



De logistiek van biomassa voor de biobased economy

Startnotitie

E. Annevelink

Rapport 1389



Colofon

Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken binnen de het
Beleidsondersteunend onderzoek (BO-12.05-002-030)

Titel	De logistiek van biomassa voor de biobased economy; startnotitie
Auteur(s)	E. Annevelink
Nummer	1389
ISBN-nummer	978-94-6173-609-3
Publicatiedatum	Maart 2013
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	6220021800
Goedgekeurd door	M.M. Hackmann

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst
Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Samenvatting

Naast de afzetmogelijkheden van biobased producten (markten) en de technologische verwerkingsmogelijkheden, bepalen de beschikbaarheid, handel en logistiek in sterke mate de wijze waarop de biobased economy in Nederland zich zal ontwikkelen. Zeer bepalend voor de beschikbaarheid en de kostprijs van biomassa is immers de inrichting van de commerciële en logistieke systemen. Het is daarom noodzakelijk in de komende jaren duurzame, economisch rendabele logistieke biomassaketens op te zetten.

Wageningen UR Food & Biobased Research heeft het project ‘Logistiek voor de biobased economy’ uitgevoerd voor de programmadirectie biobased economy van het Ministerie van Economische Zaken. Het doel was te onderzoeken hoe de logistiek voor de biobased economy er over 15 jaar uit zou kunnen zien en welke agendapunten in de komende 5 jaar nodig zijn om daar te komen. Dit project is uitgevoerd in samenwerking met Wageningen Universiteit, Rijksuniversiteit Groningen, Erasmus universiteit Rotterdam en de VU Amsterdam.

Het voorliggende document, opgesteld door Wageningen UR Food & Biobased Research op basis van een literatuurstudie, is gebruikt als een startnotitie voor deze studie, die is uitgevoerd door een breed projectteam bestaande uit experts van bovengenoemde kennispartijen.

Onderdelen van deze startnotitie zijn: scenario’s voor de analyse van biomassaketens in de biobased economy (Hoofdstuk 2), het aanbod van biomassa (Hoofdstuk 3), de vraag naar biomassa (Hoofdstuk 4), de logistieke componenten van biomassaketens (Hoofdstuk 5), overwegingen bij het vormen van biomassaketens (Hoofdstuk 6) en tenslotte voorlopige conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 7).

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel	8
1.3 Werkwijze	8
1.4 Opbouw startnotitie	9
2 Scenario's voor de analyse van biomassaketens in de biobased economy	10
2.1 Scenario's EURURALIS	10
2.2 Het globale economie (GE) scenario	11
2.3 Het regionale gemeenschappen (RG) scenario	11
3 Het aanbod van biomassa	12
3.1 Kenmerken biomassa	12
3.2 Europees aanbod van biomassa	13
3.3 Nederlands aanbod van biomassa	15
4 De vraag naar biomassa	17
4.1 Vragende sectoren	17
4.2 Europese vraag naar biomassa	17
4.3 Nederlandse vraag naar biomassa	21
5 De logistieke componenten van biomassaketens	25
5.1 Logistiek	25
5.2 Biomassaketens	25
5.2.1 Teelt en oogst	26
5.2.2 Voorbewerking	26
5.2.3 Opslag	28
5.2.4 Transport	28
5.2.5 Processing/bioraffinage	29
5.2.6 Eindgebruik & recycling	29
5.3 Ondersteunende systemen voor ketenontwerp	30
6 Overwegingen bij het vormen van biomassaketens	31
6.1 Visie Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy	31
6.2 Biocommodities	31
6.3 Grootschalige verwerking geïmporteerde biomassa in Bioports	32
6.4 Kleinschalige verwerking regionale biomassa	34
6.5 Netwerk van Biomassawerven	34
6.6 Keuze voor de plaats van verwerking	35
7 Voorlopige conclusies & aanbevelingen	37

Literatuur	39
Dankbetuiging	42
Bijlage 1. Partijen in en rond de biomassaketten	43

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De activiteiten binnen de biobased economy nemen naar verwachting in de komende jaren sterk toe. De biobased economy gaat uit van biomassa als grondstof voor het hele spectrum van de biobased producten van energie tot en met chemie. Dit betekent een toename van de vraag naar benodigde biomassa. Naast de afzetmogelijkheden van biobased producten (markten) en de technologische verwerkingsmogelijkheden, bepalen de beschikbaarheid, handel en logistiek in sterke mate de wijze waarop de biobased economy in Nederland zich zal ontwikkelen. Zeer bepalend voor de beschikbaarheid en de kostprijs van biomassa is immers de inrichting van de commerciële en logistieke systemen. Het is daarom noodzakelijk in de komende jaren duurzame, economisch rendabele logistieke biomassaketens op te zetten. Op dit terrein bestaat nog veel onduidelijkheid. De benodigde volumes aan biomassa verschillen sterk per studie of worden helemaal niet expliciet gemaakt. Op dit moment zijn een aantal opties mogelijk, die de ontwikkeling van de logistieke routes gaan bepalen. Deze opties vragen om een nadere invulling. Belangrijke vragen in dit verband zijn:

1. Wat is de mogelijke herkomst en omvang van de gewenste biomassaströmen?

Het landoppervlak in Nederland is te klein om voldoende biomassa voort te brengen voor een volwaardige biobased economy. In nationaal, Europees en internationaal perspectief moet bezien worden welke productielocaties de beste prijs/kwaliteit verhouding voor biomassa opleveren, welke locaties de beste leveringszekerheid garanderen en welke logistieke vragen rondom aanvoer beantwoord moeten worden.

2. Waar vinden welke stappen in de verwerking van de biomassa plaats; bij de productie, op een logistiek knooppunt of bij eindfabricage? Wat wordt de basisgrondstof voor toepassing in Nederland?

De meeste biomassa is in oorsprong vaak volumineus en laagwaardig. De valorisatie van biomassa naar eindproduct kent veelal een groot aantal stappen van in eenvoudigste vorm: productie, raffinage, omzetting naar chemische grondstoffen, voedselproducten, veevoeder, materialen en energie. De productiestappen kunnen op basis van verschillende grondstofstromen met elkaar verweven zijn. Welke eisen stelt dat aan het transport en de transportfaciliteiten, in Nederland, maar ook in andere landen.

3. Wat zijn de gevolgen voor het toekomstige logistieke systeem?

De huidige algemene vervoersprognoses laten de komende 20 jaar ten minste een verdubbeling van de hoeveelheid vracht zien. Het huidige transportsysteem is niet berekend op een dergelijke toename en vormt al een belangrijke uitdaging voor de logistieke sector. De komst van grootschalig transport van –volumineuze- biomassa belast het transportsysteem nog verder. Dat kan transport –en dus ook verwerking en toepassing- van biomassa relatief duur maken.

4. Halen we meerwaarde uit grootschalige of kleinschalige ketens?

De grootschalige verwerking voor energie en chemie sluit aan bij de huidige structuren van petrochemische industrie en de logistieke infrastructuur van havens. De technologische ontwikkelingen laten verschillende kleinere verwerkingsvormen tot en met minireactoren. Iets dergelijks is zichtbaar bij het gebruik van biomassa voor groen gas dat schaalbaar is van het niveau van reststromen uit een huishouden tot en met restverwerking in de agro-industrie.

5. Welke combinatie van het verwerken van biomassa is het meest aantrekkelijk?

Logistiek gezien biedt een knooppunt van toepassingen (food, feed, fuel, chemicaliën, materialen, elektriciteit en warmte) logistieke voordelen. Waar en hoe is deze synergie te realiseren?

Daarnaast zijn er aspecten die een rol spelen waarop de verschillende opties getoetst moeten worden:

1. de veiligheidsaspecten van biomassa opslag i.v.m. mogelijke gevaar i.r.t. overige activiteiten gedurende opslag, overslag en transport;
2. leveringszekerheid en ketenaspecten, naast de logistiek spelen de economische aspecten van de keten een rol;
3. effecten voor de nutriëntenbalans met name fosfaat;
4. andere duurzaamheidsaspecten bv m.b.t. food-feed-fuel, landgebruik e.d.

1.2 Doel

Wageningen UR Food & Biobased Research heeft het project 'Logistiek voor de biobased economy' uitgevoerd voor de programmadirectie biobased economy van het Ministerie van Economische Zaken. Het doel was te onderzoeken hoe de logistiek voor de biobased economy er over 15 jaar uit zou kunnen zien en welke agendapunten in de komende 5 jaar nodig zijn om daar te komen. Dit project is uitgevoerd in samenwerking met Wageningen Universiteit, Rijksuniversiteit Groningen, Erasmus universiteit Rotterdam en de VU Amsterdam. Het voorliggende document, opgesteld door Wageningen UR Food & Biobased Research, is gebruikt als een startnotitie voor deze studie, die is uitgevoerd door een breed projectteam bestaande uit experts van bovengenoemde kennispartijen.

1.3 Werkwijze

Startnotitie 'logistiek van biomassa voor de biobased economy'

Op basis van literatuuronderzoek heeft Wageningen UR – Food & Biobased Research allereerst de voorliggende startnotitie opgesteld, genaamd 'Logistiek van biomassa voor de biobased economy' als uitgangspunt voor het werk van het projectteam.

Logistieke toekomstbeelden 2025 en logistieke agenda 2013-2017

De startnotitie heeft mede gediend als uitgangspunt voor het vormen van drie logistieke toekomstbeelden voor 2025 en een biobased logistieke agenda voor de komende 5 jaar door het team van logistieke experts van genoemde kennisinstellingen. Het rapport 'Logistiek biobased economy: toekomstbeelden 2025 & agenda 2013-2017' (Annevelink et al., 2013) levert een nadere uitbreiding van verschillende onderdelen van de voorliggende startnotitie.

Vraag naar biomassa vanuit de sector chemie

Parallel aan het werk van het logistieke team heeft een tweede team binnen het project een nadere verkenning uitgevoerd naar de vraag naar biomassa vanuit de sector chemie. Dit heeft geleid tot een apart rapport 'De biomassa-behoefte van de chemische industrie in een biobased economy' (Blaauw et al., 2013). Dit rapport geeft een nadere verfijning van onderdelen van hoofdstuk 4 van voorliggende startnotitie.

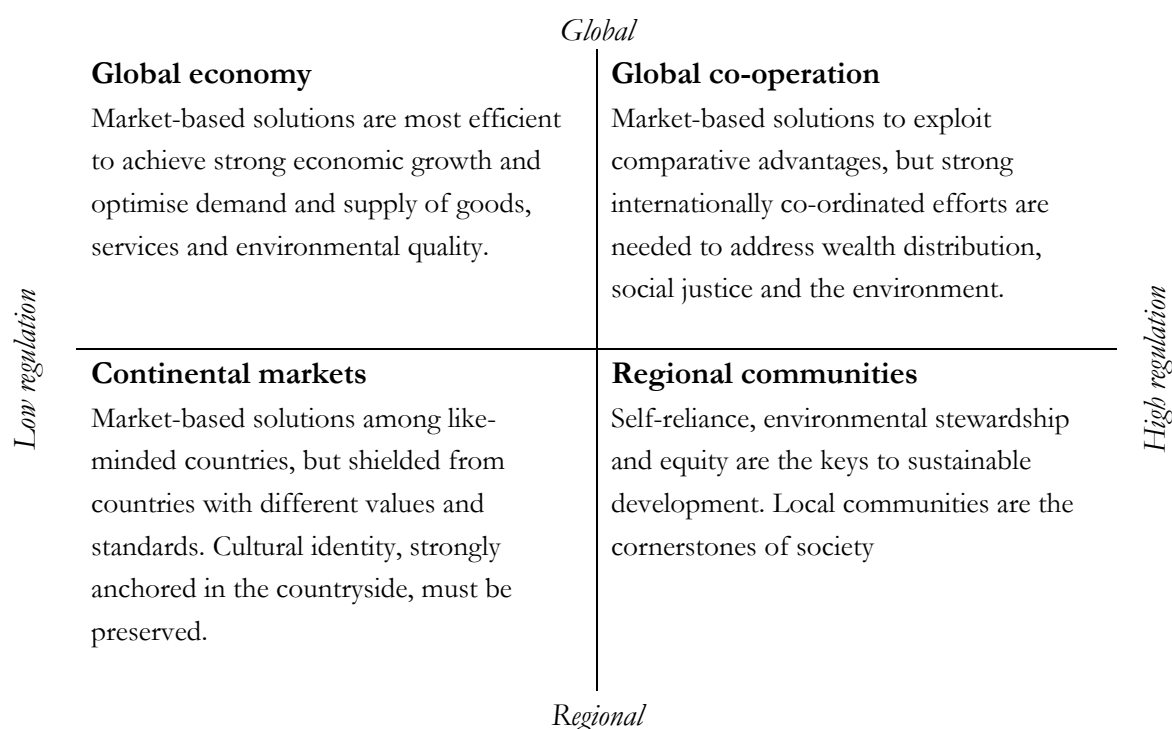
1.4 Opbouw startnotitie

Onderdelen van deze startnotitie zijn: scenario's voor de analyse van biomassaketens in de biobased economy (Hoofdstuk 2), het aanbod van biomassa (Hoofdstuk 3), de vraag naar biomassa (Hoofdstuk 4), de logistieke componenten van biomassaketens (Hoofdstuk 5), overwegingen bij het vormen van biomassaketens (Hoofdstuk 6) en tenslotte voorlopige conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 7).

2 Scenario's voor de analyse van biomassaketens in de biobased economy

2.1 Scenario's EURURALIS

Lako et al. (2010) geven een overzicht van lange termijn scenario's voor de analyse van biomassaketens in Europa voor het tijdvak 2010-2030. Dit sluit goed aan bij de periode waar de logistieke analyse in dit rapport zich op richt, n.l. de komende 15 jaar, ofwel de periode 2012-2026. Lako et al. (2010) bouwen verder op vier referentiescenario's (Figuur 1) van het EURURALIS project, waarin de vier IPCC-SRES scenario's verder zijn uitgewerkt als basis voor de veranderingen van het landelijk gebied in Europa. Dit is gedaan in relatie tot economie, landgebruik en milieu-impacts. Koppejan et al. (2009) hebben deze EURURALIS scenario's eveneens gebruikt als startpunt bij hun schattingen voor de beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020.



Figuur 1 Vier scenario's EURURALIS (Lako et al., 2010).

De assen waarop de scenario's kunnen variëren zijn: globaal versus regionaal, en lage regulatie (nadruk op de markt) versus hoge regulatie (nadruk op de overheid). Dat leidt tot vier verschillende scenario's:

- **globale economie** gedreven door globalisatie en lage regulatie;
- **globale samenwerking** gedreven door globalisatie en hoge regulatie;

- **regionale gemeenschappen** gebaseerd op regionalisatie en hoge regulatie;
- **continentale markten** gebaseerd op regionalisatie en lage regulatie.

Lako et al. (2010) en Mozaffarian et al. (2011) concentreren zich vooral op de twee scenario's met de grootste onderlinge tegenstellingen, n.l. globale economie (GE) versus regionale gemeenschappen (RG). Overigens zijn de scenario's slechts een hulpmiddel bij het analyseren van vraag en aanbod (en zeker geen absolute voorspelling). Mozaffarian et al. (2011) beschrijven de belangrijkste kenmerken van beide scenario's als volgt:

2.2 Het globale economie (GE) scenario

Het globale economie (GE) scenario wordt gekenmerkt door lage olie-, biomassa- en CO₂ prijzen. Steun aan de Nederlandse landbouw speelt geen rol bij de steun aan bioenergie en biobased producten. De vraag naar biobrandstoffen wordt voorzien door de meest concurrerende biobrandstoffen (vooral 1^e generatie en een gedeeltelijk 2^e generatie). Reststromen worden inefficiënt gebruikt. De Nederlandse biomassa, die beschikbaar is voor elektriciteit en warmte, wordt vooral verwerkt in stand-alone verbrandingsinstallaties, en via co-verbranding in (nieuwe) kolencentrales.

2.3 Het regionale gemeenschappen (RG) scenario

Het **regionale gemeenschappen (RG) scenario** wordt gekenmerkt door hoge olie-, biomassa- en CO₂ prijzen. Duurzame biomassa wordt geïmporteerd uit Oost-Europa. De steun aan de Nederlandse landbouw speelt een belangrijke rol bij steun aan bioenergie en biobased producten. De nadruk ligt op lange termijn concurrentiekracht, en op een hoge efficiëntie van de productie van de gehele aanvoerketen per eenheid land. Reststromen worden wel efficiënt benut in dit scenario o.a. voor bioenergie. Vanwege de CO₂ voordelen wordt meer mest vergist. Er komen minder nieuwe kolencentrales, dus biomassa wordt meer co-verbrand in bestaande kolencentrales. Het aandeel van 2^e generatie biobrandstoffen neemt toe, terwijl 1^e generatie biobrandstoffen verdwijnen.

De consequenties van deze twee scenario's werken ook door in logistieke ketens voor de biobased economy. Beide scenario's vragen om goed gedefinieerde biomassastromen (biocommodities) die gemakkelijk getransporteerd en verhandeld kunnen worden. Het globale economie scenario sluit echter vooral aan bij grootschalige verwerking van geïmporteerde biomassa in Bioports. Het regionale gemeenschappen scenario sluit daarentegen meer aan bij kleinschalige verwerking van regionale biomassa. Deze verschillen worden verder besproken in hoofdstuk 6.

3 Het aanbod van biomassa

3.1 Kenmerken biomassa

Het aanbod van biomassa betreft stromen van verschillende **biomassavormen** (WTC, 2011; Boosten 2007), zoals lignocellulose, oliegewassen, suiker/zetmeel, zaden, blad, algen en mest. De **oorsprong van de biomassa** kan in vier hoofdgroepen worden opgedeeld (Koppejan et al., 2009), n.l. biomassateelt, primaire bijproducten, secundaire bijproducten, tertiaire bijproducten. Bij **biomassateelt** wordt de biomassa speciaal voor de biobased economy geproduceerd. **Primaire bijproducten** zoals bladresten komen rechtstreeks vrij bij het telen van biomassa, zowel voor food, als non-food doeleinden. Ook stromen die vrijkomen bij het onderhoud van natuur, bos en landschap (zoals snoeiresten van landschapselementen en bermgras) vallen onder de primaire bijproducten. **Secundaire bijproducten** komen vrij tijdens het verwerkingsproces van biomassa (bv. in de agro-food industrie). **Tertiaire bijproducten** tenslotte komen vrij na het (jarenlang) gebruik van de biomassa voor een ander doel (bv. bouw- en sloophout).

In Nederland wordt nog nauwelijks **biomassa speciaal geteeld** voor biobased toepassingen. Sommige voedselgewassen die nu al worden geteeld (zoals suikerbiet, aardappel, en koolzaad) kunnen wel bouwstenen gaan leveren voor de biobased economy, zoals suiker, zetmeel en plantaardige olie. Lignocellulose houdende gewassen als wilg, Miscanthus en switchgrass komen echter niet of nauwelijks van de grond voornamelijk vanwege de relatief hoge kosten.

Een grote groep **bijproducten** komt vrij in de vorm van groenafval (dit zijn vooral primaire bijproducten). In het Landelijk Afvalbeheerplan staat **groenafval** beschreven als ‘Materiaal dat vrijkomt bij aanleg en onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen. Tevens vergelijkbaar afval, bv. grof tuinafval, berm- en slootmaaisel, afval van hoveniersbedrijven, agrarisch afval etc. Tenslotte ook gescheiden ingezameld grof tuinafval van huishoudens’ (BVOR, 2011). De samenstelling hangt af van herkomst, jaargetijde en wijze van inzamelen. Groenafval bestaat altijd uit één of meer van de volgende fracties: bermmaaisel, slootmaaisel en maaisel uit plantsoenen; houtig materiaal, bv. takhout, snoeihout, stobben; bladafval; specifieke deelstromen als heidemaaisel, en -plagsel, rietresten etc. Over het jaar gemiddeld bestaat groenafval volgens BVOR (2011) voor niet meer dan 15-25% uit houtig materiaal. De overige 75-85% bestaat uit niet-houtig, veelal natter materiaal, dat in de meeste gevallen ingeschikt is voor inzet als (droge) biomassa. De wet Milieubeheer (eind 2010) sluit de volgende stromen uit van de werking van de Europese Kaderrichtlijn Afvalstoffen (BVOR, 2011): ‘... uitwerpselen, stro en ander natuurlijk, niet-gevaarlijk materiaal, rechtstreeks afkomstig uit de land- of bosbouw, dat wordt gebruikt in de landbouw, de bosbouw of voor de productie van energie uit biomassa door middel van processen die onschadelijk zijn voor het milieu en die de menselijke gezondheid niet in gevaar brengen ...’. Dat betekent dat ze vrij te vervoeren, verhandelen en te gebruiken zijn. In Nederland wordt jaarlijks naar schatting 2 miljoen ton groenafval ingezameld en verwerkt (BVOR, 2011). De

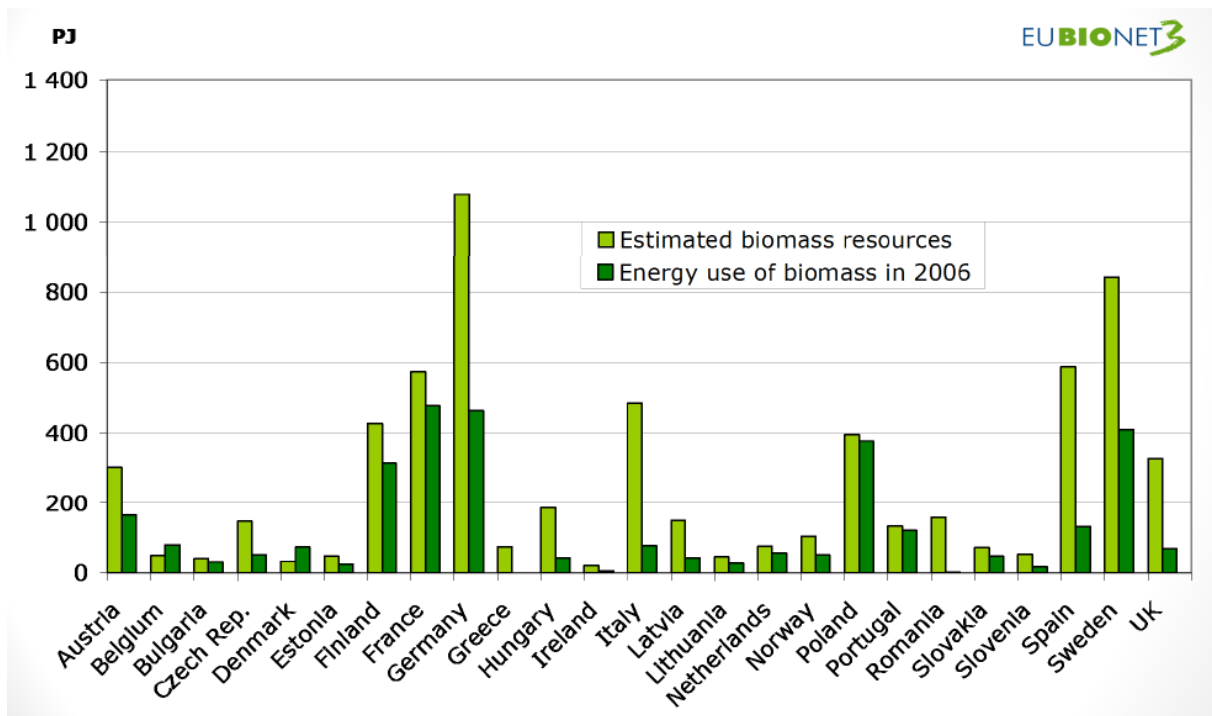
BVOR leden verwerken hiervan circa 1,6 miljoen ton, plus circa 250.000 ton GFT-afval tot compostproducten en houtsnippers (biomassa). Van de totale inname wordt 65% gecomposteerd, 18% houtsnippers en 17% zeefgrond.

Specifieke kenmerken van de vrijkomende biomassa van speciaal belang **voor de logistiek** zijn een relatief hoog vochtgehalte, een lage bulkdichtheid en een variabele vorm en deeltjesgrootte en afbreekbaarheid (met het risico van degradatie, ontbranding en schimmelvorming). Speciaal voor biomassateelt en primaire bijproducten geldt dat de biomassa vaak volgens seizoensmatige patronen vrijkomt. Bovendien betreft het dan veelal kleine hoeveelheden, die verspreid liggen over een groot aantal locaties en op een zekere afstand van de finale verwerkingsplaats. Primaire bijproducten hoeven in sommige gevallen ook helemaal niet te worden ingezameld want ze kunnen gewoon achterblijven op de locatie waar ze ontstaan (bv. als bodemverbeteraar). Secundaire bijproducten bevinden zich al wel geconcentreerd op een bepaalde locatie, bv. bij een voedselverwerkende industrie. Tertiaire bijproducten zoals afvalhout moeten meestal nog wel worden verzameld van een groot aantal, verspreid gelegen locaties. Meestal bestaat hiervoor al een inzamelstructuur.

Over de **beschikbaarheid** van de biomassa is al een groot aantal studies verricht. Die geven een enorme spreiding wat betreft de beschikbaarheid. De verschillen worden o.a. bepaald door het belang dat men al dan niet hecht aan de teelt van biomassa (voor bioenergie en andere non-food toepassingen). Veel van de beschikbaarheidsstudies zijn uitgevoerd voor de bioenergie- en biobrandstoffensector en geven de resultaten daarom vaak weer in PJ of Mtoe. Voor biobased producten in de chemische sector zijn nog veel minder studies uitgevoerd. Voor de logistiek is het noodzakelijk om inzicht te hebben in de achterliggende hoeveelheden van de verschillende soorten biomassa in **tonnen**.

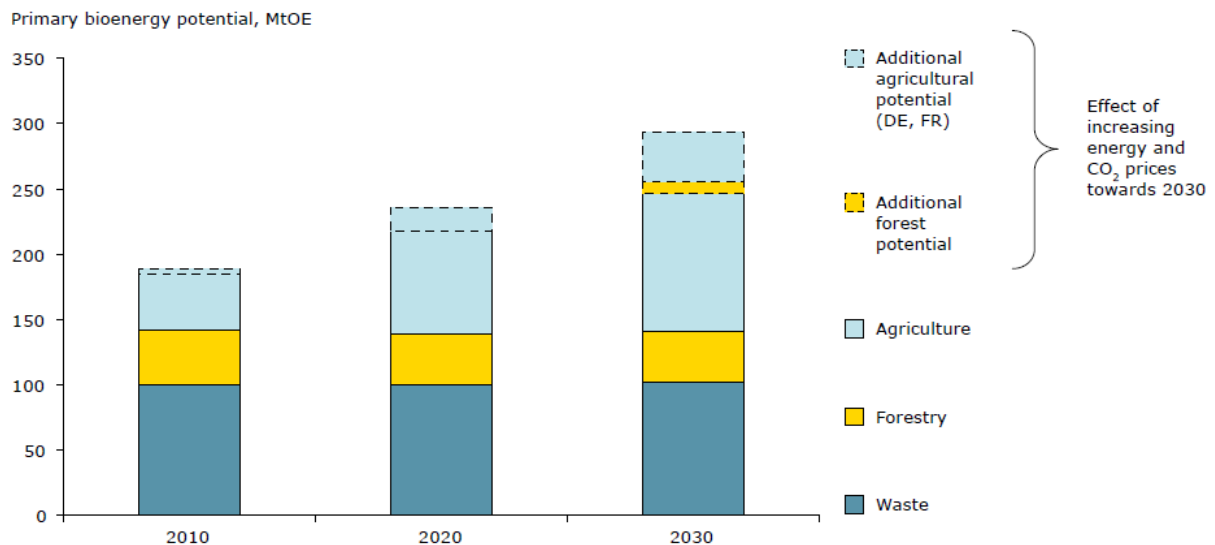
3.2 Europees aanbod van biomassa

In Europa is het aanbod van biomassa in 2006 in kaart gebracht door EUBIONET3 (Figuur 2; Alakangas & Panoutsou, 2012). De grootste biomassaproductenten zijn landen met een grote agrarische productie (Frankrijk, Duitsland, Italië, Polen en Spanje) of met veel bos (Oostenrijk, Finland en Zweden). Nederland heeft een relatief laag biomassa-aanbod.



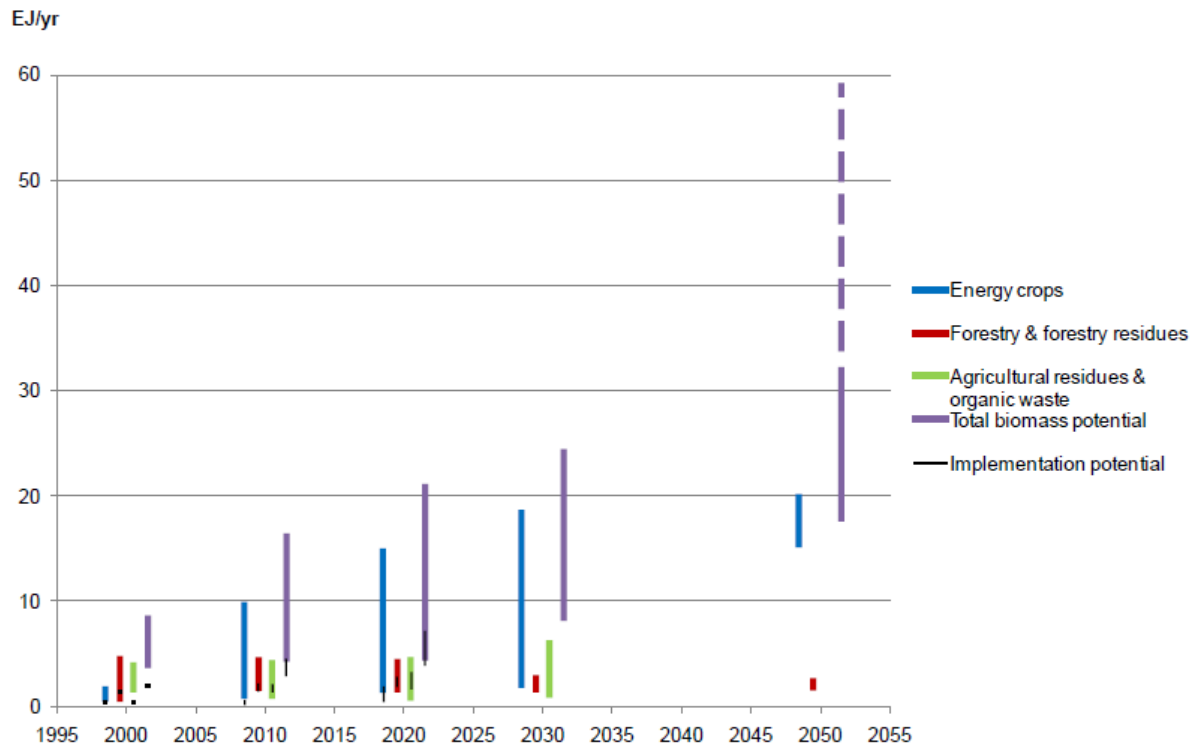
Figuur 2 Biomassa aanbod in Europa en het gebruik voor energie in 2006 volgens EUBIONET3 (Alakangas & Panoutsou, 2012).

Een studie van het European Environment Agency (EEA, 2006) geeft een schatting van het primaire energiepotentieel van biomassa dat op duurzame wijze beschikbaar zou kunnen komen in 2020 en 2030 (Figuur 3). Volgens de EEA is in 2020 ongeveer 235 Mtoe vanuit de EU-25 beschikbaar zonder schade aan het milieu.



Figuur 3 Het duurzame primaire bioenergie potentieel in de EU (EEA, 2006).

Het Bioenergy Europe project (BEE, 2011) heeft een vergelijking gemaakt van een groot aantal verschillende beschikbaarheidsstudies uit de afgelopen jaren. Er blijkt een grote marge te bestaan rond de inschattingen van de beschikbare hoeveelheden biomassa (Figuur 4).



Figuur 4 Samenvatting van het bioenergie potentieel op Europees niveau uit verschillende sectoren (BEE, 2011).

3.3 Nederlands aanbod van biomassa

Koppejan et al. (2009) hebben gekeken naar de beschikbaarheid van **Nederlandse Biomassa** voor elektriciteit en warmte. Zij concluderen dat er vanuit Nederland in 2020 ongeveer 13,4-16,4 miljoen ton aan droge stof aan biomassa beschikbaar is voor energieopwekking afhankelijk van het gekozen scenario, n.l. globale economie (13,4) of regionale gemeenschappen (16,4) (Tabel 1). Daarmee kan 53-94 PJ finale energie worden opgewekt. Volgens hen kan dit na 2020 nog verder toenemen. Beschikbaar betekent overigens nog niet dat de biomassa dan ook daadwerkelijk gemobiliseerd zal worden. Dat hangt mede af van de logistieke organisatie van de inzameling van de geïdentificeerde biomassa.

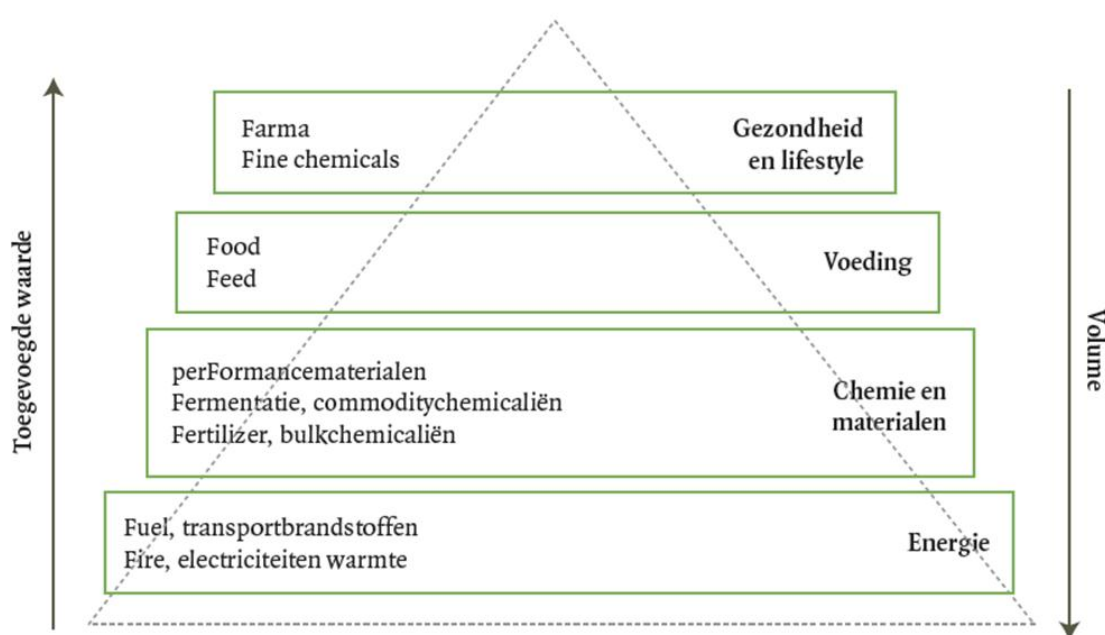
Tabel 1 Netto beschikbaarheid van Nederlandse biomassa per stroom (voor elektriciteit en warmte) bij twee uiterste scenario's (Koppejan et al., 2009).

Biomassastroom	kton droge stof		
	Bruto beschikbaarheid 2009	GE scenario	RG scenario
Stro	935	94	187
Grasstro	85	4	9
Natte gewasresten akkerbouw	742	-	297
Natte gewasresten tuinbouw	280	-	140
Groenbemester	70	-	28
Fruit- en boomteelt	80-130	52	64
Hout uit bos zonder oogst	376	-	75
Hout uit bos met oogst	1.244	62	498
Hout uit landschap	480	48	192
Natuurgras	1.080	54	378
Bermgras en gras van waterwegen	640	32	512
Heide	146	-	44
Riet	40	-	16
Energieteelt binnen landbouw	9.900	50	50
Energieteelt buiten landbouw	500	25	250
Hout uit bebouwde omgeving	280	280	280
Natte biomassa bebouwde omgeving	490	25	-
Gras voor bioraffinage	10.000	-	200
Resthout uit houtverwerkende industrie	576	383	383
Steekwaste (pluimvee)mest	2.972	2.346	2.030
Drijfmest	4.892	257	1.993
RWZI slib	341	349	349
Aquatische biomassa	0	0	5
Swill	2	0	0
VGI			
Aardappelrestproducten	178	45	22
Oliezadenschroot	3.093	9	93
Diermeel	213	213	85
Aardappel/tarwe zetmeel	415	104	52
Cacaodoppen	56	56	56
Koffiedik	16	16	16
Suikerbietenreststromen	132	33	17
Bierbostel	100	0	0
Groenteafval	23	6	3
Visafval	15	0	0
Restvetten	100	100	100
Frituurvetten	130	0	0
Gescheiden ingezameld GFT	659	738	738
Papierresiduen	256	288	239
Textiel	95	15	15
Oud en bewerkt hout	1.337	1.824	1.089
Restfractie HHA	2.758	3.895	2.483
Restfractie industrieel afval	827	1.082	778
Restfractie KWD	1.104	1.226	919
Veilingafval	32	25	25
Composteeroverloop	30	30	30
SRF	0	0	800
TOTAAL	48.568	13.763	15.538

4 De vraag naar biomassa

4.1 Vragende sectoren

Biomassa wordt gevraagd voor gebruik in de **sectoren** voedsel- en genotmiddelen industrie, veevoerindustrie, chemie, papier- en karton, materialen (o.a. bioplastics), biotransportbrandstoffen, energie en warmte (zie Bijlage 1). Er zijn verschillen in toegevoegde waarde en verbruikte volumes tussen de verschillende sectoren, zoals blijkt uit de waardepiramide (Figuur 5).

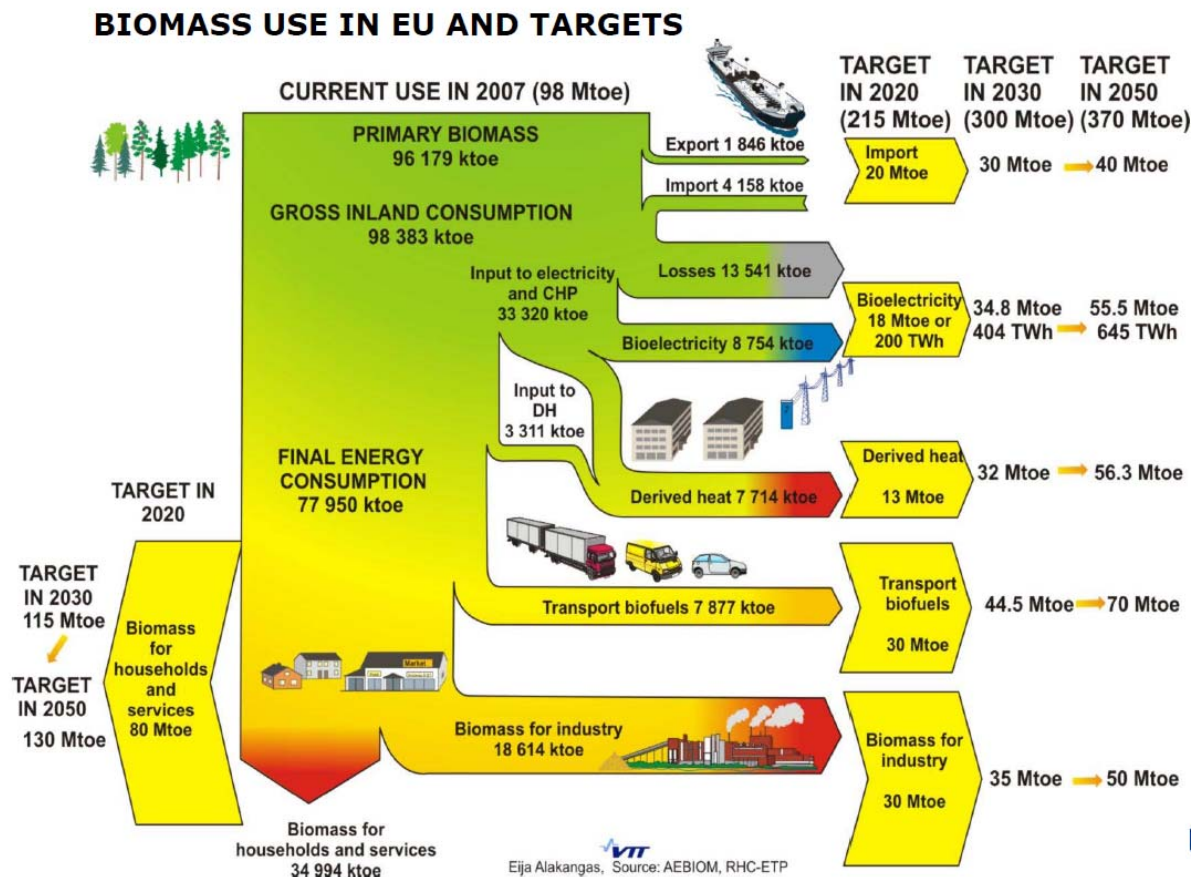


Figuur 5 De waardepiramide van de biobased economy (WTC, 2011).

4.2 Europese vraag naar biomassa

Het gebruik van biomassa in Europa is geschat door verschillende studies, die onderling nogal eens verschillen. De resultaten van drie projecten worden hierna kort beschreven, n.l. het EUBIONET3 project (Alakangas & Panoutsou, 2012), een vergelijking van de Nationale Renewable Energy Action Plans (NREAPs) (Mutka, 2012) en de 4FCrops scenariostudie (Elbersen et al., 2010). Binnen het eigen project is ook een nadere verkenning uitgevoerd naar de vraag naar biomassa vanuit de sector chemie. Dit heeft geleid tot een apart rapport 'De biomassabehoefte van de chemische industrie in een biobased economy' (Blaauw et al., 2013).

Het gebruik van biomassa in **Europa** (EU27) en de doelen voor de komende jaren zijn onderzocht in het EUBIONET3 project (Alakangas & Panoutsou, 2012). Een overzicht van alle stromen in 2007 (98 Mtoe) en de doelen in 2020 (215 Mtoe), 2030 (300 Mtoe) en 2050 (370 Mtoe) is gegeven in Figuur 6.

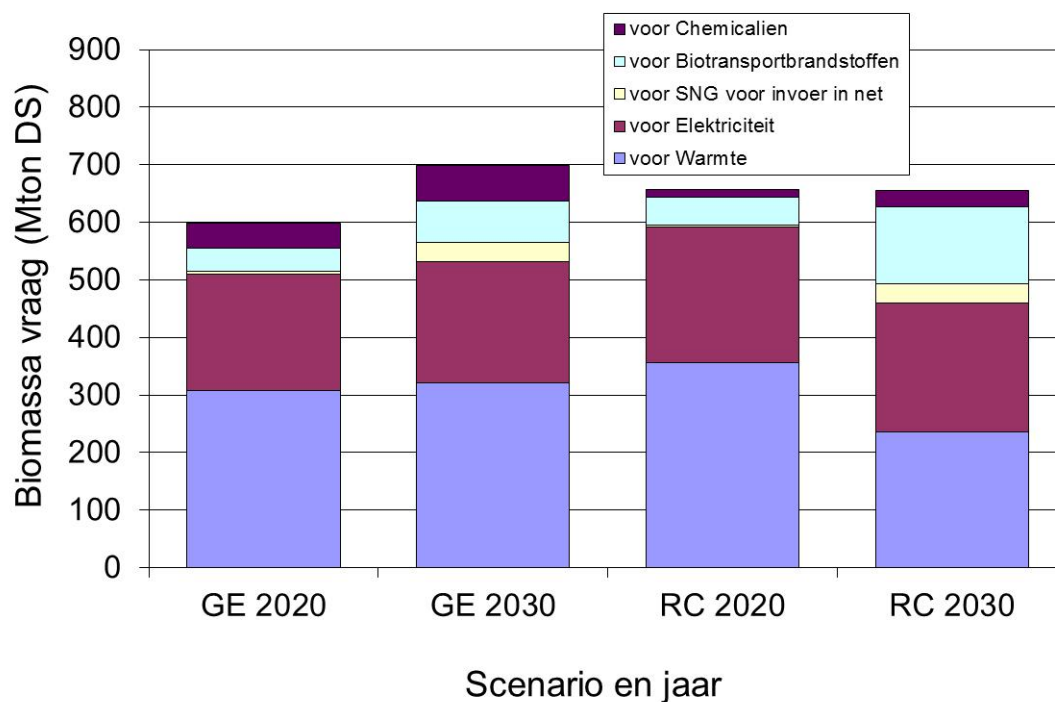


Figuur 6 Het gebruik in de EU van biomassa voor elektriciteit, warmte, transportbrandstoffen en industrie in 2007 en doelen voor 2020, 2030 en 2050 (Alakangas & Panoutsou, 2012).

Uit de Nationale Renewable Energy Action Plans (NREAPs) kunnen de bioenergiedoelen voor 2020 worden afgeleid voor geheel Europa (Mutka, 2012). Het blijkt dat de totale bijdrage van bioenergie in 2010 in de EU27 gelijk is aan 85,3 Mtoe (elektriciteit 12%, warmte 72% en transportbrandstoffen 16%). Volgens de NREAP plannen zal dit in 2020 groeien naar 138,3 Mtoe (elektriciteit 14%, warmte 65% en transportbrandstoffen 21%).

In de 4FCrops scenariostudie (Elbersen et al., 2010) is de vraag naar biomassa in 2020 en 2030 in de EU-27 geprojecteerd onder vier scenario's op basis van de Europese NREAPs (National Renewable Energy Action Plans) en inschattingen van vraag door de chemie naar biomassa. Als

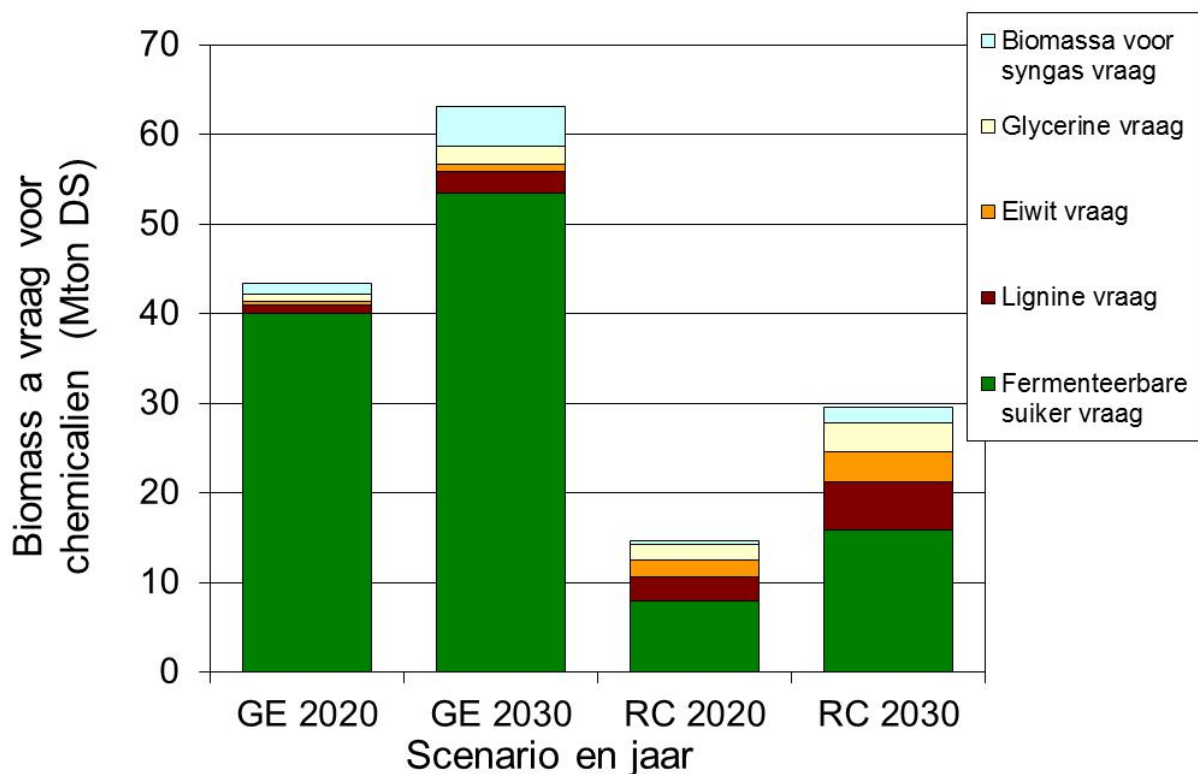
voorbeeld toont Figuur 7 de verwachte biomassavraag binnen twee uitersten, n.l. het globale economie scenario (GE; binnen dat scenario staat wereldwijde handel centraal en is de driver voor biomassagebruik met name verbetering van de leveringszekerheid) en het regionale gemeenschappen scenario (RC; binnen dat scenario ligt de nadruk op regionale productie en verwerking en wordt biomassa vooral gedreven door het streven naar duurzaamheid en dus broeikasemissieverlaging).



Figuur 7 Biomassavraag voor verschillende bio-energietoepassingen (warmte, elektriciteit, SNG en biobrandstoffen) en chemietoepassingen bij het Globale Economie (GE) scenario en het Regionale Gemeenschappen (RC) scenario in 2020 en 2030 in de EU-27 (Elbersen et al., 2010).

Ondanks absolute verschillen tussen de scenario's zien we dat de verwachte vraag naar biomassa voor chemicaliën steeds ongeveer een factor 10 kleiner is dan de vraag naar biomassa voor energie en is de relatieve toename na 2020 groter dan die voor de energievraag (elektriciteit, warmte en biotransportbrandstoffen samen). Vergeleken met alleen de vraag naar biomassa voor biotransportbrandstoffen is de vraag naar biomassa voor chemie echter wel zeer relevant in 2020 en 2030.

In de 4FCrops scenariostudie (Elbersen et al., 2010) (Figuur 8) bestaat de vraag naar biomassa voor chemie voornamelijk uit fermenteerbare suikers (1^e en 2^e generatie). In dat geval zal de chemie met name concurreren met de vraag naar suikers voor transportbrandstoffen. De scenario studie voorziet daarnaast productie van chemicaliën op basis van syngas (Fischer-Tropsch), naast de productie van biobrandstoffen uit syngas.



Figuur 8 Biomassavraag voor chemietoepassingen in EU-27 in 2020 en 2030 bij het Globale Economie (GE) scenario en het Regionale Gemeenschappen (RC) scenario opgesplitst in de vraag naar fermenteerbare suikers, lignine, eiwit, glycerine en biomassa voor syngas (Elbersen et al., 2010).

Afhankelijk van de uitgangspunten zijn echter ook andere scenario's denkbaar bv. met een veel hogere vraag naar lignine-houdende biomassastromen. In dergelijke scenario's worden door de chemische industrie bulkchemicaliën gewonnen door fractionering van de biomassa (bv. door middel van thermochemische conversie). Naast de chemicaliën ontstaan een lignine-houdende fractie (30 - 40%) en een suikerhoudende fractie (eveneens 30 - 40%). De lignine-houdende fractie kan na opwerking in bestaande raffinaderijen worden verwerkt tot chemicaliën en biobrandstoffen, terwijl de suikerhoudende fractie kan worden gefermenteerd voor de productie van gelijksoortige eindproducten.

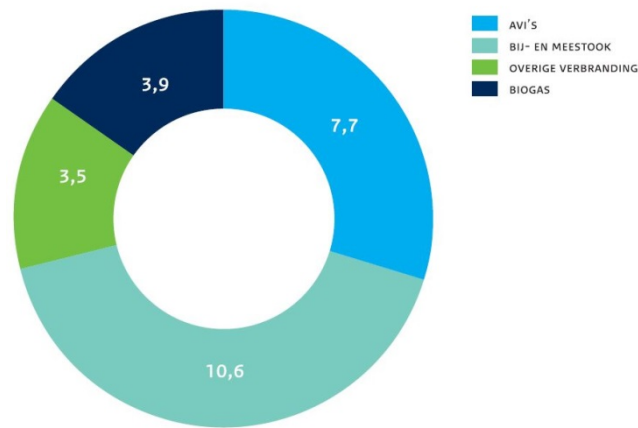
4.3 Nederlandse vraag naar biomassa

De huidige bio-energiesector staat gedetailleerd beschreven in het ‘Statusdocument bio-energie 2012 – Nederland’ van Agentschap NL (2013). Deze paragraaf geeft hiervan een korte samenvatting (Annevelink et al., 2011). De huidige bio-energiesector voorziet in de productie van drie groepen producten uit biomassa, n.l. elektriciteit, warmte en transportbrandstof. De doelstelling uit de richtlijn voor hernieuwbare energie (2009/28/EG) is, dat in 2020 14% van het Nederlands bruto finaal eindgebruik (ca. 300 PJ) afkomstig is uit hernieuwbare bronnen. Dit is nog verhoogd tot 16% door kabinet Rutte II. De schatting is dat er in 2012 ca. 4,5 % (97 PJ bruto finaal eindgebruik) aan hernieuwbare energie is geproduceerd. Circa driekwart van de geproduceerde hernieuwbare energie in 2012 is afkomstig van biomassa (71,3 PJ). Dit is voor een groot deel afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties (AVI’s), meestook in energiecentrales, gebruik van houtkachels en het gebruik van biobrandstoffen in de transportsector. De details van het gebruik van bio-energie in het bruto finaal eindgebruik (PJ) in 2012 zijn gegeven in Tabel 3.

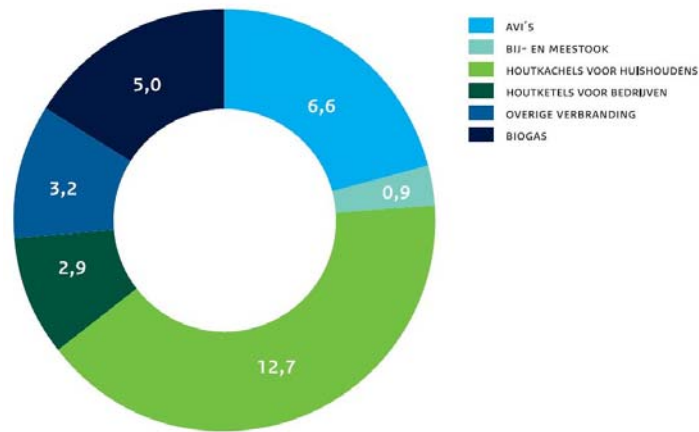
Tabel 2 Gebruik van bio-energie in bruto finaal eindgebruik (PJ) in de sectoren elektriciteit, warmte en transport in 2012 (Agentschap NL, 2013).

Categorie	Sector	2012 (PJ)
AVI's	Elektriciteit	7,7
	Warmte	6,6
Bij- en meestook	Elektriciteit	10,6
	Warmte	0,9
Houtkachels huishoudens	Warmte	12,7
Houtkachels bedrijven	Warmte	2,9
Overige verbranding	Elektriciteit	3,6
	Warmte	3,2
Biogas	Elektriciteit	3,9
	Warmte	4,2
	Ruw biogas	0,7
Bio-benzine	Transport	6,6
Biodiesel	Transport	7,7
	Totaal (PJ)	71,3

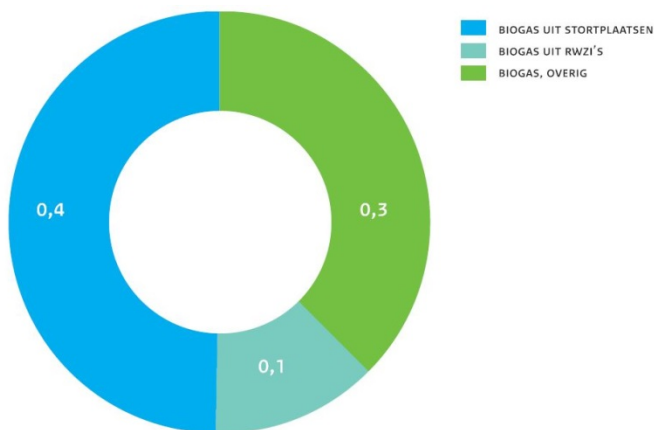
In Figuur 9 t/m 12 (overgenomen uit Agentschap NL, 2013) is het bio-energie gebruik nog eens apart weergegeven voor de productgroepen elektriciteit, warmte, biogas en transport.



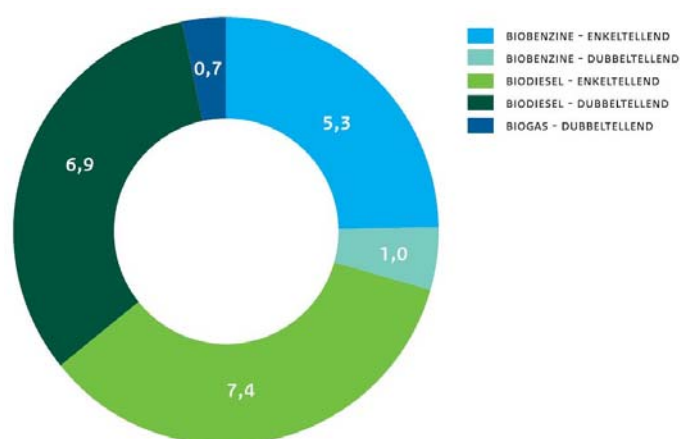
Figuur 9 Bruto finale elektriciteitsproductie met bio-energie in 2012 (PJ) (Agentschap NL, 2013).



Figuur 10 Bruto finaal eindverbruik van bio-energie voor warmte in 2012 (PJ) (Agentschap NL, 2013).



Figuur 11 Geschatte productie van biogas voor nuttig finaal verbruik en productie groen gas in 2012 (PJ) (Agentschap NL, 2013).



Figuur 12 Inzet van biobrandstoffen in de transportsector in 2011; administratieve levering (PJ) (Agentschap NL, 2013).

Mozaffarian et al. (2011) beschrijven de geschatte vraag naar en het aanbod van biomassa in **Nederland** in de periode 2010-2030. Ze baseren de vraag naar energie op het National Renewable Energy Action Plan (NREAP) dat in 2010 is opgesteld. Hierin worden de Nederlandse duurzame energiedoelen voor 2020 beschreven, voor elektriciteit, warmte & koeling en transport. Dit is gebaseerd op de doelstelling van 14% hernieuwbare energie in Nederland in 2020, wat overeen komt met 310 PJ. Daarvan is ongeveer 51% bioenergie, ofwel 158 PJ in 2020 (zie Tabel 4), verdeeld over elektriciteit, warmte (& koeling) en transport. In 2010 was het aandeel biomassa gelijk aan 64 PJ. In tien jaar wordt de verwachte hoeveelheid bioenergie dus bijna 2,5 zo groot. De vraag vanuit de chemie is niet meegenomen in de NREAP van Nederland.

Mozaffarian et al. (2011) hebben het verwachte aandeel van bioenergie voor 2020 en 2030 bepaald bij de twee verschillende scenario's, n.l. het globale economie (GE) en het regionale gemeenschappen scenario (RG). Het regionale gemeenschappen scenario schetst een grotere vraag voor elektriciteit, warmte en transport dan in de NREAP wordt aangenomen, terwijl het globale economie scenario een lagere vraag levert. Ook hebben ze een schatting gemaakt voor het aandeel biomassa in de chemie n.l. 3% van het totale primaire energieverbruik in de chemische sector in 2020 en 6% in 2030.

Tabel 3 Verwachte Nederlandse aandeel van bioenergie (PJ) en chemie (PJ) aan de finale energieconsumptie in het globale economie (GE) scenario en het regionale gemeenschappen scenario (RG) (Mozaffarian et al., 2011).

Sector	2010 (AgNL) PJ	2020 (NREAP) PJ	2020 (GE) PJ	2030 (GE) PJ	2020 (RG) PJ	2030 (RG) PJ
Elektriciteit	25	60	35	75	72	128
Warmte	26	63	29	56	70	114
Transport (2 ^e gen)	13	35	45 (6)	66 (17)	49 (12)	70 (35)
Chemie	?	?	14	36	36	113
Totaal	64	158	123	233	227	425

5 De logistieke componenten van biomassaketens

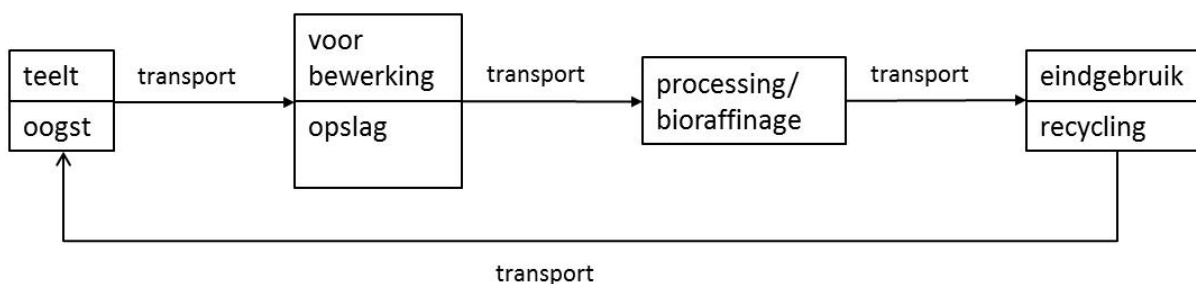
5.1 Logistiek

Het **doel** van een goede logistiek organisatie is om de juiste hoeveelheden biomassa, van de juiste kwaliteit, op het juiste moment op de juiste plaats te krijgen. Leveringszekerheid is van groot belang in de logistieke keten.

De **logistiek van biobased economy ketens** raakt allereerst direct aan de logistiek van traditionele voedselketens. Al was het maar vanwege de food-feed-fuel discussie die enige jaren geleden is gestart. Onder biobased economy ketens vallen ook de al bestaande bioenergie-biobrandstofketens. De logistieke biomassaketens voor het produceren van bioenergie bestaan al meer dan tien jaar en worden steeds verder verbeterd. Ketens voor biobrandstoffen zijn relatief nieuwer: ze zijn in de afgelopen 5 jaar in snel tempo opgezet. De kennis en ervaring die bij al deze logistieke ketens is opgebouwd, is ook nuttig bij ketens voor nieuwe producten zoals biochemicalïen die vaak nog moeten worden opgezet.

5.2 Biomassaketens

Een **biomassaketens** bestaat over het algemeen uit de onderdelen teelt, oogst/inzameling, voorbereiding/initiële processing, opslag, transport lokaal/over lange afstand, finale processing/bioraffinage, eindgebruik en recycling (Figuur 13). Een algemene beschrijving van de componenten van de biomassaketens is hierna gegeven, gebaseerd op verschillende bronnen (Biomass Energy Centre, 2012; Annevelink & de Mol, 2007; Boosten et al., 2007). Voor elk van de componenten in de biomassaketens kan een specifieke technologie/methode met een bepaalde schaalgrootte worden gekozen. Bovendien kunnen sommige componenten zich op verschillende locaties bevinden (bv. centraal of decentraal).



Figuur 13 Schematische weergave van de schakels van een biomassaketens.

5.2.1 *Teelt en oogst*

Voor de **oogst** van biomassa in de land- en bosbouw moeten geïntegreerde methoden worden ontwikkeld (voor zowel de geteelde biomassa als voor de primaire residuen). Een beperkende factor is het feit dat geteelde biomassa en primaire agrarische- en bosbouwresiduen altijd decentraal/regionaal vrijkomen, en dat ze dus nog naar een centrale(re) plek getransporteerd moeten worden. Verder kan deze biomassa vaak alleen in een bepaalde periode geoogst worden, waardoor buffervorming via opslag noodzakelijk is. Verder is de totale hoeveelheid biomassa die van een akker of bosperceel verwijderd kan worden gelimiteerd vanwege verschillende redenen zoals het voorkomen van erosie, het in stand houden van de bodemvruchtbaarheid, ecologische redenen, etc. Tijdens de oogst of het verzamelen van biomassa moet vervuiling (bv. met aarde en stenen) worden voorkomen. Secundaire en tertiaire reststromen moeten **verzameld** worden op de plek waar ze vrijkomen. Deze biomassastromen kunnen zowel centraal (bv. bij een voedingsindustrie) of decentraal (bv. bij sloopwerkzaamheden) vrijkomen.

5.2.2 *Voorbewerking*

Gegeven de hoge verwerkingskosten dient de behandeling en overslag van biomassa zo veel mogelijk beperkt te worden om zo te beletten dat de kostprijs onacceptabel stijgt. Toch kan de voorbewerking van biomassa in bepaalde gevallen wenselijk zijn. Het **voorbewerken** van biomassa kan i) mechanisch (verdichten, drogen, verkleinen), ii) thermo-chemisch (torrefactie, pyrolyse, Hydro Thermal Upgrading - HTU) of iii) biochemisch (bv. hydrolyse) geschieden. Voordelen van voorbewerking kunnen zijn: 'een hogere materiaaldichtheid, gunstige stromings- en doseringseigenschappen, een laag vochtgehalte, betere stabiliteit tijdens opslag, minder stof tijdens handling en standaardisatie van kwaliteit.' (Luguel et al., 2011).

Met **verdichting** kan een uniformer materiaal worden geproduceerd met gunstige fysische en mechanische eigenschappen (Luguel et al., 2011). Verdichtingsmethoden zijn pelletiseren, briquetteren (met een extrusiepers, perskamer of cilinderpers) en centrifugeren (voor materialen die veel water vasthouden). Biomassa kan onder hoge druk worden verdicht tot pellets (6-12 mm) of briquettes (diameter 50-100 mm, lengte 60-150 mm). Soms is daarbij nog een bindmiddel nodig. De economie van pelletiseren hangt sterk af van het volume en de kosten van het ruwe materiaal. Een voordeel van pellets is dat ze droog, schoon en mechanisch stabiel zijn. Pellets kunnen bovendien stromen, zodat het laden en lossen makkelijker is. Voor pellets zijn standaarden gedefinieerd bv. in Oostenrijk en Zweden. Er wordt gewerkt aan een nieuwe Europese CEN standaard EN 335. Pellets zijn vooral bedoeld voor de bioenergiemarkt. Ze kunnen in huishoudens en stadsverwarmingssystemen worden gebruikt. Ze worden ook gebruikt bij co-verbranding in kolencentrales. Er zijn daarbij overeenkomsten maar ook verschillen t.o.v. kolen wat betreft de opslag en handling bij de energiecentrale. Door de lagere energie-inhoud van biomassapellets t.o.v. kolen moet bv. veel meer opslagruimte worden gereserveerd.

Kwaliteitsmanagement van bederfelijke natte biomassa is belangrijk. Men kan biomassa **drogen** om het vochtgehalte te verlagen indien men de biomassa bv. wil verbranden of vergassen. Voor

vergisting is dit niet noodzakelijk. Het vochtgehalte heeft invloed op de energie-efficiëntie, opslag en transport. Voor thermische conversietoepassingen is droge biomassa van belang om minder energie te verliezen door verdamping tijdens het conversieproces. Verschillende thermische conversieprocessen vragen overigens om andere vochtgehalten. Voor vergassing moet het vochtgehalte onder de 10-15% liggen. Verbranding kan wel met wat hogere vochtgehalten omgaan, afhankelijk van het ontwerp van de verbrandingsketel. Daardoor kan men in sommige gevallen bv. ook vers geoogste houtchips (40-50% vochtgehalte) verbranden. HTU vraagt juist om relatief vochtige biomassa (net zoals anaerobe vergisting). Door te drogen kan biomassa over het algemeen ook beter voor langere tijd worden opgeslagen (zonder gevaar voor broei/composteren, ontbranding of schimmelvorming). Verder is het transport van gedroogde biomassa efficiënter, omdat relatief minder water wordt getransporteerd. Voor drogen staan verschillende methoden ter beschikking. Het goedkoopste alternatief is passief te drogen in de open lucht, in gedeeltelijk afgedekt stapels, los van de grond. Hiermee kan over het algemeen gedroogd worden tot 20-30% vochtgehalte. Factoren van belang zijn voor het drogen van biomassa zijn: de vorm en grootte van de biomassadeeltjes, de dichtheid in de opslag, de methode van opslag, de luchtdoorstroming, de temperatuur en de luchtvochtigheid. Als passief drogen tot onvoldoende resultaat leidt, kan men overgaan op actief drogen. Dit vraagt echter input van energie en aanvullende kosten voor een drooginstallatie. Soms kan gebruik gemaakt worden van warmte-overschot van andere processen.

Door **verkleinen** kan het volume van het materiaal worden verlaagd ofwel de bulkdichtheid worden verhoogd. De handling en het transport worden vergemakkelijkt en de fysische eigenschappen worden aangepast (de verdeling van de deeltjesgrootte). Een veelgebruikte manier om de biomassa te verkleinen is te chippen. Verschillende typen chippers kunnen worden ingezet (schijf-, trommel- of schroefchippers), die elk een specifieke invloed hebben op de kwaliteit van de geproduceerde biomassachips. Gechipte biomassa kan lastiger worden gedroogd en kan daardoor moeilijker worden bewaard. Een alternatief is chunken, waarbij grotere deeltjes worden geproduceerd, die nog wel passief kunnen drogen en daardoor langer opgeslagen kunnen worden.

Torrefactie kan de kwaliteit en stabiliteit van het ruwe materiaal verbeteren. Bij torrefactie wordt biomassa verhit bij afwezigheid van zuurstof tot 250-320°C. Getorrificeerde biomassa kan vervolgens worden gepelletiseerd of gegraneerd. Zo ontstaat een vaste brandstof met een hogere energiedichtheid die effectiever kan worden getransporteerd dan de oorspronkelijke biomassa. **Pyrolyse** is een thermisch proces waarbij materiaal ontleedt in de afwezigheid van zuurstof. Pyrolyse vindt plaats bij temperaturen vanaf ongeveer 300°C en levert een gas en in hoofdzaak een olie-achtig koolstofrijk product op waaruit energie kan worden opgewekt. Na pyrolyse kan de pyrolyse-olie beter worden getransporteerd dan de oorspronkelijke biomassa. **HTU** (Hydro Thermal Upgrading) is een technologie die in staat is om uit biomassa, welke nog (veel) water bevat, een transporteerbare 'biocrude' te maken. T.b.v. transportbrandstoffen moet dit tussenproduct gedehydrogeneerd worden.

Lignocellulose houdende biomassa kan na een mechanische of (thermo-)chemische voorbehandeling met behulp van enzymen wordt **gehydrolyseerd** tot fermenteerbare suikers.

5.2.3 Opslag

Opslag van biomassa is van belang in verband met buffervorming, hetzij over een langere termijn ergens in de logistieke keten (bv. om seizoenseffecten te compenseren van biomassa uit bos en natuur die maximaal 7 maanden per jaar beschikbaar komt), hetzij voor een korte tijd vlak voor de finale conversie bij de toevoer naar het conversieproces. Zowel droge biomassa (bv. houtstromen) als natte biomassa (bv. gras of mest) kunnen worden opgeslagen. Bij een eindgebruiker kan een grotere opslag leiden tot een minder frequente behoefte aan leveringen, lagere biomassakosten (bv. door kortingen) en een grotere reserve (minder gevaar voor het stil vallen van het proces). Tijdens opslag moet broei worden voorkomen i.v.m. mogelijk verlies van biomassa, ontbrandingsgevaar en het risico op schimmelvorming. Bij de keuze van de opslagmethode is het van belang hoe de biomassa kan worden afgeleverd, hoe de biomassa bewaard wordt en hoe de biomassa weer uit de opslag gehaald kan worden t.b.v. van de volgende schakel in de logistieke keten. Een probleem dat bij de opslag van biomassa kan ontstaan is klif- en brugvorming (Farnish, 2006). Dit komt door een onregelmatige, grote of vlokkige deeltjesvorm van de biomassa. Omdat biomassa een afbreekbaar materiaal is, vindt mogelijk fermentatie plaats tijdens opslag, waarbij warmte wordt geproduceerd. Dit leidt ook tot de vorming van klompen waardoor zaken verstopt raken. Stofwolken vormen een probleem i.v.m. inademing door personeel en stofexplosies, maar ook een lange termijn gezondheidsrisico door schimmelvorming. Opslagproblemen kunnen worden geminimaliseerd door: i) het minimaliseren van de tijd dat het materiaal in bulk wordt opgeslagen, ii) opslagfaciliteiten te gebruiken die een brede range producten aankunnen en iii) te investeren in aanpassingen die passen bij de opslagkarakteristieken van biomassa.

5.2.4 Transport

Transport van biomassa kan zowel lokaal als over lange afstand plaatsvinden. Lokaal (<30 km) naar een eerste depot kan biomassa veelal nog in onbewerkte vorm getransporteerd worden. Voor transport over lange afstanden (>250 km) zal de biomassa doorgaans moeten worden voorbereid bij het depot in de buurt van de locatie waar het vrijkomt. Biomassa kan op korte tot middellange afstand op verschillende manieren over de weg worden getransporteerd: in grote zakken, met kiepwagens, in vrachtwagens met vlakke laadvloer, in tankwagens (voor vloeistoffen), in containers, in vrachtwagens met een 'lopende vloer'. Bij transport over middellange tot lange afstand komen ook trein, binnenvaartschip of zeeschip in aanmerking. Multimodale logistieke netwerken maken gebruik van een combinatie van deze transportmiddelen, bv. grote afstanden per schip, en vervolgens in een binnenhaven overslaan op vrachtwagens voor de kortere afstanden in de omgeving van dat overslagpunt. Biomassapellets worden bv. over zee naar Rotterdam getransporteerd in zeeschepen. Vervolgens worden ze overgeslagen in binnenvaartschepen naar de Amercentrale van Essent in Geertruidenberg. Daar

word jaarlijks 600.000 ton biomassapellets gevraagd. Dit vereist 400 binnenvaartschepen met elk een lading van 1.500 ton (Kisslinger, 2005). Een ander voorbeeld is de aanvoer van biomassabrandstof uit het bos per trein tot op 600 km afstand door het bedrijf Green Cargo. Dit wordt gebruikt door een grote WKK-bioenergiecentrale in Igelsta, Södertälje, 40 km ten zuiden van Stockholm. Stamhoutchips worden geladen bij de Töva terminal op 500 km in Noorden. Er rijden 1-2 treinen met tot 23 wagons ofwel 69 containers met chips per dag. Met een front loader worden containers geleegd. De brandstof wordt gemengd en voorbereid in Igelsta. Het gaat om verschillende typen biomassa: stamhoutchips, chips van resten uit het bos en zaagsel (Ljungblom, 2011).

5.2.5 *Processing/ bioraffinage*

De ontwikkeling van nieuwe **bioraffinageconcepten** (Annevelink & Harmsen, 2010; Luguel et al., 2011a en 2011b), waarbij biomassa optimaal wordt opgedeeld en gebruikt voor verschillende gebruiksdoelen zal ertoe leiden dat biomassaketens steeds meer met elkaar verknoopt worden en door elkaar heen gaan lopen. Het is dus steeds moeilijker te spreken van een zuivere voedingsketen, bioenergieketen of biobased keten. Dit heeft grote invloed op de logistiek van de biomassastromen; reststromen van een bepaald proces zullen steeds meer worden ingezet als input voor een vervolproces. Indien dit vervolproces zich op dezelfde locatie bevindt, zal een bedrijfsinterne logistieke routing worden ontworpen. Wanneer de reststroom echter op een andere locatie verwerkt moet gaan worden, dan is de opzet van een bedrijfsexterne logistieke keten noodzakelijk.

5.2.6 *Eindgebruik & recycling*

Het **eindgebruik** van de biomassa is in de vorm van producten als voedsel, veevoer, chemie, meststoffen, papier en karton, biotransportbrandstoffen, elektriciteit en warmte. De logistiek van het transporteren van de eindproducten naar de klanten op de verschillende markten valt buiten het kader van dit rapport.

Recycling van verbruikte eindproducten leidt tot het sluiten van de cirkel. Dit vraagt om de logistieke organisatie van de tertiaire residuen. Overigens vindt recycling niet alleen plaats aan het einde van de keten gericht op eindproducten. In principe kan recycling binnen iedere schakel van de biomassaketens plaatsvinden. Zo kunnen bv. natte stromen met nutriënten direct teruggevoerd worden naar het veld indien het persen geïntegreerd met de oogst plaatsvindt. Hiermee moet bij de ontwikkeling van de logistieke processen (in dit voorbeeld oogst) derhalve rekening worden gehouden.

5.3 Ondersteunende systemen voor ketenontwerp

De bovengenoemde schakels kunnen op vele manieren lineair aan elkaar worden gekoppeld tot biomassaketens, die onderling ook weer zijn verbonden tot biomassanetwerken. Het ontwerp van een specifieke biomassaketen levert een veelheid aan logistieke vragen zoals:

- Welke biomassa gebruiken van welke bronnen?
- Waar moeten voorbewerking worden uitgevoerd?
- Welke type voorbewerking is het meest geschikt?
- Waar is welke en hoeveel opslagcapaciteit nodig?
- Waar kan de biomassa worden gedroogd?
- Welke (combinatie) van transportvormen is het beste?
- Wat is de beste locatie voor een conversiefabriek?
- Wat is de optimale schaal van een conversiefabriek?
- Wat zijn de kosten, het energieverbruik en de emissie van broeikasgassen van alle componenten van de logistieke keten?
- Welke stromen kunnen worden gerecycled?

Dergelijke logistieke vragen kunnen worden beantwoord door de beoogde logistieke biomassaketen zorgvuldig te analyseren. Ter ondersteuning van ontwerpbeslissingen kunnen simulatie- en optimalisatiemodellen van nut zijn. Een voorbeeld hiervan is het model 'Biomass logistics computer optimization (Biolooco)' (Annevelink & de Mol, 2010). Biolooco is een optimalisatiemodel voor de logistiek bij de inzameling van biomassa voor elektriciteit- en warmteopwekking. De logistiek wordt gemodelleerd als een netwerk opgebouwd uit knopen en takken. Bij elke knoop horen één of meer depots (met elk een eigen biomassasoort) waar opslag kan plaatsvinden. Een tak is een verbinding tussen twee depots en representeert transport. Bij een tak zijn voorbewerkingen mogelijk. Het model houdt rekening met verliezen tijdens opslag en met de seizoenafhankelijkheid van vraag en aanbod. Biolooco berekent zelf, uit een van tevoren door de gebruiker opgegeven set van mogelijkheden, die biomassastromen, conversietechnieken en voorbewerkingen die nodig zijn om tot de optimale productie van elektriciteit en warmte te komen in één of meer energiecentrales. Het doel van Biolooco is om strategische verkenningen te ondersteunen.

6 Overwegingen bij het vormen van biomassaketens

6.1 Visie Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy

Volgens Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy (WTC, 2011) biedt de logistiek van biomassa de mogelijkheid om andere routes voor de verwerking van biomassa te ontwerpen. Er zullen grote veranderingen optreden in goederenstromen, zowel bij agrarische als bij overig grondstoffen en chemicaliën. Ook verwacht men veranderingen in de geografische verdeling van de verwerkingsstappen. De tendens is om de totale productie van biomassa op het veld te oogsten (inclusief reststromen) en om de biomassa bij de producent al gedeeltelijk te scheiden in componenten. Er is dan sprake van voorwaartse integratie: de eerste bewerkingen vallen samen met de oogst en vinden plaats op de boerderij. Grote productielanden van biomassa (zoals Brazilië) willen de productieketen steeds meer in eigen hand houden. Internationale goederenstromen verschuiven daardoor steeds meer van ruwe biomassa naar halffabricaten (biocommodities) en zelfs eindproducten. De Biobased economy leidt volgens de WTC tot een herontwerp van productie, oogst en verwerking van biomassa, kortom tot een herontwerp van agroketens. Volgens de WTC houdt herontwerp van agroketens in: veranderende vormen van samenwerking, nieuwe businessmodellen, vorming van coöperaties of juist verticale integratie, herverdeling van toegevoegde waarde over de keten, geografische verschuivingen. Grootschalige handel in biomassa zal volgens de WTC plaatsvinden in de vorm van biocommodities (zie volgende paragraaf).

6.2 Biocommodities

Biobased stromen zullen sterk worden bevorderd als we in staat zijn standaard **biocommodities** te definiëren (Sanders et al., 2009). Naar verwachting zal in de komende tien jaar een wereldwijde markt ontstaan voor grote volumes van biocommodities. De redenen voor het gebruik van biocommodities zijn de eis van voorzieningszekerheid, de behoefte aan een gestandaardiseerde kwaliteit en kwaliteitscontrole en het ontstaan van betere mogelijkheden voor het faciliteren van de handel in biomassa. Welke biocommodities daadwerkelijk zullen ontstaan is nog niet geheel duidelijk. Bestaande en nieuwe biocommodities zijn biodiesel, pure plant olie (PPO), hydrous-ethanol, pyrolyse olie, torrefactiepellets, houtpellets, biosyngas, biogas, koolzaad, sojabonen, granen, ruwe eiwitten (hydrolysaten) en ruwe mineralen. De belangrijkste eigenschappen van biocommodities zijn transporteerbaarheid, stabiliteit, voldoende marktvolume, 'jaarrond' beschikbaarheid, mogelijkheid om technologie grootschalig in te zetten, concurrentiekracht met fossiel, standaardisatie in uniforme chemische en fysische kwaliteitskarakteristieken en eenvoudige monitoring van de kwaliteit. Als bijkomend voordeel kunnen biocommodities met veel lagere kosten worden gebruikt in de bestaande chemische industrie dan ruwe biomassa.

6.3 Grootschalige verwerking geïmporteerde biomassa in Bioports

Grootschalige verwerking van biomassa in Nederland vraagt meestal om de **import** van grote hoeveelheden biomassa, die transport over lange afstanden vraagt. Dit zal niet gebeuren in de originele geoogste vorm, maar in een voorbewerkte vorm (bv. met een lager vochtgehalte en een hoger bulkdichtheid), die gemakkelijker en goedkoper te transporteren is. Een eerste voorverwerking van voor export bestemde biomassa zal veelal in de directe nabijheid van de productie plaatsvinden (in een straal van circa 50 km). De voorbewerkte biomassa wordt vervolgens verscheept naar de verwerkingsite in de exporthaven.

Havens zullen een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van biomassaketens (Sanders et al., 2009; Boosten et al., 2007; WTC, 2011). Centra van handel zullen ontstaan in grote import- en exporthavens. Ze vervullen voor omliggende landen een voorraad- en balansfunctie (regiefunctie). In exporthavens zal een gedeeltelijke voorbewerking worden uitgevoerd. Dit kan met één van de volgende processen: pyrolyse, torrefactie, productie van hydrous-ethanol, het produceren van een HTU biocrude of bioraffinage. Deze voorbewerking, die leidt tot het ontstaan van biocommodities, kan vaak worden gecombineerd met al bestaande lokale agro- en veevoerindustrie. De combinatie van een grote haven en grote verbruikende sectoren (veevoer, chemie, biobrandstoffen en energie) is gunstig voor de vorming van een zogenaamde **biomassahub**. Een dergelijke biomassahub moet een groot achterland hebben met een grote markt, een bestaand industrieel complex en een sfeer van ondernemerschap en innovatie. Een grote markt is van belang omdat de keuze voor de vestigingslocatie van een biomassa-installatie, mede wordt bepaald door aanwezigheid van potentiële afnemers van restproducten. Daarnaast zijn de aanwezigheid van overslag- en opslagcapaciteit en industrieterreinen van belang. De grootschalige import van voorbewerkte biomassa zal plaatsvinden via de Nederlandse havens. De import van biomassa vraagt nieuwe opslagmethoden en investeringen in verwerkingscapaciteit. De havens zijn al van belang voor de doorvoer van grondstoffen voor mee- en bijstook in energiecentrales landinwaarts.

De combinatie van de Nederlandse havens (Rotterdam, Amsterdam, Groningen Seaports en Zeeland Seaports) heeft de potentie om uit te kunnen groeien tot een **Bioport Nederland** (Boosten et al., 2007a & 2007b). De Bioport Nederland heeft de mogelijkheid om te verschuiven van een versterking binnen individuele ketens (energie, chemie, veevoer, agro) naar de vorming van clusters met een koppeling van verschillende ketens. Cascadering en bioraffinage vragen n.l. om een dergelijke clustering van activiteiten. Door clustering kunnen de kosten van transport van onderlinge stromen in de hand worden gehouden, en wordt een waardevermindering van bederfelijke producten tegen gegaan.

De haven van Rotterdam heeft de ambitie zich te ontwikkelen tot de grootste biomassahaven van Noordwest-Europa (Rotterdam Climate Initiative, 2010). Men ziet kansen op gebied handel,

transport, op- en overslag, verwerking van biomassa en productie van biobrandstoffen. Rotterdam heeft al grote faciliteiten voor de invoer van biomassa, traditioneel gericht op het importeren van veevoer en agrobulk. Rotterdam biedt ideaal vestigingsklimaat voor de biobased economy vanwege de aanwezigheid van E-centrales, biobrandstofproductie, voedingsmiddelenindustrie, agro-industrie en (petro)chemisch cluster.

In Rotterdam staat al een kolencentrale van E.ON en er zijn nog twee nieuwe centrales gepland, n.l. van E.ON en Electrabel. Samen gaan deze twee centrales circa 3 miljoen ton biomassa per jaar bijstoken. In de Merwede haven is een BEC-centrale van Eneco gepland met 200.000 ton per jaar. In 2009 is al een BEC-centrale in gebruik genomen van AVR/Van Gansewinkel. Tot 2010 lag de overslag van vaste biomassa in de haven van Rotterdam onder de 1 miljoen ton per jaar. In 2011 was de overslag 700.000 ton houtpellets van zeeschip naar binnenvaartschip. De verwachting is dat overzeese import van biomassa (voornamelijk houtpellets) voor de opwekking van elektriciteit in Nederland in de periode tot 2020 (vooral na 2014) stijgt tot 10-12 miljoen ton per jaar. Hiervan zal naar verwachting 6-7 miljoen ton via Rotterdam lopen.

Rotterdam is een logistiek knooppunt voor plantaardige oliën. Er staan 5 raffinaderijen voor plantaardige oliën in het havengebied. De grote minerale olieraffinaderijen versterken de knooppuntfunctie van Rotterdam voor biobrandstoffen. Dit logistieke belang wordt ook ondersteund door een toenemende productiecapaciteit van biodiesel en bioethanol. De productiecapaciteit in Rotterdam van biodiesel, bioethanol en NexBTL in 2011 was ongeveer 2 miljoen ton. Verder vond er een overslag van 5-6 miljoen ton biobrandstoffen plaats. De biocommodity hydrous-ethanol speelt hierbij mogelijk een rol als tussenproduct dat in een eenvoudige omgeving (regionaal) wordt geproduceerd. De laatste ontwaterstap is kapitaal- en energie-intensief, en het op specificatie krijgen vraagt veel kennis. Daarom kan deze laatste upgrading zeer goed in Rotterdam worden uitgevoerd. De geproduceerde bioethanol kan vervolgens worden gemengd met benzine in het huidige transportbrandstoffencomplex in Rotterdam of worden benut als fermentatiegrondstof in plaats van suiker en zetmeel. Tenslotte geldt dat biomassastromen die nu worden afgezet in andere marktsegmenten zoals de veevoerindustrie een springplank kunnen vormen voor de ontwikkeling van biobased chemicaliën. In de Rotterdamse haven zijn meer dan 45 chemische bedrijven en 5 raffinaderijen gevestigd.

Betrokken logistieke bedrijven in de Rotterdamse haven zijn o.a. handelshuizen, cargadoors, surveyors en andere logistieke dienstverleners. In samenwerking met de Rotterdamse haven zijn verschillende acties gestart om de handel in biomassa te bevorderen. In 2008 is een prijsindex 'levering Rotterdam' voor geïmporteerde houtpellets geïntroduceerd op wekelijkse basis. In 2009 is het Rotterdam Biomass Commodities Network (RBCN) opgericht, dat bestaat uit handelaren, producenten, eindgebruikers en logistieke dienstverleners. Tenslotte onderzoekt de energiebeurs APX-ENDEX sinds 2010 in samenwerking met het Havenbedrijf Rotterdam of een

handelsplatform voor biomassa haalbaar is (van de Peppel, 2010). Het doel is oprichten van een handelsbeurs voor biomassa met fysieke levering in Rotterdam op basis van een standaardcontract. Een handelsbeurs verbetert de prijsvorming en transparantie in de markt, biedt meer bescherming tegen prijsrisico's (fluctuaties) en helpt het handelsvolume en de fysieke stromen te vergroten.

6.4 Kleinschalige verwerking regionale biomassa

Volgens Boosten et al. (2007b) moet er naast grootschalige ontwikkeling gebaseerd op geïmporteerde biomassa eveneens aandacht zijn voor kleinschalige binnenlandse stromen en daarmee een verbinding met de Nederlandse agrosector. Kleine, meer lokale installaties hebben een kleiner inzamelingsgebied. **Regionale biomassaketens** in Nederland leveren biomassa die lokaal wordt verwerkt. De directe verwerking van natte of niet-houdbare producten kan de basis zijn voor een nieuwe kleinschalige lokale industrie bij de boerderij (Sanders et al., 2009). Dit wordt aangeduid als voorwaartse integratie in de agrarische keten. Voorbeelden van natte gewassen zijn suikerbiet en industriële aardappel, maar ook gras. Kort na de oogst kan een bewerking plaatsvinden (wassen, malen, ontwateren) bij of in de buurt van de boerderij. Op die manier wordt een houdbaar tussenproduct gemaakt, dat gemakkelijk opgeslagen en verhandeld kan worden. Een eventuele volgende bewerking op de boerderij kan ook nog zijn: fermentatie naar tussenproducten als ethanol of speciale chemicaliën. Deze tussenproducten kunnen via kleinere havens als Terneuzen en Delfzijl eventueel worden geëxporteerd of naar een industriële locatie in de regio worden getransporteerd om verder te worden verwerkt.

Een regionale aanpak vraagt aandacht voor de logistieke consequenties vanwege de omvang, de diversiteit en complexiteit van het aantal biomassastromen, de benodigde afstemming tussen aanbod en vraag (seizoensinvloeden, mix van product) en de mix tussen decentrale en centrale verwerking en eigen productie versus import (Biomassaforum, 2012). DSM werkt bv. aan brandstofwinning uit het restafval van planten (Banning, 2012). DSM heeft samen met het Amerikaanse bedrijf POET (ethanolproducent) geïnvesteerd in de bouw van een fabriek, in Emmetsburg Iowa, die op grote schaal de gewasresten van de lokale maïsoogst om gaat zetten in ethanol. Het gaat hierbij om een jaarlijkse productie van 75 tot 95 miljoen liter bio-ethanol. De filosofie is dat de ethanolfabrieken daar moeten komen te staan waar de reststromen worden geproduceerd.

6.5 Netwerk van Biomassawerven

Om efficiënte logistieke ketens te maken, moeten verschillende aanvoersystemen samen worden gebracht in geïntegreerde netwerken (Luguel et al., 2011). Voor de regionale inzameling van biomassa in Nederland is het opzetten van een netwerk van biomassawerven van groot belang.

Volgens Annevelink (2009) is een biomassawerf een logistiek concept, waarbij verschillende soorten biomassa op een centrale plaats in een regio worden verzameld en ter plaatse worden voorbereid tot tussenproduct en soms ook worden omgezet in een eindproduct. Een biomassawerf heeft als rol om bij de aanbodkant alle verschillende soorten biomassastromen in te zamelen, eventueel voor te bewerken en ze vervolgens voor de vraagkant (eindverwerking) te combineren tot biomassastromen op specificatie, die bruikbaar zijn voor een bepaald type verwerkingstechnologie. De rol van een biomassawerf heeft zowel technisch/logistieke- als regio-aspecten. In sommige gevallen kan de eindverwerking (bv. via een vergistingsinstallatie) ook op het terrein van de biomassawerf plaatsvinden. Dit behoort echter niet standaard tot de kenmerken van een biomassawerf. Het doel van biomassawerven is volgens Boosten et al. (2009) allereerst om de kostprijs van de biomassa te beperken. De aanbieders kunnen overigens wel vaak een relatief hogere vraagprijs rekenen. Op een biomassawerf wordt biomassa uit de regio verzameld en gebundeld. Er kan een controle plaatsvinden op kwaliteit en voorraadvorming (i.v.m. niet jaarrond biomassa oogsten). Verder kan de verwerking van biomassa (chippen en drogen) centraal gebeuren. Het transport van kleine partijen over langere afstanden wordt vermeden. Biomassawerven kunnen mogelijk in de vorm van een soort regionale coöperatie worden opgezet met gezamenlijk oogst, verwerking, opslag en vermarkting. Ook kunnen ze aansluiten op bestaande gemeentewerven, milieustraten en groencomposteringen. In Nederland bestaat een infrastructuur van een honderdtal composteerbedrijven (BVOR, 2011). Groenafvalverwerkers hebben ervaring met grootschalige be- en verwerking van groene stromen, en beheren bovendien een bestaande infrastructuur van vergunde inrichtingen.

6.6 Keuze voor de plaats van verwerking

Biomassa kan worden verwerkt op verschillende plaatsen (Sanders et al., 2009), n.l. dicht bij het veld/bos, dicht bij voedsel- of veevoer verwerkende industrie, in een export-haven, in een import-haven, dicht bij het eindgebruik of een combinatie van voorgaande opties. De keuze waar verwerkt wordt hangt af van het type biomassa, transportafstanden, dichtheid van de biomassa, de snelheid van verteren van de biomassa, het gemak van handling, de typen processen, de aanwezigheid van markten, de arbeidskosten en de logistieke omstandigheden. Voorbeelden van voor de hand liggende keuzen t.a.v. de verwerkingslocatie zijn:

- Lignocellulose biomassa moet eerst verdicht worden in de buurt van de plek waar het vrijkomt, om het gewicht per volume gedurende het transport te verhogen.
- Syngasproductie en -transport per pijplijn is een mogelijke optie als productie en eindgebruik op middellange afstand van elkaar liggen (bv. Baltische staten versus West-Europa).
- Biomassa met een hoog vochtgehalte moet een ontwateringstap ondergaan dicht bij het veld. Vervolgens liefst nog een verdichtingstap. Op die manier worden de transportkosten beheerst en kunnen waardevolle mineralen lokaal achterblijven.

- Secundaire reststromen die vrijkomen bij voedselverwerkende processen kunnen het beste ter plekke verder worden opgewaardeerd.
- Bij transport over zee heeft de biomassa de vorm van een biocommodity. In de exporthaven dient dan een verdichting plaats te vinden (bv. door torrefactie of pyrolyse).
- In importhavens kan vaak een combinatie worden gemaakt met bestaande chemische, petrochemische of agro-industrieën.
- Bij specifieke producten kan de verwerking het beste in de buurt van de grote consumentengroepen worden uitgevoerd.
- Bij de productie van algen op zee kan er al op zee een voorbewerking plaatsvinden, waarbij eiwitten, HTU biocrude en vet componenten kunnen worden gescheiden, die vervolgens naar een importhaven worden getransporteerd. Mineralen kunnen op die manier achterblijven in zee.

7 Voorlopige conclusies & aanbevelingen

In de komende 10 jaar zullen nauwkeurig gedefinieerde biocommodities een cruciale rol gaan spelen binnen de logistiek van de biobased economy. Mede in verband met de logistieke organisatie van biomassaketens bestaat een grote behoefte aan standaardisatie van de biomassastromen.

Geïmporteerde biocommodities voor grootschalige verwerking binnen de biobased economy zullen worden aangevoerd in de verschillende havens die samen de Nederlandse Bioport vormen. In havens bestaat de benodigde infrastructuur uit los- en overslaginstallaties, opslagfaciliteiten en koppelingen tussen verschillende bestaande installaties om elkaars reststromen te kunnen gebruiken.

Het bedrijfsleven moet investeren in nieuwe en verbeterde infrastructuur voor de handling van biomassa in de gehele logistieke biomassaketens.

Transport vanuit de havens naar het achterland kan verzorgd worden door binnenvaartschepen. Dit houdt in dat de overslagfaciliteiten voor biocommodities in het achterland ook verder ontwikkeld moeten worden. Verwerkingsinstallaties kunnen het beste direct aan waterwegen liggen (zoals bv. het terrein van Parenco in Renkum). Anders moet vanaf deze punten nog transport plaatsvinden met vrachtwagens. Dit is een extra stap die extra kosten met zich meebrengt.

Het werken volgens nieuwe bioraffinageconcepten vraagt een complexere logistieke afhandeling van alle biomassadeelstromen dan traditionele verwerkingsconcepten van biomassa. Een steeds verdere opsplitsing en distributie van steeds meer en kleinere biomassastromen vraagt om mogelijkheden voor het combineren van biomassastromen.

Een netwerk van lokale Nederlandse biomassawerven zal een belangrijke rol spelen bij de fysieke en organisatorische afhandeling van regionale biomassastromen (ruwe biomassa, tussenproducten en biocommodities) binnen de biobased economy.

Een goede samenwerking tussen verschillende sectoren (voeding, veevoer, papier en karton, logistiek, chemie, transportbrandstoffen en energie) is van groot belang, aangezien de biomassastromen tussen deze sectoren via bioraffinage steeds meer met elkaar verweven zullen raken. De logistieke organisatie kan alleen tot stand komen als er onderling goede afspraken worden gemaakt over zaken als kwaliteit van de biomassa/tussenproduct, hoeveelheden en leveringsmoment.

De landelijke en regionale overheden kunnen het ontstaan van duurzame logistieke biomassaketens faciliteren via het optimaliseren van wet- en regelgeving en het stimuleren van (regionale) pilot- en demo-initiatieven. Dit kan gaan over het verminderen van importbeperkingen en -heffingen, maar ook over het verbeteren van het vestigingsklimaat voor bedrijven die biomassa be- en verwerken en transporteren.

Het bestaande logistieke biomassanetwerk voor de aanvoer van biomassa (biocommodities) naar voornamelijk bioenergietoepassingen kan een goede basis vormen voor nieuwe biomassaketens voor de biobased economy. Aangezien de gevraagde typen biocommodities kunnen verschillen vraagt dit wel aanpassingen aan de bestaande biomassa-infrastructuur. Zo verschilt bv. de handling van vloeibare stromen (zoals bioethanol) van die van vaste stromen (zoals houtpellets).

Literatuur

Agentschap NL, 2013. Statusdocument Bio-Energie 2012 - Nederland. Publicatie-nr. 2DENB1301, 45 pp.

Alakangas, E. & C. Panoutsou, 2012. How much biomass demand can be met by 2020? Presentation at: Workshop on biomass supply challenges, organized by European Technology Platform Renewable Heating & Cooling and European Biofuels Technology Platform, Rotterdam, 15th March.

Annevelink, E., J. Bloemhof, D.P. Donk, W.E.H. Dullaert, D. Inghels & E. van der Laan, 2013. Logistiek biobased economy: toekomstbeelden 2025 & agenda 2013-2017. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Rapport, 1381, 36 pp.

Annevelink, E., H.W. Elbersen & R. van Ree, 2011. De rol van de Bio-energiesector in de Biobased Economy - achtergronddocument voor het opstellen van een visie - . Wageningen UR, Food & Biobased Research, Report, 1277, 27 pp.

Annevelink, E. & P. Harmsen, 2010. Bioraffinage; naar een optimale verwaarding van biomassa. Uitgave in reeks 'Groene Grondstoffen', No 10, 44 pp.

Annevelink, E. & R.M. de Mol, 2010. Nieuwe biomassaketens in Noord-Holland; Case 1. Biomassavergassingsketen. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Rapport, 1195, 94 pp.

Annevelink, E., 2009. Conceptuele beschrijving biomassawerf. Wageningen UR, AFSG, Rapport 1020, 22 pp.

Annevelink, E. & R.M. de Mol, 2007. Biomass logistics. Workshop IEA Bioenergy Task 32, 15th European Biomass Conference, Berlin, Germany, 28 pp.

Banning, C., 2012. Restafval van planten als alternatief voor aardolie. NRC, 2 maart, 28-29.

BEE, 2011. Biomass Energy Europe - Executive summary, Evaluation and Recommendations. Report, 82 pp.

Biomassaforum, 2012. Website www.biomassaforum.nl, bezocht 20/1/12.

Biomass Energy Centre, 2012. Chipping, Drying biomass material, Storing biomass, Transporting biomass. Website, www.biomassenergycentre.org.uk, bezocht 8/3/12.

Blaauw, R., H.L. Bos, J. van Hal, D. Saygun & M. Patel, 2013. De biomassabehoefte van de chemische industrie in een biobased economy; Inschattingen gebaseerd op drie 'extreme' scenario's. Wageningen UR, Food & Biobased Research, Rapport 1376, 31 pp.

Boosten, G. & J. de Wilt, 2007a. Bioport: Nederland als mainport voor biomassa. InnovatieNetwerk, Rapport 07.2.141, 71 pp.

Boosten, G., A. Florentinus & J. Sanders, 2007b. Businessplan Bioport Nederland. InnovatieNetwerk, Rapport 07.2.169, 39 pp.

Boosten, M., J. Oldenburger, J. Oorschot, M. Boertjes & J. van den Briel, 2009. De logistieke keten van houtige biomassa uit bos, natuur en landschap in Nederland: stand van zaken, knelpunten en kansen. Rapport Probos, 71 pp.

Boosten, M., J. Oldenburger, J. van den Briel, J. Oorschot & M. Boertjes, 2009. Knelpunten en kansen houtige biomassa. Vakblad Natuur, Bos & Landschap, Juni, 8-9.

Bos, 2012. Indicatief materiaalgebruik per jaar wereldwijd. Tabel in ontwikkeling, persoonlijke mededeling.

BVOR, 2011. Jaarverslag 2010 verantwoord groene stromen verwerken. Nieuwsbulletin, 21^e jg, nr 3, 16 pp.

EEA, 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report, No 7, 67 pp.

Elbersen, H.W., M. van der Zee & H.L. Bos, 2010. The role of 4F crops in EU27 under contrasting future scenarios. Final report on WP6 of the 4F CROPS project (FP7/2007-2013), 64 pp.

Farnish, R., 2006. Biomass handling. Port Technology International, Edition 29, 111-112.

Kisslinger, T., 2004. Biomass logistics at Essent Energie's co-firing power plant. Port Technology International, 2-4.

Koppejan, J., W. Elbersen, M. Meeusen & P. Bindraban, 2009. Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020. Procede Biomass B.V., rapport voor SenterNovem, 99 pp.

- Lako, P., B. Elbersen, H.M. Londo, M. Mozaffarian & M.P. de Wit, 2010. Scenarios for the analysis of biomass chains for the EU countries and country regions in the timeframe 2010-2030. Report, ECN, ECN-E—10-058, 27 pp.
- Ljungblom, L., 2011. Remote forest fuel for huge city CHP. *Bioenergy International*, 51, 3, 10-11.
- Luguel, C., E. Annevelink, C. Burel & G. Gosse (editors), 2011a. European Biorefinery 2030 Vision Document. Star-Colibri, Deliverable D3.5, 71 pp.
- Luguel, C., E. Annevelink, J. Laurmaa, N. von Weymarn & G. Gosse (editors), 2011b. European Biorefinery Joint Strategic Research Road Map for 2020. Star-Colibri, Deliverable D3.8, 67 pp.
- Mol, R.M. de, E. Annevelink, H.J.C. van Dooren, 2010. Optimization of the logistics of agricultural biogas plants. Wageningen UR, Livestock Research, Report, 426, 10 pp.
- Mozaffarian, M., B. Elbersen & H.W. Elbersen, 2011. Dutch biomass demand and supply in 2010-2030. Report, ECN, ECN-E—11-030, 43 pp.
- Mutka, K., 2012. Biomass demand for renewable heating and cooling. Presentation at: Workshop on biomass supply challenges, organized by European Technology Platform Renewable Heating & Cooling and European Biofuels Technology Platform, Rotterdam, 15th March.
- Peppel, M. van de, 2010. Energiebeurs onderzoekt handelsplatform biomassa. *Energie*, oktober, 20-12.
- Rotterdam Climate Initiative, 2010. Biomassa in de Rotterdamse haven - position paper. Port of Rotterdam, nota, 16 pp.
- Sanders, J.P.M., E. Annevelink & D. van der Hoeven, 2009. The development of biocommodities and the role of North West European ports in biomassa chains. *Biofpr*, May/June issue, 395-409.
- Visscher, A. de, 2010. A co-firing power plant produces more ecological energy with wood pellets. *Port Technology International*, Edition 46, 96-98.
- WTC, 2011. Naar groene chemie en groene materialen; Hoofdstuk 5. Beschikbaarheid en logistiek van biomassa. Rapport Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy, 79-89.

Dankbetuiging

Dank gaat uit naar het Ministerie van Economische Zaken voor de financiering van het onderzoek en met name naar Paul Boeding voor de begeleiding van het project.

Bijlage 1. Partijen in en rond de biomassaketten

De onderstaande (niet uitputtende) lijst bevat bedrijven uit verschillende sectoren die ieder een eigen rol spelen bij de logistiek in de biomassaketten:

- agro/food, bos;
- natuur en landschap;
- machinebouwers en -leveranciers;
- groenverwerkers en -inzamelaars;
- voorbereiding (pyrolyse, torrefactie, overig);
- logistiek;
- havens;
- biobased chemicaliën en materialen;
- papier & karton;
- biobrandstoffen;
- energie;
- overheden;
- kennispartijen;
- NGOs;
- overig.

Agro/food

ADM - www.adm.com/en-US/worldwide/netherlands/Pages/default.aspx

Agrifirm - www.agrifirm.com

Avebe - www.avebe.com

Cargill - www.cargill.nl

Cosun - www.cosun.com

ForFarmers - www.forfarmers.nl

HPA - www.hpa.nl

Loders Croklaan - www.croklaan.com

LTO - www.lto.nl

Meneba - www.meneba.com

Nutreco - www.nutreco.com

Suikerunie - www.suikerunie.nl

Ten Kate Vetten - www.tenkate.nl

Unilever - www.unilever.nl

ZLTO - www.zlto.nl

Bos, natuur en landschap

Natuurmonumenten - www.natuurmonumenten.nl

Staatsbosbeheer (SBB) - www.staatbosbeheer.nl

Provinciale Landschappen - www.de12landschappen.nl

Waterschappen - www.waterschappen.nl

Machinebouwers en -leveranciers

A. Tuytel Loon- en verhuurbedrijf B.V. - www.atuytel.nl

Doppstadt Umwelttechnik - www.doppstadt.com

Eco Log - www.eco-log.se

Forus - www.forus-holzbrecher.de

Geveke - www.geveke-klimaattechniek.nl

Jenz - www.jenz.de

Kara energy systems - www.kara.nl

Laimet - <http://en.laimet.kummeli.fi>

Preuss Forstmachines - www.preussforstmaschinen.de

Wellinkcaesar - www.wellinkcaesar.nl

Groenverwerkers en -inzamelaars

Attero - www.attero.nl

Biomassa Stroomlijn - www.biomassastroomlijn.nl

BioMassa Unie B.V. - www.biomassa-unie.nl

Bruins & Kwast Biomass Management - www.bruinsenkwest.nl

BVOR overige leden - www.bvor.nl

DELTA Milieu Groencompost B.V. - www.delta.nl

Den Ouden Groenrecycling B.V. - www.denoudengroep.nl

Devobo - www.devobo.nl

Orgaworld B.V. - www.orgaworld.nl

ROVA - www.rova.nl

Recycling VanWerven B.V. - <http://www.vanwerven.nl/biomassa>

Teredo BV - <http://www.teredo.nl/Site/index.php?page=biomassa>

Vagroen - www.vagroen.nl

Van Gansewinkel Groep - www.vangansewinkelgroep.com

VAR B.V. - www.var.nl

Voorbewerking - Pyrolyse

BTG - www.btgworld.com

Voorbewerking - Torrefactie

Stramproy Green Coal - www.stramproygreen.nl

Topell - www.topellenergy.com

Torr Coal - www.torrcoal.com

Voorbewerking - overig

Sustec - www.sustec.nl

Stichting Groen Gas Nederland - www.groengas.nl

Logistiek

Koninklijke Schuttevaer - www.schuttevaer.nl

Rail Cargo - www.railcargo.nl

Transport en Logistiek Nederland (TLN) - www.tln.nl

Opslag

Argos Energies - www.argosenergies.com

Koole - www.koole.com

Odfjell - www.odfjell.com

VOPAK - www.vopak.nl

Overslag

Europees Massagoed- Overslagbedrijf (EMO) B.V. – www.emo.nl

Havens

Groningen Seaports (Delfzijl en Eemshaven) - www.groningen-seaports.com

Port of Amsterdam - www.amsterdamports.nl

Port of Rotterdam - www.portofrotterdam.com

Zeeland Seaports (Vlissingen en Terneuzen) - www.zeelandseaports.com

Biobased chemicaliën en materialen

ABB - www.abb.nl

Akzo Nobel - www.akzonobel.com

Arkema - www.arkema.com

Avantium - www.avantium.com

BASF Nederland - www.basf.nl

Bayer - www.bayer.nl

Croda - www.croda.com

DSM - www.dsm.com

NatureWorks - www.natureworkslc.com

Petrobras - www.petrobras.com

Purac - www.purac.com
Rodenburg Biopolymers - www.biopolymers.nl
Solvay - www.solvay.com
Synbra - www.synbra.com
Teijin - www.teijinaramid.com
Total - www.totalrefiningchemicals.com

Papier en Karton

DS Smith Packaging - www.dssmithpackagingeurope.com
Kenniscentrum Papier en Karton - www.kcpk.nl
Mayr Melnhof - www.mayr-melnhof.com
Parenco - www.parenco.com
Sappi - www.sappi.com
Smurfit Kappa - www.smurfitkappa.com
VPN - www.vnp-online.nl

Biobrandstoffen

Abengoa Bioenergy Netherlands - www.abengoabioenergy.com
Argos Oil - www.argos.nl
BioMCN - www.biomcn.eu
Biopetrol - www.bio-petrol.com
CleanerG - www.cleanergy.eu
LyondellBasell - www.lyondellbasell.com
Nederlandse Vereniging voor Duurzame Biobrandstoffen (NVDB) -
Neste Oil - www.nesteoil.com
Sabic - www.sabic.nl
Shell - www.shell.com
Sunoil Biodiesel - www.sunoil-biodiesel.com

Energie

Electrabel - www.electrabel.nl
Eneco - www.eneco.nl
E.ON Benelux - www.eon-benelux.com
Essent - www.essent.nl
Nuon/Vattenfall - www.nuon.nl

Financiers

Rabobank - www.rabobank.nl

Overheden

Agentschap NL - www.agentschapnl.nl

DCMR Milieudienst Rijnmond – www.dcmr.nl

Ministerie van Economische zaken (EZ) - www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) - www.rijksoverheid.nl/ministeries/ienm

Kennispartijen

Erasmus Universiteit Rotterdam - www.eur.nl

Rijksuniversiteit Groningen - www.rug.nl

Vrije Universiteit Amsterdam - www.vu.nl

Wageningen UR - www.wageningenur.nl

NGO

Greenpeace - www.greenpeace.nl

Stichting Natuur en Milieu - www.natuurenmilieu.nl

Wereld Natuurfonds - www.wnf.nl

Overig

APX-Endex - www.apxendex.com

Connekt - www.connekt.nl

Netwerk Agrologistiek - www.agrologistiek.nl

Peterson Control Union - www.controlunion.com

Topsector Logistiek - www.top-sectoren.nl/logistiek