4 IMPORT	21
2.4.1 <i>Importmogelijkheden uit Estland</i>	21
2.4.2 <i>Importmogelijkheden uit Uruguay</i>	21
2.4.3 <i>Estland versus Uruguay</i>	22
2.4.4 <i>Huidige initiatieven</i>	23
2.5 DISCUSSIE.....	24
3. IDENTIFICATIE/SPECIFICATIE OVERIGE KRITISCHE SUCCESFACTOREN BIOMASSACONVERSIESYSTEMEN	27
3.1 INTRODUCTIE.....	27
3.2 NEDERLANDSE ENERGIEBELEID	27
3.2.1 <i>DE-beleid</i>	27
3.2.2 <i>Klimaatbeleid</i>	29
3.3 NEDERLANDSE MILIEUBELEID.....	29
3.3.1 <i>Afvalbeleid</i>	29
3.3.2 <i>Emissiebeleid</i>	30
3.4 NEDERLANDSE LANDBOUW-/NATUURBEHEERBELEID	32
3.5 OVERIGE NIET-TECHNISCHE KNELPUNTEN	32
3.5.1 <i>Maatschappelijk draagvlak</i>	32
3.5.2 <i>Wat te leren van buitenlandse voorbeelden?</i>	33
3.5.3 <i>De kosten van biomassa en het effect van de liberalisering van de energiemarkt</i>	34
3.5.4 <i>Teelt en import</i>	36
3.6 DISCUSSIE.....	36
4. LANGE-TERMIJN ONTWIKKELINGSPOTENTIEEL BIOMASSA- CONVERSIESYSTEMEN	39
4.1 INTRODUCTIE.....	39
4.2 MEE-/BIJSTOOKCONCEPTEN IN CONVENTIONELE KOLENCENTRALES EN AARDGAS/STEG'S	39
4.3 VERBRANDING VAN BIOMASSA VOOR DE PRODUCTIE VAN WARMTE EN/OF ELEKTRICITEIT.....	41
4.3.1 <i>Indeling verbrandingstechnieken</i>	41
4.3.1.1 <i>Houtkachels</i>	41
4.3.1.2 <i>Inblaasverbranding</i>	41
4.3.1.3 <i>Roosterovens</i>	42
4.3.1.4 <i>Schroefstuwstokers</i>	42
4.3.1.5 <i>Pile burners</i>	43
4.3.1.6 <i>Wervelbed verbranding</i>	43
4.3.1.7 <i>Roosterbed versus wervelbed verbranding</i>	44
4.3.2 <i>Kengetallen verbrandingstechnieken</i>	44

4.4	VERGASSING VAN BIOMASSA VOOR DE PRODUCTIE VAN WARMTE EN/OF ELEKTRICITEIT	45
4.4.1	<i>Indeling vergassingstechnieken</i>	46
4.4.1.1	Vastbed vergassers	46
4.4.1.2	Wervelbed vergassers	47
4.4.1.3	Entrained-flow vergassers	47
4.4.2	<i>Kengetallen vergassingstechnieken</i>	48
4.5	VERGISTING VAN BIOMASSA VOOR DE PRODUCTIE VAN WARMTE EN/OF ELEKTRICITEIT OF “UPGRADING” TOT “GROEN GAS”	51
4.5.1	<i>Indeling vergistingstechnieken</i>	52
4.5.1.1	Natte anaërobe conversie	53
4.5.1.2	Droge anaërobe conversie	53
4.5.2	<i>Kengetallen vergistingstechnieken</i>	54
5.	DISCUSSIE/CONCLUSIES	57
	REFERENTIES	61
	BIJLAGE 1. GECLASSIFICEERD OVERZICHT BESCHIKBAARHEID/ CONTRACTEERBAARHEID VAN BIOMASSA HOOFD-/SUBGROEPEN	65
	BIJLAGE 2. OVERZICHT COMBINATIETEELT ALTERNATIEVEN	75
	BIJLAGE 3. OVERZICHT LEVERANCIERS BIOMASSA VERBRANDINGSSYSTEMEN	77
	BIJLAGE 4. OVERZICHT LEVERANCIERS BIOMASSA VERGASSINGSSYSTEMEN	79
	BIJLAGE 5. OVERZICHT LEVERANCIERS EN KENGETALLEN BIOMASSA VERGISTINGSSYSTEMEN	81

SAMENVATTING

Ondanks een groot aantal marktinitiatieven, blijft de inzet van biomassa voor energiedoelinden in Nederland achter bij de geformuleerde beleidsdoelstelling. Of biomassa succesvol kan bijdragen om de beleidsdoelstelling van 2020 te halen is dus vooralsnog onduidelijk en afhankelijk van een (groot) aantal kritische succesfactoren.

In dit rapport wordt een overzicht gepresenteerd van de analyse van de verschillende kritische factoren die direct van invloed zijn op de succesvolle implementatie van biomassaprojecten binnen de Nederlandse energievoorziening.

De geanalyseerde en beschouwde kritische succesfactoren zijn:

- De contracteerbaarheid van biomassa voor energiedoelinden.
- Het van toepassing zijnde energie- en milieubeleid.
- Het maatschappelijk draagvlak voor toepassing van bio-energie.
- De concurrentiepositie van bio-energie t.o.v. andere (duurzame) bronnen in een zich liberaliserende energiemarkt.
- De huidige status en het ontwikkelingsperspectief van biomassaconversietechnieken.

Contracteerbaarheid van biomassa voor energiedoelinden: Om aan de overheidsdoelstelling voor de inzet van biomassa voor 2020 te kunnen voldoen (75 PJ_{th, v.f.b.}), is een hoeveelheid biomassa nodig ter orde grootte van 100 PJ_{th}, oftewel ca. 4,2 Mt d.s.. Indien tevens de helft van het “gat” dat in de DE-doelstelling is “geschoten”, door de nieuwe kwalificatie van duurzame energie (Protocol Monitoring DE), d.m.v. bio-energie moet worden gecompenseerd, bedraagt de totaal benodigde biomassa-inzet in 2020 ca. 135-140 PJ_{th}, oftewel ca. 7,5-8,0 Mt d.s.. Hierin kan voor het grootste deel worden voorzien (ca. 120 PJ_{th}) door gebruik te maken van: 1) binnenlands geproduceerde organische reststromen, 2) kleinschalige teelt van energiegewassen en 3) geringe import vanuit de EU. In de resterende biomassa-behoefte (ca. 15-20 PJ_{th}) voor 2020 moet worden voorzien door additionele (grootschalige) binnenlandse teelt van energiegewassen en/of (verdergaande) import van biobrandstoffen vanuit de EU of de rest van de wereld. Voor volledige dekking van de resterende biomassa-behoefte middels binnenlandse teelt van energiegewassen bedraagt het maximaal benodigd landoppervlak ca. 100.000 ha. Een alternatief vormt verdergaande import van biomassa vanuit de EU en/of import vanuit bijvoorbeeld de Baltische Staten of Zuid-Amerika. M.n. import vanuit de Baltische Staten lijkt vanuit financieel-economisch oogpunt interessante perspectieven te bieden. Vanuit milieu-technisch oogpunt dient echter wel aandacht te worden besteed aan het duurzaamheidsaspect m.b.t. de totale keten (teelt, transport, aanwending in Nederland). Om de biomassa ook daadwerkelijk gecontracteerd te krijgen voor een langere-termijn, bijv. gedurende de economische levensduur van een te realiseren installatie, is het noodzaak een contract af te sluiten met één of meerdere brandstofleveranciers. Daar deze vaak reeds goede contracten hebben afgesloten met bestaande afvalverwerkers, en de verwachting is dat de brandstofprijzen t.g.v. een toenemende vraag zullen gaan stijgen, is de verwachting dat de daadwerkelijke langere-termijn contracteerbaarheid van biomassa-stromen (m.n. organische reststromen) moeizaam zal zijn.

Energie- en milieubeleid: Daar vooralsnog de kosten voor elektriciteit- en/of warmteproductie m.b.v. biomassa hoger zijn dan die gebaseerd op fossiele brandstoffen zijn financiële maatregelen een absolute noodzaak om biomassaprojecten van de grond te krijgen. Hiervoor zijn, als onderdeel van het Nederlandse DE-beleid, een tweetal maatregelen gecreëerd, te weten: de Energie InvesteringsAftrek (EIA) en de Vervroegde Afschrijving Milieu-investeringen (Vamil). Financiële maatregelen die indirect duurzame energie stimuleren zijn de regeling groen beleggen, de REB en het CO₂-reductieplan. In hoeverre deze maatregelen toereikend zijn om bio-energie in een zich liberaliserende energiemarkt te introduceren is vooralsnog onduidelijk.

Afvalverwerking (dus ook de aanwending van organische reststromen) dient in Nederland te geschieden volgens de Ladder van Lansink. Dit beleid lijkt, mits niet te rigide toegepast, geen bottle-neck te vormen voor de implementatie van bio-energieprojecten. De botsing tussen afval- en energiebeleid die ontstond door de energetische verwerking van schone biomassa is in de eerste jaren van de ontwikkeling de grote bottle-neck geweest voor de ontwikkeling. Door m.n. het grote aantal betrokken actoren en het ontbreken van een eenduidig beleid bij centrale en lokale overheden bleek besluitvorming onmogelijk. Nu deze problemen voldoende boven tafel zijn lijkt de weg vrij om biomassa een eigen plaats te geven in het Nederlandse energiebeleid en de Nederlandse emissiewetgeving.

Maatschappelijk draagvlak: Van alle vormen van duurzame energie bezit biomassa het minst duidelijke imago. Door oprichting van het Platform Bio-energie en het Projectbureau Duurzame Energie is getracht het publiek meer duidelijkheid te verschaffen betreffende de mogelijkheden van bioenergie. Of deze initiatieven afdoende zijn om een positief draagvlak te creëren valt voorsnog te betwijfelen.

Concurrentiepositie van bio-energie in een liberaliserende energiemarkt: Binnen een liberaliserende energiemarkt zullen energiebedrijven minder snel geneigd zijn om een risicovolle investering te doen. Het animo van de sector om mee te werken aan biomassa-projecten lijkt derhalve beperkt te worden door de liberalisatie. Een belangrijk onderwerp van discussie de komende 5 jaar zal gaan over de vraag hoe in een geliberaliseerde markt duurzame energie productie kan worden gestimuleerd. Hier ligt dus een serieuze kritische factor voor biomassa.

Status en ontwikkelingsperspectief biomassaconversietechnieken: Vanuit technisch oogpunt, zijn op dit moment uitsluitend verbrandingstechnologieën, vergistingstechnologieën en mee-/bijstooktechnologieën, direct beschikbaar voor de implementatie van biomassa-projecten voor WKK-productie. De verwachting is dat op redelijk korte-termijn ook vergassingstechnologieën aan dit rijtje kunnen worden toegevoegd. De ontwikkeling van geïntegreerde technologieën voor productie van secundaire energiedragers, transportbrandstoffen en/of grondstoffen zal langere tijd vergen. Alle genoemde technologieën (uitz. mee-/bijstook) zijn, vanwege de hoge investeringskosten en relatief lage rendementen, financieel-economisch niet attractief, t.o.v. op fossiele brandstoffen gebaseerde technologieën. Daar de huidige realisatie van demonstratieplants door de e-bedrijven vaak alleen geschiedt uit PR-overwegingen en om technologische kennis op te doen, geeft de realisatie van een aantal demonstratieplants geen garantie voor een verder vervolg in de toekomst. Hierdoor zouden noodzakelijke technologie-ontwikkelingstrajecten (leer-effecten) in het nauw kunnen komen.

Kritische factoren met een afnemende invloed: 1) Binnenlandse korte-termijn beschikbaarheid organische reststromen voor energiedoeleinden tegen acceptabele kosten. 2) Emissiebeleid en afvalbeleid: de discussie lijkt afgerond te kunnen worden met duidelijke regelgeving waardoor op dit punt weinig problemen meer te verwachten zijn. 3) Onbekendheid bij overheden en het grote publiek: de rol van biomassa wordt steeds breder onderkend wat ook zijn weerslag heeft op de mogelijkheden om biomassa-projecten te verwezenlijken. 4) Onduidelijke terminologie: de laatste jaren is veel energie gestoken in het boven tafel krijgen van eenduidige definities voor biomassa en de duurzaamheid daarvan. Mede door het oprichten van het Platform Bio-energie wordt er door de sector duidelijker naar buiten getreden. *Kritische factoren die in de toekomst potentieel een belangrijke rol kunnen gaan spelen:* 1) Binnenlandse langere-termijn contracteerbaarheid organische reststromen en energiegewassen voor energiedoeleinden. 2) Negatieve invloed VROM emisie-eisen op implementatie kleinschalige decentrale biomassa/WKK-installaties. 3) Kan biomassa concurreren met andere duurzame energie op een geliberaliseerde markt? 4) Kan Nederland biomassa in het buitenland contracteren op een vrije Europese (duurzame) energiemarkt? 5) Kan biomassa voldoende worden uitgelegd voor maatschappelijke acceptatie? 6) Is er in het toekomstige Europese landbouwbeleid nog ruimte voor biomassa? 7) Status en ontwikkelingstrajecten biomassaconversiesystemen.

1. INLEIDING

Achtergrond

In dit nieuwe millennium staat de wereld aan het begin van een nieuwe technologische (r)evolutie, namelijk de overschakeling van een op voornamelijk fossiele brandstof gebaseerde energie-huishouding, naar een op zonne-energie (inclusief biomassa, wind en water) gebaseerde energie-huishouding. Enkele belangrijke peilers die dienen als fundament voor een overgangsscenario naar een toekomstig duurzaam energievoorzieningsysteem zijn: 1) efficiënt energiegebruik, 2) minimale inzet van “schone” op fossiele brandstof gebaseerde processen, met de nadruk op de inzet van aardgas en 3) optimale introductie en inzet van op hernieuwbare energiebronnen gebaseerde processen; terwijl de kwaliteit van leven en economische groei wordt gewaarborgd. Met name de negatieve milieu-effecten (o.a. versterkt broeikaseffect en verzuring) die voor een groot deel worden toegeschreven aan de inzet van fossiele energiedragers, alsmede een verwacht aanbod-probleem van deze bronnen op termijn, mede veroorzaakt door een verwachte intensivering van het totale mondiale energie gebruik, heeft ertoe geleid dat in het Nederlandse en Europese energiebeleid de introductie van hernieuwbare energiebronnen een belangrijke plaats inneemt. Het beleid is erop gericht om het huidige aandeel van hernieuwbare bronnen aan de Nederlandse energievoorziening (ca. 1,1% (1998)* vnl. afvalverbranding en windenergie [1]) te vergroten tot 10% (288 PJ_{th}/jr) in 2020 [1,2]. De verwachte bijdrage van de verschillende hernieuwbare energiebronnen wordt weergegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1: Potentiële bijdrage hernieuwbare energiebronnen aan toekomstig energiegebruik in Nederland ([PJ_{th}] vermeden fossiele brandstofinzet) [2]

Bron	2000	2007	2020
Wind	16	33	45
Zon (PV)	1	2	10
Zon (thermisch)	2	5	10
Afval (AVI's)	30	40	45
Biomassa	24	45	75
Warmtepompen	7	50	65
Overigen	3	11	20
Subtotaal	83	186	270
Water kracht (Noorwegen)	-	18	18
Totaal	83	204	288

Toename van de inzet van biomassa in de Nederlandse energievoorziening, met een potentiële bijdrage van 26% (75 PJ_{th}/jr) aan de beleidsdoelstelling voor 2020, is één van de belangrijkste pijlers waarop het Nederlandse Duurzame Energie Beleid is gebaseerd. Een overzicht van de potentiële bijdragen van verschillende biomassaconversietechnieken aan de doelstelling voor biomassa wordt weergegeven in tabel 1.2.

Tabel 1.2: Potentiële bijdrage diverse technologieën aan toekomstige beleidsdoelstelling v.w.b. biomassa-inzet ([PJ_{th}] vermeden fossiele brandstofinzet) [4]

Technologie	1995	2000	2007	2020
Huishoudelijke houtverbranding	8	8	8	8
Industriële houtverbranding	5	5	5	5
Mee-/bijstook in fossiele brandstoffen gestookte Elektriciteitscentrales	0,1	3	18	20
Decentrale WKK-productie	-	2	6	30
Stortgas/vergisting	5	6	8	8
Overigen	-	-	-	4
Totaal	18,1	24	45	75

* Het 1998 aandeel van hernieuwbare bronnen aan de Nederlandse energievoorziening bedraagt conform de methode “Protocol Monitoring Duurzame Energie” 34 PJ_{th} vermeden fossiele brandstofinzet, oftewel ruim 1,1% van het binnenlandse energiegebruik (3024 PJ_{th}). In dit Protocol wordt energieproductie uit de kunststoffractie van het huishoudelijk afval en m.b.v. industriële warmtepompen niet als hernieuwbare energie erkend. Indien deze energieproductie wel als hernieuwbaar wordt beschouwd, zoals werd aangenomen in de Derde Energienota uit 1996 [3], zou het aandeel van hernieuwbare bronnen aan de energievoorziening in 1998 ruim 1,8% hebben bedraagt.

Voor de **korte-termijn** (2000-2010) wordt verwacht dat de inzet van biomassa op grond van zowel economische als technische aspecten voornamelijk grootschalig zal plaatsvinden in de vorm van mee-/bijstook* in bestaande fossiele brandstof gestookte centrales. Een selectie van thans lopende initiatieven is [5]:

- co-verbranding van zuiveringsslib door de UNA in de Hemwegcentrale (15 MW_e, in voorbereiding);
- co-verbranding van papier/afvalhout/GFT door EZH in de Maasvlaktecentrale (15 MW_e, operationeel);
- co-verbranding van afvalhout door EPON in de Gelderlandcentrale (20 MW_e, operationeel);
- co-vergassing van afvalhout door EPZ in de Amercentrale (10-15 MW_e, in aanbouw);
- co-vergassing van zuiveringsslib door EPON in de Eemscentrale (20 MW_e, in studie);
- (co-)vergassing van hout door Hoogovens in IJmuiden (80 MW_{th} (input) voor: 1) gedeeltelijke aardgassubstitutie, 2) bijstook in een bestaande STEG-installatie (in studie).

Voor de **langere-termijn** (2005-2020) wordt verwacht dat technologieën voor decentrale WKK-productie gebaseerd op m.n. de vergassingstechnologie een dusdanig ontwikkelings-traject hebben doorlopen, dat deze zowel technisch als economisch rijp zijn om te kunnen worden ingezet. Een selectie van (lopende) WKK-initiatieven is [5]:

- verbranding van resthout door HIS in Schijndel (0,9 MW_e, operationeel);
- verbranding van spaanplaatzaagsel bij De Lange Exploitatie BV te De Lier (400 kW_e (+ xkW_{th} -> glastuinbouw), operationeel);
- verbranding van snoei-/dunnings-/afvalhout door de PNEM in Cuijck (24 MW_e, operationeel);
- verbranding van snoei-/dunningshout door NUON (1 MW_e, in aanbouw);
- vergassing van organische reststromen voor WKK-productie bij ECN (2 MW_{th} input, in voorbereiding);
- vergassing van snoeihout door EDON, Bruins & Kwast, Stork Thermeq in Goor (400 kW_e en 800 kW_{th}, in voorbereiding);
- vergassing van snoeihout/overkorrel/teelt door Mega Limburg in Venlo (1 MW_e, in voorbereiding);
- vergassing van snoeihout door nutsbedrijf Amstelland in regio Amsterdam (1 MW_e, in voorbereiding);
- vergassing van cacao-boondopjes/-schroot bij diverse cacao-industrieën in Noord-Holland (1-2,5 MW_e, in studie);
- vergisting van GFT (Biocel-procédé, ARCADIS Heidemij) in Lelystad (750 kW_e, diverse compostsoorten en hydro-compost, operationeel sinds 1997);
- vergisting van GFT (VALORGA-procédé) bij Centrale Afvalverwerking Spinder Midden-Brabant (SNG -> regionaal gasnet, “natte” compost, operationeel sinds 1994);
- vergisting van GF-doordraai (verbeterd Biothane-procédé, beheer: NuPac BV) veiling Greenery Breda (170 kW_e en digestaat: meststof landbouw, thans uit bedrijf);

* Onder meestook wordt verstaan de conversie van biomassa in conventionele steenkool-gestookte centrales, waarbij de biomassa geen voorafgaande thermische conversie ondergaat. Bij directe meestook wordt de biomassa direct aan de kolenmolens toegevoerd; terwijl bij indirecte meestook de biomassa separaat wordt verpoederd en m.b.v. speciale branders in de kolenketel wordt verbrand. Bij bijstook wordt de biomassa eerst separaat thermisch geconverteerd (vergassing, pyrolyse, HTU), waarna het product, al dan niet tezamen met de fossiele brandstof, in de ketel wordt verbrand. Ook stoomzijdige integratie - separate biomassaverbranding en stoomopwekking, waarbij de stoom wordt aangewend voor e-productie in een fossiele brandstof gestookte centrale - wordt als bijstook geïntegreerd.

- vergisting van mest/bermgrass door Prins in Holten (0,4 MW_e, in voorbereiding);
- vergisting van organische reststromen op Texel (ca. 0,5 MW_e, in studie)
- vergisting van “nat” organisch afval uit de zaadverdelings-/groenteverwerkende industrie in Noord-Holland (in studie).

Tevens zullen naar verwachting op de **lange-termijn** (> 2010) “nieuwe” conversietechnieken beschikbaar komen, waarmee behalve elektriciteit en warmte, tevens gasvormige- en/of vloeibare energiedragers kunnen worden geproduceerd. Deze energiedragers zullen mogelijk worden gebruikt ter “vergroening” van de producten geproduceerd in de petrochemie en van de brandstoffen die worden aangewend in de transportsector.

Probleemstelling

Ondanks bovengenoemde initiatieven, blijft de inzet van biomassa in Nederland sterk achter bij de geformuleerde beleidsdoelstellingen. Of biomassa succesvol kan bijdragen om de beleidsdoelstelling van 2020 te halen is dus voornamelijk onduidelijk en afhankelijk van een (groot) aantal kritische succesfactoren, zoals:

- de toekomstige beschikbaarheid/contracteerbaarheid, incl. een te verwachten prijsontwikkeling, van biomassastromen (organische reststromen, teelten, import) voor energiedoelinden;
- uitwerkingen van het overheidsbeleid t.a.v. biomassa (DE-beleid, milieubeleid en landbouw-/natuurbeheerbeleid), inclusief bestuurlijke- en juridische knelpunten.
- het lange-termijn ontwikkelingspotentieel (rendementen, kosten, brandstofflexibiliteit) van een grote variëteit aan conversiesystemen voor de productie van elektriciteit en/of warmte en/of secundaire energiedragers/transportbrandstoffen.

Doelstelling

Het doel van het project is vierledig, te weten:

1. Analyse van de huidige- en toekomstige beschikbaarheid/contracteerbaarheid van biomassa (organische reststromen, binnenlandse teelt en importmogelijkheden) voor de Nederlandse energievoorziening.
2. Identificatie en specificatie van overige specifieke kritische succesfactoren die van invloed zijn op de succesvolle marktintroductie van biomassaconversiesystemen, in de periode tot 2020, voor de productie van elektriciteit en/of warmte en/of secundaire energiedragers/transportbrandstoffen.
3. Analyse van het lange-termijn ontwikkelingspotentieel (milieutechnisch & financieel economisch) van biomassaconversiesystemen voor de productie van elektriciteit en/of warmte en/of secundaire energiedragers/transportbrandstoffen.
4. Identificatie van randvoorwaarden voor de maximaal haalbare biomassaonderzoekscapaciteit bij het ECN en dus indirect van het ontwikkelingsperspectief van het prioriteitsgebied Biomassa binnen ECN.

Uitgangspunten/Afbakening/Opbouw rapport

- Daar de huidige- en toekomstige beschikbaarheid/contracteerbaarheid van biomassa voor energiedoeleinden in Nederland reeds als kritische succesfactor is geïdentificeerd en er rond dit punt nog steeds zeer veel onduidelijkheid bestaat, wordt deze factor separaat behandeld (hoofdstuk 2).
- De milieutechnische- en financieel economische haalbaarheid van biomassaconversiesystemen wordt over het algemeen als kritische succesfactor erkend. Derhalve wordt ook deze factor separaat behandeld (hoofdstuk 4). Vanwege het werkgebied van ECN wordt e.e.a. toegespitst op de productie van elektriciteit en/of warmte middels biomassa-vergassing, -verbranding en vergisting.
- Vanwege het korte-termijn potentieel wordt extra aandacht besteed aan mee- en bijstook van biomassa in bestaande elektriciteitscentrales en STEG-eenheden (separate rapportage: 2^e-kwartaal 2000).
- De resultaten van de identificatie en specificatie van de overige specifieke kritische succesfactoren die van invloed zijn op de succesvolle marktintroductie van biomassa-conversiesystemen worden weergegeven in hoofdstuk 3. Het rapport wordt afgerond met een discussie en enkele conclusies in hoofdstuk 5.
- De resultaten van de identificatie van de randvoorwaarden voor de maximaal haalbare biomassa-onderzoekscapaciteit bij het ECN, en dus indirect van het ontwikkelingsperspectief van het prioriteitsgebied Biomassa binnen ECN, zijn niet opgenomen in deze projectrapportage, maar vanwege het vertrouwelijke karakter separaat gerapporteerd aan het management van ECN.

2. HUIDIGE-/TOEKOMSTIGE BESCHIKBAARHEID/ CONTRACTEERBAARHEID BIOMASSA VOOR ENERGIE- DOELEINDEN IN NEDERLAND

2.1 Introductie

Eén van de belangrijkste factoren die het succes van de inzet van biomassa voor energie-doeleinden in Nederland bepaalt is de **beschikbaarheid** en **contracteerbaarheid**. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van: het Nederlands potentieel aan organische reststromen beschikbaar/contracteerbaar voor energiedoeleinden, de mogelijkheden van energie-teelt in Nederland en de optie om biomassa te importeren.

2.2 Organische reststromen

2.2.1 Classificatie/certificering

Om enige duidelijkheid te verschaffen in de grote variëteit aan potentieel contracteerbare organische reststromen, met als uiteindelijk doel aanbieders van deze reststromen in contact te brengen met potentiële afnemers en visa-versa, is er in 1998 door TNO en KEMA i.o.v. Novem gestart met de opzet van een **classificatiesysteem** [7]. Dit classificatiesysteem, dat in de loop van 1999 verder is gemodificeerd a.h.v. de resultaten van een uitgevoerde praktijkproef [8], wordt in deze paragraaf gebruikt om een duidelijk overzicht te verschaffen van beschikbare en contracteerbare organische reststromen in Nederland.

Novem heeft in 1998 de Werkgroep Classificatie Biomassa opgericht [8]. Het doel van deze werkgroep was het formuleren van een methodiek voor het vaststellen van klassen van biomassabrandstoffen, om zodoende meer duidelijkheid te verschaffen betreffende de verschillende typen biomassa en de inzetbaarheid hiervan in energie producerende processen. TNO en KEMA hebben in 1998 een **1^e-methodiek** voor dit **classificatiesysteem** geformuleerd en vastgelegd in het "Werkdocument Classificatie Biomassa: opzet en eerste indeling" [7]. In 1999 is deze methodiek door TNO i.s.m. de Stichting Platform Bio-Energie (PBE) getest, middels uitvoering van een praktijkproef. Deze praktijkproef heeft, mede op verzoek van potentiële gebruikers (biomassaleveranciers, biomassa-afnemers), geresulteerd in een aantal modificaties van de 1^e-methodiek [8]. Dit gemodificeerde classificatiesysteem ligt thans ter beoordeling bij de Werkgroep Classificatie Biomassa en de Normcommissie Vaste Biobrandstoffen.

Volgens **het gemodificeerde classificatiesysteem** wordt een biomassabrandstof op grond van een viertal hoofdcriteria gecodeerd [8]. Deze criteria zijn: 1) herkomst/typologie (groepsnr.), 2) het vochtgehalte [gew.% natte basis (n.b.)], 3) de stookwaarde [MJ/kg n.b.] en 4) de verschijningsvorm (morfologie + korrel-/stukgrootte; in woorden, afmetingen: d, l*b*h, l+b+h [cm]). Een aantal nevencriteria worden standaard in een bijlage opgenomen, te weten: 1) de chemische samenstelling (Cl, F, S, N, Cd, Hg, som BLA-metalen [mg/kg droge stof (d.s.)]), 2) het asgehalte [gew.% d.s.], 3) aanhangend zand [gew.% d.s.] en 4) de beschikbare hoeveelheid per jaar [ton, kton (a.r. of d.s.)]. Naar behoefte kunnen tevens de volgende nevencriteria worden opgenomen: het gehalte vluchtige bestanddelen [gew.% d.s.], het organische stof gehalte [gew.% d.s.], de O/C-H/C-verhouding, het specifieke rookgasvolume [Nm³/kg] (stoichiometrische verbranding), de molaire zuur/base-verhouding van de assen ($\{CaO + Fe_2O_3 + MgO + K_2O + Na_2O\}/\{SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2\}$; neiging tot verslakking neemt toe naarmate de verhouding dichter bij 1 ligt), het gehalte aan alkalimetalen [mg/kg d.s.], de voedingswaarde (voor biochemische conversie), de hardheid/maalbaarheid, de doseerbaarheid, de toxiciteit, het PCB/PCP gehalte [mg/kg d.s.], aanwezige visuele verontreinigingen, het corrosierisico en gebruikte analysemethoden (voorkeur: Best Practice List Biomass/Ash [9]).

Een groot deel van de data (hoofd- en nevencriteria), die noodzakelijk zijn om een biobrandstof te kunnen classificeren, zijn te vinden in de **ECN-database Phyllis** [10].

In het **gemodificeerde classificatiesysteem** worden biomassa-brandstoffen op grond van herkomst/ typologie ingedeeld in een achttal hoofdgroepen, te weten: hout (code: 100), gras en stro (200), mest (300), slib (400), organische reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie (VGI, 500), GFT (600), overig (700) en samengestelde stromen (800). Per hoofdgroep vindt, indien noodzakelijk, een verdere onderverdeling naar subgroep plaats.

Door de (sub)groepsindeling (= classificatie) van biomassa-brandstoffen wordt enige structuur gebracht binnen de grote variëteit aan organische materialen. Hierdoor kan bijvoorbeeld een eerste inzicht worden verkregen in de belangrijkste eigenschappen van desbetreffende materialen (zonder de noodzaak van kostbare analyse) en worden ingeschat of deze potentieel kunnen worden aangewend in energieconversieprocessen. Tevens kan worden ingeschat of een bepaalde specifieke biomassastroom als “schoon” of “niet schoon” moet worden geclassificeerd, wat in de nabije toekomst zal bepalen aan welke luchtmissie-eisen zal moeten worden voldaan bij thermische conversie (zie par. 3.3). Tevens wordt de mogelijkheid tot een meer uniforme vergunningverlening geboden.

Het classificatiesysteem zou een aanzet kunnen zijn voor een toekomstig biomassa-**certificeringssysteem**. Certificering wordt noodzakelijk indien er in de (nabije) toekomst op grote schaal in biomassa gaat worden gehandeld. Hierbij kunnen twee vormen worden onderscheiden, namelijk [8]: 1) procescertificering: certificering van het biomassa voortbrengende proces (m.n. voor “schone” biomassa) en 2) productspecificering: vastlegging eigenschappen biomassa met het oog op een bepaalde toepassing (m.n. voor “niet schone” biomassa).

2.2.2 Beschikbaarheid/contracteerbaarheid

Om aan de gestelde DE-beleidsdoelstellingen te voldoen dient een deel van de fossiele brandstoffen inzet in de energievoorziening te worden vervangen door biomassa (organische reststromen, energieteelt en import). Dit z.g. vervangingspotentieel bedraagt 24 PJ_{th} in 2000, 45 PJ_{th} in 2007 en 75 PJ_{th} in 2020. Voor de vervanging van 75 PJ_{th} fossiele brandstoffen is inzet van ca. 100 PJ_{th} aan biomassa noodzakelijk, indien het verschil in gemiddelde conversierendementen wordt verdisconteerd (aannamen: rendement fossiele brandstofconversie 40%, rendement biomassaconversie 30%). Dit komt overeen met een noodzakelijke biomassa-inzet van ca. 4,2 Mt d.s. (aannamen: 18 MJ/kg d.s.) [11,12].

In het “Protocol Monitoring Duurzame Energie” wordt de kunstoffractie van het huishoudelijk afval (ca. 22,5 PJ_{th}), alsmede energievoorziening m.b.v. industriële warmtepompen (ca. 33 PJ_{th}) voor de opwaardering van fossiel opgewekte restwarmte, niet meer als duurzame energie gekwalificeerd. Dit houdt in dat ca. 20% (55,5/288) van de DE-doelstelling voor 2020 middels de inzet van andere DE-bronnen zal moeten worden gerealiseerd. Om de oorspronkelijke doelstelling voor DE-productie uit (huishoudelijk) afval (45 PJ_{th}) ook na de nieuwe kwalificatie te kunnen benaderen dient de totale inzet van (huishoudelijk) afval voor de energievoorziening te worden vergroot. Dit houdt in dat stort van afvalstromen, vaak met een aanzienlijke calorische inhoud, dient te worden geminimaliseerd. Om de oorspronkelijke doelstelling voor DE-productie uit warmtepompen (65 PJ_{th}) te kunnen benaderen dient het warmtepomp gebruik in de utiliteit en de huishoudens (opwaardering van omgevingswarmte) te worden gemaximaliseerd.

De verwachting is dat genoemd probleem - het “gat” in de 2020 DE-doelstelling van 55,5 PJ_{th} - t.g.v. de “nieuwe” DE-kwalificatie, slechts gedeeltelijk kan worden opgelost door maximalisatie van de inzet van (huishoudelijk) afval voor energieproductie en van de inzet van warmtepompen in de utiliteit en de huishoudens. Indien we aannemen dat 50% van het “gat” kan worden gevuld middels genoemde maatregelen, dan resteert er nog een resterend “gat” in de 2020 DE-doelstelling van ca. 28 PJ_{th} vermeden fossiele brandstofinzet. Gezien het ontwikkelingsperspectief en de toepasbaarheid van DE-bronnen in de Nederlandse situatie, zal het resterende “gat” worden gecompenseerd, door de inzet van biomassa in de toekomstige energievoorziening te vergroten.

Er dient rekening te worden gehouden met een additioneel benodigde biomassa-inzet van ca. 28 PJ_{th} vermeden fossiele brandstof-inzet, oftewel ca. 37 PJ_{th} biomassa-inzet (ca. 2,1 Mt d.s.).

De totale potentieel benodigde biomassa-inzet in 2020 bedraagt, onder genoemde veronderstellingen, ca. 135 - 140 PJ_{th}, oftewel ca. 7,5 – 8,0 Mt d.s.

Over de beschikbaarheid/contracteerbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening bestaat vooralsnog grote onduidelijkheid. ECN heeft enkele jaren geleden een analyse uitgevoerd naar de zeer grote variëteit aan organische reststromen die vrijkomen in de voedings- en genotmiddelenindustrie (VGI) [13]. Novem heeft recent getracht de volledige omvang van de beschikbaarheid/contracteerbaarheid van organische reststromen voor de Nederlandse energievoorziening nader in kaart te laten brengen door een tweetal studies te laten uitvoeren, te weten: 1) BIO-MASSTERCLASS: een overzicht van stromen en een aanzet tot prijsindexering, CEA, september 1999 [14] en 2) Beschikbaarheid van Afval en Biomassa voor Energieopwekking in Nederland, TNO-MEP, december 1999 [12].

2.2.2.1 ECN-studie: beschikbaarheid/contracteerbaarheid organische reststromen VGI

In deze studie uit 1997 [13] worden de volgende organische reststromen onderscheiden: 1) afvalwater (< 1 gew.% d.s.), 2) slib van afvalwaterzuivering (1 < gew.% d.s. < 10), 3) natte reststromen (10 < gew.% d.s. < 80) en 4) droge reststromen (> 80 gew.% d.s.). De totale hoeveelheid afvalwater en slib die in de VGI vrijkomt bedraagt naar schatting 89 Mm³ en 730 kt n.b. per jaar. De hoeveelheid natte respectievelijk droge reststromen 3.500 en 4.900 kt n.b. per jaar, oftewel ca. 13 PJ_{th} en 70 PJ_{th} per jaar.

Enkele voorbeelden van het jaarlijkse binnenlandse productievolume van potentieel interessante deelstromen zijn: schroot van de oliën-/vettenproductie (ca. 3860 kt n.b., 55 PJ_{th}), afval uit de meelindustrie (ca. 300 kt n.b., 4,5 PJ_{th}), pulp en melasse uit de suikerbereiding (ca. 665 kt n.b., 10 PJ_{th}) en afval uit de cacao-industrie (65 kt n.b., 1 PJ_{th}). Het overgrote deel van deze reststromen wordt thans voor een redelijke vergoeding afgezet als veevoer, als meststof in de landbouw, of als grondstof in de industrie. De **beschikbaarheid/contracteerbaarheid** van deze stromen voor energiedoeleinden *middels thermische conversiesystemen* wordt derhalve relatief laag ingeschat op slechts **ca. 3 PJ_{th}/jaar**. Dit potentieel energetisch beschikbare/contracteerbare potentieel bestaat uit o.a. de volgende organische reststromen: bakrestanten uit de meelverwerkende industrie, deelstromen uit de pulp- en suikerverwerkende industrie, cacao-afval, tabaksafval en afval uit koffiebrandrijen. **Het totaal beschikbare/contracteerbare energetische potentieel uit de VGI** ligt echter **hoger** indien tevens natte stromen geschikt voor *biochemische conversiesystemen* (vergisting) mede worden beschouwd.

2.2.2.2 CEA-studie: BIO-MASTERCLASS

Het bureau voor Communicatie en Advies over Energie & Milieu B.V. (CEA) heeft in 1999 de beschikbaarheid en contracteerbaarheid van biomassastromen geïnventariseerd middels een uitgebreid literatuuronderzoek. Een probleem dat door CEA werd geïdentificeerd is dat de literatuurgegevens moeilijk overeenkwamen met het gemodificeerde biomassa classificatiesysteem, zoals weergegeven in paragraaf 2.2.1. Er wordt in de studie onderscheid gemaakt tussen: 1) de totale beschikbaarheid van biomassa in Nederland in 1998, 2) de korte-termijn (KT) beschikbaarheid (= dat deel van de totale beschikbaarheid die in 1998 niet benut werd) en 3) de contracteerbaarheid voor energiedoeleinden (= dat deel waarop geen andere dan energieaanspraken konden worden gedaan). Een overzicht van de totaal beschikbare biomassastromen in Nederland, de KT-beschikbaarheid en de contracteerbaarheid voor energiedoeleinden wordt, op zowel massa- [kt d.s./jaar] en energiebasis [PJ_{th}/jaar], geclassificeerd weergegeven in de tabel opgenomen in bijlage 1.

In deze tabel wordt, indien beschikbaar, tevens een indicatie gegeven van de prijzen van de stromen op plaats van herkomst (negatieve waarde: aanbieder betaalt voor afvoer biomassa-stroom).

Volgens deze studie bedraagt het totale productievolume biomassa-stromen in Nederland in 1998 23,1 Mt d.s./jaar (313 PJ_{th}/jaar), de omvang van op korte-termijn beschikbare biomassa 3,6 Mt d.s./jaar (63 PJ_{th}/jaar) en de omvang van contracteerbare biomassa-stromen voor energiedoeleinden 1,9 Mt d.s./jaar (34 PJ_{th}). Qua totaal beschikbaar productievolume zijn organische reststromen uit de VGI en mest de meest interessante stromen om te benutten. Daar deze stromen reeds voor een groot deel in de industrie en de landbouw worden benut wordt, overeenkomstig de ECN-studie v.w.b. de reststromen uit de VGI, de te contracteren fractie voor energiedoeleinden van deze stromen gering ingeschat. Een veranderend overheidsbeleid kan hierop echter van grote invloed zijn. Voor de korte-termijn is de contracteerbaarheid van hout voor energiedoeleinden het meest perspectiefvol, gevolgd door: slib, gras en stro.

2.2.2.3 ABC-studie TNO et al.: beschikbaarheid afval/biomassa voor e-productie in Nederland
In deze studie [12] is o.a. gekeken naar de huidige (1999) inzet en de potentieel toekomstige (2020) inzet van biomassa-stromen in de Nederlandse energievoorziening. Hierbij zijn zowel de binnenlandse stromen (landbouwgewassen die voor energie-opwekking worden geteeld, biomassa bijproducten uit de land- en bosbouw, biomassa afval-/reststromen van productieprocessen en niet-biomassa afvalstromen) als de mogelijkheden voor import uit de EU en de rest van de wereld beschouwd.

Een overzicht van: 1) de totale biomassa “productie” in Nederland, 2) de inzet van biomassa-stromen in de energievoorziening in 1999 en 3) een inschatting van de totale hoeveelheid binnenlands beschikbare biomassa-stromen voor de energievoorziening van Nederland voor dezelfde periode, wordt weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Totale jaarlijkse biomassa “productie” in Nederland versus de inzet voor energiedoeleinden in 1999 versus het totaal binnenlands beschikbare potentieel [12].*

Biomassa-stroom	Biomassa-Productie '99 kt n.b.	Inzet voor energiedoeleinden in 1999		Beschikbaarheid voor energiedoeleinden in 1999	
		kt n.b.	PJ _{th}	kt n.b.	PJ _{th}
Teelt	6900	0	0	3	0
Biomassa bijproducten	80600	251	3	2025	18,4
Biomassa afvalstromen	22400	466	5,8	8282	57,6
Totaal	109900	717	8,8	10310	76

Biomassa bijproducten: bijproducten uit de land- en bosbouw (o.a. dunningshout, mest, stro, ...) en monostromen die vrijkomen bij een bepaalde activiteit.

Biomassa afvalstromen: reststromen van productieprocessen (o.a. bermgras, resthout, slib, VGI-afval, ..).

Voor de bepaling van de beschikbaarheid van biomassa voor energiedoeleinden is een bescheiden inschatting gemaakt. Dit houdt in dat in aanvulling op biomassa-stromen die reeds feitelijk worden ingezet ook een beperkt potentieel is meegerekend van biomassa-stromen die zich in de praktijk goed lenen voor energie-opwekking. Deze (additionele) biomassa-stromen zijn o.a.: 1) stromen waarvoor de stand van de technologie geen belemmering vormt voor energieconversie, 2) stromen waarvoor geen alternatieve meer rendabele toepassingen bestaan en 3) stromen waarvoor reeds maatschappelijke initiatieven bestaan om deze te benutten in de energievoorziening.

Uit tabel 2.1 blijkt dat in 1999 ca. 7% van het beschikbare binnenlandse biomassa-potentieel en ca. 12% van het binnenlandse beschikbare biomassa-gerelateerde energie-potentieel is benut. De inschatting van de onderzoekers is dat zowel de biomassa-productie, de huidige binnenlandse inzet voor energiedoelinden als de beschikbaarheid voor energiedoelinden redelijk nauwkeurig is bepaald [12].

Verder is een inschatting gemaakt van het importpotentieel van biomassastromen, vanuit de EU en de rest van de wereld, voor de Nederlandse energievoorziening. De resultaten van deze inschatting worden weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Totale jaarlijkse biomassa “productie” in Europa en de rest van de wereld versus de beschikbaarheid voor Nederland voor energiedoelinden in 1999 [12].*

Biomassastroom	Europa			Rest van de wereld		
	Productie	Beschikb. NL		Productie	Beschikb.NL	
	kt n.b.	Kt n.b.	PJ _{th}	kt n.b.	Kt n.b.	PJ _{th}
Teelt	234.000	0	0	906.000	0	0
Biomassa bijproducten	1.173.000	1674	25,2	32.920.000	0	0
Biomassa afvalstromen	459.000	244	3,6	3.490.000	0	0
Totaal	1.866.000	1918	28,8	37.316.000	0	0

Een inschatting van het importpotentieel van biomassa vanuit de EU bedraagt: 1918 kt n.b./jaar oftewel 28,8 PJ_{th}/jaar (indicatief t.g.v. grote onnauwkeurigheid in beschouwde data). Over de importmogelijkheden vanuit de rest van de wereld is vanwege het gebrek aan data geen uitspraak gedaan. Dit potentieel is derhalve op nul gesteld.

De totale beschikbaarheid (binnenlands + EU-import) van biomassa voor energiedoelinden in Nederland bedraagt 12.228 kt n.b. oftewel 104,8 PJ_{th} per jaar.

Een overzicht van de totaal beschikbare biomassa voor de Nederlandse energievoorziening (binnenlandse beschikbaarheid + import uit de EU) wordt, op zowel massa- [kt n.b./jaar] en energiebasis [PJ_{th}/jaar], geclassificeerd weergegeven in de tabel opgenomen in bijlage 1. In deze tabel wordt, indien beschikbaar, tevens een indicatie gegeven van de prijzen van de stromen op plaats van herkomst (negatieve waarde: aanbieder betaalt voor afvoer biomassa-stroom). De data weergegeven in deze tabel zijn afkomstig uit de ABC-studie van TNO et al., aangevuld met meer recentere gegevens uit het concept-rapport “*EWAB Marsroutes, Taak 1.: Formats voor Biomassa en Afval* [15].

Om een inschatting te kunnen maken van de toekomstige (2020) beschikbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening zijn door de onderzoekers een aantal scenario-studies uitgevoerd [12]. Scenario-2 (o.a. vrije markt en energieprijzen 1,5-keer die van 1999) bleek voor de toekomstige beschikbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening het best uit te pakken. Clusters van factoren die deze beschikbaarheid sterk beïnvloeden zijn: 1) de fossiele brandstoffen prijs, 2) het overheidsbeleid m.b.t. het klimaat en de energie-, landbouw- en afvalmarkt en 3) de maatschappelijke acceptatie van de aanwending van biomassa voor de productie van energie. In tabel 2.3 wordt de huidige (1999) beschikbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening vergeleken met de voorspelde potentiële beschikbaarheid voor 2020 (scenario-studie).

Tabel 2.3 *Biomassabeschikbaarheid, inclusief import uit de EU, voor energiedoelinden in Nederland in 1999 versus de potentiële beschikbaarheid voor 2020 [12].*

Biomassastroom	Beschikbaarheid voor energiedoelinden in 1999		Beschikbaarheid voor energiedoelinden in 2020
	kt n.b.	PJ _{th}	PJ _{th}
Teelt	3	0	6 (in Ned.)
Biomassa bijproducten	2025	18,4	43
Biomassa afvalstromen	8282	57,6	72
Import uit EU	1918	28,8	Incl.
Import uit rest van de wereld	-	-	-
Totaal	12228	104,8	121

Uit tabel 2.3 blijkt dat het beschikbare energetische biomassa-potentieel onder gegeven scenariocondities stijgt met ca. 15% (105 PJ_{th} -> 121 PJ_{th}) in de periode 1999 tot 2020.

Indien we dit vergelijken met de DE-beleidsdoelstelling dat in 2020 voor 75 PJ_{th} aan inzet van fossiele brandstoffen moet zijn gesubstitueerd door biomassa, wat overeenkomt met een biomassa-inzet van ca. 100 PJ_{th} (conversierendement correctie), dan blijkt uit deze studie dat er naar alle waarschijnlijkheid in 2020 voldoende biomassa beschikbaar is om aan de beleidsdoelstelling te kunnen voldoen. Ook de doelstelling van 24 PJ_{th} fossiele brandstof substitutie in 2000, overeenkomend met een benodigde biomassa-inzet van 32 PJ_{th}, blijkt volgens de data betreffende de huidige (binnenlandse) beschikbaarheid van biomassa (zie tabellen 2.1 en 2.2) geen problemen op te leveren.

Indien we echter van het standpunt uitgaan dat de biomassa ook deels het aandeel dat oorspronkelijk was gereserveerd voor: 1) DE-productie uit de kunststoffractie van het huishoudelijk afval en 2) energievoorziening m.b.v. industriële warmtepompen moet compenseren, daar deze inzet niet meer als DE wordt gekwalificeerd ("Protocol Monitoring DE"), dan bedraagt de totaal benodigde biomassa-inzet in 2020 ca. 135 - 140 PJ_{th}, oftewel ca. 7,5 - 8,0 Mt d.s.. (zie par. 2.2.2). Op grond van deze bespiegeling kunnen we aannemen dat binnenlandse energieteelt en/of biomassa import van buiten de EU op termijn onontkoombaar wordt om in de toekomstige behoefte te kunnen voorzien.

2.3 Binnenlandse teelt

2.3.1 Introductie

Indien we voor 2020 uitgaan van een biomassa-behoefte van ca. 135 - 140 PJ_{th} (ca. 7,5 - 8,0 Mt d.s.) en we relateren dit aan de verwachte beschikbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening (121 PJ_{th}), dient het verschil in vraag en aanbod (14 - 19 PJ_{th}) te worden gecompenseerd door een verdergaande binnenlandse teelt in combinatie met een verdergaande import vanuit de EU en de rest van de wereld. Indien we het verschil in vraag en aanbod volledig willen compenseren door binnenlandse teelt, dan is hiervoor ca. 62.000 - 85.000 ha aan landoppervlak vereist (aannamen: 18 MJ/kg d.s., 12,5 ton d.s./ha.jr). Inclusief de 6 PJ_{th} aan binnenlandse teelt die reeds in de verwachte beschikbaarheid van biomassa voor 2020 (121 PJ_{th}) was voorzien, resulteert dit in een totaal binnenlands benodigd teeltoppervlak van ca. 90.000 - 110.000 ha.

Een inschatting van het maximaal benodigde landoppervlak voor binnenlandse energieteelt bedraagt onder genoemde veronderstellingen ca. 100.000 ha.

Teelt van energiegewassen binnen Nederland kan op twee manieren plaatsvinden, te weten:

- Teelt op cultuurgronden in de land-/akkerbouwsector.
- Combinatieteelt, d.w.z. teelt in combinatie met andere landgebruiksfuncties buiten de land-/akkerbouwsector.

In beide gevallen kan gebruik worden gemaakt van de teelt van monoculturen (bijv. wilg, populier, olifantsgras, etc.) en de teelt van multifunctionele gewassen (bijv. graansoorten, hennep, etc.). Bij monoculturen wordt het volledige gewas aangewend als energiegewas; terwijl bij multifunctionele gewassen slechts een deel van het gewas wordt aangewend als energiegewas. Het andere deel wordt aangewend voor andere gebruiksdoeleinden met een veelal hoge toegevoegde waarde. Het voordeel van het gebruik van multifunctionele gewassen is dat de hoge toegevoegde waarde van het niet-energiedeel van het gewas bijdraagt aan een reductie van de productiekosten van het resterende gewasdeel dat wordt aangewend als energiegewas.

Door teelt te combineren met andere landgebruiksfuncties (combinatieteelt, multifunctioneel landgebruik) is het mogelijk de netto teeltkosten te minimaliseren. Door de grondkosten volledig toe te rekenen aan de andere gebruiksfunctie van het land behoeven deze niet in de teeltkosten te worden verdisconteerd.

Daar de grondkosten in een dichtbevolkt land, zoals Nederland, een aanzienlijk aandeel van de teeltkosten voor haar rekening nemen, leidt combinatieteelt tot een significante reductie van de netto productiekosten en dus tot een betere concurrentiepositie t.o.v. de toepassing van bepaalde organische reststromen en de import van gewassen voor de Nederlandse energievoorziening.

2.3.2 Teelt op cultuurgronden in de akkerbouw-/landbouwsector

Het totale Nederlandse landoppervlak beslaat 4,1 Mha [16]. Dit oppervlak bestaat voor ca. 58% (ca. 2 Mha) uit cultuurgrond voor agrarische toepassingen (akkerbouw, grasland, houtteelt en braakligging). De beschikbare cultuurgrond wordt als volgt gebruikt [16]: grasland: 52% (ca. 1 Mha), teelt akkerbouwgewassen: 42% (ca. 800.000 ha, waarvan ca. 200.000 ha snijmais), tuinbouw: 6% (110.000 ha, excl. glastuinbouw), kort-omloophout: 3000 ha en ca. 1% (11.000 ha) ligt braak.

Voor de benodigde 100.000 ha binnenlandse teelt (zie 2.3.2) zou derhalve aanwending van ca. 5% van de binnenlandse cultuurgrond noodzakelijk zijn. Qua oppervlak lijkt binnen de akkerbouw-/landbouwsector voldoende ruimte beschikbaar voor energieteelt. Of energieteelt in deze sector ook economisch haalbaar en maatschappelijk acceptabel is, is echter de vraag.

Er zijn twee “bottle-necks” te onderscheiden die vooralsnog toepassing van energieteelt in deze sector tegenwerken, namelijk [16]: 1) meerjarige energiegewassen (wilg, populier, olifantsgras) zijn moeilijk in te passen in het conventionele (jaarlijkse) rotatieschema (suikerbieten, tarwe, aardappelen en een wisselend 4^e-gewas) en 2) de telersinkomens zijn bij verbouwing van energiegewassen onduidelijk.

Akkerbouwers telen niet automatisch dat gewas dat het meeste opbrengt, maar maken een keuze op grond van de geschiktheid van de bodem en de benodigde gewasrotatie voor instandhouding van de bodemkwaliteit. Het in 1998 beschikbare oppervlak werd als volgt benut [16]: snijmais: 225.700 ha (31%), wintertarwe: 128.300 ha (17%), suikerbiet: 113.000 ha (15%), consumptie aardappelen (klei): 62.700 ha (9%), fabrieksaardappelen: 57.000 ha (8%), zomergerst: 36.700 ha (5%), pootaardappelen (klei): 33.300 ha (5%), graszaad: 28.400 ha (4%), braakland/groenbemester: 14.700 ha (2%), overigen: 37.100 ha (4%). De belangrijkste hoofdgewassen voor de akkerbouw zijn: de consumptie aardappel, de suikerbiet en tarwe (ca. 40% landopp.), met jaarlijkse opbrengsten van respectievelijk: Hfl 6700/ha, Hfl 5100/ha en Hfl 2600/ha.

Eenvijfde deel van het inkomen van een akkerbouwer is rechtstreeks afkomstig van EU-subsidies. Dit komt neer op een steun van ca. Hfl 1000,-/ha braak-/tarweland (= ca. Hfl 250,- per hectare totaal oppervlak van een gemiddeld akkerbouwbedrijf).

Indien een akkerbouwer gebruik maakt van de beschikbare braaklegpremie's vanuit de EU, is het verbouwen van agrificatiegewassen toegestaan (McSharry-regeling).

Van het totale akkerbouwareaal in de EU (67 Mha) werd in 1996 ca. 12% ter braaklegging aangeboden. Van het akkerbouwareaal in Nederland lag in dezelfde periode ca. 2% braak. De gemiddelde braaklegpremie in Nederland volgens de Beschikking Steunverlening Producenten Akkerbouwgewassen (1992) bedraagt: Hfl 1075,-/ha voor klei-gebied (regio-I) en Hfl 765,-/ha voor zandgebied (regio-II) (opbrengst akkerbouwgewassen: ca. Hfl 1500-3000,-/ha.jr). Deze inkomenscompensatie wordt verleend ongeacht of het land braak blijft liggen of wordt benut voor bijv. energieteelt (afname-contract verplicht). Te onderscheiden zijn: 1) zwarte braak: de grond blijft onbedeeld, 2) groene braak: inzaaiing van de grond met groenbemester (opbrengst ondergeploegd of veevoer), 3) natuurbraak: inzaaiing met natuurbraakmengsel (groenbemesters met minimaal 3 bloeiende gewassen) en 4) teelt van "non-food"/"non-feed" gewassen (volgens lijst met toegestane gewassen). Indien de aanplantkosten van energieteelt (Hfl 2000-3000,-/ha.jr) uit collectieve middelen zouden worden betaald, is een bescheiden positief saldo mogelijk [17]. Een risico blijft het feit dat het onduidelijk is of de EU-premie's ook voor een gehele teeltperiode (5-25 jaar) kan worden gegarandeerd. Een inkomsten ondersteuning voor energieteeltbedrijven op basis van een hectaretoeslag, gegarandeerd voor een periode van bijvoorbeeld 15 jaar, zou de introductie van dit type activiteit stimuleren. Een bedrag van ca. fl 250,-/ha.jr wordt hiervoor als redelijk beschouwd [16].

De productiekosten van energiegewassen, inclusief braaklegpremie, zoals deze in 1999 door Novem werden gehanteerd bedragen fl 110,- - fl 180,- per ton d.s. (exclusief bewerking en transport). BTG hanteert thans voor monoteelten de volgende productiekosten (= f(opbrengst per hectare, bedrijfs grootte): Miscanthus: 4-12 fl/GJth en wilg/populier: 5-15 fl/GJth [16]. Uit een scenario-studie (scenario-2, zie par.2.2.2.3) blijkt dat deze kosten kunnen dalen tot 7 – 8,5 fl/GJth [16].

De productiekosten af-boerderij kunnen als volgt worden berekend [16]:

$$KP = (KK + OK + IT - LS)/JP$$

met:

KP: Kostprijs teelt [fl/ton d.s.]

KK: Kapitaalkosten [fl/jr]

OK: Operationele kosten [fl/jr]

IT: Inkomen van de teler [fl/jr]

LS: Landbouwsubsidies [fl/jr]

JP: Jaarproductie [ton d.s./jr]

Of en hoeveel land er in de toekomst potentieel binnen Nederland beschikbaar komt voor de teelt van energiegewassen is vanwege de claims die op alternatief grondgebruik worden gelegd (bos, natuurgebied, militair terrein, stedelijk gebied, industrieel gebied, recreatiegebied, etc.) moeilijk te voorspellen.

Eén optie om de financieel-economische haalbaarheid van de teelt van energiegewassen te verbeteren is de teelt van multifunctionele gewassen. Een voorbeeld is teelt van energiegewassen in combinatie met vezelhouttoepassingen (cascadering) [17,18]. Voor deze toepassing wordt een verwacht realiseerbaar areaal ingeschat van 1000 – 5000 ha in 2010, m.n. in Noordoost Nederland. Hierbij valt te denken aan de teelt van populierenhout, waarbij de onderstammen (50-70 gew.%) worden aangewend als vezelhout en de takken, toppen en bast (30 – 50 gew.%) kunnen worden aangewend voor energiedoeleinden. De opbrengst van vezelhout bedraagt: ca. Hfl 160,-/ton d.s. en die van energiehout: ca. Hfl 100-125,-/ton d.s.. Dit voorbeeld toont aan dat door teelt van multifunctionele gewassen de rentabiliteit van energieteelt derhalve aanzienlijk worden verbeterd.

2.3.3 Combinatieteelt (multifunctioneel landgebruik)

Om energieteelt zowel technisch als financieel economisch haalbaar te maken, bestaat de potentiële mogelijkheid de teelt te combineren met andere producten, diensten en landgebruiksfuncties. Novem heeft in 1999 door het Centrum voor Plantaardige Vezels (CPV) i.s.m. de Stichting Bos en Hout (SBH) een studie laten uitvoeren om de potentie van combinatieteelt in Nederland nader te analyseren [17]. Het doel van deze studie was de optie van combinatieteelt onder de aandacht te brengen van een groot aantal Nederlandse partijen die op enigerlei wijze betrokken zijn bij de toepassing van biomassa als energiebron. Tevens is getracht te achterhalen welke combinatieteelt alternatieven de diverse partijen het meest kansrijk achten.

Een overzicht van de door het projectteam aangedragen, en door de benaderde partijen (ministeries, overheden, instituten, universiteiten, adviesbureaus, e-bedrijven, biomassa-leveranciers, natuur-/milieubeschermingsorganisaties) additioneel genoemde alternatieven, wordt weergegeven in bijlage 2.. De combinatieteelt alternatieven die door de benaderde partijen als meest veelbelovend voor realisatie op korte-termijn werden beschouwd zijn:

- Teelt als bufferzone tussen natuurgebieden en intensieve vormen van landgebruik. De grondaankoop kan plaatsvinden onder de vlag van natuurontwikkeling; hiervoor is tot 2010 1,5 miljard gereserveerd.
- Teelt als visuele en akoestische schermen langs: autowegen, woonwijken, spoorlijnen, etc.. De grondkosten kunnen vanwege onteigeningsprocedures aanzienlijk zijn: Hfl 30.000 tot meer dan 100.000,-/ha.
- Teelt als onderdeel van recreatieterreinen. De korte-termijn beschikbaarheid wordt ingeschat op ca. 100 ha in nichemarkten (bijv. Vinex-locaties). Door de kleine percelen zullen de productiekosten relatief hoog zijn. De aanlegkosten worden ingeschat op ca. Hfl 10.000,-/ha, exclusief grondverwerving.
- Teelt in combinatie met direct hergebruik van baggerspecie.
- Energieplantages gericht op maximale CO₂-emissiereductie.
- Teelt ter verbetering waterkwaliteit waterwingebieden.
- Teelt als “Joint Implementation” maatregel i.s.m. andere landen.
- Teelt als filter voor afvalwaterzuivering.

Ondanks het feit dat sommige combinatieteelt-opties uit financieel-economisch oogpunt reeds aantrekkelijk zijn, worden ze maatschappelijk gezien vaak nog niet als gewenst ervaren. Combinatieteelt-opties die een directe oplossing kunnen bieden aan bepaalde milieuproblemen en/of een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het duurzame energiebeleid zijn vaak nog onbetaalbaar. De meeste opties zitten tussen deze uitersten gevangen. Een goede afstemming van het overheidsbeleid is derhalve essentieel voor de mogelijkheden/limiteringen van energieteelt.

2.3.4 Algenteelt

Naast de teelt van energiegewassen kan de teelt van microalgen interessant zijn. Een belangrijk voordeel van microalgen t.o.v. energiegewassen is dat ze meer biomassa per landoppervlakte-eenheid en meer gewenst materiaal per biomassa gewichtseenheid kunnen produceren. Microalgen bezitten een hogere foto-synthetische energetische efficiëntie vanwege hun eenvoudige levensvorm (geen bloemen, wortels, vruchten). Het praktisch lange-termijn energetisch rendement van microalgen bedraagt 5-6% (Nederlandse condities en open vijver kweeksystemen) t.o.v. 3-4% voor energiegewassen. In een gesloten algen fotobioreactor zal het mogelijk worden om dit energetische rendement te verhogen tot maximaal ca. 15% (de theoretisch maximale energetische efficiëntie is 23%) [19].

Teelt van microalgen kan plaatsvinden tezamen met een andere toepassing, zoals: CO₂-verwijdering uit de rookgassen van E-centrales en afvalwaterzuivering.

Door de groeiomstandigheden van de microalgen te conditioneren kunnen de microalgen worden gebruikt voor de productie van z.g. “specialties” (fijne chemicaliën met een hoge marktprijs), waarbij de organische restfractie wordt gebruikt voor energievoorzieningsdoeleinden (verbranding-, vergassing-, vergisting/WKK).

2.3.5 Selectie huidige teeltinitiatieven

In Nederland staat energieteelt nog in de kinderschoenen. Met een teeltoppervlak van nog geen 300 ha blijft de binnenlandse energieteelt sterk achter met die in de EU (230.000 ha, m.n. koolzaad) [20]. In Nederland bestaan er proefvelden voor Miscanthus (olifantsgras), wilg en populier.

Tabel 2.4 *Teeltinitiatieven in Nederland [20].*

Plaats	Gewas	Oppervlak [ha]	Actoren	Type	Aanplant
Ter Apel e.o.	Miscanthus	17-20	Agro-Miscanthus	Onderzoek / Semi commercieel	1989
Wieringermeer	Wilg, populier, hennep, Misc.	20	CPV, SBH, IMAG-DLO	Onderzoek	1992
Dronten	Wilg, populier	7,3	CPV, SBH	Onderzoek	1993
Slootdorp, Wieringermeer	Wilg	20	CPV, IMAG-DLO	Onderzoek	1994
Susteren	Wilg	4	EBPS	Onderzoek	1995
Emmen	Wilg, populier, Misc., Robina	1,6	CPV	?	1995
Boxtel	Wilg, populier, Robina	1,2	CPV	?	1995
Flakkee	Wilg, populier	2,9	CPV	?	1995
Lelystad e.o.	Wilg, populier	12,5-200	CPV-consortium	Demonstratie / commercieel	1999
Totaal		86,5 – 277			

In Lelystad e.o. wordt thans het 1^e-demonstratieproject voor wilg en populier op grotere praktijkschaal gerealiseerd [21]. Op dit moment is langs de A6 reeds 12,5 ha met 100.000 wilgen/populieren beplant. De eerste oogst wordt in 2001 verwacht. Deelnemende partijen zijn: de overheid (o.a.: CPV, SBB), het bedrijfsleven (o.a.: Shell), de energiesector (NUON) en de milieubewegingen (Stichting Natuur & Milieu, Natuurmonumenten, Miliefederatie Flevoland). Er wordt getracht binnen 4 jaar een teeltoppervlak van 200 ha te realiseren (opbrengst: 1500-2000 ton d.s./jaar, 7,5-10 ton d.s./ha). Vanwege de grondsoort ter plaatse (vruchtbare zeeklei) wordt aangenomen dat uitputting van de grond op korte-termijn onwaarschijnlijk is, zodat de inzet van kunstmest tot een minimum kan worden beperkt. Het energiegewas wordt gebruikt om te worden verstoofd in de verbrandingsinstallatie te Lelystad (s’zomers: 1,6 MWe/2MWth, s’winters: 2 MWe/6MWth). De totale biomassabehoeftte van deze centrale bedraagt 15.000 ton d.s./jaar, zodat de teeltopbrengst in ca. 10% van de vraag gaat voorzien. De overige brandstof voor de installatie bestaat uit: dunningshout uit bossen (55%), snoeihout, park- en plantsoenafval en zaagrestanten. De NUON neemt het energiegewas af voor Hfl 100 – 130/ton d.s.. Deze prijs is financieel-economisch haalbaar daar in dit project de grondprijs van het bos niet in rekening wordt gebracht.

Andere initiatieven zijn varkensmestverwerking in combinatie met de teelt van algen in open vijvers in Oost Nederland. De algen worden thans als voedsel voor de varkens gebruikt maar zouden op termijn ook kunnen worden ingezet als energiegewas in bijv. vergisting/WKK-systemen.

2.4 Import

Indien we voor 2020 uitgaan van een biomassa-behoefte van ca. 135 – 140 PJ_{th} (ca. 7,5 – 8,0 Mt d.s.) en we relateren dit aan de verwachte beschikbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening (121 PJ_{th}), dient het verschil in vraag en aanbod (14 - 19 PJ_{th}) te worden gecompenseerd door een verdergaande binnenlandse teelt (zie par. 2.3) in combinatie met import vanuit de EU en de rest van de wereld.

BTG heeft reeds in 1995 onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor import van biomassa uit de Baltische Staten (Estland) en Zuid-Amerika (Uruguay) [22]. In 1996 heeft dezelfde partij tezamen met KEMA een studie naar de economische haalbaarheid voor bijstook van geïmporteerde biomassa uit Estland in de Maasvlakte centrale (EZH) en de Borssele Centrale (EPZ) uitgevoerd [23]; terwijl BTG in 1998 een studiereis naar Estland en Zweden heeft uitgevoerd om de importmogelijkheden van biobrandstoffen vanuit deze landen (en Rusland) nader te analyseren [24].

2.4.1 Importmogelijkheden uit Estland

Estland is een zich snel ontwikkelend land met een aanzienlijk bospotentieel. Voor de kortetermijn zijn drie typen organische residuen voor potentiële import naar Nederland geïdentificeerd: houtkap residuen, houtzagerij residuen en residuen uit de houtindustrie (meubelindustrie). De totale omvang van jaarlijks beschikbare organische residuen is ingeschat op 723 kton (25% vocht), overeenkomend met een energetisch potentieel van ruim 9 PJ_{th}. **Hiervan is potentieel jaarlijks 215 kton (2,7 PJ_{th}) beschikbaar voor export.** Dit exportpotentieel is o.a. afhankelijk van de lokale houtmarkt en de exportprijs. Daar het land zich snel ontwikkelt, is de verwachting dat genoemde organische residuen alleen voor de kortetermijn beschikbaar zijn voor potentiële export naar Nederland, daar deze residuen op termijn in het land zelf voor decentrale WKK-productie zullen worden aangewend. Voor de langere termijn bestaat de mogelijkheid van energieteelt in de vorm van duurzame bosbouw. Indien 25% van het bosareaal dat thans niet wordt gekapt wordt gebruikt voor geoptimaliseerde duurzame bosbouw, is ingeschat dat **jaarlijks ca. 1,3 Mt (25% vocht) hout, overeenkomend met ca. 16 PJ_{th}, beschikbaar kan komen voor exportdoeleinden.** Export van dit materiaal in de vorm van houtchips zou uitstekend kunnen plaatsvinden vanuit de Muuga haven in Tallin, die in de tachtiger jaren is aangelegd voor import van graan vanuit Rusland. Deze haven beschikt over faciliteiten die snel laden van zeer grote schepen (capaciteiten tot 30.000 ton d.b.) mogelijk maken. Voor export van houtstammen komen de havens van Kopli, Parnu en Paldiski in aanmerking. In deze havens moet echter rekening worden gehouden met hoge “verwerkingskosten” door de monopoliepositie van de havenautoriteiten; terwijl tevens de inzet van het havenpersoneel te wensen overlaat.

De kosten van houtresiduen ter plaatse van de binnenlandse haven bedragen: 2,1 fl/GJ_{th} voor stammen en 2,6 fl/GJ_{th} voor chips. De kosten voor hout uit de duurzame bosbouw bedragen: 1,7 fl/GJ_{th} voor stammen en 2,1 fl/GJ_{th} voor chips. De zeetransportkosten bedragen: 2,0 fl/GJ_{th} voor stammen en 1,7 fl/GJ_{th} voor chips. **De totale kosten op de kade in Rotterdam voor houtresiduen bedragen derhalve 4,1 fl/GJ_{th} voor stammen (51% binnenlandse productie en transport, 49% zeetransport) en 4,3 fl/GJ_{th} voor chips (60% binnenlandse productie en transport, 40% zeetransport). De totale kosten op de kade in Rotterdam voor hout uit de duurzame bosbouw bedragen derhalve 3,7 fl/GJ_{th} voor stammen (46% binnenlandse productie en transport, 54% zeetransport) en 3,8 fl/GJ_{th} voor chips (55% binnenlandse productie en transport, 45% zeetransport).**

2.4.2 Importmogelijkheden uit Uruguay

Uruguay beschikt over een bosoppervlak van ruim 600.000 ha. 65% van dit areaal bestaat uit natuurlijke bossen; terwijl 35% (208.000 ha) bestaat uit houtproductiebossen (84% Eucalyptus, 16% dennenbomen). De verwachting was in 1994 dat de omvang van de productiebossen zou stijgen tot 345.000 ha in 2000 (86% Eucalyptus, 14% dennenbomen).

Deze verwachte stijging wordt voornamelijk “gepushed” door een sterk subsidiebeleid van de overheid, die op deze wijze hoopt houtimport vanuit buurlanden te minimaliseren, waterbeheer te plegen en bodem erosie te voorkomen. Er wordt verondersteld dat de totale houtproductie t/m 2025 ca. 138 Mm³ kan bedragen. Er is ingeschat dat het binnenlandse houtgebruik in de periode t/m 2025 niet sterk zal toenemen. **Er is ingeschat dat er potentieel een constant jaarlijks exportvolume bestaat van ca. 26 – 31 PJth.**

Export van dit materiaal in de vorm van houtchips zou uitstekend kunnen plaatsvinden vanuit de moderne Nueva Palmira haven, die dient voor grootschalig graantransport. Deze haven beschikt over faciliteiten die snel laden van grote schepen (capaciteiten tot 25.000 ton d.b.) mogelijk maken. Voor export van houtstammen komt de haven van Fray Bentos in aanmerking.

De kosten van productiehout ter plaatse van de binnenlandse haven bedragen: ca. 2,4 fl/GJth (inclusief: aanplant, oogst, droging en binnenlands transport) voor stammen en 2,9 fl/GJth voor chips. **De totale kosten op de kade in Rotterdam voor hout uit de duurzame bosbouw bedragen derhalve 6,4 fl/GJth voor stammen (38% binnenlandse productie en transport, 62% zeetransport) en 8,6 fl/GJth voor chips (34% binnenlandse productie en transport, 66% zeetransport).**

2.4.3 Estland versus Uruguay

In onderstaande tabel worden de belangrijkste kengetallen voor import vanuit Estland en Uruguay samengevat.

Tabel 2.5 *Importkengetallen [22].*

Grootheid	Estland	Uruguay
Jaarlijkse importcapaciteit uit duurzame bosbouw [PJth]	16 (+ 2,7 PJth houtresiduen voor korte-termijn)	26 – 31
Prijs op de kade van Rotterdam [fl/GJth]		
- Houtresiduen:		
stammen	4,1	-
chips	4,3	-
- Duurzame bosbouw:		
stammen	3,7 (6,4 – 11,0)	6,4
chips	3,8 (6,5 – 12,1)	8,6
houtskool	(8,0 – 13,0)	
pyrolyse-olie	(13,7 – 26,1)	

De getallen tussen haakjes zijn getallen uit 1996 en afkomstig uit [23]. Voor een nadere onderbouwing zie onderstaande tekst.

Import vanuit Uruguay is vanwege het potentiële capaciteit interessant, echter de prijs van de biobrandstoffen op de kade van Rotterdam is ca. 2 keer zo hoog dan die voor import uit Estland. Dit komt voornamelijk door de hoge transportkosten over zee. Om de kosten van zeetransport te minimaliseren verdient het aanbeveling de energie-inhoud van de biobrandstoffen voor transport over zee te concentreren. Dit kan bijvoorbeeld door er houtskool of olie van te maken via langzame dan wel snelle pyrolyse (of HTU), in combinatie met WKK-productie in het land van herkomst. In dit kader hebben KEMA en BTG voor import van hout uit Estland de volgende opties nader geanalyseerd [23]: 1) houkap in Estland en transport van stammen naar Nederland (zie tabel 2.5), 2) houtkap en chippen in Estland en transport van chips naar Nederland (zie tabel 2.5), 3) houtkap en langzame pyrolyse (carbonisatie) in Estland en transport van gemalen houtskool naar Nederland en 4) houtkap en snelle pyrolyse in Estland en transport van olie naar Nederland.

De prijs voor genoemde biobrandstoffen op de kade in R/dam, inclusief overslag, bedragen [23]:

- Stammen: 6,4 – 11,0 fl/GJth (binnenlandse productie/overslag: 3,2 – 5,8, zeetransport: 2,1 – 4,2, overslag R'dam: 1,1).
- Chips: 6,5 – 12,1 fl/GJth (binnenlandse productie/overslag: 3,8 – 6,9, zeetransport: 1,7 – 4,2, overslag R'dam: 1,1).
- Houtskool: 8,0 – 13,0 fl/GJth (binnenlandse productie/overslag: 7,1 – 12,2, zeetransport: 0,7, overslag R'dam: 0,2).
- Pyrolyse olie: 13,7 – 26,1 fl/GJth (binnenlandse productie/overslag: 13,0 – 25,5, zeetransport: 0,6, overslag R'dam: 0,1).

Bij import van hout naar Nederland dient rekening te worden gehouden met de geldende fyto-santiare bepalingen. Dit houdt in dat import van onbewerkte houtstammen (incl. bast) niet is toegestaan; import van chips en pellets mag wel [24].

Houtkap en carbonisatie (houtskoolproductie)

In 1996 bestonden er nog geen houtskoolcentrales in Estland. Als potentieel interessant werden de volgende locaties geïdentificeerd: houtskoolproductie bij meerdere stadsverwarmingscentrales (relatief kleine schaal, carbonisatie-installaties beschikbaar, kleinschaligheid -> relatief hoge productiekosten, interesse vanuit lokale markt) en bij de nationale elektriciteitsproducent Eesti Energia (grotere schaal -> potentieel lagere productiekosten, carbonisatie-installaties dienen te worden opgeschaald, interesse e-bedrijf gering). De huidige situatie (2000) is dat BTG zich op deze markt heeft begeven en zorgdraagt voor decentrale houtskool/WKK-productie in Estland, waarbij de houtskool voor mee-/bijstookdoeleinden naar Nederland wordt geëxporteerd.

Houtkap en snelle pyrolyse (olieproductie)

De grootschalige productie van pyrolyse-olie werd in 1996 als niet haalbaar ingeschat vanwege o.a. de status van de technologie en de geraamde productiekosten. Er is thans (2000) geen reden om aan te nemen dat deze situatie sterk is veranderd.

Vergeleken met de prijs van binnenlandse energieteelten in Nederland (4,0 – 15 fl/GJth) is de prijs voor biomassa import over het algemeen lager. De prijs voor geïmporteerde houtskool uit Estland (8,0 – 13,0 fl/GJth) is weliswaar min of meer gelijk aan die van binnenlandse teelt; echter, de houtskool heeft reeds een voorbewerking ondergaan waardoor de verwerkingskosten “downstream” lager zullen zijn dan die van “ruw” binnenlands teeltmateriaal.

Importmogelijkheden uit Rusland

De importmogelijkheden van houtresiduen uit Rusland is door BTG middels een “Quick-Scan” nader geanalyseerd [23]. Met name het gebied rond St. Petersburg (Leningrad Oblast) bleek hiervoor interessant te zijn (bosoppervlak van ca. 50%, oftewel 6,5 Mha (2/3 naaldhout) en ligging aan de Baltische zee). In 1998 bleek reeds ca. 1-2 Mm³ aan houtresiduen beschikbaar te zijn voor export. De infrastructuur ter plaatse laat vooralsnog echter te wensen over.

2.4.4 Huidige initiatieven

In Estland stonden in 1998 reeds twee initiatieven op stapel m.b.t. de productie van houtpellets voor exportdoeleinden, te weten [24]:

- Een pelletfabriek met een capaciteit van 40.000 ton/jaar, fabrikant: Mets & Puu (Zweden), interesse in lange-termijn contract met Nederland, indicatie prijs op kade R'dam: 12-13 fl GJth.
- Een pelletfabriek met een capaciteit van 30.000 ton/jaar, fabrikant: Sylvester (Estland), interesse voor lange-termijn contract met Nederland, aanvang bouw van de plant: 1998.

Verder heeft het Estlands bedrijf Viisnuk/ENER (producent langlaufski's/meubels) eind 1997 besloten om een demonstratieproject te realiseren voor de productie van houtskool in combinatie met WKK-productie [24]. BTG is naar alle waarschijnlijkheid betrokken bij dit initiatief. Tenslotte is er een bedrijf Ekoblok/Green Coal opgericht, voor de wereldwijde import van houtskool naar Nederland.

2.5 Discussie

In de DE-doelstelling van de Nederlandse overheid, zoals geformuleerd in de Derde Energie Nota (1996), dient in 2020 10% (288 PJ_{th}) van de totale energie-inzet duurzaam te geschieden. In genoemde beleidsdoelstelling wordt een belangrijke rol toebedeeld aan energie-opwekking met biomassa en afval, respectievelijk: 75 en 45 PJ_{th} vermeden fossiele brandstof-inzet (PJ_{th, vfb}). Door een heroverweging m.b.t. het begrip duurzaam (1999), wordt energieproductie uit de kunststoffractie van het huishoudelijk afval (ca. 22,5 PJ_{th}), alsmede energie-opwekking m.b.v. industriële warmtepompen (ca. 33 PJ_{th}), niet meer als duurzaam geclassificeerd. Dit houdt in dat ca. 20% van de DE-doelstelling voor 2020 middels de inzet van andere bronnen moet worden gerealiseerd. Om de oorspronkelijke 2020 doelstelling voor DE-productie uit (huishoudelijk) afval (45 PJ_{th, vfb}) ook na de nieuwe classificatie te benaderen, dient de totale inzet van afval voor energievoorzieningsdoeleinden te worden vergroot. Dit houdt o.a. in dat stort van afvalstromen dient te worden geminimaliseerd. Om de oorspronkelijke 2020 doelstelling voor DE-productie uit warmtepompen (65 PJ_{th, vfb}) te benaderen, dient het warmtepomp gebruik in de utiliteit en de huishoudens te worden gemaximaliseerd. De verwachting is echter dat geschetst probleem – het “gat” in de DE-doelstelling voor 2020 van 55,5 PJ_{th, vfb} – t.g.v. de nieuwe DE-classificatie, slechts gedeeltelijk kan worden opgevuld middels genoemde alternatieven. Indien we aannemen dat 50% van het “gat” kan worden gevuld met genoemde maatregelen, dan resteert er nog een “gat” in de DE-doelstelling voor 2020 van ca. 28 PJ_{th, vfb}. Gezien het ontwikkelingsperspectief en de toepasbaarheid van DE-bronnen in de Nederlandse situatie, is het niet onwaarschijnlijk dat het resterende “gat” zal moeten worden gecompenseerd door de inzet van biomassa voor energievoorziening te vergroten. Er dient derhalve rekening te worden gehouden met een additioneel benodigde biomassa-inzet van ca. 28 PJ_{th, vfb}, oftewel ca. 37 PJ_{th} biomassa (2,1 Mt d.s.). *De totaal potentieel benodigde biomassa-inzet in 2020 bedraagt, onder genoemde veronderstellingen, ca. 135 – 140 PJ_{th}, oftewel ca. 7,5 – 8,0 Mt d.s..*

Om (deels) in de biomassa-behoefte te voorzien dient de inzet van binnenlands geproduceerde organische reststromen voor energiedoeleinden te worden gemaximaliseerd. Een eventueel toekomstig tekort aan biomassa kan worden aangevuld middels binnenlandse teelt, dan wel import van organische reststromen/energiegewassen van binnen en buiten de EU.

In 1999 zijn een tweetal studies uitgevoerd (BIO-MASSTERCLASS [CEA] en de ABC-studie [TNO-MEP et al.] naar de huidige beschikbaarheid van organische reststromen in Nederland en de contracteerbaarheid voor energiedoeleinden. Een vereenvoudigd overzicht van de resultaten van deze studies wordt weergegeven in tabel 2.6.

In de ABC-studie is middels een scenariomethodiek tevens een inschatting gemaakt van de potentiële beschikbaarheid van biobrandstoffen voor de Nederlandse energievoorziening, inclusief import uit de EU, in 2020 (zie tabel 2.3).

Indien we het beschikbare biomassa-potentieel voor 2020 (121 PJ_{th}) vergelijken met de totaal potentieel benodigde biomassa-inzet in 2020 (ca. 135 – 140 PJ_{th}), dan blijkt dat inzet van potentieel beschikbare binnenlandse organische reststromen en (geringe) import vanuit de EU niet afdoende is om in de biomassa-behoefte van 2020 te voorzien. *Het potentiële tekort (14 – 19 PJ_{th}) dient te worden aangevuld middels binnenlandse teelt van energiegewassen en/of een verdergaande import van energiegewassen vanuit de EU en de rest van de wereld.*

Tabel 2.6 *Huidige beschikbaarheid organische reststromen en de contracteerbaarheid voor energiedoelinden.*

Brandstof (codering)	BIO-MASSTERCLASS			ABC-studie	Prijsindicatie
	Totale beschikbaarheid [PJth]	KT-Beschikbaarheid [PJth]	Contracteerbaarheid [PJth]	Beschikbaarheid Ned. + uit de EU [PJth]	[fl/ton d.b.]
Hout (100)	62	24	19	14,9 + 2,5 = 17,4	-200 - +200
Gras en stro (200)	18	12	3	5,1 + 19,7 = 24,8	-80 - +200
Mest (300)	96	6	2	10,0 + 0 = 10,0	-30 - 0
Slib (400)	19	6	5	0,9 + 0 = 0,9	-120 - -40
Reststr. VGI (500)	101	9	3	6,1 + 0 = 6,1	-180 - 0
“GFT” (600)	10	0	0	1,3 + 0 = 1,3	-110 - -60
Overig (700)	7	6	2	0,2 + 0 = 0,2	-60 - -10
Samengestelde afvalstromen (800)	-	-	-	44,1 + 0 = 44,1	-150 - -50
Totalen	313	63	34	82,6 + 22,2 = 104,8	-200 - +200

Indien we het verschil in vraag en aanbod volledig willen compenseren door binnenlandse teelt, dan is hiervoor ca. 62.000 – 85.000 ha aan landoppervlak vereist (aannamen: 18 MJ/kg d.s., 12,5 ton d.s./ha.jr). Inclusief de 6 PJ_{th} aan binnenlandse teelt die reeds in de verwachte beschikbaarheid van biomassa voor 2020 (121 PJ_{th}) was voorzien, resulteert dit in *een totaal binnenlands benodigd teeltoppervlak van ca. 90.000 – 110.000 ha*. Teelt van energiegewassen kan in Nederland op twee manieren plaatsvinden, te weten: 1) teelt op cultuurgronden in de land-/akkerbouwsector en 2) combinatieteelt (teelt in combinatie met andere landgebruiksfuncties). In beide gevallen kan gebruik worden gemaakt van de teelt van monoculturen of de teelt van multifunctionele gewassen (slechts een deel van het gewas wordt aangewend voor energiedoelinden). Combinatieteelt van multifunctionele gewassen lijkt voor een dichtbevolkt land als Nederland (hoge grondprijzen) het meest interessante alternatief. *De prijzen voor binnenlands geteelde biobrandstoffen liggen vooralsnog in de range van 5 tot 15 fl/GJ_{th}*. Naast genoemde alternatieven kan de teelt van micro-algen interessant zijn. Dit type teelt kan plaatsvinden in combinatie met andere toepassingen, zoals CO₂-verwijdering uit rookgassen en afvalwaterzuivering.

Een alternatief voor de relatief dure binnenlandse teelt van energiegewassen zou import van dit type gewassen van binnen en buiten de EU kunnen zijn. BTG heeft in het verleden (1995, 1996, 1998) geanalyseerd wat de mogelijkheden voor import uit Letland en Uruguay zijn. In Letland bleek voor de korte-termijn jaarlijks ca. 2,7 PJ_{th} aan organische reststromen voor export beschikbaar te zijn. Voor de langere termijn werd ingeschat dat jaarlijks ca. 16 PJ_{th} teelt uit duurzame bosbouw beschikbaar kan komen voor exportdoelinden. Voor Uruguay werd een potentieel exportpotentieel van duurzame bosbouwproducten naar Nederland ingeschat van ca. 26 – 31 PJ_{th} per jaar. *De prijs van de geïmporteerde biomassa-brandstoffen uit Letland op de kade van Rotterdam bedragen: 6,5 – 12,0 fl/GJ_{th} voor stammen en chips, 8,0 – 13,0 fl/GJ_{th} voor houtskool en 14 – 26 fl/GJ_{th} voor pyrolyse-olie*. De prijzen van stammen en chips zijn lager dan die van binnenlandse teelt. De prijzen van houtskool zijn van dezelfde orde grootte als binnenlandse teelt. Wel moet worden bedacht houtskool reeds een voorbehandeling heeft ondergaan, waardoor “downstream processing” wordt vereenvoudigd. De prijs voor biobrandstoffen uit Uruguay ligt beduidend hoger, daar hier het transport per schip een behoorlijke prijsstijging veroorzaakt (oplossing: energieverdichting -> carbonisatie, HTU

Samengevat kan worden gesteld dat om aan de DE-doelstelling van 2020 te voldoen, de inzet van biomassa in de toekomstige energievoorziening sterk moet worden vergroot. Om in de benodigde biobrandstoffen te voorzien dient de inzet van binnenlandse organische reststromen in de energie-voorziening te worden gemaximaliseerd. Tevens dienen de mogelijkheden van import van energie-gewassen (inclusief houtskool en bio-olie) ten volste te worden benut en dient binnenlandse teelt van multifunctionele gewassen in de vorm van combinatieteelt te worden aangemoedigd.

3. IDENTIFICATIE/SPECIFICATIE OVERIGE KRITISCHE SUCCEFACTOREN BIOMASSACONVERSIESYSTEMEN

3.1 Introductie

Behalve de in hoofdstuk 2. genoemde beschikbaarheid/contracteerbaarheid van biomassa, zijn er nog een aantal factoren geïdentificeerd die als kritisch kunnen worden geclassificeerd voor de succesvolle introductie van biomassaconversiesystemen in de Nederlandse energievoorziening. Uitgezonderd de huidige status van de techniek, het ontwikkelingspotentieel en de milieutechnische- en financieel-economische haalbaarheid van specifieke biomassaconversiesystemen, die in hoofdstuk 4. worden behandeld, zijn de overige factoren allen beleidsgerelateerd.

De winning van energie uit biomassa is derhalve sterk afhankelijk van het gevoerde beleid. Als er van overheidswege geen interesse zou zijn voor deze vorm van energiewinning zouden er waarschijnlijk nauwelijks projecten van de grond komen; immers er zijn maar weinig toepassingen waarbij biomassa goedkoper is dan fossiele brandstoffen. De huidige aandacht voor energiewinning uit biomassa kan dus als een direct resultaat worden gezien van beleidsinspanningen in het kader van de bevordering van duurzame energie en de reductie van de emissies van broeikasgassen. In dit hoofdstuk gaat het om de vraag welk beleid biomassa stimuleert maar ook welk beleid remmend werkt of heeft gewerkt op de ontwikkeling van energiewinning uit biomassa. Hiervoor zal eerst een korte schets worden gegeven van het biomassa gerelateerde beleid, waarna de knelpunten aan de orden zullen komen. De volgende beleidsterreinen zijn nader beschouwd:

- Het Nederlandse energiebeleid (= stimulerend), met o.a. het duurzame energiebeleid en het klimaatbeleid.
- Het Nederlandse milieubeleid (= regulerend), met o.a. het afvalbeleid en het emissiebeleid.
- Het Nederlandse landbouw- en natuurbeheerbeleid (= flankerend).

3.2 Nederlandse energiebeleid

3.2.1 DE-beleid

Het beleid is erop gericht om het huidige aandeel van hernieuwbare bronnen aan de Nederlandse energievoorziening (ca. 1,1% (1998) vnl. afvalverbranding en windenergie [1]) te vergroten tot 10% (288 PJ_{th}/jr) in 2020 [1,2]. Toename van de inzet van biomassa in de Nederlandse energievoorziening, met een potentiële bijdrage van 26% (75 PJ_{th}/jr) aan de beleidsdoelstelling voor 2020, is één van de belangrijkste peilers waarop het Nederlandse duurzame energiebeleid is gebaseerd.

Het duurzame energiebeleid is uitgewerkt in een aantal stimulerings- en subsidieregelingen. Deze zijn bedoeld om het niet rendabele deel van de kosten van duurzame energie te dragen. De meeste regelingen lijken goed te werken en geven weinig problemen bij de implementatie van biomassaprojecten. Een analyse van subsidie-instrumenten van PWC laat zien dat in sommige gevallen tot 80% van de kosten gesubsidieerd kan worden door Nederlandse en Europese regelingen [25]. De meeste stimulerings- en subsidieregelingen gelden niet voor afvalverwerking omdat afvalverwerking niet gestimuleerd hoeft te worden. Als een regeling wel van toepassing is op afvalverwerking dan zal dat expliciet worden aangegeven.

Financiële maatregelen

Financiële maatregelen zijn een absolute noodzaak om biomassaprojecten van de grond te krijgen. De installaties die noodzakelijk zijn voor het verstoken van biomassa zijn vaak duurder dan installaties van gelijke grote voor gas of olie.

Om toch tot een introductie van biomassa (en andere duurzame energieprojecten) in Nederland te komen zijn er twee financiële maatregelen gecreëerd, de Energie InvesteringsAftrek (EIA) en de Vervroegde Afschrijving Milieu-investeringen (Vamil). Financiële maatregelen die indirect duurzame energie stimuleren zijn de regeling Groen Beleggen, het Milieu Actie Plan (MAP) en de Regulerende Energie Belasting (REB).

De EIA is bedoeld om investeringen in energiebesparing en de inzet van duurzame energie door het Nederlandse bedrijfsleven te stimuleren. Minimaal 40% van de investeringskosten (met een maximum van 200 miljoen) van deze bedrijfsmiddelen is aftrekbaar van de fiscale winst. Dit is de enige regeling die ook voor afvalverwerking geldt.

De Vamil geldt voor bedrijven die vennootschapsbelasting betalen en komt overeen met een korting op de investeringen van circa 5%. Beide regelingen zijn niet bruikbaar bij investeringen in het buitenland. Deze regeling kan worden gecombineerd met de EIA. Biomassa technieken die onder deze regeling vallen zijn: voorberekingsinstallaties, vergassers, biogasbenutting en stortgaswinning.

De regeling Groen Beleggen geldt voor beleggingen in duurzame energieprojecten. Hierbij geldt een fiscaal voordeel voor de winst die met deze beleggingen wordt behaald.

De Energiedistributiebedrijven hebben in de jaren 90 een Milieu Actie Plan (MAP) opgezet met als één van de doelstellingen het stimuleren van duurzame energie [MAP2000, EnergieNed, Arnhem, 1997]. Met het ministerie van Economische Zaken is een set van afspraken gemaakt om in het jaar 2000 2,7 mln ton CO₂ te reduceren door de invoering van duurzame energie, waaronder biomassa (ongeveer 22 PJ). Het MAP is ingebed in de wet energiedistributie uit 1997. Deze regeling wordt voornamelijk gefinancierd uit een MAP-heffing die door de energiedistributiebedrijven wordt doorberekend aan de consumenten en heeft een maximum van 2,5%. Aangezien deze regeling in het jaar 2000 stopt zal de toekomstige impact beperkt blijven. Onduidelijk is nog hoe de distributiebedrijven na het aflopen van het MAP verder zullen gaan met de stimulering van duurzame energie.

De Regulerende Energie Belasting (REB) is een losstaande regeling die onderdeel is van het vergroenen van het belastingstelsel. Het is een belangrijk instrument bij de stimulering van duurzaam geproduceerde elektriciteit. De REB wordt geheven op gas en elektriciteit waarbij er een vrijstelling geldt voor duurzaam geproduceerde energie. Hierdoor kan duurzame energie met een hogere kostprijs tegen een beperkt hoger tarief bij de klanten worden aangeboden. Het geldt dat met de REB wordt geïnd, wordt gebruikt voor de bevordering van duurzame energie. Zodoende werkt de REB op twee manieren, het neemt een deel van het prijsverschil tussen groene energie en traditionele energie weg en met het verdiende geld worden andere duurzame energie projecten gestimuleerd. Ook zijn recentelijk REB-gelden gebruikt voor verbeteringen van het rendement van afvalverbrandingsinstallaties. De volgende REB-verhoging wordt door EZ voorgesteld in het energierapport 1999 [26].

Tabel 3.1 *Tarieven REB (in cent/m³ en cent/kWhe, exclusief BTW).*

Verbruik aardgas (m ³)	1998	1999	2000	2001 ¹
0-800	0	0	0	25,67 ²
800-5000	9,53	15,98	20,82	25,67
5000-170.000	9,53	10,44	11,44	12,44
170.000-1 miljoen	0	0,71	1,54	2,37
>1 miljoen	0	0	0	0
Verbruik elektriciteit (kWhe)	1998	1999	2000	2001
0-800	0	0	0	12,11 ²
800-10.000	2,95	4,95	8,2	12,11
10.000-50.000	2,95	3,23	3,54	3,85
50.000-10 miljoen	0	0,22	0,48	0,74
>10 miljoen	0	0	0	0

¹ Voorlopige cijfers.

² Deze verhoging zal worden gecompenseerd via een vast korting op de heffing per aansluiting

3.2.2 Klimaatbeleid

Nederland is in het kader van het Kyoto-protocol uit 1997 een verplichting aangegaan om te komen tot reductie van broeikasgasemissies. In de recent uitgebrachte uitvoeringsnota is op twee plaatsen aandacht voor biomassa.

Eén van de belangrijkste maatregelen in het pakket is de vermindering van de (CO₂) emissies van de kolencentrales. Dit kan of door over te schakelen op gas (heeft een aanzienlijk lagere emissie per energie-eenheid) of door biomassa mee/bij te stoken [27]. Als instrument wordt gekozen voor een vrijwillige afspraak met de kolencentrales waarbij zij beloven om in 2008 op het CO₂-emissioniveau van een gasgestookte centrale te zitten. De keuze tussen overschakeling op gas of biomassa bijstook ligt dan bij de centrales. Er wordt geschat dat er circa 6 Mton CO₂-emissie kan worden gereduceerd. Er bestaat veel verzet bij de productiesector tegen deze maatregel, vanwege de hoge kosten die eraan verbonden zijn. Een terecht punt van kritiek is verder het feit dat het tekort dat door de sluiting van de kolencentrales ontstaat waarschijnlijk opgevangen zal worden door import uit landen die kolen, bruinkool en kernenergie gebruiken. Binnen het gehele pakket maatregelen in kader van het klimaatbeleid is deze omschakeling een van de onzekere factoren [28]. Ook duurzame energie wordt genoemd in de nota. Genoemde maatregelen in de nota zijn vooral financieel namelijk EIA, Vamil, stimulering groen beleggen en de REB. Verder heeft VROM aparte gelden vrijgemaakt om tot CO₂ reductie te komen, het zogenaamde CO₂ reductieplan. Dit kan worden gezien als een extra financiële voorziening waar ook biomassa projecten van kunnen profiteren aangezien deze ook bijdragen aan de afname van de emissie van broeikasgassen.

3.3 Nederlandse milieubeleid

Knelpunten komen meestal niet voort uit de vele stimuleringsmaatregelen, maar uit het feit dat biomassaprojecten moeten worden ingepast in andere aanwezige kaders. Twee regelingen spelen daarbij een belangrijke rol. Dit zijn het afvalbeleid en het emissiebeleid. Beide zullen hier kort worden toegelicht.

3.3.1 Afvalbeleid

Zwaartepunt van het Nederlandse afvalbeleid ligt bij preventie, hetgeen voortkomt uit de enorme toename van de afvalproductie de afgelopen decennia. Ontstaan van afval moet worden voorkomen en als het toch vrijkomt moet er zoveel mogelijk worden gestreefd naar hergebruik. In de Wet Milieubeheer staat de voorkeursvolgorde voor verwijdering van afvalstoffen, n.l. de zogenaamde Ladder van Lansink.

Tabel 3.2 *Preferentie bij de verwerking van afval, de Ladder van Lansink.*

Beste optie	Preventie
	Producthergebruik
	Materiaalhergebruik
	Nuttige toepassing
	Verwijdering met omzetting in energie
	Verwijdering op andere wijze
Slechtste optie	Storten

Preventie staat bovenaan en storten onderaan. De doelstelling is om elke afvalstroom zo hoog mogelijk op de ladder te verwerken. Een maatregel die in het kader van deze opzet is genomen is het verplichten van gemeentes tot het gescheiden inzamelen van GFT-afval, zodat GFT nog gebruikt kan worden als compost (dus nuttige toepassing in plaats van omzetting in energie). Ook is in 1995 het stortverbod ingesteld, dat het storten verbiedt als er mogelijkheid tot verbranden of hergebruik bestaat. Het beleid is voor een groot gedeelte gedecentraliseerd.

Planning van verwerkingscapaciteiten is bijvoorbeeld een aangelegenheid van de provincies. Er kunnen vraagtekens worden gezet bij het te rigide toepassen van de ladder van Lansink. Als het recyclen van afvalhout veel moeite kost is het de vraag of het niet beter gecontroleerd geconverteerd kan worden voor energiegebruik en vers hout inzetten voor nieuwe materialen. In het geval er wordt overwogen om (schoon) hout te gaan telen voor energiedoelinden (zie par. 2.3) moet dit zeker in de analyse meegenomen worden.

Voor het verwerken van afval is een speciale vergunning nodig, deze wordt verstrekt door de provincies. Hetzelfde geldt voor de milieueffectrapportage (MER) die in dat geval nodig is en de uitgebreide milieuvergunning. Voor provincie overstijgende problemen is het Afval Overleg Orgaan (AOO) opgericht. Het AOO verzorgt het tienjarenplan van de afvalsector.

Voor toekomstige ontwikkelingen op de afvalmarkt zal veel afhangen van Europese ontwikkelingen. De trend lijkt te zijn om een beleid dat erg veel lijkt op het Nederlandse in de gehele EU op te zetten. Het probleem zit hierbij vooral bij de (vooral zuid Europese) landen die nog weinig ervaring met gecontroleerde afvalverwerking hebben.

In die gevallen dat het afval niet hergebruikt kan worden is het afvalbeleid er op gericht zoveel mogelijk energie uit het afval terug te winnen. Het zou dus eigenlijk niet uit hoeven maken of je nu biomassa of afval wil verwerken, immers wat telt is het rendement wat wordt gehaald.

In het actieprogramma Duurzame Energie in Opmars van EZ [2] is afvalverbranding voor 100% als duurzaam meegenomen. Afvalverbranding werd echter uitgezonderd van een aantal subsidieregelingen omdat afvalverwerking niet gestimuleerd hoeft te worden, hetgeen weer tot allerlei discussie leidde over de duurzaamheid van afval (zie hfst. 1.). Immers veel projecten zijn een combinatie van biomassa en afvalstromen. Bovendien is voor afvalhout moeilijk te bepalen waar het onder valt. De vraag of afvalverbranding überhaupt wel duurzaam is, is ook meermalen gesteld. Het belangrijkste kenmerk van duurzaam is 'hernieuwbaar' en dit geldt niet voor het niet-organische deel van het afval. In de voortgangsrapportage Duurzame Energie in Uitvoering van EZ [1] wordt voorgesteld om afvalverbranding voor 50% mee te nemen in de duurzame energie monitoring, wat overeen komt met de gemiddelde organische fractie in het afval. Het is nog niet duidelijk of de discussie over wel dan niet afval binnen de DE-doelstelling hiermee kan worden afgerond.

3.3.2 Emissiebeleid

Doordat het gebruik van biomassa voor energietoepassingen gepaard gaat met emissies, moet biomassa voldoen aan emissierichtlijnen. De vraag welke richtlijn van toepassing is op biomassa en de uitvoering van deze richtlijnen door de verschillende overheden is de afgelopen jaren een belangrijke rem geweest op de ontwikkelingen rond biomassa. Volgens de huidige nog geldende regels, zijn er 4 regelingen waar biomassa mee te maken kan krijgen.

1. Het BLA geeft emissie-eisen voor afvalverbrandingsinstallaties (AVI's).
2. Het BEES voor elektriciteitscentrales/energieopwekking.
3. De NeR geldt voor procesemissies. Ook voor installaties met een erg kleine energielevering vallen hieronder. Het onderscheid is hierbij dat het BEES wordt gebruikt voor elektriciteitsopwekking boven 5 MW_{th}. In het geval van het BEES is de provincie bevoegd gezag, in het geval van de NeR de gemeente.
4. De circulaire "optimaliseren eindverwerking van afvalstoffen". Deze brief van de minister van VROM geeft randvoorwaarden voor de eindverwijdering van afvalstoffen buiten de AVI's.

De details van deze regelingen zijn al talloze malen beschreven. Een goed overzicht is te vinden in een EWAB publicatie over dit onderwerp [29]. De circulaire biedt de mogelijkheid om biomassa tot 10% bij te mengen in een conventionele e-centrale. Deze blijft dan onder het BEES vallen met eventueel additionele emissie-eisen. Deze eisen worden gebaseerd op het BLA voor het biomassa deel. Omdat de biomassa-emissies niet te scheiden zijn wordt meestal een combinatie van het BLA en het BEES gebruikt voor de eisen aan deze centrales.

Binnen de NeR is voor een aantal situaties een uitzondering gemaakt voor emissie-eisen. In een circulaire door VROM opgesteld is een viertal installatietypes uitgezonderd, waaronder het verstoken van (eigen) resthout. Hiervoor zijn in deze circulaire aanvullende eisen gesteld. Deze maatregel is ontstaan om in te kunnen spelen op nieuwe ontwikkelingen in de markt. Ervaringen met de NeR leren dat deze in de meeste gevallen conform de regeling wordt toegepast met gebruikmaking van de bijzondere regeling [29]. De problemen ontstaan meestal echter in een eerdere fase als moet worden vastgesteld welke vergunningen nu eigenlijk nodig zijn. Bij de vergunningverlening voor een te bouwen installatie is de provincie vaak het bevoegd gezag. Dit houdt in dat de provincie moet beoordelen onder welke regeling een installatie valt.

Voorbeeld

In het geval van een Bio-energie centrale in Cuijk werd wel een vergunning verleend voor de verbranding van dunningshout en zaagresten, maar niet voor snoeihout. De provincie vond dat snoeihout onder afvalstoffen viel en wilde dus de, strengere, emissienormen conform het BLA opleggen. Vanwege de extra rompslomp die met de status van afvalverwerker gepaard zou gaan (hinderwetvergunning, MER etc.) werd van het verwerken van snoeihout afgezien.

Tot zover lijkt alles goed geregeld. Deze opzet brengt echter een aantal grote problemen met zich mee. Hoewel er dus door de overheid snel ingespeeld is op de veranderingen in de markt blijkt het feit dat de meeste richtlijnen ‘creatief’ moeten worden gebruikt en het feit dat de ‘bijstookcirculaire’ geen juridische grondslag heeft de volgende problemen te geven. [30]:

- De meeste installaties zijn afhankelijk van de manier waarop het bevoegd gezag de regeling interpreteert.
- Het niet-bindend karakter van de circulaire maakt echter dat de provincies zelfstandig kunnen beslissen hoe ze hieraan invulling geven. Zo ontstond de situatie dat er verschillen optraden tussen de verschillende provincies in beleid op dit punt.
- Het gebrek aan juridische grondslag voor de circulaire leidt in het geval van bezwaren tot lange en lastige juridische procedures.
- Bij vuile biomassa wordt vaak teruggegrepen op de afvalverwerkingwetgeving en die is erg strikt. Bij schone biomassa wordt met behulp van de ladder van Lansink via de rechter bedongen dat eerst wordt onderzocht of verwerking tot bijvoorbeeld spaanplaat mogelijk is.
- Veel gemeenten waren niet voorbereid op discussies rond afval en biomassa en missen de know-how en de capaciteit om zich in de materie te verdiepen.

Om de verwarring rond emissierichtlijnen het hoofd te bieden heeft VROM in 1999 een discussie georganiseerd via het internet. Hiervoor werden alle actoren uitgenodigd om mee te denken over de meest gewenste emissierichtlijnen. De uiteindelijke uitkomst neigt naar een classificatie van biomassa (zie par. 2.2.1) waardoor op voorhand duidelijk is welke richtlijn zal gaan gelden. Deze richtlijn moet een wettelijk kader krijgen om zo de onzekerheid rond de huidige circulaire te laten verdwijnen. Na het afsluiten van de discussie in april 1999 heeft VROM een concept-regeling opgesteld [31]. Hierin wordt voorgesteld gelijke eisen te stellen voor schone en vuile biomassa voor NO_x , SO_2 en stofemissies. Vuile biomassa krijgt aanvullende eisen voor metalen, dioxines, HCl, VOS en CO. Hierbij wordt de nieuwe Europese regelgeving overgenomen met uitzondering van de norm voor NO_x . Daarvoor is de Europese norm onvoldoende voor de doelstellingen van het NMP en wordt nu een rendementsafhankelijke norm voorgesteld van 70-133 mg $\text{NO}_x / \text{Nm}^3$ (bij 11% O_2). Hierbij hebben installaties met de laagste rendementen de hoogste normen. Er wordt de meeste prioriteit gegeven aan de grootschalige mogelijkheden van bijstook in kolencentrales.

Het Platform Bio-energie ziet in de plannen een forse drempel voor de verdere ontwikkeling van kleinschalige biomassaprojecten, vanwege de strenge emissie-eisen die daarvoor gaan gelden [32]. Dat de regeling kritisch is voor biomassaprojecten wordt echter door VROM in twijfel getrokken. Deze discussie loopt op dit moment nog. Duidelijk is in ieder geval dat er op de korte-termijn nieuwe eenduidige emissieregelgeving zal komen voor biomassa die voor de gewenste duidelijkheid binnen de sector zal zorgen.

De botsing tussen afval- en energiebeleid die ontstond door de energetische verwerking van schone biomassa is in de eerste jaren van de ontwikkeling de grote bottle-neck geweest voor de ontwikkeling. Nu deze problemen voldoende boven tafel zijn lijkt de weg vrij om biomassa een eigen plaats te geven in het Nederlandse energiebeleid en de Nederlandse emissiewetgeving.

Alle subsidie en stimuleringsregelingen bij elkaar lijken ruim voldoende om biomassaprojecten financieel-economisch te kunnen starten. De grote problemen rond emissierichtlijnen en vergunningen worden voldoende onderkend door het ministerie van VROM en de verwachting is dat nieuwe wetgeving de huidige onduidelijke regels gaat vervangen. Het enig aanwezige risico lijkt nog dat strenge emissie-eisen voor kleinschalige decentrale installaties zullen leiden tot te grote investeringen voor dergelijke installaties en dus tot een verzwakking van de concurrentiekracht. Dit is met name bezwaarlijk vanuit overall energetisch oogpunt, daar door de mogelijkheid van restwarmtebenutting bij juist dit type installaties, de biomassa het meest efficiënt kan worden ingezet.

3.4 Nederlandse landbouw-/natuurbeheerbeleid

De rol van landbouwbeleid lijkt vooral aanwezig bij de ontwikkeling van energieteelt en dat is op dit moment absoluut geen 'hot item' binnen LNV [33]. Een inventarisatie van standpunten binnen het ministerie laat zien dat er zelfs van een eenduidige visie geen sprake is.

Opvallend is ook dat vooral vanuit het natuurbeheer binnen LNV wordt gewerkt aan biomassa. Daardoor is het ook vooral de integratie van teelt binnen andere landschapfuncties die naar voren komt (zie par. 2.3.3). De discussie over teelt staat in Nederland nog duidelijk in de kinderschoenen. Er lijkt op Nederland weinig potentieel voor grootschalige teelt (zie par. 2.3), waardoor het ministerie van landbouw vooralsnog een bescheiden rol speelt.

Binnen de EU speelt het landbouwbeleid wel een belangrijke rol bij de promotie van biomassaprojecten. Landbeschikbaarheid is hierbij een erg belangrijke factor. Er wordt gebruik gemaakt van stimuleringsgeleden voor niet-voedselgewassen voor landbouwers die een deel van hun grond gebruiken voor biomassa. In 1997/1998 werd subsidie verstrekt voor 4 miljoen hectare in de EU, vooral in Spanje, Duitsland en Frankrijk [34]. Voor de continuïteit is echter een regeling nodig die niet afhangt van braakligregelingen, die onder druk van de WTO-onderhandelingen en de uitbreiding van de EU naar het oosten in de nabije toekomst zeker zullen worden aangepast. De rol die biomassa zonder al deze subsidies kan spelen is nog onduidelijk.

3.5 Overige niet-technische knelpunten

Naast een consistent overheidsbeleid zijn er nog een aantal niet technische knelpunten die de ontwikkeling van biomassa kunnen beïnvloeden.

3.5.1 Maatschappelijk draagvlak

Allereerst moet er een maatschappelijk draagvlak worden gecreëerd. Dit lijkt vanzelfsprekend, maar een feit is dat van alle vormen van duurzame energie biomassa het minst duidelijke imago heeft. Dus terwijl afval en biomassa het grootste potentieel hebben en ook verreweg de meeste duurzame energie leveren op dit moment zijn zonnecellen en windturbines toch de enige beeldmerken van duurzame energie. Ook in de informatievoorziening wordt vooral op deze twee vormen van duurzame energie gewezen. Hierdoor heeft een biomassaproject een stuk meer uit te leggen en deze stap wordt nog wel eens overgeslagen. Ook is men vaak erg slecht voorbereid op vragen vanuit de samenleving.

Hierbij spelen onder andere een grote rol [30,35]:

- Het Nederlandse publiek is niet vertrouwd met biomassa als energiebron, en zeker niet als duurzame energiebron.
- De ‘deskundigen’ geven lang niet altijd een eenduidige uitleg, en zijn het vaak onderling oneens.
- De discussie wat nu eigenlijk precies biomassa is en wat afval. Hierbij moet worden bedacht dat afvalverwerking in de achtertuin weinig enthousiasme ontmoet en deze onduidelijkheid mensen dus wantrouwig maakt (het zg. “not-in-my-backyard” effect).

Deze punten zijn dus al een aantal jaren geleden onderkend en de afgelopen jaren zijn er al verschillende initiatieven geweest om deze knelpunten te verminderen. Binnen Nederland gaat het om de volgende initiatieven: de internetdiscussie van VROM omtrent de nieuwe emissieregelgeving en de oprichting van het Platform Bio-energie. Aan de discussie werd door vele actoren deelgenomen zodat meteen een beeld ontstond van de meningen in het veld. De oprichting van het Platform Bio-energie is een vervolg op een initiatief gestart in Engeland door ETSU [36]. Binnen ETSU is een dialoog met de partijen aangegaan die kritisch tegenover het gebruik van biomassa staan. Het voornaamste doel was om tot een beeld te komen onder welke omstandigheden het gebruik van biomassa voor iedereen aanvaardbaar is en hoe dit beeld naar buiten dient te worden gebracht.

Een eerste resultaat is een Bioguideline, uitgebracht door Bioguide [37] (Engelse evenknie van platform bio-energie) die in februari 1999 is uitgekomen. Dit is een soort algemene richtlijn hoe in West Europa een biomassaproject het best kan worden opgezet met daarbij een overzicht hoever de ontwikkelingen in de verschillende landen zijn.

Verder kan het Platform Bio-energie in Nederland een nuttige bijdrage leveren aan het combineren van de kennis en ervaring die reeds aanwezig is. Zo heeft het platform bijvoorbeeld ook een analyse gemaakt van knelpunten in de implementatie van biomassa en een bijdrage geleverd aan de VROM-discussie over emissie-eisen.

3.5.2 Wat te leren van buitenlandse voorbeelden?

Omdat een aantal andere landen op het gebied van bio-energie een stuk vooroplopen ten opzichte van Nederland zijn er in het buitenland legio voorbeelden te vinden van analyses van problemen rond de maatschappelijke acceptatie van nieuwe biomassaprojecten. [38,39,40].

Het eerste punt is dat biomassa iets heel nieuws is voor het overgrote deel van de Nederlandse bevolking. Elke nieuwe uitvinding of ontwikkeling roept weerstand op. Een analyse van de bekendheid van bio-energie bij de grote massa in Nederland laat zien waarom hierdoor problemen ontstaan. Mensen snappen in eerste instantie niet hoe bio-energie goed voor het milieu kan zijn. Immers het stoken van hout staat al tijden in een kwade reuk vanwege de lucht-emissies die het geeft. Er kan dan heel erg snel een stemming ontstaan die zich tegen een nieuwe installatie keert. Het is essentieel om reeds in een vroeg stadium de verwachte gebruikers of omwonenden bij een project te betrekken. Dit voorkomt dat mensen zich voor voldongen feiten voelen geplaatst. Communicatie lijkt het belangrijkste woord in deze. Teveel nadruk op technische en economische aspecten kan ertoe leiden dat vergeten wordt dat voor het welslagen van een project een positieve houding van gebruikers en omwonenden minstens even belangrijk is. Dit is maar een deel van het verhaal. Immers in sommige landen werken biomassaprojecten juist heel goed samen met de lokale gemeenschap. Daarom is het misschien beter om eerst eens te kijken waarom biomassa projecten het in sommige landen wel doen om vervolgens terug te keren naar de Nederlandse situatie.

De rol die biomassa kan spelen is bondig samengevat in een verklaring uitgegeven door politici uit verschillende Europese landen en het Europees parlement tijdens de biomassaconferentie in Wurzburg in 1999:

The Undersigned MPs (Members of Parliament) consider the development of biomass technologies and the use of biomass for energy and industry as an effective platform for:

- *Creating new promising jobs*
- *Opening up new outlets for the local economy*
- *Producing a favourable environmental impact*
- *Providing help for self-help among countries lagging behind in development.*

Dit zijn precies die punten die voor de meeste successen van biomassa in het buitenland zorgen. In Duitsland waar de werkloosheid hét maatschappelijk probleem is van deze tijd kan met dit argument goed worden gescoord. Veel Duitse projecten wijzen dan ook op het relatief arbeidsintensieve karakter van biomassa. In zowel Zweden, Oostenrijk als de VS worden biomassa projecten vaak lokaal ondersteunt. [40] Veel bezwaren lijken dus overbrugbaar in het geval biomassaprojecten worden geïntegreerd in de lokale ontwikkeling. In Frankrijk en bijvoorbeeld ook het veel aangehaalde ARBRE-project in Engeland zien we dat de ontvolking van het platteland een belangrijk issue is en wordt bij de meeste projecten de rurale ontwikkeling aangehaald. Vooral het creëren van banen in rurale gebieden om de ontvolking tegen te gaan speelt daarbij een belangrijke rol. Het geeft een combinatie van onafhankelijkheid van het platteland dat voor zijn brandstof afhankelijk is van brandstoffen die over lange afstanden getransporteerd moet worden en werkgelegenheid. Voor Zweden en Oostenrijk geldt ook nationaal dat de brandstofvoorziening voor een groot deel van import afhangt en speelt verhoging van de zelfvoorzieningsgraad een grote rol. Ook hier wordt aangehaald dat door biomassatoepassingen de lokale gemeenschap niet langer afhankelijk is van het aankopen van brandstoffen elders.

Genoemde factoren maken het moeilijk om buitenlandse successen in Nederland als voorbeeld te nemen, maar zijn wel een reden om lokale factoren als een belangrijke succesfactor voor biomassaprojecten te benoemen.

Voor Nederland zit er dus weinig in. Alleen de duurzame-energie doelstelling en de klimaatdoelstelling werken biomassa in de hand, maar dat is heel wat anders dan in Duitsland en Frankrijk, waar de discussie raakt aan belangrijke maatschappelijke vraagstukken rond plattelandsontwikkeling en werkgelegenheid. Het lijkt daarom zaak dat het Platform Bio-energie vooral de maatschappelijke inbedding zal gaan versterken.

Voor Nederland is op dit moment vooral de mestverwerking een probleem. Hier moet veel mogelijk zijn, gezien de huidige problemen met de te veel geproduceerde mest. Kansen zijn er ook als de projecten in nauwe samenwerking met landbouworganisaties worden uitgevoerd. Een voorbeeld hiervan is het 'Switch-On' project in Hardenberg, waar men streeft naar een combinatie van biomassateelt met andere (voedsel) gewassen en een integratie van het gebruik van de biomassa met andere lokaal aanwezige activiteiten. [41].

3.5.3 De kosten van biomassa en het effect van de liberalisering van de energiemarkt

De energiemarkt in West Europa is sterk in beweging. De voornaamste verandering die zich de afgelopen jaren heeft voltrokken is een liberalisering van de markt. Dit leidt ertoe dat veel sterker dan voorheen aanbieders van energie moeten concurreren. Hierdoor zullen financiële afwegingen een grotere rol gaan spelen bij de beoordeling van nieuwe projecten. Hierdoor bestaat een risico voor de toekomst van biomassa op een geliberaliseerde energiemarkt. Ten eerste zijn de investeringskosten die moeten worden gemaakt voor een biomassa-installatie vaak een stuk hoger dan voor een kolen- of gas-gestookte centrale van een gelijke omvang. Daarbij komt dan dat een biomassacentrale meer onzekerheden kent met betrekking tot de aanvoer van brandstof.

Binnen een geliberaliseerde markt zullen de energiebedrijven minder snel geneigd zijn om een risicovolle investering te doen. Het animo van de sector om mee te werken aan biomassa-projecten lijkt daardoor beperkt te worden door de liberalisatie.

Een belangrijk onderwerp van discussie de komende 5 jaar zal gaan over de vraag hoe in een geliberaliseerde markt duurzame energie productie kan worden gestimuleerd. Hier ligt dus een serieuze kritische factor voor biomassa.

Veel Europese landen werken aan een systeem waarbij op de een of andere manier een bepaald percentage van de energievoorziening duurzaam moet worden opgewekt. Welke vorm van duurzame energie wordt gekozen wordt dan aan de markt overgelaten. Het ligt daarom binnen de verwachting dat binnen een geliberaliseerde markt biomassa zal moeten gaan concurreren met andere bronnen van duurzame energie. Dit hoeft lang niet altijd in het voordeel van biomassa uit te pakken. In Engeland en Schotland bestaat er een zogenaamd '*bidding system*'. Hierbij wordt een tender uitgeschreven voor een bepaalde hoeveelheid duurzame energie. Bij de toewijzing wordt voornamelijk gekeken wie zo goedkoop mogelijk duurzame energie kan leveren. Over verschillende categorieën verdeeld (zon, wind, biomassa) krijgen dan de producenten die de goedkoopste elektriciteit kunnen leveren een contract. De methode lijkt effectief voor het verlagen van de prijs van duurzame energie maar geeft tegelijk aan hoe kwetsbaar biomassa op de markt van duurzame energie is. Tabel 3.3 geeft de prijzen weer waarvoor duurzame energie in Engeland bij de laatste 3 tenders (NFFO = No Fossil Fuel Obligation) is aangeboden. Hieruit blijkt dat biomassa in Engeland niet in staat is te concurreren met (kleinschalige) waterkracht en zeker niet met wind. In de 1998 ronde was geen biomassa inbegrepen omdat nog geen enkel biomassaproject uit de vorige twee tenders ten uitvoer was gebracht. Vooral windenergie heeft hier geprofiteerd en zit inmiddels op een prijsniveau dat marktconform is.

Tabel 3.3 *Gecontracteerde prijs voor verschillende bronnen van duurzame energie in Engeland binnen de laatste 3 NFFO-tenders.*

(ct/kWh)	NFFO 3 (1994)	NFFO 4 (1997)	NFFO 5 (1998)
Wind	13-19	10-16	8-14
Hydro	14-16	12-14	12-14
Biomassa	16-18	17-18	

Deze verhoudingen hangen natuurlijk sterk af van de lokale omstandigheden. Voor de landen waar nu al ruime ervaring is met biomassa zoals Zweden geldt dat ook binnen een bidding systeem biomassa nog zou worden geïmplementeerd [42]. Voor Nederland lijkt de situatie niet beter dan in Engeland, dus ook hier hoeft een introductie van duurzame energie niet noodzakelijkerwijs te leiden tot de inzet van biomassa.

Een factor die verder nog invloed kan hebben op de toekomst van biomassa is de ontwikkeling van de markt voor duurzame energie en eventuele verschillen in regelgeving tussen de Europese landen. Ruijgrok en Erbrink [43] constateren dat er in de Nederlandse bio-energie wereld verschillend wordt gedacht over de toekomst van duurzame energie en de rol die verschillen in regelgeving tussen Europa en Nederland daar in spelen. Kortweg zijn er twee mogelijkheden voor de ontwikkeling van de liberale energiemarkt:

1. Duurzame energie heeft een toegevoegde waarde. De consument betaald er meer voor maar verwacht dan ook dat er op lokale schaal duurzame energie wordt opgewekt. Niet prijsverschillen maar herkenbaarheid bepalen deze markt. Europese verschillen en internationale handel hebben maar een erg beperkte invloed.
2. Er komt één interne markt voor duurzame energie. Internationale handel zal snel op gang komen wat ook invloed zal hebben op de prijs.

3.5.4 Teelt en import

Voor zover biomassa te maken heeft met het nuttig gebruiken van reststromen is er voldoende draagvlak in de maatschappij aanwezig. Voor teelt ligt dit een stuk moeilijker. Er bestaat veel weerstand tegen het gebruiken van landbouwgrond voor energiegewassen.

- Er is een trend naar extensivering van de landbouw, onder andere ingegeven door de grote belasting door bestrijdingsmiddelen en kunstmest op het milieu. Extensivering leidt ook tot een groter landbeslag en daardoor minder ruimte voor teelt. Door te kiezen voor teelt wordt deze ontwikkeling dus tegengewerkt.
- Teelt vindt voornamelijk plaats op vrijgekomen arme gronden. Die concurreren in Nederland met natuurontwikkeling. Weerstand kan optreden zodra teelt ten koste gaat van het ontwikkelen van natuurgebieden.

Toch blijft in de discussie toch vooral de hoge grondprijs in Nederland spelen. Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat teelt ooit een grote rol kan gaan spelen binnen de Nederlandse energievoorziening (zie par. 2.3).

Over import zijn de meningen sterk verdeeld. Stichting Natuur en Milieu ziet vooralsnog niets in internationale handel van biomassa [44]. Voornaamste argumenten zijn de het grote energieverlies door transport en het stimuleren van houtkap die kan leiden tot het verdwijnen van natuurlijk bos in andere landen. Ook rijst de vraag of het wel zinvol is om biomassa te importeren. In het geval van import uit Oost Europa lijkt het een stuk zinvoller om ter plekke bruinkool te vervangen door hoogwaardige biomassatechnologie, dan het hout te verslepen naar Nederland. Het lijkt dan ook zinvoller om via “Joint Implementation” projecten Nederlandse kennis daar toe te passen dan tot import over te gaan uit bijvoorbeeld Estland of Uruguay (zie par. 2.4). In het laatste geval moet worden bedacht dat er in Zuid-Amerika nog erg veel niet-duurzame houtkap plaats vind. Het lijkt dan ook nauwelijks verantwoord om hout uit deze streken te halen zonder eerst uit te zoeken in hoeverre dit op enige draagvlak kan rekenen. Een tweede argument dat in de discussie over import sterk doorklinkt is de lage energie-dichtheid van biomassa, waardoor het verslepen niet echt aantrekkelijk is (zie par. 2.5).

3.6 Discussie

Er blijken veel kritische factoren aanwezig, waarvan een aantal reeds langer wordt onderkend. Veel factoren zijn ontstaan doordat biomassa niet paste binnen de bekende kaders en op een aantal terreinen problemen ontstonden.

Voor een aantal factoren geldt dat ze inmiddels opgelost zijn, of dat de oplossing reeds in een vergevorderd stadium is. Voor een aantal andere factoren geldt dat de oplossing nog niet in zicht lijkt en dat ze zeker nog een bedreiging vormen voor de implementatie van bioenergieprojecten. Daarnaast zullen een aantal ontwikkelingen die zich op dit moment in de (duurzame) energiemarkt voordoen van invloed zijn op het ontwikkelingspotentieel van biomassa. Onderstaand worden de factoren samengevat:

Kritische factoren met een afnemende invloed:

- Emissiebeleid en afvalbeleid: De discussie lijkt afgerond te kunnen worden met duidelijke regelgeving waardoor op dit punt weinig problemen meer te verwachten zijn. Ook Europese gelijkenschakeling van regelgeving zal leiden tot een betere marktpositie voor biomassa.
- Onbekendheid bij overheden: De rol van biomassa wordt steeds breder onderkend wat ook zijn weerslag heeft op de mogelijkheden om biomassaprojecten te verwezenlijken.
- Onduidelijke terminologie: De laatste jaren is veel energie gestoken in het boven tafel krijgen van eenduidige definities voor biomassa en de duurzaamheid daarvan. Mede door het oprichten van het Platform Bio-energie wordt er door de sector duidelijker naar buiten getreden.

Kritische factoren die in de toekomst een rol kunnen gaan spelen zijn:

- Kan biomassa concurreren met andere duurzame energie op een geliberaliseerde markt?
- Kan Nederland tegen een acceptabele prijs biomassa in het buitenland contracteren op een vrije Europese (duurzame) energiemarkt?
- Kan biomassa voldoende worden uitgelegd voor maatschappelijke acceptatie?
- Is er in het toekomstige Europese landbouwbeleid nog ruimte voor biomassa?

4. LANGE-TERMIJN ONTWIKKELINGSPOTENTIEEL BIOMASSACONVERSIESYSTEMEN

4.1 Introductie

De inzet van biomassa in de Nederlandse energievoorziening zal op de **korte-termijn** vnl. plaatsvinden middels mee-/bijstook in conventionele elektriciteitscentrales (zie tabel 1.2). Ook decentrale inzet van biomassa in bestaande bedrijfsinfrastructuren, op plaatsen waar organische reststromen vrijkomen en er een (proces)warmte-behoefte bestaat, al dan niet in combinatie met de productie van “groene” elektriciteit voor het openbare net, zal naar verwachting op de korte-termijn steeds meer aandacht krijgen. Deze laatste ontwikkeling is sterk afhankelijk van de luchtemissie-eisen die voor dit type installaties worden gedefinieerd. Indien de concept-eisen die VROM voor dit type installaties heeft geponeerd daadwerkelijk worden geïmplementeerd – en dan met name de NO_x-eisen – dan zal dit een sterk remmende werking op de realisatie van dit type installaties veroorzaken. Op de **middelange-termijn** zullen “stand-alone” installaties voor WKK en/of de productie van Groen Gas (SNG), waarbij binnenlands geproduceerde organische reststromen, energiegewassen en geïmporteerde biomassa als brandstoffen worden ingezet, aan importantie winnen. Alvorens het zover is zullen de voor deze toepassingen benodigde technologieën verder moeten worden uitontwikkeld, zodat zij op termijn rendabel kunnen worden ingezet in een geliberaliseerde energiemarkt. Voor de **lange-termijn** zal de inzet van biomassa binnen de energievoorziening meer worden geconcentreerd op de productie van secundaire energiedragers, voor de uiteindelijke productie van transportbrandstoffen en grondstoffen voor de chemische industrie. Ook de realisatie van z.g. polygeneratiecentrales, waar WKK wordt geïntegreerd met de productie van een variëteit aan secundaire energiedragers, zal naar verwachting op de lange-termijn worden gerealiseerd.

Een overzicht van de grote variëteit aan biomassaconversietechnieken die thans of in de (nabije) toekomst kunnen worden ingezet voor de productie van een scala aan producten wordt weergegeven in tabel 4.1. In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op die technieken die op de korte-termijn geïmplementeerd kunnen worden, te weten: mee-/bijstook van biomassa in conventionele steenkool- en aardgas-gestookte elektriciteitscentrales, verbranding van biomassa voor de productie van warmte en/of elektriciteit, vergassing van biomassa voor de productie van warmte en/of elektriciteit en vergisting van biomassa voor de productie van warmte en/of elektriciteit of “upgrading” tot “groen gas”.

4.2 Mee-/bijstookconcepten in conventionele kolencentrales en aardgas/STEG's

Vanwege de importantie van deze concepten voor de inzet van biomassa in de Nederlandse energievoorziening voor de korte-termijn is, in overleg met Novem, besloten de mogelijkheden van deze concepten, middels de definitie van een additioneel project (Novem: 355299/3070, ECN: 7.2887), uitgebreid te analyseren. De resultaten van dit project worden thans vastgelegd en zullen in het tweede kwartaal van 2000 als EWAB-rapport worden gepubliceerd. De concepten die in dit project worden geanalyseerd zijn: 1) directe meestook van biomassa, 2) indirecte meestook van biomassa (separate verpoedering, voeding en verbranding), 3) bijstook van biomassa middels separate vergassing, 4) bijstook van biomassa middels separate langzame pyrolyse (carbonisatie), 5) bijstook van biomassa middels separate HTU en 6) bijstook van biomassa middels separate verbranding in combinatie met stoomzijdige integratie. Zowel het milieutechnisch- als financieel-economisch potentieel voor mee-/bijstook in de 7 Nederlandse steenkoolverbrandingscentrales, in de KV-STEG te Buggenum en de meest relevante aardgas-gestookte STEG-installaties wordt geanalyseerd. Sommatie van de resultaten levert een overzicht van het totale mee-/bijstook potentieel van biomassa in Nederland.

Tabel 4.1: *Overzicht biomassaconversietechnieken.*

Thermo-chemische conversietechnieken				
Techniek	Beschrijving	Hoofdproduct	Toepassing	Eindproduct
1. Verbranding	Biomassa + overmaat zuurstof	Rookgas	Stoom-cyclus Bijstook fb	E/w/e+w E/w/e+w
2. Vergassing	Biomassa + ondermaat zuurstof (incl. directe/indirecte liquefactie)	Stookgas Synthesegas	Verbranding Conditionering	E/w/e+w Gave
3. Hydrovergassing	Biomassaconversie in syngas (> 50 mol% CH ₄) m.b.v. externe H ₂	Synthesegas	Methanisering	SNG
4. HydroCarb	Biomassa hydrolyse gevolgd door thermische ontleding CH ₄	C(s)/H ₂ (g)	Bijstook fb Verbranding	E/w/e+w
5. Pyrolyse	Biomassaverhitting zonder zuurstof (incl. flash-pyrolyse/carbonisatie)	Olie Char	Verbranding Bijstook fb	E/w/e+w E/w/e+w
6. HTU	Biomassaverweking in water bij Hoge p,T	"Biocrude"	Verbranding Conditionering	E/w/e+w Gave
Bio-chemische conversietechnieken				
Techniek	Beschrijving	Tussenproduct	Toepassing	Eindproduct
7. Vergisting	Anaerobe conversie biomassa m.b.v. micro-organismen	Biogas/stortgas/ rioolgas	Verbranding Conditionering	E/w/e+w SNG
		Org.restfractie		Compost subst./landb.
8. Compostering	Aerobe conversie biomassa m.b.v. micro-organismen	Compost		Compost
9. Fermentatie	Anaerobe conversie biomassa m.b.v. micro-organismen	Ethanol	Dir.bijmenging Ind.bijm. ETBE	Ve Ve
		Org. restfractie		Comp./landb.
10. Micro-biol. Conversie	Conversie van biomassa m.b.v. micro-organismen	H ₂		H ₂
Fysisch-mechanische conversietechnieken				
Techniek	Beschrijving	Tussenproduct	Toepassing	Eindproduct
11. Extractie + verestering	Mechanisch persen of extractie biomassa + verestering	Biodiesel		Ve
		Glycerine		Glycerine
Gecombineerde conversietechnieken				
Techniek	Beschrijving	Tussenproduct	Toepassing	Eindproduct
12. Meestook	Directe/indirecte meestook van biomassa in kolengestookte centrales	Rook-/stookgas	Stoom-cyclus	e+w
13. Bijstook	Bijstook van biomassa in kolen-/gas-gestookte centrales (separate vergassing, pyrolyse, HTU, verbranding /stoom-zijdige integratie)	Rook-/stookgas	Stoom-cyclus	e+w
14. Polygeneratie	Geïntegreerde productie van e+w met secundaire energiedragers	Stookgas, methanol, diesel, benzine, ethanol, SNG, etc.	Stoom-cyclus (Transport) brandstof, grondstof	Gave/e/w/e+w
Overige conversietechnieken				
Techniek	Beschrijving	Tussenproduct	Toepassing	Eindproduct
15. Plasmascheiding	Biomassa-ontleding middels plasma-Scheiding (CB&H proces, Kvaerner)	CxHy + H ₂		H ₂ C

Legenda:

e: elektriciteit

w: warmte

e+w: elektriciteit + warmte (WKK)

Gave: gasvormige- en/of vloeibare energiedragers (transportbrandstoffen)

Ve: vloeibare energiedragers (transportbrandstoffen)

SNG: Substitute Natural Gas (groen gas)

CB&H proces: Carbon Black & Hydrogen

4.3 Verbranding van biomassa voor de productie van warmte en/of elektriciteit

Verbranding is de thermische conversie van vaste of vloeibare brandstoffen met overmaat lucht in CO₂ en H₂O. De hierbij geproduceerde warmte wordt toegepast voor ruimteverwarming, opwekking van processtoom of elektriciteit (stoomturbine/stoommotor). Verbranding is de technologie die het meest wordt toegepast, het langste ontwikkelingstraject heeft doorgemaakt en waarmee (dus) vooralsnog de meeste ervaring is opgedaan. Het aantal commerciële aanbieders van verbrandingssystemen is daarom veel groter in vergelijking met bijvoorbeeld vergassings- of pyrolyse installaties. In de gevormde rookgassen kunnen zich verontreinigingen bevinden. Stikstof, zwavel en chloorverbindingen in de brandstof zijn deels terug te vinden als resp. NO_x, SO₂ en HCl. Naast de brandstof NO_x wordt bij hogere verbrandingstemperaturen ook zgn. thermische NO_x gevormd uit N₂ en O₂. Bij onvolledige verbranding bevat het rookgas CO en koolwaterstoffen. Stof, en onder specifieke omstandigheden dioxines, kan ook in de rookgassen voorkomen. Eén van de manieren om de hoeveelheden verontreinigingen te beperken is getrapte verbranding toe te passen.

4.3.1 Indeling verbrandingstechnieken

Er bestaan een groot aantal verbrandingstechnieken, die vrijwel allemaal commercieel aangeboden worden. Het type verbrandingsinstallatie dat in een bepaalde situatie geselecteerd wordt is afhankelijk van de schaalgrootte, het type brandstof, deeltjesgrootte en vochtgehalte van de brandstof en het gewenste eindproduct (warmte, stoom en/of elektriciteit). Verbrandingsinstallaties variëren van zeer klein (ruimteverwarming op huisniveau: 15 kWth) tot zeer groot (elektriciteitsproductie: honderden MWth). Het onderscheid tussen de verschillende typen verbrandingsprocessen en de variaties op een bepaald verbrandingsproces maakt een duidelijk omlijnde indeling niet altijd mogelijk. Vaak zijn combinaties van procesprincipes toegepast met name voor de kleinere verbrandingsovens.

4.3.1.1 Houtkachels

Houtkachels worden gebruikt voor ruimteverwarming in huizen, boerderijen en andere bedrijven. Er zijn handmatig en automatisch gestookte kachels. De handmatige worden met houtblokken of houtbriketten gestookt, terwijl de automatisch gestookte kachels met chips of pellets worden gevoed. De kleinste commercieel verkrijgbare kachels hebben een capaciteit van ca. 15 kWth en verbruiken op vollast ca. 3,5 kg hout/uur. Veel kleinschalige houtverbrandingsinstallaties verdelen de verbrandingslucht in primaire, secundaire en soms tertiaire lucht, teneinde de emissies te beperken en een goede koolstofconversie te bewerkstelligen. De investeringskosten zijn afhankelijk van de capaciteit; de gerapporteerde gegevens zijn gemiddelden van de aangeboden capaciteitsrange. Voor bijv. Froling F H – E zijn de minimum en maximum investeringskosten fl. 265/kWth en fl. 611/kWth voor resp. 50 kWth en 15 kWth. Deze kosten zijn exclusief de inpassing van kachels in het CV-systeem. Een nieuwe ontwikkeling is de zgn. micro-warmte kracht, waarbij de warmte van de rookgassen wordt gebruikt voor de aandrijving van een Stirling motor. Een probleem bij de toepassing van deze kleine houtkachels kunnen de emissies zijn. Ofschoon momenteel nog geen emissie regelgeving wordt gehanteerd voor kleine houtkachels is een voorstel door VROM opgesteld voor verandering van de regelgeving. Het is niet duidelijk welke emissie eisen voor welke schaalgroottes uiteindelijk gehanteerd zullen gaan worden. Wel is de trend dat kleinschalige biomassaconversie ontmoedigd wordt. De werking van houtkachels van automatische gestookte houtkachels is veelal via het principe van een schroefstuwstoker.

4.3.1.2 Inblaasverbranding

De brandstof wordt pneumatisch toegevoerd in de vuurhaard, waarbij een deel van de transportlucht tevens als verbrandingslucht wordt gebruikt. Deze techniek is alleen geschikt voor kleine deeltjes (max: 5 x 5 x 5 mm), zoals houtmot of houtstof.

Vanwege de inherent hoge luchtvermaat bij inblaasverbranding ontstaat een groot volume rookgas en kan dus een relatief laag rendement het gevolg zijn [46]. Een variant is de moffel-inblaasverbranding, waarbij brandstof en lucht voorgemengd worden in een aparte mengkamer.

4.3.1.3 Roosterovens

Roosterovens zijn er in verschillende varianten t.w.: statisch rooster, vibrerend rooster en bewegend rooster. In het algemeen zijn dit type ovens geschikt voor grovere brandstof deeltjes en ze worden ook voor de verbranding van huisafval gebruikt. Een uitgebreide beschrijving van de diverse type roosterovens met de resp. leveranciers (geen economische data) is te vinden in [47]. Veel van deze roosterovens zijn speciaal ontwikkeld voor afvalverbranding (AVI's).

Statisch roosteroven

De brandstof wordt aan de bovenzijde van een schuin staand rooster in de oven gebracht en beweegt onder invloed van de zwaartekracht naar de benedenzijde van het rooster. De brandstof wordt van boven naar beneden steeds verder omgezet en de resulterende as wordt aan het eind opvangen. Het laatste deel van het rooster staat minder schuin of horizontaal. In dit deel wordt de koolstof uitbrand verhoogd. Primaire lucht wordt onder het rooster ingeblazen; secundaire en tertiaire lucht wordt in de verbrandingsruimte ingeblazen. Praktische problemen bij dit type zijn brandstoflawines, een ongelijkmatig verdeeld brandstofpakket en een moeilijk te controleren verbrandingsproces.

Bewegend roosteroven

Een verbeterde versie van de statisch roosteroven is het bewegend roosteroven. In dit type bestaat het rooster uit een conveyor belt of een langzaam bewegend platform. Ook bij dit type oven zijn een droogzone, verbrandingszone en een uitbrandzone aanwezig. Het voordeel t.o.v. het statisch roosteroven is dat het brandstofpakket gelijkmatiger wordt verdeeld over het rooster. Een voorbeeld van een dergelijke roosteroven is de installatie in Burlington geleverd door Zurn. Deze 50 MWe plant kostte in totaal 88 miljoen US\$. De percentuele kostenverdeling is: boiler 13%, turbine-generator 6%, emissie-controle 8%, brandstof handling 3%, as handling 3%, control systems 13% en overige kosten 54%. De installatie bestaat uit twee bewegende roosters met een boiler, waarmee stoom wordt opgewekt (92 bar, 510 °C, 61,2 kg/s). Met de stoom wordt een turbine-generator gevoed. Gasreiniging bestaat uit cyclonen en een elektrostatisch filter [46]. Een tweede voorbeeld is de verbrandingsinstallatie met stoomketel bij een houtverwerkend bedrijf in Schijndel. Dit is een installatie van Vyncke (watergekoeld bewegend rooster). De boiler genereert stoom van 28 bar en 420 °C. Met de stoom wordt een turbine aangedreven. De capaciteit van de installatie is ca. 6,1 MWth hetgeen overeenkomt met 10.000 ton hout/jaar. Aangezien het bedrijf zelf warmte gebruikt voor de bedrijfsvoering is het elektrisch rendement laag (15%), dus terugrekenen naar kosten per kWe geeft een vertekend beeld. De totale investeringskosten zijn fl. 6.500.000.

Vibrerend roosteroven

De derde variant van de roosteroven is de vibrerende roosteroven. Het transport van de brandstof vindt hier plaats door periodieke trillingen van het rooster. Voordelen zijn een betere verdeling van het brandstofpakket en minder bewegende delen. In sommige gevallen worden water gekoelde roosters gebruikt.

4.3.1.4 Schroefstuwstokers

Bij schroefstuwstokers wordt de brandstof met behulp van een schroef onderin de vuurhaard getransporteerd (onderschroefstoker of underfeed stoker) of door de vuurhaard heen getransporteerd (doorschroefstuwstoker). Dit type ovens is in veel variaties commercieel verkrijgbaar.

Onderschroefstoker

De brandstof wordt met behulp van een schroef onderin de vuurhaard gebracht, alwaar de brandstof omhoog gestuwd wordt. Veel pelletkachels werken volgens dit principe.

Doorschroefstoker

De brandstof wordt met een schroef naar de vuurhaard getransporteerd, waar ontsteking en verbranding plaatsvinden. Al brandend wordt de brandstof verder getransporteerd naar het einde van de vuurhaard, waarbij de resterende as in een opvangbak terecht komt. Dit verbrandings-systeem wordt toegepast voor brandstoffen met een kleine deeltjesgrootte.

4.3.1.5 Pile burners

Pile burners bestaan uit een “refractory lined” vuurhaard met onderin een rooster. Op het rooster wordt een stapel brandstof aangebracht. Boven de vuurhaard bevindt zich een naverbrandings-kamer. Meestal zijn dit type ovens opgebouwd uit meerdere identieke cellen. De brandstof wordt opgestapeld op het rooster en primaire lucht wordt via het rooster toegevoerd. Zowel varianten met inbed als bovenbed voeding bestaan. Het grote nadeel van deze techniek is dat het verbrandingsproces moeilijk te controleren is. Er kunnen lokaal hoge temperaturen (hoge NO_x) optreden. Om de as te verwijderen wordt een cel afgesloten en (na afkoeling) handmatig schoon gemaakt. Pile burners zijn qua design zeer simpel en geschikt voor natte verontreinigde brandstoffen, maar vanwege de slechte procescontrole achterhaald. Er is een nieuw concept ontwikkeld gebaseerd op dit principe gecombineerd met een roosterovenprincipe het zg. “whole tree burning concept”.

4.3.1.6 Wervelbed verbranding

Wervelbed verbrandingsinstallaties bestaan uit een reactor gevuld met een bedmateriaal (zand, limestone) waar doorheen lucht wordt geblazen. Door de lucht wordt het bedmateriaal in werveling gebracht en ontstaat een systeem met vrijelijk door elkaar bewegend bedmateriaal. De dimensies van de reactor (bed) zijn dusdanig gekozen dat de gassnelheid onder bedrijfstemperatuur voldoende hoog is om het bedmateriaal te fluidiseren. Er zijn twee typen wervelbedden t.w. bubbling bed en circulerend wervelbed.

Bubbling bed (BFB)

Bij een bubbling wervelbed is de gassnelheid relatief laag (1-3 m/s) waardoor het bedmateriaal wel in werveling komt maar niet door de gasstroom wordt meegevoerd. Het bed toont bij een BFB gelijkenis met een kokende vloeistof. Boven het bed bevindt zich een (lege) uitbrand-ruimte (freeboard). In het bed wordt via een warmtewisselaar warmte onttrokken.

Circulerend wervelbed (CFB)

In het geval van een CFB is de gassnelheid hoog genoeg (3-10 m/s) om een deel van het bedmateriaal met de gasstroom de reactor uit te blazen. Via een terugvoersysteem wordt het bedmateriaal weer terug in de reactor gebracht. Bij een CFB is geen duidelijk bedsectie te onderscheiden, al is de deeltjesdichtheid onderin de reactor hoger dan bovenin de reactor.

Voor zowel BFB en CFB installaties geldt dat door de goede menging en de warmtecapaciteit van het bedmateriaal de verbrandingstemperatuur laag is, er een homogene temperatuur-verdeling bestaat en het proces goed te sturen is. Hierdoor kunnen lage NO_x emissies gerealiseerd worden. In beide installaties kan door toevoeging van additieven, zoals limestone, zwavel en/of chloor gebonden worden.

Een voorbeeld van een CFB-plant is de Tampella Power installatie in Norrköping (Handeloverket) in Zweden. Dit is een 125 MW_{th} installatie, die ca. 50 M US\$ heeft gekost.

4.3.1.7 Roosterbed versus wervelbed verbranding

Tabel 4.2: Voor- en nadelen roosterovens en wervelbedovens [48].

Voordelen	Nadelen
Roosterovens	
lage investeringskosten voor plants < 10 MW lage operationele kosten lage stofbelasting in rookgas goede uitbrand vliegass deellast operatie goed mogelijk minder last van slagging en fouling t.o.v. wervelbed	NOx reductie vereist extra maatregelen hoge luchtvermaat dus lager rendement inhomogene verbrandingscondities
BFB	
lage investeringskosten voor plants > 10 MW geen bewegende delen in vuurhaard NOx reductie door “air-staging” hoge brandstof flexibiliteit lage lucht overmaat -> hoog rendement	hogere operationele kosten meer stof in rookgas deellast bedrijf minder eenvoudig slagging en fouling kan probleem zijn slijtage van warmtewisselaar
CFB	
geen bewegende delen in vuurhaard NOx reductie door “air-staging” hoge brandstof flexibiliteit homogene verbrandingscondities hoge specifieke warmte overdracht S vastlegging door Ca mogelijk	hoge investeringskosten (plants > 30 MW) hoge operationele kosten veel stof in rookgas deellast bedrijf ingewikkeld verlies van bedmateriaal slagging en fouling kan probleem zijn slijtage van warmte wisselaar

4.3.2 Kengetallen verbrandingstechnieken

Tabel 4.3 Type verbrandingsinstallatie, capaciteit en brandstofsificaties*.

Techniek	type	Schaalgrootte (input)	type brandstof	Deeltjesgrootte
Houtkachel	Blokken A	15 kW – 150 kW	houtblokken/briketten	> 20 cm; < 50 cm
	Chips/pellets B	15 kW - 1,2 MW	houtchips/houtpellets	1 – 5 cm
Schroefstuwstoker	Onderschroefstoker C	15 kW – 30 MW	Chips	<4x3x1,5 en >2x2x1 cm
	Doorschroefstoker D	13 kW – 65 kW	Chips	< L: 10 x D: 5 [46]
Inblaasverbranding	E	80 kW – 1,2 MW 5 MW – 10 MW [49]	Houtmot, houtstof	0,5 x 0,5 x 0,5 cm [46] < 0,5 cm [49]
Roosteroven	Statisch rooster F	400 kW - 30 MW [50]	Biomassa, afval	< L: 30 x D:20 cm [46]
	Bewegend rooster G			< 30 x 10 x 5 cm [46]
	Vibrerend rooster H			
BFB	Atmosferisch I	4 MW- 200 MW [51]		< 5 cm
	Druk J	5 MW – 15 MW [49]		< 1 cm [49]

* Voor de open plekken in de tabel zijn vooralsnog geen data bij ECN voorhanden. De technieken zijn ter completering toch in de tabel opgenomen.

CFB	Atmosferisch	K	4 MW – 250 MW [51] 15 MW – 100 MW [49]		< 5 cm < 1 cm [49]
	Druk	L			
pile burner		M	4,4 MW - 110 MW	hout, afval	3 – 8 cm
Cigar burner		N			

Tabel 4.4 *Type verbrandingsinstallatie, specifieke investeringskosten (NLG per kWe of kWth input) en rendementen **

Type	Investeringskosten	Ketelrendement	E-rendement	Referentie
A	240 Hfl/kW ¹	82 (gemeten) – 92 (fabrikant) %	Nvt	[52] (Froling F H – E)
A	430 Hfl/kWth		Nvt	[52] (FH-G Turbo 2000)
B	375 Hfl/kWth ²			[53]
B	295 Hfl/kWth ³			[52] (Pyromat-Okò van Kòb)
C	500 Hfl/kWth			[46] (Passat, handgestookt)
C	1000-1650 Hfl/kWth			[46] Vyncke (incl.cycloon)
C	1890 Hfl/kWth	85%	12%	[54] Lelystad (8,5 MWth)
C				[46] Passat
G	1065 Hfl/kWth ⁴ 1100 Hfl/kWth	82% ⁵	16,1% (netto) ⁵	[54] Schijndel (6,1 MWth) [55] excl.grond, incl.civ.install.
G	1050 Hfl/kWth 3500-4000 Hfl./kWe	83% (LHV)	28% (netto, LHV)	[46] (Burlington plant)
H				[56]
K	800 Hfl./kWth 2200 Hfl/kWe	89% (LHV)	32% (netto, LHV)	[46]
M	?	50 - 60 %		[56] Wellons Inc.
I	1250 Hfl/kWth 4000 Hfl/kWe		30% (netto, LHV)	[54] Cuijk
J				
K	1200 Hfl/kWth			[51] ABB Combustion Eng.
L				

¹ exclusief montage en inbedrijfstelling

² Inclusief asafvoer, cycloon, installatie inbedrijfstelling; exclusief leidingen en radiatoren

³ Inclusief automatische luchttoevoerregeling, regeling, lambda sonde.

⁴ Inclusief gebouwen etc.

⁵ Ontwerpwaarde; gemeten ketelrendement: 75-77%; gemeten el. rendement: 13,9%

Een eerste aanzet tot een leverancieroverzicht m.b.t. biomassaverbrandingssystemen voor de productie van warmte en/of elektriciteit wordt weergegeven in bijlage 3.

4.4 Vergassing van biomassa voor de productie van warmte en/of elektriciteit

Vergassing is de thermische conversie van vast (in uitzonderlijke gevallen vloeibaar) organisch materiaal naar een brandbaar gas (stookgas). Meestal wordt het begrip vergassing echter in een bredere zin gebruikt voor een integraal systeem dat naast de daadwerkelijke productie van stookgas ook diens toepassing voor de opwekking van elektriciteit en/of warmte bevat, evenals verdere bijhorende processtappen zoals koeling en reiniging van het stookgas.

* Voor de open plekken in de tabel zijn vooralsnog geen data bij ECN voorhanden. De technieken zijn ter completering toch in de tabel opgenomen.

De belangrijkste reden om vaste brandstoffen om te zetten naar een brandbaar gas is het feit dat gassen met een relatief hoog rendement m.b.v. prime movers (gasmotoren, gasturbines of brandstofcellen) ingezet kunnen worden voor elektriciteitsopwekking. In het geval van (alleen) warmteopwekking of elektriciteitsopwekking via een stoomcyclus is directe verbranding (zie par. 4.3) meer voor de hand liggend.

4.4.1 Indeling vergassingstechnieken

Er bestaan verschillende vergassingstechnieken, waarvan de toepasbaarheid afhankelijk is van o.a. de gebruikte brandstof, de schaalgrootte van de installatie en de beoogde toepassing van het geproduceerde stookgas. De belangrijkste kenmerken van de verschillende technieken zijn het type brandstofbed, de manier van warmtetoever en het drukniveau in de vergasser.

Het type brandstofbed: vastbed versus wervelbed en entrained-flow

In vastbed reactoren ligt de (meestal van boven toegevoegde) brandstof los in de reactor en zakt als gevolg van ontleding van de daaronder liggende brandstof langzaam omlaag. In wervelbed reactoren worden de (verkleinde) brandstofdeeltjes d.m.v. een gasstroom gefluidiseerd. In een entrained-flow reactor wordt de (verpoederde) brandstof pneumatisch getransporteerd. Dankzij het hoge warmte- en massatransport bestaat er in wervelbed en entrained-flow reactoren - in tegenstelling tot vaste bedden - vrijwel geen beperking t.a.v. de schaalgrootte van de reactor.

De manier van warmtetoever: direct versus indirect

De voor het vergassingsproces benodigde warmte wordt meestal opgewekt door in de reactor een deel van het te vergassen materiaal te verbranden (autotherme of directe vergassing). Als vergassingsmiddel wordt in dit geval meestal lucht gebruikt, soms zuiver zuurstof of met zuurstof verrijkte lucht. In het geval van een externe warmtebron (allotherme of indirecte vergassing) wordt als vergassingsmedium waterdamp gebruikt. In principe zouden ook andere zuurstofhoudende vergassingsmedia (bijvoorbeeld CO₂) in aanmerking kunnen komen.

Het drukniveau in de reactor: atmosferisch versus verhoogd

De meeste vergassers worden (vrijwel) atmosferisch bedreven, een lichte onderdruk of overdruk is noodzakelijk om het proces naar behoren te laten verlopen. Voor grote systemen met toepassing van het stookgas in een gasturbine wordt soms ook drukvergassing toegepast.

In principe is elke combinatie van genoemde opties mogelijk. In de praktijk blijkt echter slechts een beperkt aantal "basistechnologieën" te worden toegepast.

4.4.1.1 Vastbed vergassers

De meeste vastbed vergassers worden atmosferisch met lucht bedreven en werken volgens het meestroom glijdend bed (MGB) principe. Dat betekent dat zowel het gas als de brandstof van boven naar beneden bewegen (downdraft gasifier). De belangrijkste kenmerken van dit principe zijn:

- De eisen t.a.v. de kwaliteit van de brandstof (vochtgehalte, stabiliteit van de brandstofdeeltjes, deeltjesgrootte) zijn hoog t.o.v. tegenstroom vergassers en wervelbed vergassers.
- Het principe is alleen geschikt voor kleine installaties tot enkele MW thermisch vermogen (de werkelijke bovengrens is afhankelijk het ontwerp en niet exact bekend).
- De kwaliteit van het geproduceerde stookgas is goed t.o.v. wervelbed vergassers en tegenstroom vergassers.

In tegenstroom vergassers stroomt het gas van beneden naar boven (opdrift gasifier). Dit principe wordt in een aantal commerciële installaties t.b.v. warmte-opwekking toegepast. Voor toepassing van prime movers is tegenstroom vergassing echter minder geschikt (of zelfs ongeschikt) i.v.m. de slechte kwaliteit (o.a. hoog teergehalte) van het stookgas. De belangrijkste kenmerken van dit principe zijn:

- De eisen t.a.v. de kwaliteit van de gebruikte brandstof zijn laag t.o.v. meestroom glijdend bed vergassers en wervelbed vergassers.
- Het principe is geschikt voor installaties tot enkele tientallen MW thermisch vermogen.
- De kwaliteit van het geproduceerde stookgas is slecht t.o.v. wervelbed vergassers en meestroom glijdend bed vergassers.

Er bestaat een groot aantal variaties op de twee bovengenoemde principes o.a.:

- Toevoer van zuurstof i.p.v. lucht.
- Open reactor i.p.v. gesloten reactor.
- Combinatie van het meestroom principe en het tegenstroom principe door het vergassingsmiddel op meerdere niveaus van het brandstofbed toe te voegen of de gasstroom in de reactor te draaien.
- Brandstoftoevoer van beneden naar boven m.b.v. een transportschroef i.p.v. brandstoftoevoer van boven.

Deze variaties worden slechts bij een klein aantal vergassers toegepast en hebben tot dusver niet tot marktdoorbraak van vastbed vergassing geleid.

4.4.1.2 Wervelbed vergassers

In een stationaire wervelbed vergasser (bubbling fluidised bed, bfb) wordt de (verkleinde) brandstof samen met een inert bedmateriaal (meestal zand) d.m.v. het met hoge snelheid toegevoegde vergassingsmiddel gefluïdiseerd. In een circulerend wervelbed vergasser (circulating fluidised bed, CFB) wordt het vergassingsmiddel met een dusdanige snelheid toegevoegd zodat de brandstofdeeltjes en het bedmateriaal circuleren, in het een systeem bestaande uit reactorvat, cycloon en terugvoerpijp. Belangrijke kenmerken van zowel stationaire als circulerend wervelbed vergassers zijn:

- De brandstof dient verkleind te worden (meestal tot enkele cm).
- Er bestaat vrijwel geen technische beperking t.a.v. de schaalgrootte. De vermogensrange wordt door economische of logistieke overwegingen bepaald (ondergrens door “economy of scale”, bovengrens door beschikbaarheid van de brandstof).
- Wervelbed vergassers worden meestal atmosferisch met lucht als vergassingsmiddel bedreven. Drukverhoging is boven een zekere schaalgrootte van minstens 100 MW thermisch vermogen bij toepassing van een gasturbine interessant.
- I.v.m. de relatief lage vergassingstemperatuur van ca. 850 °C is het risico van as-agglomeratie laag.

4.4.1.3 Entrained-flow vergassers

In entrained-flow vergassers is de snelheid van het toegevoegde vergassingsmiddel dusdanig hoog dat de (verpoederde) brandstof pneumatisch door de reactor getransporteerd wordt. Belangrijke kenmerken van entrained-flow vergassers zijn:

- De brandstof dient verpoederd te worden.
- Om ondanks de korte verblijftijd van de brandstof in de reactor een goede omzetting naar stookgas te kunnen bereiken wordt als vergassingsmiddel zuurstof i.p.v. lucht gebruikt.
- Vergassing met zuurstof, waarbij zuurstof middels cryogene destillatie wordt geproduceerd, is slechts voor grootschalige installaties van minimaal 200 MW thermisch vermogen economisch interessant. Voor biomassavergassing is deze technologie i.v.m. de brandstoflogistiek (beschikbaarheid van de brandstof) alleen in uitzonderlijke gevallen interessant (bijv. meestook bij de kolencentrale in Buggenum).

- De relatief hoge vergassingstemperatuur van 1000-1200 °C heeft een hoog risico van asagglomeratie tot gevolg.

4.4.2 Kengetallen vergassingstechnieken

Om een indruk te krijgen van de kengetallen en status van de verschillende vergassingstechnieken zijn ter nadere analyse een drietal systemen gedefinieerd [54, 58–63]. Bij de systeemkeuze zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er komen alleen opties voor elektriciteitsopwekking (met of zonder warmtebenutting) met een hoog elektrisch rendement m.b.v. prime movers (IC motoren, gasturbines, brandstofcellen) in aanmerking. Stirling motoren, stoommotoren en indirect gestookte turbines worden niet beschouwd. Stoomturbines worden alleen als onderdeel van een biomassavergassing stoom- en gasturbine (BV-STEG) beschouwd. Tegenstroom vergassers zijn ondergeschikt t.b.v. elektriciteitsproductie met prime movers en worden derhalve niet beschouwd.
- De installaties worden gedurende 8000 uur per jaar op 100 % biomassa bedreven. De maximale schaalgrootte is i.v.m. logistieke aspecten (beschikbaarheid van biomassa) 200 MW_{th}. Grotere installaties zullen alleen mogelijk op de lange-termijn in uitzonderlijke gevallen, bijvoorbeeld voor polygeneratieplants (zie par. 4.1), worden toegepast. Vanwege deze bovengrens komen alleen met lucht bedreven vergassers in aanmerking. Entrained-flow reactoren en andere met zuurstof bedreven reactoren worden niet beschouwd.
- Voor de verschillende opties t.b.v. elektriciteitsopwekking worden de volgende, technisch mogelijke en economisch zinvolle, vermogensranges gehanteerd:

	Ondergrens ²⁾	Bovengrens
IC motoren	50 kW _e	10 MW _e
Gasturbines	1 MW _e	∞ ¹⁾
Stoomturbines	10 MW _e	∞ ¹⁾
Brandstofcellen	geen beperking (stapelbaar)	

¹⁾ Er bestaan wel bovengrenzen. Deze liggen echter boven de hier beschouwde toepassingen tot 200 MW_{th}.

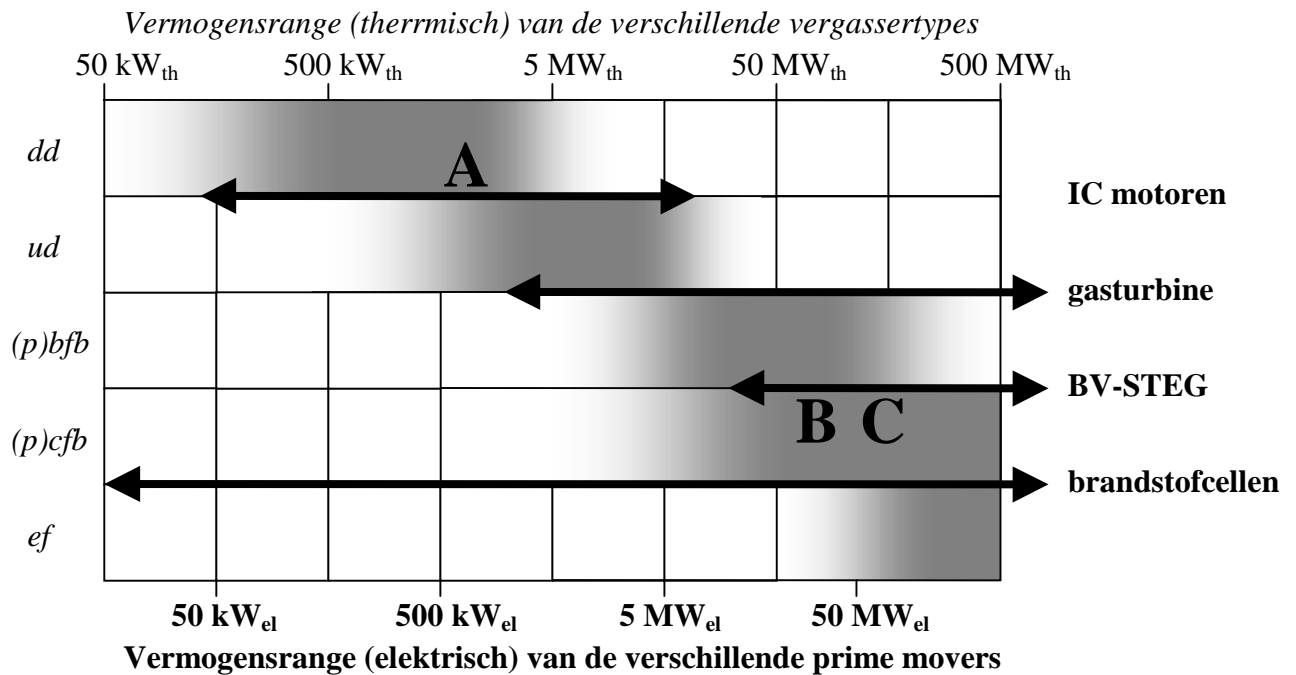
²⁾ Kleinere installaties zijn technisch wel mogelijk, echter alleen in uitzonderlijke gevallen economisch haalbaar.

In figuur 4.1 is een koppeling gemaakt tussen de vermogensranges van de verschillende vergassertypes en de prime movers.

Drie veelbelovende systemen worden nader geanalyseerd.

- A. Meestroom glijdend bed vergassing, atmosferisch met lucht, met daarachter een interne verbrandingsmotor. Brandstof: hout. Vermogen: 3 MW_{in}. Elektrisch output: 0.75 MW_e.
- B. Circulerend wervelbed vergassing, atmosferisch met lucht, met daarachter een gasturbine en een stoomturbine (BV-STEG). Brandstof: hout. Vermogen: 100 MW_{in}. Elektrisch output: 44 MW_e.
- C. Circulerend wervelbed vergassing onder druk met lucht, met daarachter een gasturbine en een stoomturbine (BV-STEG). Brandstof: hout. Vermogen: 150 MW_{in}. Elektrisch output: 72 kW_e.

Door zowel kleinschalige (systeem A) als grootschalige (systemen B en C) in de beschouwing mee te nemen wordt een groot deel van het potentieel voor biomassavergassing afgedekt. De combinatie van biomassa en brandstofcellen zal naar verwachting niet op middellange-termijn beschikbaar zijn en wordt verder niet beschouwd.



Figuur 4.1 *Koppeling vermogensranges verschillende vergassertypes en de prime movers.*

De belangrijkste kengetallen, voor een n^e-installatie in 2010, voor de drie gedefinieerde vergassingssystemen, worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.5 *Kengetallen gedefinieerde vergassingssystemen.*

	eenheid	type A	Type B	type C
Vermogen (input)	MW _{in}	3	100	150
Elektrisch rendement	%	25	44	48
Output elektrisch	MW _e	0.75	44	72
Output thermisch	MW _{th}	1.5	18	24
Totaal rendement	%	75	62	64
Specifieke investering	fl/kWe	6200	4000	4000
Investering totaal	Mfl	4,6	175	285
Personeel (110 kfl/manjaar)	kfl/a	45	2200	2750
O/M (5 % van de investeringskosten)	kfl/a	230	8700	14300
Brandstof (22 fl/MWh _{in} , 8000 h/a)	kfl/a	530	17600	26400

Een eerste aanzet tot een leverancieroverzicht m.b.t. biomassavergassingssystemen voor de productie van warmte en/of elektriciteit wordt weergegeven in bijlage 4..

Er bestaan veel leveranciers van (componenten van) vergassingssystemen. Er zijn alleen leveranciers opgenomen die - voor zover bekend - één of meerdere van de boven beschreven systemen A, B en C turnkey zouden kunnen leveren. Sommige leveranciers beschikken over voorbeeldinstallaties. Deze zijn echter doorgaans kleiner dan de beoogde schaalgrootte. Mogelijk kunnen sommige meestroom glijdend bed vergassers (systeem A) niet tot op de gewenste grootte van 3 MW_{th} opgeschaald worden. In dit geval zouden kleinere installaties gebouwd of meerdere vergassers gecombineerd moeten worden.

Tot slot, zijn in het eerste kwartaal van 2000 een tweetal belangrijke publicaties ter beschikking gekomen, te weten:

1. Reed T.B. and Gaur S., *A Survey of Biomass Gasification 2000, Gasifier Projects and Manufacturers Around the World*, NREL and the Biomass Energy Foundation Inc., Golden, Colorado, September 1999.
2. Kwant K.W., *Status of Gasification in Countries Participating in the IEA Bioenergy Gasification Activity*, Novem-EWAB 0006, Utrecht, February 2000.

In deze publicaties is een uitgebreid overzicht te vinden van de status van vergassingsprojecten en betrokken industriële partijen, enerzijds wereldwijd [64], anderzijds in landen die participeren in de vergassingsactiviteiten van het International Energy Agency [65].

In Reed et al. [64] komen o.a. de volgende onderwerpen aan de orde:

- Huidige status biomassavergassing: geschiedenis, technologie-ontwikkelingen, problemen.
- Data-base met een overzicht van vergassersystemen.
- Grootschalige vergassingssystemen, met o.a.: Battelle (indirecte vergassing), Carbona (Enviropower/Vattenfall/IGT, drukvergasning), Foster Wheeler (Ahlstrom Pyroflow technologie, atmosferische vergassing), Lurgi (atmosferische vergassing), MTCI (indirecte vergassing), TPS (atmosferische vergassing) en Bioflow Ltd. (joint-venture for Varnamo).
- Kleinschalige vergassingssystemen, met o.a. een variëteit aan onduidelijke bedrijfjes.
- Onderzoeksinstituten, met o.a.: Biomass Energy Foundation, BTG, KTH, NREL en VTT.

Ondanks het feit dat er vele initiatieven worden beschreven en er een grote verscheidenheid aan vergasserproducenten wordt vermeld, ontstaat het algemene beeld dat de daadwerkelijke implementatie van vergassingssystemen vooralsnog te wensen overlaat.

In Kwant [65] worden het beleid, RD&D-programma's, R&D-instituten, betrokken industriële partijen, pilot/demonstratie projecten en daadwerkelijke implementaties, betreffende biomassa vergassing in de volgende landen geanalyseerd: Oostenrijk, Engeland, Italië, Noorwegen, V.S., Canada, Zwitserland, Nederland, Denemarken, Finland en Zweden. Enkele baanbrekende projecten die hierbij besproken worden zijn o.a.:

- ARBRE-project (Yorkshire, Engeland): TPS-technologie, brandstof: energiegewas, capaciteit: 8 MWe, elektrische efficiëntie 31%, start-up: voorjaar 2000.
- Thermie Energy Farm Project (Cascina, Italië): Lurgi-technologie, brandstof: divers, capaciteit: 43 MWth -> 14 MWe, status: oplevering eind 2001.
- SAFI-project (Greve-in-Chianti, Italië): TPS-technologie, brandstof: RDF, capaciteit: 15 MWth -> 6,7 MWe, elektrische efficiëntie 19-20%, status: in bedrijf.
- Hawaii-project: IGT RENU GAS Process, brandstof: bagasse, status: gestopt.
- McNiel-demonstratieproject (V.S.): Vermont Battelle/FERCO-technologie, brandstof: houtchips, status: opstartfase.
- AgriPower-project (Minnesota): Carbona-technologie, brandstof: alfalfa, capaciteit: 75 MWe, status: ligt stil.
- Small Modular Biopower Projects (V.S.): DOE/NREL/SNL sponsored RD&D-projects, diverse technologieën voor diverse brandstoffen, doel: ontwikkeling van kleinschalige modulaire biomassavergassingssystemen (capaciteitsrange van 5 kWe – 5 MWe) die eenvoudig te bedrijven zijn.
- BIOSYN-project (Spanje): BIOSYN-technologie (Enerkem Technologies Inc., Canada), brandstof: polypropylene residuen, status: in bedrijf in de loop van 2000.
- Interlaken-project (Zwitserland): KHD Pyroforce-technologie, MGB-vergasser + gasmotor, capaciteit: 200 kWe, status: oplevering zomer 2000.
- Chatel-St-Denis-project (Zwitserland): IISc-DASAG vergassingstechnologie, MGB-vergasser + gasmotor, capaciteit: 330 kWth -> 100 kWe, status: testfase.
- KARA-project (Nederland): KARA/BTG-technologie, MGB-vergasser + gasmotor, capaciteit: 150 kWe, brandstof: briketten, status: demonstratie in voorjaar 2000.

- Goor-project (Nederland): Stork Thermeq technologie (ECN vergassingstechnologie + BTG teerkraker + gasmotor), brandstof: afvalhout, capaciteit: 400 kWe, status: bouw in 2000.
- Amergas BV-project (Geertruidenberg, Nederland): Lurgi-technologie (bijstook bij kolen-centrale), brandstof: afvalhout, capaciteit: 83 MWth input, status: oplevering voorjaar 2000.
- Harboore-project (Jutland, Denemarken): Ansaldo Volund technologie (vastbed “updraft” vergasser), brandstof: hout, capaciteit: 4 MWth voor warmte, status: capaciteitsverhoging + toevoeging 2 gas-motoren in 2000 voor 3 MWe WKK.
- Hogild-project (Herning, Denemarken): Hollesen-technologie (MGB vergasser) + Mercedes gasmotor, brandstof: houtresiduen, elektrische efficiëntie 24%, status: in bedrijf.
- Blaere-project (Blaere Aars, Denemarken): DTU-technologie (twee-trapsvergassing + gasmotor), brandstof: hout/stro, capaciteit: 250 kWth + 100 kWe (WKK), status: in bedrijf.
- Lahti Kymijarvi-project (Lahti, Finland): Foster Wheeler (Ahlstrom) technologie, CFB vergassing als bijstook bij kolen/gas-plant, brandstof: divers, capaciteit: 60 MWth input, elektrische efficiëntie 35%, status: in bedrijf.
- Iiomantsi-project (Iiomantsi, Finland): BIONEER-technologie (vastbed vergasser, “updraft”), vergassing + warmeproductie in ketel, capaciteit: 6,4 MWth, status: in bedrijf (tevens ca. 8 overigen plants in bedrijf gebaseerd op dezelfde technologie in een capaciteitsrange van 4-5 MWth).
- Gotaverken-project (Royal Insdtitute of Technology, Zweden): Kvaerner-technologie, capaciteit: 2 MWth pilot plant → gas → “lime kiln”, brandstof: divers, status: in bedrijf sinds 1988.
- Varnamo-project (Varnamo, Zweden): Foster Wheeler (Ahlstrom) technologie (BV-STEG), capaciteit: 18 MWth input, status: in bedrijf sinds 1993.

4.5 Vergisting van biomassa voor de productie van warmte en/of elektriciteit of “upgrading” tot “groen gas”

Vergisting is een proces waarbij micro-organismen onder anaërobe omstandigheden (in afwezigheid van zuurstof) organisch materiaal omzetten in methaan (CH₄), kooldioxide (CO₂) en compost (na aërobe nabehandeling). Dit biogas wordt gebruikt voor elektriciteitsopwekking in gasmotoren of kan worden opgewerkt tot aardgaskwaliteit en aan het gasnet worden toegevoegd. Vergisting is vooral geschikt voor 'natte' stromen en wordt reeds op grote schaal toegepast voor industrieel afvalwater, slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties en dierlijke mest. Ook zijn er installaties te vinden in de voedings- en genotsmiddelenindustrie.

De anaërobe conversie bestaat uit een viertal processen:

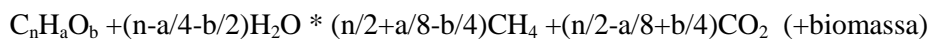
1. Hydrolyse. Complex, niet opgelost materiaal wordt door enzymen, uitgescheiden door hydrolytische bacteriën, omgezet in minder complexe opgeloste stoffen (monomeren).
2. Fermentatie of zuurvorming. De opgeloste stoffen worden in de cellen van fermentatieve bacteriën omgezet in een reeks eenvoudige verbindingen die weer worden uitgescheiden. Producten van deze fase zijn o.a. vluchtige vetzuren, alcoholen, melkzuren, CO₂, H₂, NH₃ en H₂S, alsmede nieuw celmateriaal.
3. Acetogenese. Tijdens de acetogenese, of intermediaire zuurvorming, worden de fermentatie producten omgezet in azijnzuur, H₂ en CO₂, alsmede nieuw celmateriaal.
4. Methanogenese. Azijnzuur, mierzuur en H₂ en CO₂ worden omgezet in CH₄, CO₂ en nieuw celmateriaal.

De eerste drie stappen verlopen snel. De methanogenese is een langzamer en gevoeliger proces. Voor een goed verloop van de anaërobe conversie is het van belang dat de omstandigheden voor methanogene bacteriën optimaal zijn. De activiteit van methanogene bacteriën is het grootst in twee temperatuurtrajecten; 30 - 40°C (mesofiele condities) en 50 - 70°C (thermofiele condities). Andere belangrijke procescondities zijn onder andere een neutrale pH (6.5-8), lage ammoniumconcentratie en een lage concentratie aan zware metalen.

Het restproduct van de anaërobe conversie bestaat uit een anaëroob gestabiliseerd residu dat een zekere aërobe nabehandeling behoeft. De aërobe stabilisatie is vergelijkbaar met de nacompostering bij aërobe conversie. De nabehandeling kan tevens bestaan uit ontwatering, voorafgaand aan de aërobe stabilisatie, en zeping, na de stabilisatie.

Op deze wijze wordt compost (Humotex) verkregen met een hoge kwaliteit; vrij van pathogenen, met een hoog waterabsorberend vermogen en een laag zout- en zware metalen gehalte.

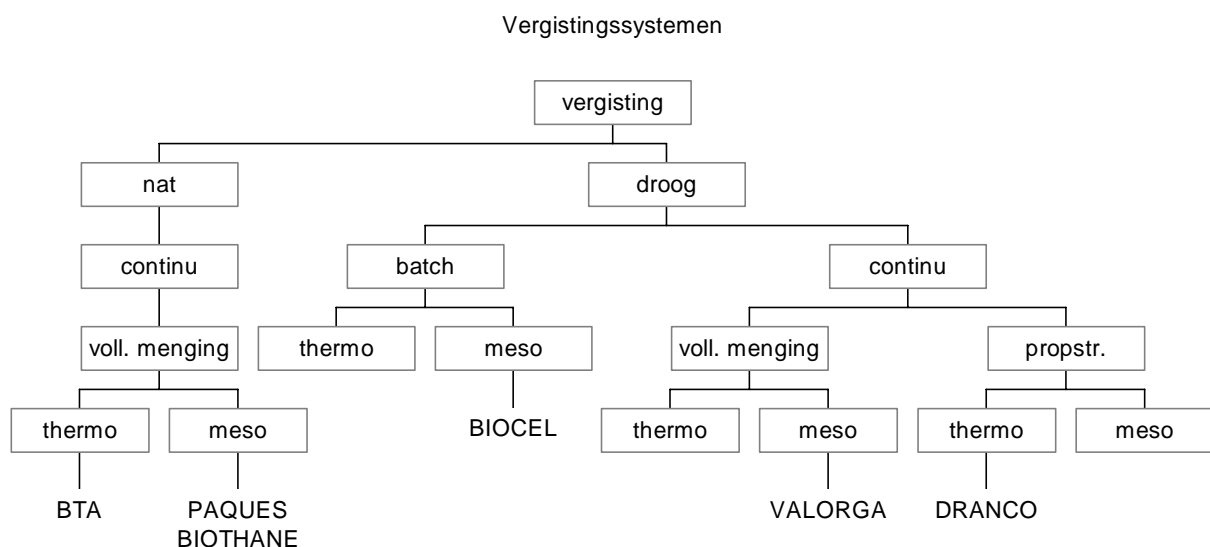
De verhouding CH₄/CO₂ wordt bepaald door de samenstelling van het om te zetten materiaal, met name de mate waarin het materiaal is gereduceerd of geoxideerd. De omzetting van ethanol (CH₃CH₂OH), weinig geoxideerd, geeft een CH₄/CO₂-verhouding van 3 terwijl de omzetting van oxaalzuur (COOHCOOH), vergaand geoxideerd, een CH₄/CO₂-verhouding geeft van 1/7. Bij een onbekende samenstelling kan de volgende reactievergelijking worden opgesteld (Stams, 1988):



De anaërobe conversie van GFT-afval geeft een biogasmengsel bestaande uit circa 55% CH₄ en 45% CO₂. Bij enkele conversiesystemen wordt papier aan het GFT-afval toegevoegd. Dit geeft een hogere biogasopbrengst met een hoger percentage CH₄. De oorzaak hiervan is dat de cellulose in het papier bestaat uit vergaand gereduceerde koolstofketens. De toevoeging van papier kan, indien het papier zware metalen bevat (drukinkt), negatieve gevolgen hebben voor de kwaliteit van het eindproduct.

4.5.1 Indeling vergistingstechnieken

Vergistingssystemen zijn onder te verdelen in natte en droge systemen. In figuur 4.2 worden de verschillende systemen weergegeven.



Figuur 4.2: Vergistingssystemen

4.5.1.1 Natte anaërobe conversie

Natte anaërobe conversie is in het algemeen een twee fasen proces waarbij in de eerste fase de zuurvorming plaatsvindt (hydrolyse, fermentatie en acetogenese) en in de tweede fase de methaanvorming. De conversie vindt plaats in twee gescheiden, onafhankelijk beheersbare, reactoren. Het om te zetten materiaal bevindt zich in de eerste reactor. De producten van de hydrolyse en zuurvorming worden in opgeloste vorm naar de tweede reactor geleid. Deze reactor is een waterzuiveringsreactor waar de producten worden omgezet in biogas. Het gezuiverde water wordt vervolgens teruggebracht in de eerste reactor of wordt geloosd op het riool. De gemiddelde verblijftijd in de reactor is twee tot tien dagen.

Deze combinatie van vergisting en waterzuivering is onder meer ontwikkeld door het Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwproducten (IBVL) te Wageningen. De ontwikkeling van natte anaërobe conversie technieken heeft geresulteerd in een aantal systemen:

- PAQUES-systeem
- Biothane-systeem
- BTA-systeem

Een nadere beschrijving van deze systemen wordt weergegeven in bijlage 5.

4.5.1.2 Droge anaërobe conversie

Droge anaërobe conversie vindt plaats in één reactorsysteem (één fase systeem) waarin de vier processen simultaan verlopen. Het proces kan zowel batchgewijs als continu worden bedreven. De verblijftijd bedraagt 2 tot 4 weken. Een belangrijk element bij de droge conversie betreft de menging van het om te zetten materiaal (substraat) met de actieve biomassa (entmateriaal). Deze menging dient snel en zo volledig mogelijk te verlopen daar anders de reactieproducten van de zuurvormende fase, de activiteit van de methaanproducerende bacteriën remt.

De droge anaërobe conversie vindt plaats bij een droge stof gehalte van 20 tot 40%. Bij de nu beschikbare systemen wordt een droge stof gehalte aangehouden van 20 à 25%. Het droge stof gehalte van GFT-afval bedraagt ca 35 – 40 % zodat vocht moet worden toegevoegd aan het GFT-afval. Na de conversie dient een gedeelte van het vocht te worden verwijderd om het residu op het gewenste droge stof gehalte te brengen van circa 60%. Dit vocht kan worden gerecirculeerd voor het bevochtigen van het substraat dan wel worden geloosd op het riool. Bij lozing op het riool dient een voorzuivering te worden toegepast aangezien dit vocht een hoog droge stof gehalte en een hoge organische belasting bevat.

Deze combinatie van vergisting en waterzuivering is onder meer ontwikkeld door het Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwproducten (IBVL) te Wageningen. De ontwikkeling van natte anaërobe conversie technieken heeft geresulteerd in een aantal systemen:

- Biocel-systeem
- VALORGA-systeem
- Dranco-systeem

Een nadere beschrijving van deze systemen wordt weergegeven in bijlage 5.

De anaërobe verwerkingssystemen zijn gedurende de laatste 20 jaar ontwikkeld. In Nederland worden er nu 5 commerciële GFT-afval vergistingsinstallaties bedreven:

- ARCADIS Heidemij / Biocel-procédé, in Drachten en twee in Lelystad;
- VALORGA in Tilburg, 1994;
- BIOTHANE /Prethane-procédé in Breda, 1987.

De totale opbrengst aan biogas is afhankelijk van de samenstelling en de biologische afbreekbaarheid van het organische materiaal. De biogasproductiesnelheid is afhankelijk van de gebruikte populatie bacteriën, hun groeiomstandigheden zoals nutriënten, zuurgraad (pH) en temperatuur. In tabel 4.6 wordt een overzicht gegeven van de beschikbare agri-organische bijproducten met hun potentiële energieproductie en CO₂-vermindering door vergisting.

Tabel 4.6 *Overzicht agri-organische bijproducten, de potentiële energieproductie en CO₂ vermindering door vergisting.*

Grondstof	Beschikbaar (1.000 ton)	Methaan productie (aardgaseq. / ton)	Vermeden CO ₂ (ton)
Bleekaaarde	15	552	12.825
Groentenaafval ind.	52	47	3.744
Fruitaafval industrie	7	47	504
Sorteerafval ui ind.	60	47	4.320
Schaaldelen Cacao	5	0	0
Cacao afval	14	47	1.008
Was afval zetmeel ind.	30	105	4.860
Koffiedik cichorei	46	105	7.452
Slurrie uienolie	12	552	10.260
Filterkoek soep ind.	4	105	648
Doordraai fruit	10	47	720
Doordraai groenten	25	47	1.800
Witlof afval	88	47	6.336
Spruitkoolblad	100	47	7.200
Tomatenstengels	45	47	3.240
Analoog GFT	258	58	23.220
Swill	108	378	63.180
Bermmaaisel	50	47	3.600
Slootafval	200	12	3.600

4.5.2 Kengetallen vergistingstechnieken

De belangrijkste kengetallen voor de commercieel verkrijgbare systemen (Paques, Biothane, BTA, Biocel, Valorga en Dranco) worden weergegeven in bijlage 5.

Biogasproductie

De vaste fractie van GFT-afval bestaat uit circa 50% organisch materiaal en circa 50% anorganisch materiaal. Het organische materiaal bevat circa 55% koolstof. Dit komt overeen met 110 kg koolstof per ton netto GFT-afval uitgaande van 400 kg droge stof per ton GFT-afval. Bij vergelijking van verschillende onderzoeksgegevens blijkt dat circa 50% van het organisch materiaal biologisch afbreekbaar is. Uitgaande van deze aanname kan worden berekend dat 55 kg koolstof per ton net GFT-afval wordt omgezet in CO₂ + CH₄. Dit geeft een theoretische biogasproductie van 103 Nm³ per ton netto GFT-afval. Uitgaande van een samenstelling van 55% CH₄ en 45% CO₂ betekent dit een biogasproductie van 57 Nm³ CH₄ en 46 Nm³ CO₂ (of 40 kg CH₄ en 91 kg CO₂).

Systemevaluatie en vergelijking¹

In tabel 4.7 wordt een overzicht gegeven van de kwalitatieve technische vergelijking tussen 4 geselecteerde verwerkingssystemen. De waardering wordt aangegeven met sterren (*). Het dient te worden opgemerkt dat voor een vergelijking tussen de systemen het totaal aantal sterren geen indicatie geeft of een systeem in zijn totaliteit beter is dan het andere.

Tabel 4.7 *Kwalitatieve technische vergelijking van anaërobe verwerkingssystemen.*

Systeem	BIOCEL	DRANCO	VALORGA	BTA
Stand der techniek	**	***	****	**
Capaciteitsgrootte	***	****	****	***
Flexibiliteit	**	***	***	***
Ruimtebeslag	*	****	**	****
Procesbeheersing	***	*****	*****	***
Energieverbruik	*****	*****	****	***
Onderhoud	****	***	**	***
Personeel	***	***	****	****
Kwaliteit eindproduct	***	****	**	**
Milieu-aspecten				
- lucht	****	*****	*****	*****
- water	*	****	*	***
Arbeidsomstandigheden	****	****	****	****

Voor de weergegeven systemen zijn tevens de te verwachten verwerkingskosten berekend. Een overzicht wordt gegeven in tabel 4.8. De investeringen omvatten een complete installatie inclusief weegbrug en kantoorvoorzieningen, gesloten na compostering en overdekte compostopslag met een opslagcapaciteit van 3 maanden. Voor de anaërobe systemen bedragen de verwerkingskosten exclusief btw, circa Fl 155,-/ton GFT-afval tot Fl 100,-/ton inclusief afzet van energie.

Tabel 4.8: *Financiële vergelijking aërobe en anaërobe systemen.*

Systeem	VALORG	BTA	DRANCO				BIOCEL	
Type	Continu	Continu	Continu				Batch	
Capaciteit [ton/jaar]	40000	25000	25000	50000	75000	100000	25000	50000
Grond [m2]	14000	6000	5700	7700	9700	11700	10600	17500
Personeel	6	3	5	5	6	7	5	7
Mobiele Bedr.middelen	2	1	1	1	1	1	2	2
Compostopsl. [m ²]	2400	1500	1500	3000	4500	6000	1500	3000
Verwerkingskosten								
Bruto [f/ton]	164,71	147,63	165,20	126,74	115,70	108,99	106,70	76,66
Netto [f/ton]	139,91	120,09	155,76	117,30	106,26	99,55	101,30	71,26
Vlgs leveran [f/ton]	60,00	-	121,00	85,00	-	69,00	67,00	45,00
Investering x f 1000,-	31696	17754	21037	33128	45427	57147	10783	14895
Elektr.verbr.[kWh/ton GFT]	75	56	70	70	70	70	40	40
Producten per ton GFT								
Ton compost	0,54	0,44	0,406	0,406	0,406	0,406	0,492	0,492
Gas [Nm3 bruto]	175	180	130	130	130	130	70	70
Gas [Nm3 netto]	130	132	0	0	0	0	35	35
Elektr. [kWh]	0	0	118	118	118	118	0	0
Percolaat [m3]	0,37	0,39	0,34	0,34	0,34	0,34	0,23	0,23
V.E.	0,1	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1
Restprod. ton	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

¹ Deze gegevens zijn overgenomen uit "Conversietechnieken voor GFT Afval"- NOVEM 9103 uit **1991 !!!**

In de berekening voor de verwerkingsprijs zijn alle kosten meegenomen (kapitaalslasten, 10% rente, annuïtaire afschrijving) en bedrijfskosten (onderhoud, personeelslasten enz.). Er is geen rekening gehouden met een opbrengst voor de compost.

Voor de anaërobe verwerkingssystemen is wel rekening gehouden met de opbrengsten voor energie; afhankelijk van leverancier en systeem, gas of electriciteitslevering aan het lokale distributienet. Als leveringsvergoeding is uitgegaan van f 0,08/kWh en f 0,20/Nm³ aardgasequivalent. Het verschil in verwerkingskosten is weergegeven als bruto- en netto verwerkingskosten.

Daar genoemde data uit 1991 afkomstig zijn, dienen de weergegeven berekeningsresultaten slechts ter onderlinge systeemvergelijking. Voor bepaling van de huidige financieel-economische data dienen de thans van toepassing zijnde data te worden beschouwd (bijv. terugleververgoeding voor “groene stroom” van ca. 20 ct/kWh).

5. DISCUSSIE/CONCLUSIES

De inzet van biomassa blijft in Nederland vooralsnog achter bij de beleidsdoelstellingen, zoals deze door de overheid zijn gedefinieerd. Om de implementatie van biomassa-projecten succesvol te laten verlopen dienen een aantal kritische factoren te worden overwonnen. Deze z.g. kritische succesfactoren zijn:

- De contracteerbaarheid tegen acceptabele kosten van biomassa voor energiedoelinden.
- Het van toepassing zijnde energie- en milieubeleid.
- Het maatschappelijk draagvlak voor toepassing van bio-energie.
- De concurrentiepositie van bio-energie t.o.v. andere (duurzame) bronnen in een zich liberaliserende energiemarkt.
- De huidige status en het ontwikkelingsperspectief (leereffecten) van biomassa-conversietechnieken.

Contracteerbaarheid van biomassa voor energiedoelinden

Om aan de overheidsdoelstelling voor de inzet van biomassa voor 2020 te kunnen voldoen (75 PJ_{th, v.f.b.}), is een hoeveelheid biomassa nodig ter orde grootte van 100 PJ_{th}, oftewel ca. 4,2 Mt d.s.. Indien tevens de helft van het "gat" dat in de DE-doelstelling is "geschoten", door de nieuwe kwalificatie van duurzame energie (Protocol Monitoring DE), d.m.v. bioenergie moet worden gecompenseerd, bedraagt de totaal benodigde biomassa-inzet in 2020 ca. 135-140 PJ_{th}, oftewel ca. 7,5-8,0 Mt d.s..

Hierin kan voor het grootste deel worden voorzien (ca. 120 PJ_{th}) door gebruik te maken van: 1) binnenlands geproduceerde organische reststromen, 2) kleinschalige teelt van energiegewassen en 3) geringe import vanuit de EU.

In de resterende biomassa-behoefte (ca. 15-20 PJ_{th}) voor 2020 moet worden voorzien door additionele (grootschalige) binnenlandse teelt van energiegewassen en/of (verdergaande) import van biobrandstoffen vanuit de EU of de rest van de wereld.

Voor volledige dekking van de resterende biomassa-behoefte middels binnenlandse teelt van energiegewassen bedraagt het maximaal benodigd landoppervlak ca. 100.000 ha. Deze teelt zou kunnen plaatsvinden op cultuurgronden in de akkerbouw- en de landbouwsector. Vanwege de hoge productiekosten (ca. 4-15 fl/GJ_{th}), onduidelijkheid m.b.t. de langere-termijn beschikbaarheid van (Europese) landbouwsubsidies, de onbekendheid bij de ondernemers betreffende de materie en de moeizame inpasbaarheid van energieteelt in het conventionele gewassen rotatieschema, vormt deze vorm van energieteelt binnen Nederland geen alternatief. Energieteelt in combinatie met andere landgebruiksfuncties (combinatieteelt) lijkt voor Nederland wel interessante mogelijkheden te bieden. Ook de teelt van microalgen, in combinatie met andere toepassingen (CO₂-verwijdering, afvalwaterzuivering) biedt in dit kader interessante mogelijkheden.

Een alternatief vormt verdergaande import van biomassa vanuit de EU en/of import vanuit bijvoorbeeld de Baltische Staten of Zuid-Amerika. M.n. import vanuit de Baltische Staten lijkt vanuit financieel-economisch oogpunt interessante perspectieven te bieden. Vanuit milieutechnisch oogpunt dient echter wel aandacht te worden besteed aan het duurzaamheidsaspect m.b.t. de totale keten (teelt, transport, aanwending in Nederland).

Om de biomassa ook daadwerkelijk gecontracteerd te krijgen voor een langere-termijn, bijv. gedurende de economische levensduur van een te realiseren installatie, is het noodzaak een contract af te sluiten met één of meerdere brandstofleveranciers. Daar deze vaak reeds goede contracten hebben afgesloten met bestaande afvalverwerkers, en de verwachting is dat de brandstofprijzen t.g.v. een toenemende vraag zullen gaan stijgen, is de verwachting dat de daadwerkelijke langere-termijn contracteerbaarheid van biomassastromen (m.n. organische reststromen) moeizaam zal zijn.

Nederlands energie- en milieubeleid

Daar vooralsnog de kosten voor elektriciteit- en/of warmteproductie m.b.v. biomassa hoger zijn dan die gebaseerd op fossiele brandstoffen zijn financiële maatregelen een absolute noodzaak om biomassaprojecten van de grond te krijgen. Hiervoor zijn, als onderdeel van het Nederlandse DE-beleid, een tweetal maatregelen gecreëerd, te weten: de Energie InvesteringsAftrek (EIA) en de Vervroegde Afschrijving Milieu-investeringen (Vamil). Financiële maatregelen die indirect duurzame energie stimuleren zijn de regeling groen beleggen, de REB en het CO₂-reductieplan. In hoeverre deze maatregelen toereikend zijn om bio-energie in een zich liberaliserende energiemarkt te introduceren is vooralsnog onduidelijk.

Knelpunten komen meestal niet voort uit de vele stimuleringsmaatregelen, maar uit het feit dat biomassaprojecten moeten worden ingepast in andere aanwezige kaders. Twee regelingen spelen daarbij een belangrijke rol. Dit zijn het afvalbeleid en het emissiebeleid.

Afvalverwerking (dus ook de aanwending van organische reststromen) dient in Nederland te geschieden volgens de Ladder van Lansink (preventie, hergebruik,, energieproductie, stort). In die gevallen dat het afval niet hergebruikt kan worden is het afvalbeleid er op gericht zoveel mogelijk energie uit het afval terug te winnen. Dit beleid lijkt, mits niet te rigide toegepast, geen bottle-neck te vormen voor de implementatie van bio-energieprojecten. In dit kader moet het mogelijk zijn een vergunning voor de verwerking van organische reststromen te verkrijgen, die geldt gedurende de economische levensduur van de installatie, en niet voor maximaal 10 jaar (Afvalstoffenwet), zoals thans bij de AVI's het geval is.

De botsing tussen afval- en energiebeleid die ontstond door de energetische verwerking van schone biomassa is in de eerste jaren van de ontwikkeling de grote bottle-neck geweest voor de ontwikkeling. Door m.n. het grote aantal betrokken actoren en het ontbreken van een eenduidig beleid bij centrale en lokale overheden bleek besluitvorming onmogelijk. Nu deze problemen voldoende boven tafel zijn lijkt de weg vrij om biomassa een eigen plaats te geven in het Nederlandse energiebeleid en de Nederlandse emissiewetgeving. De grote problemen rond emissierichtlijnen en vergunningen worden voldoende onderkend door het ministerie van VROM en de verwachting is dat nieuwe wetgeving de huidige onduidelijke regels op kortetermijn gaat vervangen. Het enig aanwezige risico lijkt nog dat strenge emissie-eisen voor kleinschalige decentrale installaties zullen leiden tot te grote investeringen voor dergelijke installaties en dus tot een verzwakking van de concurrentiekracht. Dit is met name bezwaarlijk vanuit overall energetisch oogpunt, daar door de mogelijkheid van restwarmte-benutting bij juist dit type installaties, de biomassa het meest efficiënt kan worden ingezet.

Maatschappelijk draagvlak voor toepassing van bioenergie

Van alle vormen van duurzame energie bezit biomassa het minst duidelijke imago. Dit komt niet het in minst doordat "deskundigen" niet altijd (een eenduidige) uitleg geven. Door oprichting van het Platform Bio-energie en het Projectbureau Duurzame Energie is getracht het publiek meer duidelijkheid te verschaffen betreffende de mogelijkheden van bioenergie. Of deze initiatieven afdoende zijn om een positief draagvlak te creëren valt vooralsnog te betwijfelen. Ook een meer positieve houding van de e-bedrijven (bijvoorbeeld door het wegnemen van het onderscheid tussen groene-stroom en eco-stroom door Nuon) zou het maatschappelijk draagvlak kunnen vergroten.

Bioenergie in een liberaliserende energiemarkt

Binnen een liberaliserende energiemarkt zullen energiebedrijven minder snel geneigd zijn om een risicovolle investering te doen. Het animo van de sector om mee te werken aan biomassaprojecten lijkt derhalve beperkt te worden door de liberalisatie. Een belangrijk onderwerp van discussie de komende 5 jaar zal gaan over de vraag hoe in een geliberaliseerde markt duurzame energie productie kan worden gestimuleerd. Hier ligt dus een serieuze kritische factor voor biomassa.

Huidige status en het ontwikkelingsperspectief van biomassaconversietechnieken

Vanuit technisch oogpunt, zijn op dit moment uitsluitend verbrandingstechnologieën, vergistingstechnologieën en mee-/bijstooktechnologieën, direct beschikbaar voor de implementatie van biomassa-projecten voor WKK-productie. De verwachting is dat op redelijk korte-termijn ook vergassingstechnologieën aan dit rijtje kunnen worden toegevoegd. De ontwikkeling van geïntegreerde technologieën voor productie van secundaire energiedragers, transportbrandstoffen en/of grondstoffen zal langere tijd vergen. Alle genoemde technologieën (uitz. mee-/bijstook) zijn, vanwege de hoge investeringskosten en relatief lage rendementen, financieel-economisch niet attractief, t.o.v. fossiele brandstoffen gebaseerde technologieën. Er zullen derhalve op de korte-termijn financiële regelingen noodzakelijk zijn, ter compensatie van de onrendabele top van bio-energie-demonstratieprojecten in Nederland en om onderzoeksinstellingen en leveranciers de financiële middelen te verschaffen om tot kostenreducties en/of efficiëntieverbeteringen m.b.t. bioenergiesystemen te komen.

Daar de huidige realisatie van demonstratieplants door de e-bedrijven vaak alleen geschiedt uit PR-overwegingen en om technologische kennis op te doen, geeft de realisatie van een aantal demonstratieplants geen garantie voor een verder vervolg in de toekomst [66]. Hierdoor zouden noodzakelijke technologie-ontwikkelingstrajecten (leer-effecten) in het nauw kunnen komen.

Op grond van de discussie kan het volgende worden geconcludeerd:

Er zijn kritische factoren met een afnemende invloed en factoren die in de toekomst potentieel een belangrijke rol kunnen gaan spelen bij de introductie van bioenergie-initiatieven in Nederland, namelijk:

Kritische factoren met een afnemende invloed

- Korte-termijn binnenlandse beschikbaarheid tegen acceptabele kosten van organische reststromen voor energiedoeleinden.
- Emissiebeleid en afvalbeleid: De discussie lijkt afgerond te kunnen worden met duidelijke regelgeving waardoor op dit punt weinig problemen meer te verwachten zijn. Ook Europese gelijkschakeling van regelgeving zal leiden tot een betere marktpositie voor biomassa.
- Onbekendheid bij overheden en het grote publiek: De rol van biomassa wordt steeds breder onderkend wat ook zijn weerslag heeft op de mogelijkheden om biomassa-projecten te verwezenlijken.
- Onduidelijke terminologie: De laatste jaren is veel energie gestoken in het boven tafel krijgen van eenduidige definities voor biomassa en de duurzaamheid daarvan. Mede door het oprichten van het Platform Bio-energie wordt er door de sector duidelijker naar buiten getreden.

Kritische factoren die in de toekomst potentieel een belangrijke rol kunnen gaan spelen

- Binnenlandse langere-termijn contracteerbaarheid tegen acceptabele kosten van organische reststromen en energiegewassen voor energiedoeleinden.
- Negatieve invloed VROM emissie-eisen op implementatie kleinschalige decentrale biomassa /WKK-installaties.
- Kan biomassa concurreren met andere duurzame energie op een geliberaliseerde markt?
- Kan Nederland biomassa in het buitenland contracteren op een vrije Europese (duurzame) energiemarkt?
- Kan biomassa voldoende worden uitgelegd voor maatschappelijke acceptatie?
- Is er in het toekomstige Europese landbouwbeleid nog ruimte voor biomassa?
- Status en ontwikkelingstrajecten biomassaconversiesystemen.

REFERENTIES

- [1] Ministerie van Economische Zaken, *Duurzame Energie in Uitvoering: Voortgangsrapportage 1999*, Den Haag, juli 1999.
- [2] Ministerie van Economische Zaken, *Duurzame Energie in Opmars: Actieprogramma 1997-2000*, Den Haag, maart 1997.
- [3] Ministerie van Economische Zaken, *Derde Energienota 1996*, Den Haag, december 1995.
- [4] Nederlandse Organisatie Voor Energie & Milieu, *Energiewinning uit Afval en Biomassa*, Utrecht, 1997.
- [5] Ree van R. en Mozaffarian M., *Biomassa: "Spin in het Web van de Nederlandse Energievoorziening in de 21^e-eeuw"*, ECN-RX—99-027, Energieconsulent (AEC), augustus 1999.
- [6] Inzet biomassa voor e-doeleinden in Ned. in 1999.
- [7] Rijkkema L.P.M., Lamers F.J.M., Zwaag C.A.J., *Werkdocument Classificatie Biomassa: Opzet en Eerste Indeling*, TNO-MEP, Novem-EWAB rapport 9905, Apeldoorn, juli 1999.
- [8] Rijkkema L.P.M. en Arninkhof M.J.C., *Rapportage Praktijkproef Classificatie Biomassa*, Concept-eindrapport TNO-MEP, Novem-EWAB rapport xxxx, Apeldoorn, januari 2000 (vooralsnog vertrouwelijk).
- [9] Heemskerk et al. G.C.A.M., *Best Practice List for Biomass Fuel and Ash Analysis*, KEMA Power Generation, Novem-EWAB rapport 9820, Arnhem, April 1998.
- [10] Drift van der A. en Doorn van J., *Phyllis: Operationeel Maken – Fase 2.*, Energieonderzoek Centrum Nederland, ECN-CX—98-138, Petten, november 1998 (<http://www.ecn.nl/phyllis>).
- [11] Dinkelbach L. (ed.), *Standardisation of Solid Biofuels in the Netherlands*, Netherlands Energy Research Foundation ECN, Novem-EWAB rapport 9923, Petten, December 1999.
- [12] Weterings R.A.P.M., Bergsma G.C., Koppejan J., Meeusen-van Onna M.J.G., *Beschikbaarheid van Afval en Biomassa voor Energieopwekking in Nederland*, TNO-MEP, CE, LEI, Novem-GAVE rapport 9911, Apeldoorn, december 1999.
- [13] Boer de M. en Doorn van J., *Inventarisatie van Vaste Industriële Reststromen uit de Voedings- en Genotmiddelenindustrie*, ECN-C—96-093, Petten, uni 1997.
- [14] Arts P.A.M., Beek van A., Benner J.H.B., *BIO-MASSTERCLASS: Een overzicht van de Stromen en een Aanzet tot Prijsindexering*, Bureau voor Communicatie en Advies over Energie & Milieu B.V. (CEA), Novem-EWAB rapport 9916, Rotterdam, september 1999.
- [15] Koppejan J., *EWAB Marsroutes, Taak 1.: Formats voor Biomassa en Afval*, TNO-MEP, Novem-EWAB rapport xxxx, Apeldoorn, 19 januari 2000 (vooralsnog vertrouwelijk).
- [16] Siemons R.V. en Kolk H., *Energiegewassen in Nederland: Scenariostudie met het Oog op een Duurzame Energievoorziening*, Novem-EWAB rapport 9928 / GAVE-rapport: 9912, Enschede, december 1999.
- [17] Heineman A., Saaltink G. en Kuiper L., *Energie uit Biomassa in Combinatieteelt*, Novem-EWAB rapport 9909, Wageningen, augustus 1999.
- [18] Goorden M.J. en Meeusen M.J.G., *Energie uit Landbouwgrondstoffen*, GAVE-rapport: 9907, Utrecht, december 1999.
- [19] Doorn van J. en Ree van R., *Agro-Industrieel-Complex-Dinteloord (AICD): Energieopwekking met Biomassa, Inventarisatie Biomassastromen en Conversietechnieken*, ECN-CX—98-064, Petten, juni 1998.
- [20] Novem, *Bioenergie: De Stand van Zaken 1999*, Duurzame Energie, april 2000.
- [21] *Energiebos bij Lelystad / Eerste Nederlandse Energiebos in Flevoland*, Stromen 16 april / 1 mei 1999.
- [22] Wasser R. and Brown A., *Foreign Wood Fuel Supply for Power Generation in the Netherlands*, Novem-EWAB rapportnr. 9517, Enschede, August 1995.

- [23] Bestebroer S.I. et al., *Bijstoken van Geïmporteerde Biomassa uit Estland in de Centrale Maasvlakte (EZH) en de Centrale Borssele (EPZ): Economische Haalbaarheid*, KEMA/BTG, Arnhem, oktober 1996.
- [24] Venedaal R. en Berg van den D., *Import van Biomassa*, Novem-EWAB rapportnr. 9812, Enschede, maart 1998.
- [25] NOVEM, *Eindcolloquium GAVE*, newMetropolis Amsterdam, 11 november 1999.
- [26] EZ, *Energierapport 1999*, Ministerie van Economische Zaken, De Haag, november 1999.
- [27] VROM, *Uitvoeringsnota klimaatbeleid eerste deel*, 1999.
- [28] Beeldman M., Oude Lohuis J., Annema J.A., Wijngaart van den R.A., *Vervolg Optiedocument. De Uitvoeringsnota Klimaatbeleid Doorgelicht. Een Analyse op Basis van het Optiedocument*, ECN-C--99-071, Petten, 1999.
- [29] Loo van S., *Emissierichtlijnen voor Energieopwekking uit biomassa*, Novem-EWAB 9835, Apeldoorn, augustus 1998.
- [30] Platform Bio-energie, *Overzicht Knelpunten Bio-Energieprojecten*, notitie 30 juni 1999.
- [31] Gent van L., *Normstelling voor Biomassa en Afval*, conceptrapport DGM directie lucht en energie, VROM, 15 oktober 1999.
- [32] Platform Bio-energie, *Samenvatting Reacties op VROM concept Emissierichtlijnen*, 26 november 1999.
- [33] Lagerwaard A., *Kappen met Energieteelt?*, Ministerie van LNV, Stagerapport Hogeschool Delft, februari 1999.
- [34] EU-DG6, *Statistical Information on the Internet Site*, 1999.
- [35] Bakker, *Biomassa Naar de Massa. Advies over Communicatie Inzake Acceptatie Energie uit Biomassa*, NOVEM-EWAB 9706, Beverwijk 1997.
- [36] Foster, *National and Pan-European Good Practice Guidelines for the Development of Sustainable Biomass Energy Scheme in Europe*, Biomass Conference Proceedings, Wurzburg, 1998, pp. 310-313.
- [37] ETSU, Bioguide, *Pan-European Good Practice Guidelines Biomass for Energy*, Harwell, UK, Februari 1999.
- [38] Koukios E.G. en Christensen M.N., *Seven Deadly Sins in Deployment of Renewable Energy Systems at the Local Level: The case of Biomass*.
- [39] Kaltschmitt M. en Kwant K., *Non-Technical Barriers of Biomass Market Introduction*, NOVEM Workshop, 28 November 1997.
- [40] Roos A., Graham R.L., Hektor B. and Rakos C., *Critical Factors to Bioenergy Implementation*, Biomass and Bioenergy 17, 1999, pp. 113-126.
- [41] Elbersen H.W. en Klerk de B., *Switch On! Een Plan voor Multifunctionele Energieteelt in het Landschap*, Proceedings Duurzame Energie Conferentie, Noordwijkerhout, november 1999, p.p. 178-179.
- [42] Ackermann T. and Söder I., *Biomass Power Generation in Competitive Markets - The Impact of Instruments and Regulations*, Proceedings of the 2nd Olle Lindstrom Symposium on Renewable Energy- Bioenergy. 9-11, Stockholm, Sweden, June 1999 pp.169-176.
- [43] Ruijgrok W. en Erbrink J.J., *Invloed van Europese Beleidstrends op Bio-energie in Nederland*, NOVEM-EWAB-programma, Arnhem, november 1999.
- [44] Natuur en Milieu en 12 Provinciale Milieufederaties, *Hout voor Energieopwekking, Alleen onder Voorwaarden*, Persbericht, Utrecht, 5 november 1998.
- [46] Sulilatu F., *Kleinschalige Houtverbranding van Schoon Afvalhout in Nederland*, TNO, Novem rapport 9212, november 1992.
- [47] Temmink H.M.G., *Inventarisatie Buitenlandse Ontwikkelingen Roosterovenverbranding*, Novem rapport 9611, mei 1996.
- [48] Obernberger I., *Decentralized Biomass Combustion: State of the Art and Future Development*; Biomass and Bioenergy, vol. 14, no. 1, p. 33, 1998.
- [49] Nussbaumer T., *Automatische Holzfeuerungen*; Wärmetechnik-Versorgungstechnik, 12/1999.

- [50] EU, *Biomass Combustion Contractor's Meeting*, Joule Programme, Brussels, March 30-31 1999.
- [51] *Fluidized Bed Combustion and Gasification: a Guide for Biomass Waste Generators*, FBT Inc, Chattanooga, TN, USA, July 1994.
- [52] Kachelbouw Doetinchem, *Informatie leverancier*, 1998.
- [53] Dinkelbach L., Bakker E. en Euser P.E., *Kleinschalige Verbranding van Bekistingshout; Onderzoek naar de Technische, Economische en Milieuhygiënische Haalbaarheid*, ECN-C-99-013, februari 1999.
- [54] Dinkelbach L. et. al., *Geteelde Biomassa voor Energieopwekking in Nederland; Identificatie van de Meest Veelbelovende Mogelijkheden tot Kostenreductie in Vier Ketens*, Novem rapport 9903, maart 1999.
- [55] Vries de R. en Bresser H., *Evaluatie Demonstratie Project WKK op Biomassa te Schijndel*, Novem-EWAB 9920, oktober 1999.
- [56] Broek van der R., Faaij A. and Wijk van A., *Biomass Combustion Power Generation Technologies*; Part of: *Energy from Biomass: An Assessment of Two Promising Systems for Energy Production*, UU-report: 95029, Utrecht, May 1995.
- [57] Padinger R., Stanzel W., Stiglbrunner R., *Wood Chip Furnaces for District Heating in Austria; Technical Developments and Operational Performance*; 8th European Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry, 3-5 October, Vienna, Austria, 1994.
- [58] Koljonen T., Solantausta Y., Salo K., Horvath A., *IGCC Power Integrated to a Finnish Pulp and Paper Mill*, VTT Research Notes 1954, 1999.
- [59] Faaij A., Ree van R., Meuleman B., *Long Term Perspectives of Biomass Integrated Gasification with Combined Cycle Technology*, Novem-EWAB: 9840, Utrecht, 1998.
- [60] Solantausta Y., Bridgwater A., Beckman D., *Electricity Production by Advanced Biomass Power Systems*, VTT Research Notes 1927, 1996.
- [61] Kaltschmit M., Rösch C., Dinkelbach L. (eds), *Biomass Gasification in Europe*, Final Report, 1998.
- [62] Boer de M., Pluijm van der R., *Van kg naar kW*, ECN-DE-Memo 96-32, Petten, 1996.
- [63] Gielen D., Lako P., Dinkelbach L., Ree van R., *Prospects for Bioenergy in the Netherlands*, ECN-C—97-103, Petten, 1998.
- [64] Reed T.B. and Gaur S., *A Survey of Biomass Gasification 2000, Gasifier Projects and Manufacturers Around the World*, NREL and the Biomass Energy Foundation Inc., Golden, Colorado, September 1999.
- [65] Kwant K.W., *Status of Gasification in Countries Participating in the IEA Bioenergy Gasification Activity*, Novem-EWAB 0006, Utrecht, February 2000.
- [66] Wolters I., *Niet-technische Problemen Rond de Inzet van Bio-energie*, UU, NWS-rapport: 99020, Utrecht, april 1999.

BIJLAGE 1. GECLASSIFICEERD OVERZICHT BESCHIKBAARHEID/ CONTRACTEERBAARHEID VAN BIOMASSA HOOFD- /SUBGROEPEN

In de tabel gepresenteerd in deze bijlage wordt een gedetailleerd overzicht gepresenteerd van de beschikbaarheid/contracteerbaarheid van biomassa voor de Nederlandse energievoorziening. Er is gebruik gemaakt van recente onderzoeksdata, zoals gerapporteerd in onderstaande rapporten:

Weterings R.A.P.M., Bergsma G.C., Koppejan J., Meeusen-van Onna M.J.G., *Beschikbaarheid van Afval en Biomassa voor Energieopwekking in Nederland*, TNO-MEP, CE, LEI, Novem-GAVE rapport 9911, Apeldoorn, december 1999.

Arts P.A.M., Beek van A., Benner J.H.B., *BIO-MASSTERCLASS: Een overzicht van de Stromen en een Aanzet tot Prijsindexering*, Bureau voor Communicatie en Advies over Energie & Milieu B.V. (CEA), Novem-EWAB rapport 9916, Rotterdam, september 1999.

Koppejan J., *EWAB Marsroutes, Taak 1.: Formats voor Biomassa en Afval*, TNO-MEP, Novem-EWAB rapport xxxx, Apeldoorn, 19 januari 2000 (vooralsnog vertrouwelijk).

Doordat in deze tabel de grote verscheidenheid aan biomassastromen geclassificeerd wordt weergegeven, is het m.b.v. de thans beschikbare data vooralsnog niet mogelijk de tabel volledig in te vullen. Naarmate er in de (nabije) toekomst meer data m.b.t. met name de subgroepen beschikbaar komen kan nadere specificering plaatsvinden.

Legenda:

- k.t.: kiloton
- d.s.: droge-stof basis
- n.b.: natte basis (“as received”)
- PJ_{th}: Pèta Joule thermisch (= 10¹⁵ Joule)
- gew.%: gewichtsprocent
- Totale beschikbaarheid: de totale beschikbaarheid van biomassa in Nederland in 1998 (voor diverse doeleinden).
- KT beschikbaarheid: dat deel van de totale beschikbaarheid die in 1998 niet benut werd.
- Contracteerbaarheid: dat deel van de KT beschikbaarheid waarop geen andere dan energie-aanspraken konden worden gedaan.
- Beschikbaarheid (Ned. + EU): beschikbaarheid in Nederland voor energiedoelinden (som van wat reeds wordt ingezet voor energieproductie + stromen die zich goed lenen voor inzet in de energievoorziening).
- Locatie: Informatie op wat voor een wijze de biomassa beschikbaar komt op de plaats van herkomst. Er wordt onderscheid gemaakt tussen: centraal/decentraal, groot-schalig(gr)/kleinschalig(kl), chips ©, blokken (b), zaagsel (z), fijn stof (st), balen (ba), korte vezels (kv), stapelbare mest (spm), slurry (sl), slib (sb), bulk stortvast (bs).
- Stookwaarde, vochtgehalte, asgehalte: gemiddelde specifieke waarden uit ECN-database Phyllis.
- Restfracties codes 813 t/m 817: Deze restfracties zijn samengesteld uit een groot aantal deelstromen. Voor de beschikbaarheid voor de energievoorziening in Nederland zijn de volgende fracties beschouwd: GFT, papier, hout en textiel. Potentiële separate inzet van deze fracties vereist een verregaande voorscheiding en ligt derhalve niet voor de hand.
- Vers hout: hout direct afkomstig uit de natuur of teelten dat geen andere bewerking of behandeling heeft ondergaan dan: verkleinen, opslag of sorteren (o.a. zaagsel bos).
- Bijproducten bosbouw = o.a. dunningshout
- Gebruikt hout: hout dat na toepassing beschikbaar is gekomen (o.a. zaagsel zagerij).
- Behandeld hout: hout waarbij een stof op het oppervlak is aangebracht.
- Geïmpregneerd hout: hout dat met een verduurzamingsmiddel geïmpregneerd is.
- Verwerkt hout: hout dat een procesbewerking heeft ondergaan waardoor de chemische samenstelling is veranderd (compostering, vergisting).
- A-hout: onbehandeld, schoon gebruikt hout.
- B-hout: geleverd of verlijmd, niet-geïmpregneerd, hout.
- C-hout: geïmpregneerd hout, bielzen en hout dat langere tijd onder water heeft gestaan.
- Afvalhout = oud bewerkt hout.
- RKG-slib: riool-, kolken- en gemalen slib.
- Huishoudelijk en veilingafval = o.a. gescheiden ingezameld huishoudelijk GFT.
- Samengestelde stromen: met opzet samengevoegd, hoeveelheid samenstellende substromen bekend. In dit geval zijn hier ook de diverse restfracties opgenomen (codes: 313 t/m 317). Dit zijn mengsel van stromen van o.a : GFT, papier, hout en textiel.
- Verontreiniging i.p.v. samengestelde stroom bij < 1 gew.% “vreemde” component.
- Mengsels: niet met opzet gemengd, samenstelling veelal onbekend.
- SG: soortelijk gewicht.
- (*): toegevoegd aan of verandering in gemodificeerd classificatiesysteem [8].

Typologie [7,8]	Code [8]	CEA-rapport (1999) [14]						[14] ^{nb} [12,15]		ABC-studie (1999) [12] Marsroutes deelstudie [15]					
		Totale beschikbaarheid		KT beschikbaarheid		Contracteerbaarheid		Prijs NLG/ton d.s.		Beschikbaarheid (Ned. + uit EU)		Locatie	Stook- waarde	Vochtgehalte	Asgehalte
		kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	min.	max.	kt n.b.	PJth		MJ/kg n.b.	gew.% n.b.	gew.% d.s.
Hout:	100	3328	62	1320	24	1045	19			1277	17,4				
Mengsel	101														
Schors	102														
Park/plantsoen	105	690	17	480	10		8	-65	-45				6	40	
Fruitsector	106*	216	4					-30 ^{nb}	30 ^{nb}						
Overig	109														
Vers hout (snoeih)	110	280	4					120	180				12	30	
Mengsel	111														
Overig	119														
Loofhout	120														
Mengsel	121														
Kort-omloop: populier, wilg, ..	122							100 ^{nb}	150 ^{nb}	2 + 0	0,0	Dec.gr.: c	10,2	40	2,1
Laag SG: berk, els, ...	123														
Hoog SG: Eik, Beuk, ...	124														
Overig	129														
Naaldhout	130														
Mengsel	131														
Spreiding SG: Den, ...	132														
Laag SG: Spar, ...	133														
Hoog SG: douglas, lariks	134														
Bijprod. Bosbouw Dunningshout	135*	281	6						+30 ^{nb}	425 + 30	4,7	Dec.gr: c/b	10,2	40	2,1
Overig	139														
Gebruikt hout (oud hout)	150*	804	14					75	140				15	15	
Mengsel	151														

Typologie [7,8]	Code [8]	CEA-rapport (1999) [14]						[14] nb [12,15]		ABC-studie (1999) [12] Marsroutes deelstudie [15]					
		Totale beschikbaarheid		KT beschikbaarheid		Contracteerbaarheid		Prijs NLG/ton d.s.		Beschikbaarheid (Ned. + uit EU)		Locatie	Stook- waarde	Vochtgehalte	Asgehalte
		kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	min.	max.	kt n.b.	PJth		MJ/kg n.b.	gew.% n.b.	gew.% d.s.
Afvalhout	152*	530	9					+25 ^{nb} -180 - -140	400 + 0	6,2	Dec.kl.: z/c/b/st	15,4	10/15	6,5	
Overig	159														
Onbehandeld	160														
Schoon resthout (houtverw. ind.)	161*	527	7					-30 ^{nb}	270 + 150	6,5	Dec.gr.: z/c/b/st	15,6	15	1,6	
Hardhout	162							150 ^{nb}							
Kurk	163														
Overig	169														
Geverfd, verlijmd	170														
Mengsel	171														
Plaatmateriaal verlijmd	172														
Overig	179														
Geïmpregneerd	180														
Mengsel	181														
Gewolmaniseerd	182														
Gecreosoteerd	183														
Overig	189														
Verwerkt	190														
Mengsel	191														
Compostering	192														
Vergisting	193														
Landurig onder Water	194														
Overig	199														
<u>Gras en stro:</u>	<u>200</u>	1256	18	730	12	183	3								
Mengsel	201														
Landbouwresiduen	202*								0	0					
Overig	209														

Typologie [7,8]	Code [8]	CEA-rapport (1999) [14]						[14] nb [12,15]		ABC-studie (1999) [12] Marsroutes deelstudie [15]					
		Totale beschikbaarheid		KT beschikbaarheid		Contracteerbaarheid		Prijs NLG/ton d.s.		Beschikbaarheid (Ned. + uit EU)		Locatie	Stook- waarde	Vochtgehalte	Asgehalte
		kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	Kt d.s.	PJth	min.	Max.	kt n.b.	PJth		MJ/kg n.b.	Gew.% n.b.	gew.% d.s.
Gras	210	500	5	76	1		1			469	2,5				
Mengsel	211														
Olifantsgras	212							142 ^{nb}	1 + 0	0	Dec.gr.: c	13,2	20	6,1	
Bermgras	213	500	5	76	1		1	-120 ^{nb} -80	-10 ^{nb} 10	468 + 0	2,5	Dec.gr.: ba	5,3	60	5,0
Overig	219														
Stro	220	756	13		11		2			1829	22,3				
Mengsel (granen)	221	656	11		11		2	+220 ^{nb} 120 – 200		0 + 1650	20	Dec.gr.: ba	13,3	15	6,9
Gerst	222														
Tarwe	223														
Rijsthalms	224														
Hennep	225							-50 ^{nb}	+50 ^{nb}	5 + 24	0,3	Cen.gr.: kv	11,3	20	4,8
Koolzaad	226*							+220 ^{nb}		0 + 150	2,0	Dec.gr.: ba	13,6	15	6,1
Hooi graszaad	227*	99	2					115 ^{nb}	170 ^{nb}	-	-	Dec.kl.: ba	12,7	20	5,0
Overig	229														
Mest:	300*	9121	96	547	6	183	2			16500	10				
Mengsel	301							-30	0						
Overig	309														
Pluimvee	310	1292	17					-50 ^{nb}	0 ^{nb}	1500 + 0	10,0	Dec.gr.: spm	6,6	45	22
Runder	320	5764	58												
Varkens	330	1616	16					-50 ^{nb}	0	15000 + 0	-	Dec.gr.: sl	1,0	92	44
Vleeskalveren	340	252	3												
Paarden	350												8	50	
Schapen/geiten	360	190	2												
Pelsdieren/ konijnen	370	8	0												

Typologie [7,8]	Code [8]	CEA-rapport (1999) [14]						[14] nb [12,15]		ABC-studie (1999) [12] Marsroutes deelstudie [15]					
		Totale beschik.baarheid		KT beschik- Baarheid		Contracteer- baarheid		Prijs NLG/ton d.s.		Beschikbaarheid (Ned. + EU)		Locatie	Stook- waarde	Vochtgehalte	Asgehalte
		kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	Kt d.s.	PJth	min.	max.	kt n.b.	PJth		MJ/kg n.b.	Gew.% n.b.	gew.% d.s.
<u>Slib:</u>	<u>400</u>	955	19	319	6	266	5			630	0,9				
Mengsel	401	34	1				1								
Overig	409						1								
Zuiverings-slib (RWZI)	410	355	7	180	4		3	- 120 ^{nb}	- 100 ^{nb}	630 + 0	0,9	Centr.gr.: sb	1,5	75 95 – 99	37
RKG	420	550	11	19	0		0	-120	-40						
Drinkwater- bereiding	430	3	0												
Papier	440	13	0												
<u>Reststromen VGI:</u>	<u>500</u>	7651	101	383	9	128	3	+10 ^{nb} -180	+30 ^{nb} -120	1534 + 0	6,1	Centr.gr.: bs	3,9	75 – 90	?
Mengsel	501														
Slachterijen/vlees- verwerking	502*	1094													
Zuivel/melkind.	503*	229													
Visbewerking	504*	134													
Meel/gort/rijst	505*	334													
Margarine/olie/vet	506*	2629													
Groentefruitverw.	507*	131													
Zetmeel	508a*	562													
Alcohol/bierbr.	508b*	323													
Overig	509*	271													
Doppen	510														
Mengsel	511														
Cacao	512												18 - 15	10 – 15	
Pinda	513														
(Wal)noten	514														
Amandel	515														
Overig	519														

Typologie [7,8]	Code [8]	CEA-rapport (1999) [14]						[14] nb [12,15]		ABC-studie (1999) [12] Marsroutes deelstudie [15]					
		Totale beschikbaarheid		KT beschikbaarheid		Contracteerbaarheid		Prijs NLG/ton d..s.		Beschikbaarheid (Ned. + EU)		Locatie	Stook- waarde	Vochtgehalte	Asgehalte
		kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	min.	max.	kt n.b.	PJth		MJ/kg n.b.	Gew.% n.b.	gew.% d.s.
Schillen/Vliezen	520														
Mengsel	521														
Aardappel	522														
Rijst	523											15	15		
Olijven (incl. pit)	524														
Overig	529														
Pulp	530									0	0				
Mengsel	531														
Suikerbereiding	532	1945													
Bieten	533														
Graanspoeling	534														
Natte vezel/ bostel	535														
Koffie	536														
Overig	539														
GFT:	600*	654	10	0	0	0	0	-110	-60	200	1,3			60	
Mengsel	601														
Overig	609														
Veilingafval	610														
Tuinbouwafval	620														
Fruitteelt/boom- kwekerij	630	-	-					-30 ^{nb}	30 ^{nb}	100 + 0	1,0	Dec.kl.: c/b	10,2	40	2,1
Huishoudelijk	640	616	9					-90 ^{nb}	-50 ^{nb}	100 + 0	0,3	Dec.kl.: bs	3,4	52	20
Bloembollen- pelsel	650	38	1							0	0				
Overig:	700*									15	0,2				
Mengsel	701														
Overig	709														
Papier/karton	710	373	7	282	5	113	2	-60 ^{nb}	-10 ^{nb}	-	-	Dec.kl.: bs	10,0	24	7,6
Textiel	720							-100 ^{nb}		15 + 0	0,2	Dec.kl.: bs	14,3	14	3,9

Typologie [7,8]	Code [8]	CEA-rapport (1999) [14]						[14] nb [12,15]		ABC-studie (1999) [12] Marsroutes deelstudie [15]					
		Totale beschikbaarheid		KT beschikbaarheid		Contracteerbaarheid		Prijs NLG/ton d.s.		Beschikbaarheid (Ned. + EU)		Locatie	Stook- waarde	Vochtgehalte	Asgehalte
		kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	kt d.s.	PJth	min.	max.	kt n.b.	PJth		MJ/kg n.b.	gew.% n.b.	gew.% d.s.
Zonder kunststof	721														
Met kunststof	722														
<u>Samengestelde Stromen:</u>	<u>800*</u>	-	-	-	-	-				44,1					
Mengsel	801														
Overig	809														
Zonder kunstst	810*														
Mengsel	811														
Biomassa korrels	812														
Restfr.Huish.Afval	813							-180 ^{nb}		24,2		9,9	30	23,7	
Restfr.Grof Huish. Afval	814							-180 ^{nb}		3,2		10,8	15	41,0	
Restfr. bouw- /sloopafval	815							-180 ^{nb}		1,3		5,4	8	76,1	
Restfr. KWD-afval	816							-180 ^{nb}		12,5		9,5	26	26,9	
Restfr.Ind.Afval	817							-180 ^{nb}		2,9		5,3	8	67,8	
Overig	819														
Met kunststof	820														
Mengsel	821														
Overig	829														
TOTALEN		23121	313	3580	63		34			22454	104,8				

Aanvullende informatie kengetallen CEA-rapport [14]:

In dit rapport worden de volgende grootheden geïntroduceerd:

- Totale beschikbaarheid: de totale beschikbaarheid van biomassa voor diverse doeleinden in Nederland in 1998.
- Korte-Termijn beschikbaarheid: dat deel van de totale beschikbaarheid die in 1998 niet benut werd (= technisch inzetbaar potentieel).
- Contracteerbaarheid: dat deel van de KT beschikbaarheid waarop geen andere dan energie-aanspraken konden worden gedaan
- Houtstromen:
Er blijkt in Nederland totaal ca. 62 PJth aan hout beschikbaar te zijn. Dit is exclusief hout dat blijft liggen in bossen en parken (ca. 1500 kt d.s. of 26 PJth). Er is veel vraag naar m.n. de schone houtstromen (spaanplaatindustrie, e-opwekking), zoals: snoeihout, dunningshout en schoon resthout uit de houtverwerkende industrie. Naar oud hout en afvalhout is minder vraag. De KT beschikbaarheid (24 PJth) is derhalve gebaseerd op deze twee stromen + een klein percentage van het hout dat thans in parken en bossen blijft liggen. Er wordt verondersteld dat ca. 80% (19 PJth) van het KT-beschikbare materiaal contracteerbaar is voor energiedoeleinden.
- Gras en stro:
Bermgras wordt thans afgevoerd ter compostering of gebruikt als ruwvoer in de veehouderij. De KT-beschikbaarheid en de contracteerbaarheid is derhalve laag ingeschat. Ca. 50% van de geproduceerde stro wordt thans afgezet in de veehouderij en de tuinbouw. De overige 50% wordt gehakseld en ondergeploegd. O.a. deze laatste fractie is derhalve direct contracteerbaar voor energiedoeleinden.
- Mest:
Van de totaal beschikbare mest wordt thans ca. 94% afgezet in de landbouw, ca. 4% geëxporteerd en ca. 2% verwerkt. Verwacht wordt dat de hoeveelheid beschikbare mest in Nederland zal afnemen t.g.v. het inkrimpen van de veestapel. De contracteerbaarheid voor energie-doeleinden is, mede t.g.v. verwachte tegenwerking vanuit milieu-organisaties, laag ingeschat (ca. 2% van het totaal beschikbare energiepotentieel). Deze inschatting lijkt erg pessimistisch, daar m.n. droge mest (kippenmest/paardenmest) uitstekend geschikt lijkt te zijn voor toepassing in thermische conversie-installaties.
- Slib:
Van de totaal beschikbare slibfracties, wordt thans ca. 15% verbrand, ca. 8% gecomposteerd en ca. 8% gestort. De slibproductie zal naar verwachting in de periode tot 2005 met 5% toenemen. Daar vanaf 2000 stort verboden is, wordt de contracteerbaarheid voor energie-doeleinden groter. De KT-beschikbaarheid is ingeschat overeenkomend met een hoeveelheid die thans wordt gestort (6 PJth), waarvan wordt verwacht dat het grootste deel (5 PJth) contracteerbaar is voor e-opwekking.
- Reststromen Voedings- & Genotmiddelen Industrie (VGI):
Een groot deel van de in deze sector vrijkomende organische reststromen worden thans afgezet in de veevoederindustrie (78%) en ter compostering/bemesting (17%). Het overige deel wordt ingezet in de energievoorziening (vergisting), dan wel gestort. Door de steeds strenger wordende eisen m.b.t. verwerking in de veevoederindustrie is de verwachting dat de beschikbaarheid voor andere doeleinden zal toenemen. Er zijn echter vele concurrerende toepassingsmogelijkheden, waardoor de contracteerbaarheid voor e-productie laag is ingeschat.

- GFT:
Voor de afzet van GFT bestaan thans langlopende contracten met composteerbedrijven, zodat de contracteerbaarheid voor de energie-voorziening als nihil wordt beschouwd.
- Overige stromen:
Deze stromen beperken zich in de CEA-studie tot reststromen uit de papier- en kartonindustrie. Van de 7 PJth totaal beschikbare resstromen is ingeschat dat ca. 30% contracteerbaar is voor energiedoeleinden.
- Samengestelde stromen: met opzet samengevoegd, hoeveelheid samenstellende substromen bekend. In dit geval zijn hier ook de diverse restfracties opgenomen. Dit zijn mengsel van stromen van o.a : GFT, papier, hout en textiel. Er wordt gesproken van een verontreiniging i.p.v. een samengestelde stroom bij < 1 gew.% “vreemde” component. Mengsels: niet met opzet gemengd, samenstelling veelal onbekend. Aan deze stromen is in de CEA-studie geen aandacht besteed. Dit is vreemd daar het energetisch potentieel aanzienlijk is.

Aanvullende informatie kengetallen ABC- en Marsroutes rapporten [12,15]:

In deze rapporten wordt een uitgebreid overzicht gepresenteerd van de beschikbaarheid van (organische) reststromen voor zowel de huidige (2000) als de toekomstige (2020) energievoorziening. Er wordt in de tabel onderscheid gemaakt tussen reststromen beschikbaar binnen Nederland en reststromen die vanuit de EU kunnen worden geïmporteerd om te worden aangewend voor de Nederlandse energievoorziening. I.t.t. de CEA-studie wordt in de hier beschouwde studies wel aandacht besteed aan het potentieel van de samengestelde reststromen. Met een potentiële beschikbaarheid van ca. 44 PJth, leveren deze stromen een belangrijke bijdrage (42%) aan het totaal beschikbare potentieel (ca. 105 PJth) aan organische reststromen voor de Nederlandse energievoorziening. De restfracties zijn samengesteld uit een groot aantal deelstromen. Voor de beschikbaarheid voor de energievoorziening in Nederland zijn de volgende fracties beschouwd: GFT, papier, hout en textiel. Potentiële separate inzet van deze fracties vereist een verregaande voorscheiding en ligt derhalve niet voor de hand. Daar deze stromen als mengsel vrijkomen, dient een scheidingsprocede ontwikkeld te worden, waarbij de organische van de niet-organische fractie wordt gescheiden. Dit bemoeilijkt de inzet van deze fractie voor energiedoeleinden.

BIJLAGE 2. OVERZICHT COMBINATIETEELT ALTERNATIEVEN

Indeling in hoofdgroepen naar landgebonden activiteiten, die ieder op hun eigen wijze ruimte vragen in landelijke- en aan steden grenzende gebieden [17]. De genummerde opties zijn aangedragen door het projectteam, de overige door geraadpleegde partijen.

1. Energieteelt in combinatie met natuurbeheer-, landschapswaarden en recreatieve functies: “De Groene Gebruiksruimte” (teelt is niet het primaire doel)
<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Teelt als natuurlijke oeverbescherming in uiterwaarden 1.2 Teelt als speciaal biotoop voor de jacht 1.3 Teelt als onderdeel van recreatieterreinen 1.4 Teelt als bufferzone tussen natuurgebieden en intensieve landgebruiksgebieden 1.5 Teelt als rustgebied voor wild of als wildcorridor binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) 1.6 Teelt als ondersteuningsgewas voor bijenteelt in het vroege voorjaar <ul style="list-style-type: none"> - Teelt als speelbos - Teelt als onderdeel van plattelandsvernieuwing
2. Energieteelt als integraal onderdeel van landbouwkundige en/of bosbouwkundige productieketens: “Agro-Forestry” (optimalisering teeltproductie onder maatschappelijk aanvaarde rvw)
<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Teelt langs slootkanten/akkerlanden tegen uitspoeling nutriënten (akkerrandenbeheer) 2.2 Teelt op akkerbouwgronden die binnen braaklegregeling vallen 2.3 Energieplantages gericht op maximale CO₂-emissiereductie 2.4 Teelt in combinatie met medicinale- of fruitgewassen 2.3 2.5 Teelt in combinatie met vezelhouttoepassingen (cascades) 2.6 Teelt in combinatie met griendcultuur (waterbouw, mandenmakerij) 2.7 Teelt d.m.v. éénjarige wilgen bij biologisch-dynamisch en ecologische boerenbedrijven, voor energiewinning voor eigen erf of in coöperatief verband <ul style="list-style-type: none"> - Teelt in combinatie met de productie van palen (Robinia, kastanje) - Teelt ter gebruik van onpraktische landbouwpercelen, overhoeken, etc. - Duoteelten/Dubbelteelten: ter productie van zoveel mogelijk biomassa - Teelt als onderdeel van werkgelegenheidsprojecten - Energieteelt in combinatie met voedselteelt
3. Energieteelt in combinatie met milieutechnische maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van bodem, water en lucht: “Bio-Remediation” (teelt als oplossing voor milieuprobleem)
<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Teelt in combinatie met direct hergebruik van baggerspecie 3.2 Teelt als filter ter zuivering van industrieel/huishoudelijk afvalwater 3.3 Teelt in combinatie met de injectie van drijfmest 3.4 Teelt ter verbetering van de kwaliteit van waterwingebieden <ul style="list-style-type: none"> - Teelt ter herstel van ziektes in landbouwbodems (inbouwen rustperiodes) - Teelt ter verbetering organische structuur en organische stofgehalte landbouwgronden - Teelt ter sanering van sterk nitraat/fosfaat verontreinigde landbouwgronden - Teelt ter bestrijding wind-/watererosie (Veenkoloniën, Limburg) - Teelt in combinatie met stortplaatsen - Teelt als compensatie bij (her)inrichting zand-/grindwinningsgebieden
4. Energieteelt ter aankleding/leefbaarder maken van infrastructurele projecten: “Speciale Infrastructurele Projecten”
<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Teelt als visuele/akoestische bescherming langs autowegen, woonwijken, spoorlijnen, ... 4.2 Teelt onder hoogspanningsmasten/-leidingen 4.3 Teelt met windmolens in “energieparken” 4.4 Teelt als onderdeel van duurzame bouwprojecten (Vinex locaties) 4.5 Teelt als “Joint-Implementation” maatregel i.s.m. andere landen <ul style="list-style-type: none"> - Teelt als tijdelijke landgebruiksvorm voor toekomstige infrastructurele locaties - Teelt op slechte natte gronden of ter voorkoming verdroging - Teelt voor decentrale e-opwekking

BIJLAGE 3. OVERZICHT LEVERANCIERS BIOMASSA VERBRANDINGSSYSTEMEN

Type	Ontwikkelaar of leverancier	Contactpersoon	Voorbeeldinstallatie	Informatie
A/B	Kachelbouw Doetinchem	E. Bakker	ECN-KCG hal	[53], bedrijfsinfo
A/B	Köb via Kachelbouw D.		?	Bedrijfsinfo
C	KARA, Almelo			
C/G	Vyncke nv Gentsesteenweg 224 B-8530 Harelbeke België	tel: 32 56 71 82 31 fax: 32 56 70 41 60	Lelystad (NL)	
	Talbott's Drumond Road, Astonfields Industrial Estate, Stafford ST16 3HJ England	tel: +44 1785 213366 fax: +44 1785 256418	3000 installaties in Europa 50 - 3000 kW	Bedrijfsinfo
	WVT			
B	AWINA Gmunden			[57]
C	Weiss (D)		230 kW – 1 MW	
	Justsen			
B/C	Passat via Stienstra bv?		15 kW – 150 kW	
C	Bioflam (D)			
D	Heizomat			
C	Nolting			
	Aalborg Ciseriv Int. A/S			
	Tampella Power		Norrköping, Zweden 125 MWth	
	Noell, von Roll, Martin, DBA, ABB W+E, Steinmuller, Volund, Kruger, Babcock, Lentjens-Kablitz			
G	Zurn/NEPCO		Burlington, USA 50 MWe	[46]
I,K	Foster Wheeler	stoker, BFB, CFB		
	Babcock and Wilcox	Stoker		
I	Siemens		Cuijk (NL)	
I,K	ABB-CE			
I	Babcock & Wilcox			
I	JWP Energy products			
I	Combustion Power			
I,K	Kvaerner			
H	Burmeister and Wain, DK			
M	Wellons Inc. USA 14440 SW Tualatin- Sherwood road OR 97140 Sherwood, Oregon	? tel: 503 625 6131 fax: 503 625 5366	?	[56]
K	Ahlstrom Pyropower Tampella			

BIJLAGE 4. OVERZICHT LEVERANCIERS BIOMASSA
VERGASSINGSSYSTEMEN

Type	Ontwikkelaar of leverancier	Contactpersoon	Voorbeeldinstallatie
A	Stork Thermeq B.V. P.O.Box 33 NL-7550 AA Hengelo	A. Grooters Tel +31-74-2401530 Fax +31-74-2424790	Goor (NL), 400 kW _e (demo, commissioning najaar 2000)
A	MHB Industriestrasse 3 D-15517 Fürstenwalde	W. Richter Tel +49-3361-50117 Fax +49-3361-301345	Fürstenwalde (D), 25 kW _e (demo, zelden in bedrijf)
A	Martezo-Touillet 237, route de Paris P.O. Box 419 F-86010 Poitiers Cédex	Tel +33-549370203 Fax +33-549373979	meerdere, o.a. Grand Bassam (Ivoorkust), 200 kW _{el}
A	Université Catholique de Louvain-la-Neuve (UCL) GEB, place du Levant 2 B-1348 Louvain-la-Neuve	F. Bourgois Tel +32-10-478398 Fax +32-10-452692	Louvain-la-Neuve (B), 150 kW _e (restart van een bestaande installatie)
A	Ventec Waste to Energy Ltd. 1 Warner way, Warner Business Park, Sudbury, Suffolk, CO10 6GG	Tel +44-1787-373007	35 kW _e
A	Carbo Consult (System Johansson) Suite 325, Oak Park Randburg, South Africa	G. Freudendahl Tel +27-11-8866727 Fax +27-11-8866721	meerdere, < 200 kW _e
A	HTV HTV failliet najaar 1998, technologie overgenomen?		Espenhain (D), 800 kW _e (grote problemen, geen continu bedrijf)
A	Shawton Engineering Ltd Junction Lane, Sankey Valley Industrial Estate Newton le Willows UK-WA12 8DN	D. Patrick Tel +44-01925-220338 Fax +44-01925-220135	100 kW _e (demo)
A	B9 Energy Biomass Ltd Willowbank Road, Millbrook Industrial Estate Larne, Co Antrim N. Ireland BT40 2SF	D. Jenkins Tel +44-1504-271520 Fax +44-1504-308090	200 kW _e
A	Hollensen Drejervej 22 DK-7451 Sunds	P. Jensen Tel +45-97142022 Fax +45-97142686	Hogild (DK) 150 kW _e (commercieel)
A	Arcus Umwelttechnik Schwarzer Mersch 2 D-49832 Freren		Freren, 80 kW _e
A	IISc Bangalore (India), DASAG (CH)	Sharan	Seuzach (CH) 80 kW _{el} (Open Top vergasser)
A	Imbert Robert-Bosch-Strasse 7 D-53919 Weilerswist		400 kW _{th} (geen elektriciteitsproductie)
A	AHT Friedrich-Ebert-Strasse D-51429 Bergisch-Gladbach	J. Ferges Tel +49-2204-842130 Fax +49-2204-842131	Glücksburg (D), 20 kW _e Köln (D), 200 kW _e Emmenbrücke (CH), 150 kW _e (combinatie tegen-/meestroom)

A	KARA P.O. Box 570 NL-7600 Almelo	C. Reinders Tel +31-546-876580 Fax +31-546-870525	Almelo (NL), xxx kW _{el}
B	Lurgi (cfb) Lurgiallee 5 D-60295 Frankfurt	J. Albrecht Tel +49-69-5808-3530 Fax +49-69-58082628	ENERGY FARM Di Casina (I), 11.9 MW _e (demo, commissioning najaar 2000)
B	TPS (cfb) Studsvik S-61182 Nyköping	A. Hallgren Tel +46-15522-1300 Fax +46-15522-1398	ARBRE Eggborough (UK), 8 MW _e (commissioning voorjaar 2000) BIG-GT Brazil, 31.9 MWe (commercial, commissioning 2000)
B	HoSt Industriplein 3 NL-7553 LL Hengelo	H. Klein Teeselink Tel +31-2401810 Fax +31-2401811	Petten (NL), 60 kW _{el} commissioning voorjaar 2000
C	Foster Wheeler P.O. Box 45 FIN-00441 Helsinki	J. Sarkki Tel +358-10-393-6117 Fax +358-10-393-6161	BIOFLOW Värnamo (S), 6 MW _e (demo, zelden in bedrijf)
C	Carbona Inc. (pbf) Kaupintie 11 FIN-00440 Helsinki	K. Salo Tel +358-9-5407150 Fax +358-9-540-71540	Tampere (FIN), 15 MW _{th} (pilot, zelden in bedrijf, geen elektriciteitsproductie)
C	IGT-Renugas (pbf) 1700 S. Mount Prospect Road, Des Plaines USA-IL 60018-1804	S. Babu Tel +1-847-7680509 Fax +1-847-7680516	Hawaii (USA), 5 MWe (demo, vergasser operationeel stopgezet)

BIJLAGE 5. OVERZICHT LEVERANCIERS EN KENGETALLEN BIOMASSA VERGISTINGSSYSTEMEN

PAQUES

Paques Solid Waste System BV, Marten Bennen, Posbus 52, 85600 AB Balk, Nederland, tel: +31514608500, fax: +31514603342.

Het BIOLAYER-systeem is een nat, ééntrapsproces, waarin het grootste deel van het biologische afbraakproces plaatsvindt in een drijfslaag die regelmatig besproeid wordt met proceswater uit de zone onder de drijfslaag, waarin methaanvormende condities heersen. Door deze besproeiing wordt de drijfslaag voldoende vochtig en op een gunstige pH gehouden, waardoor het biologische afbraakproces met een hoge snelheid blijft doorlopen. Na afloop wordt de drijfslaag mechanisch verwijderd. Dit systeem is geschikt voor GFT-afval, grijsafval en KWD-afval. Bij een sterk wisselende belasting met snel afbreekbare afvalstoffen ligt een tweetrapsproces (PRETHANE_BIOPAQ), zoals gerealiseerd bij de tuinbouwveiling RBT Breda, meer voor de hand. Het mechanische voorbehandelde afval (deeltjesgrootte < 55 mm) wordt in de intensief gemengde zone gebracht. Hierin wordt het afval in een slurry met een droge stof percentage van 5 tot 10% gemengd en opgewarmd tot 35 á 40 °C met behulp van mammoetpompen, waarover biogas gerecirculeerd wordt. In de gemengde zone vindt tevens afbraak plaats van snel afbreekbare componenten in het afval. Om een stabiel afbraakproces te bewerkstelligen wordt uitgegist effluent uit de methaan-zone teruggevoerd.

Na de gemengde zone komt het afval terecht in het langwerpige deel van de reactor. Door spontane flotatie van het licht vezelig vast materiaal ontstaat er een drijfslaag van 75 – 150 cm dikte. Daaronder wordt het fijne, niet opdrijvende materiaal in een suspensie met 4-8% droge stof gehouden met behulp van biogasrecirculatie. Omdat zich het grootste deel van de methanogene biomassa in de onderste zone bevindt, wordt deze de methaan-zone genoemd.

Wezenlijk is, dat vloeistof van de methanogene zone op de drijfslaag wordt gespreid, waardoor in de drijfslaag stabiele condities (pH, vetzuur-concentraties) voor afbraak van organische stof worden bereikt.

De verblijftijd van het vergistend materiaal in de drijfslaag is circa één week. Daarbij wordt de drijfslaag met mechanische middelen naar de drijfslaagverwijdering bewogen. Door de drijfslaagverwijdering wordt het materiaal in een waterslot geduwd, waarna buiten de reactor ontwatering en eventuele nabehandeling (compostering) plaats kan vinden. De drijfslaag kan als een semi-continu proces worden opgevat.

De verblijftijd van de fijne vaste stof in de methaan-zone is 20-30 dagen. Bij deze verblijftijd is de aangroei van methanogene bacteriën voldoende voor een stabiele procesvoering.

Kengetallen voor capaciteitsgrootte van 30.000 ton per jaar:

- twee parallel geschakelde reactoren met elk een werkvolume van 1700 m³.
- oppervlaktebeslag van 8.850 m²
- een investering van 29 miljoen gulden
- De verwerkingsprijs per ton afval is 163 gulden per ton (exclusief winstopslag en BTW). Waarvan 64% voor de kapitaalslasten, 16% onderhoudslasten en 4% personeelsgebonden lasten.
- Biogasproductie: 93 Nm³/ton input met een methaan gehalte van 60%
- Energieproductie: thermisch: 280 kWh, elektrisch: 192 kWh
- Energieconsumptie: thermisch: 50 kWh, elektrisch: 75 kWh
- Energie-overschot: thermisch: 230 kWh, elektrisch: 117 kWh
- Conversie duur: 7 dagen van de drijfslaag / fijne vaste stof in de methaan zone 20-30 dagen
- Temperatuur: mesofiel (35 – 40 °C)
- Elek. verbruik: 75 kWh/ton GFT
- Elek. opbrengst: 192 kWh/ton GFT
- Biogas prod.: 93 Nm³ /ton GFT (60 % methaan)
- Kompost: 0.18 ton / ton GFT
- Afvalwater: 0.58 m³ /ton GFT

- Bewerkingstarief: 163,- Fl/ton GFT bij een capaciteit van 30 kton

BIOTHANE

Biothane Systems International, Tandhofdreef 21, postbus 5068, 2600 GB Delft, Nederland, tel: +31 152700111, fax: + 31 152560927.

Het Biothane-systeem is een nat, tweetraps mesofiel anaëroob verwerkingssysteem, dat bestaat uit twee fasen namelijk de hydrolyse (zuurvorming in de Prethane-reactor) en de methaanvorming (in de UASB-reactor). Dit systeem is ontwikkeld door Gist Brocades en wordt geleverd door Gb Biothane International.

Het systeem is o.a. geschikt voor de verwerking van snel afbreekbare groenten en fruit, zonder dat er verzuring van het proces optreedt. De doordraai van de veiling in Breda wordt sinds 1987 verwerkt in een Biothane vergistingsinstallatie, het beheer is nu in handen van NuPaq BV (PAQUES). De maximale capaciteit is 150 ton per dag. De droge stof wordt voor 40% omgezet in biogas. De kosten zijn 45 – 50 NLG/ton, waarvan 30,- per ton voor de bediening gereserveerd moet worden. Dit geeft een volumereductie van de doordraai tot max. 80%. De resterende vaste stof uit het proces wordt niet meer gestort maar als meststof afgezet die voldoet aan het Besluit gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM). Doordat de doordraai jaarlijks minder wordt (1996:8500 ton, 1999: 2000 ton), zijn de besparingen aan het afnemen. Bij een doordraai in 1998 van 3500 ton is de netto elektriciteitsproductie 75 MWh.

De doordraai wordt gemengd in een mengtank (50 m³) met effluent, zowel afkomstig uit de voorverzuringstank (Prethane-reactor) als uit de biogasreactor (Upflow Anaerobic Sludge Bed ofwel UASB). De slurry wordt met een versnijdende pomp uit de mengtank bovenin de Prethane-reactor (350 m³) gepompt, waar de verzuring plaatsvindt. De verblijftijd in deze reactor bedraagt ongeveer zes dagen en het proces speelt zich af bij een temperatuur van circa 30-40°C. Onder uit de Prethane-reactor wordt slurry onttrokken voor de slib/waterscheiding. Eerst worden de grove delen (>2mm) met behulp van een trommelzeef verwijderd. Deze delen worden teruggevoerd in de reactor waardoor ze een langere verblijftijd krijgen en vollediger kunnen worden afgebroken (verzuurd). Het filtraat van de trommelzeef wordt op een zeefbandtafel (turbodrain) onder toevoegingen van een flocculant (poly-electrolyet) verder van vaste stof ontdaan. De vaste stof (digestaat) wordt in de landbouw afgezet als meststof. Het water wat door de zeefband loopt bevat vrijwel geen vaste stof meer. Dit water wordt in de UASB-reactor (280 m³) gepompt waar de opgeloste organische bestanddelen (vetzuren, suikers) omgezet worden in biogas met een methaan gehalte van 75 – 80% (volume). Dit biogas wordt aan twee verbrandingsmotoren á 85 kW_e toegevoerd die warmte en elektriciteit produceren. Het gezuiverde effluent uit de UASB-reactor wordt in een kleine beluchtingstank (12 m³) aëroob behandeld om stankcomponenten eruit te strippen. Hierna wordt het geloosd op het riool. Het totale proces duurt gemiddeld zeven dagen.

Conversieduur: 7 dagen

Temperatuur: mesofiel

Elek. verbruik: ? kWh/ton GFT

Elek. opbrengst: ? kWh/ton GFT

Biogas prod.: 100 m³/ton GFT (?% methaan)

Vast eindproduct: ? ton/ton GFT

Afvalwater: ? m³/ton GFT

Bewerkingstarief: ? Fl/ton GFT bij een capaciteit van ? kton

BTA

Biotechnische Abfallverwertung, GmbH & Co. KG, Harry Wiljan Rottmannstraße 18 D-80333 München, Germany, tel:+4989522014, fax:+49895232329.

Het BTA-systeem is een nat, continue, anaëroob verwerkingssysteem. Het systeem is specifiek ontworpen voor de verwerking van GFT-afval, zuiveringsslib en mest. Het BTA-systeem wordt op de markt gebracht door Biotechnische Abfallverwertung GmbH ~ Co, München.

De voorbereiding bestaat uit ontijzering, verkleining, menging met proceswater, afscheiding van zware en drijvende fracties en opwarming tot 60 à 70°C. De conversie bestaat uit twee fasen: hydrolyse en zuurvorming in de eerste reactor en methaangisting in de tweede reactor. De totale procesduur bedraagt slechts drie dagen. De biogasproductie bedraagt circa 180 Nm³ per ton GFT-afval met een methaangehalte van circa 73%. De biogasproductie is voldoende voor de eigen energiebehoefte. Het uitgediste materiaal wordt mechanisch ontwaterd. De technische uitvoering van de nacompostering

Conversieduur : ? dagen
Temperatuur: thermofiel
Elek. verbruik: ? kWh/ton GFT
Elek. opbrengst: ? kWh/ton GFT
Biogas prod.: 180 m³ /ton GFT (73 % methaan)
Vast eindproduct: ? ton/ton GFT
Afvalwater: ? m³ /ton GFT
Bewerkingstarief: ? Fl/ton GFT bij een capaciteit van kton

BIOCEL

Biocel / Arcadis Heidemij Realisatie BV, Wilem Elsinga, Postbus 139, 6800 AC, Nederland, tel: +31263778304, fax: +31264426984.

Het BIOCEL-systeem van ARCADIS Heidemij is een droog, batchgewijs gevoed anaëroob verwerkingssysteem. Het Biocel-systeem wordt op de markt gebracht door Heidemij Realisatie. Zij hebben dit systeem samen met de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouw Universiteit van Wageningen ontworpen. Het BIOCEL-systeem wordt tot op heden op drie plaatsen bedreven, twee in Lelystad en een in Drachten. De installatie in Lelystad heeft een capaciteit van 40.000 – 50.000 ton GVT per jaar en heeft 18 miljoen gulden gekost. Voor het bouwen van de Biocel-installatie ontving Heidemij 3.8 miljoen aan subsidies van NOVEM, VROM en SENTER.

In de drie installaties kan per jaar ruim 100.000 ton aan groenten-, fruit- en tuin- (GFT) afvalstromen verwerkt worden. De conversie vindt plaats in silo's (de BIOCEL) met een volume van (HxBxD circa 6x6x19 m) 680 m³. De verblijftijd in de BIOCEL bedraagt circa 15 dagen bij een temperatuur van circa 38°C. Er worden geen toeslagstoffen gebruikt, er wordt gemengd met steekvast entmateriaal wat afkomstig is uit een later stadium in het proces. De biogasproductie bedraagt circa 90 kg per ton GFT-afval met een methaangehalte van 58%, de rest is praktische allemaal CO₂. De processturing vindt automatisch plaats aan de hand van enkele procesparameters. Na de vergisting wordt het residu thermisch gedroogd. Er komt circa 455 kg afvalwater vrij per ton GFT-afval. Het afvalwater bevat een hoge organische belasting. De nabewerking van het uitgediste materiaal vindt plaats in een gesloten hal waarbij lucht wordt afgezogen en behandeld in biofilters. De aërobe stabilisatie tot compost en de optredende emissie van ammoniak tijdens de thermische droging van het residu vormen nog onderwerp van onderzoek.

Conversieduur : 15 dagen
Temperatuur: mesofiel (38 °C)
Elek. verbruik: ? kWh/ton GFT
Elek. opbrengst: ? kWh/ton GFT
Biogas prod.: 90 kg /ton GFT (58% methaan)
Vast eindproduct: ? ton/ton GFT
Afvalwater: 0.46 m³ /ton GFT

Bewerkingstarief: ? Fl/ton GFT bij een capaciteit van 50 kton

VALORGA

Steinmüller Valorga Sarl, Claude Saint-Joly, 1300 avenue Albert Einstein, Immeuble Strategie Concept Parc du Millenaire BP 51, F-34935 Montpellier Cedex 09, France, tel:+33467994100, fax:+33467994101.

Het VALORGA-systeem is evenals het DRANCO-procédé een droog, continu gevoed anaëroob verwerkingssysteem. Het Valorga systeem wordt op de markt gebracht door het Valorga-Protech Consortium. Dit is een samenwerkingsverband tussen Valorga Process en Stork Protech. Deze samenwerking is aangegaan ten behoeve van het realiseren van een vergistingsinstallatie in Nederland. Stork Protech is een ingenieursburo dat deel uitmaakt van het Stork concern te Naarden. De voornaamste aandeelhouder van Valorga Process is GAZ de France.

In Nederland is er een VALORGA-installaties op praktijkschaal gerealiseerd in Tilburg (start 1994). De installatie van het Samenwerkingsverband Midden-Brabant (SMB) heeft een capaciteit van 52 kton GFT-afval. De onderdelen van het systeem bestaat uit bewezen technieken. De installatie heeft 35 miljoen gulden gekost, waarvan de EG en NOVEM 6,5 miljoen hebben betaald. De verwerkingskosten zijn zo'n 150 gulden per ton verwerkt GFT-afval. De voorbereiding bestaat uit verkleining en vermenging met proceswater en reeds vergist materiaal. De conversie vindt plaats in twee tanks (à 2755 m³) bij een temperatuur van 37°C gedurende circa 21 dagen. Na de vergisting wordt het residu mechanisch ontwaterd en aëroob gestabiliseerd gedurende zes uur. Het afvalwater wordt gereinigd in een centrifuge en vervolgens geloosd op het riool. Het ontstane biogas wordt via een bufferopslag naar de stortgasfabriek getransporteerd en daar opgewerkt. De installatie voorziet in de eigen energiebehoefte. Het gasoverschot wordt aan het aardgasnet toegevoegd. De biogasproductie bedraagt volgens opgave 75 Nm³ per ton GFT-afval met een gemiddeld methaangehalte van 56%. Na opwerking resulteert dit in bijna 50 Nm³ gas van aardgas kwaliteit. Het eigen-verbruik voor verwarmingsdoeleinden is 7 Nm³ per ton GFT-afval. Het elektriciteitsverbruik bedraagt 40 kWh per ton bewerkt GFT-afval. Het eigen gasverbruik meegerekend, levert een ton verwerkt GFT-afval bijna 43 Nm³ gas van aardgaskwaliteit op. Er van uitgaande dat de elektrische energie voor het eigen bedrijf wordt opgewekt met 50% elektrische rendement resulteert een netto 'aardgas'-productie van 34 Nm³ per ton GFT-afval.

Conversieduur : 21 dagen

Temperatuur: mesofiel (37 °C)

Elek. verbruik: 40kWh/ton GFT

Elek. opbrengst: 151 kWh/ton GFT

Biogas prod.: 75 m³ /ton GFT (56% methaan)

Vast eindproduct: ? ton/ton GFT

Afvalwater: ? m³ /ton GFT

Bewerkingstarief: 150,- Fl/ton GFT bij een capaciteit van 40 kton

DRANCO

Dranco Organic Waste Systems, Winfried Six, Dok Noord 4, B-9000 Gent, Belgie, tel:+3292330204, fax:3292332825.

Het DRANCO-procédé (Droge Anaërobe Conversie) is een droog, continu gevoed anaëroob verwerkingssysteem. De onderdelen van het procédé bestaan uit bewezen technieken. Het Dranco vergistings systeem is in België ontwikkeld. De Dranco installaties staat o.a. in:

- Brecht I (B), 1992, Salzburg (O), 1993, 10.000 - 15.000 ton GFT-afval /jaar,
- Aarberg (CH), 1997, 11.000 ton GFT-afval / jaar,

- Kaiserslautern (D), 1998, 20.000 ton GFT-afval / jaar,
- Villeneuve (CH), 1998, Brecht II (B), 1999, 35.000 ton GFT-afval / jaar.

Tijdens de voorbereiding wordt het GFT-afval gemengd met papier en uitgegist materiaal, zonder toevoeging van extra water. De conversie vindt plaats in een propstroomreactor gedurende 20 – 30 dagen bij een temperatuur van circa 55°C. De biogasproductie bedraagt circa 120 - 170 Nm³ per ton GFT-afval met een methaan gehalte van 50 – 65 %. Na de vergisting wordt het residu mechanisch ontwaterd en aëroob nagecomposteerd gedurende één week. Het verkregen product heeft de naam Humotex. Alle procesonderdelen vinden plaats in gesloten hallen waarbij de lucht wordt afgezogen en wordt behandeld in een biofilter. Het afvalwater wordt in de eigen installatie fysisch-chemisch gereinigd en vervolgens ingedampt. Het resterende afvalwater, 340 l per ton GFT-afval, bevat een geringe organische belasting en kan worden geloosd op het riool. Het biogas wordt gedeeltelijk gebruikt voor de eigen energievoorziening. Het overschot kan als elektriciteit worden afgezet.

Conversieduur: 20 - 30 dagen
 Temperatuur: thermofiel (55°C)
 Elek. verbruik: ? kWh/ton GFT
 Elek. opbrengst: ? kWh/ton GFT
 Biogas prod.: 120 - 170 m³ /ton GFT (55% methaan)
 Vast eindprodukt: 0.23 ton/ton GFT
 Afvalwater: 0.34 m³ /ton GFT
 Bewerkingstarief: ? Fl/ton GFT bij een capaciteit van 60 kton

