



Biomassastromen voor bioraffinage in Nederland

W.J. Corré





Biomassastromen voor bioraffinage in Nederland

W.J. Corré

© 2008 Wageningen, Plant Research International B.V.

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, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 – 48 60 01
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Producten uit bioraffinage	3
3. Biomassastromen in Nederland	5
3.1 Bestaande biomassa-reststromen	5
3.1.1 Bijproducten en resten uit de landbouw	5
3.1.2 Biomassa uit bosbouw en natuur- en landschapsbeheer	6
3.1.3 Restproducten uit verwerkende industrie, handel en huishoudens	7
3.2 Productie van biomassastromen	8
3.2.1 Landbouwgewassen	8
3.2.2 Zilte landbouw	9
3.2.3 Productie in zoet water en open zee	9
4. Factoren	11
4.1 Profit	11
4.2 People	11
4.3 Planet	12
4.4 Integrale analyse	12
5. Samenvatting en conclusies	13
6. Geraadpleegde literatuur	15

1. Inleiding

Eén van de mogelijkheden onze economie minder afhankelijk te maken van niet hernieuwbare grondstoffen is een verbeterde benutting van biomassa door middel van bioraffinage. Onder bioraffinage wordt verstaan het splitsen van biomassa in verschillende componenten, al dan niet in combinatie met het omzetten van deze componenten in industriële producten of energie. Bioraffinage kan een veelheid aan biomassastromen als grondstof gebruiken en kan eveneens een veelheid aan verschillende producten opleveren. Als grondstoffen kunnen dienen bestaande biomassastromen uit onder andere de landbouw, de bosbouw, het natuur- en landschapsbeheer en de verwerkende industrie en speciaal voor dit doel geproduceerde biomassa. Deze productie kan plaatsvinden in de traditionele landbouw, maar ook in nieuwe vormen, zoals productie op zilte gronden of in zee.

Om overzicht te krijgen over de vele mogelijke grondstoffen voor bioraffinage is in het kader van het LNV onderzoeksproject 'Verkennen mogelijkheden en kansgebieden in NL voor bioraffinage' (BO-03-07-03) een inventarisatie gemaakt van de literatuur over biomassastromen die in aanmerking komen voor bioraffinage in Nederland. Naast een overzicht van de (potentieel) beschikbare hoeveelheden is ook aandacht besteed aan de factoren die bepalen of deze biomassastromen al dan niet werkelijk beschikbaar zijn of kunnen komen voor bioraffinage. Onderliggende rapportage bevat het verslag van deze inventarisatie.

Achtereenvolgend komen in de rapportage aan de orde:

- Een beknopt overzicht van verschillende vormen van bioraffinage, gericht op de eisen die deze vormen aan de als grondstof dienende biomassa stellen.
- Een overzicht van de in Nederland beschikbare en potentieel beschikbare biomassastromen die geschikt zijn voor bioraffinage. De basis van dit hoofdstuk vormt een samenvatting van het rapport 'Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa', opgesteld in opdracht van het Platform Groene Grondstoffen.
- Een overzicht van factoren die van belang zijn voor het werkelijk beschikbaar zijn of komen van de onderscheiden biomassastromen.
- Samenvatting en conclusies.

2. Producten uit bioraffinage

In dit rapport wordt voor de eenvoud als definitie van bioraffinage “het scheiden van biomassa in verschillende componenten die al dan niet na een verdere bewerking en scheiding afzonderlijk af te zetten zijn” gehanteerd (Transitiepad Bioraffinage, 2003). Bioraffinage is dus enerzijds gebaseerd op scheiding van componenten en anderzijds op bewerking om deze scheiding mogelijk te maken (ontsluiting) of om componenten op te werken tot afzetbare producten. Combinaties van scheiding en bewerking worden meestal meerdere malen achter elkaar herhaald, waarbij bij de opeenvolgende bewerkingen steeds de meest waardevolle stoffen gebruikt worden (cascadering).

Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van verschillende typen van producten uit bioraffinage. Tevens wordt aandacht besteed aan de eisen die deze vormen van bioraffinage aan de biomassa grondstoffen stellen. Zoals gezegd kunnen bij veel vormen van bioraffinage uit één grondstof meerdere producten gewonnen worden en kunnen veel producten uit verschillende soorten biomassa gewonnen worden.

Overzicht van typen van producten van bioraffinage:

- Complexe chemicaliën
- Bulkchemicaliën
- Voedingsmiddelen
- Voedermiddelen
- Vezels
- Energie
- Nutriënten
- Bodem-organische stof

Complexe chemicaliën zijn hoogwaardige stoffen die na extractie en zuivering direct of na eenvoudige omzettingen gebruikt kunnen worden voor een specifiek doel, b.v. als farmaceutisch actieve stof of als pigment. Het gaat hier in de regel om stoffen die in kleine hoeveelheden aanwezig zijn in specifieke plantensoorten of –variëteiten, deze worden speciaal voor dit doel geteeld of eventueel selectief geoogst in natuurgebieden. Dit laatste is alleen mogelijk voor zeer waardevolle stoffen en is uiteraard alleen verantwoord als de natuurfunctie van het betreffende gebied niet aangetast wordt. Afhankelijk van de specifieke biomassasoort kan het restant, in de regel het overgrote deel van de massa, nog voor verschillende vervolgstappen van bioraffinage gebruikt worden.

Bulkchemicaliën zijn relatief laagwaardige stoffen die op eenvoudige wijze in redelijke hoeveelheden gewonnen of gevormd kunnen worden uit in biomassa aanwezige bestanddelen. Deze stoffen dienen als grondstof in verschillende takken van industrie. Omdat het gaat om producten die in grotere hoeveelheden geproduceerd moeten kunnen worden komen alleen bestanddelen in aanmerking die veel in biomassa voorkomen (olie, vet, eiwit, suikers, zetmeel, eiwit, cellulose, ...). Afhankelijk van de te produceren stof kunnen grondstoffen door hun gehalte aan een specifiek bestanddeel al dan niet geschikt zijn voor de productie van één of meer bulkchemicaliën.

Productie van **voedingsmiddelen** is het primaire doel van de landbouw. Naast complete landbouwproducten worden steeds meer al dan niet bewerkte delen van biomassa als ingrediënt voor voedselbereiding gebruikt. Traditioneel geldt dit voor producten als tarwebloem, aardappelzetmeel, bietsuiker en plantaardige olie, waarbij de restproducten meestal als veevoer gebruikt worden. Nieuwe ontwikkelingen zijn het gebruik van nieuwe stoffen uit andere gewassen en verdere opwerking van reststoffen (b.v. eiwit uit aardappelen) tot voor voedselbereiding geschikte ingrediënten. Naarmate meer stoffen uit de biomassa benut worden als voedsel worden de gebruiksmogelijkheden van de restanten kleiner.

Voor productie van voedingsmiddelen is goed verteerbare biomassa nodig met hoge gehalten aan olie, eiwit en/of koolhydraat. Biomassa met lage gehalten aan bruikbare stoffen zijn alleen geschikt wanneer het om bijzondere hoogwaardige bestanddelen voor b.v. voedingssupplementen of dieetproducten gaat.

Voedermiddelen of veevoer zijn al dan niet bewerkte (delen van) biomassa die via dierlijke productie opgevoerd worden tot voedingsmiddelen. Traditioneel worden gewassen en gewasdelen die niet voor voedselbereiding geschikt zijn (gras, stro) en restproducten van voedselbereiding als veevoer gebruikt. Een nieuwe ontwikkeling is de extractie van een deel van de bestanddelen van voergewassen en restproducten voor hoogwaardiger bestemmingen.

De eisen van verteerbaarheid zijn voor voedermiddelen lager dan voor voedingsmiddelen, maar in de moderne veehouderij worden wel duidelijk eisen aan de verteerbaarheid gesteld. Het gebruik van meer bestanddelen van biomassa voor hoogwaardiger bestemmingen kan de geschiktheid van restproducten voor gebruik als veevoer verkleinen, aan de andere kant kan bioraffinage ook weer nieuwe restproducten opleveren die mogelijk als bestanddeel van veevoer gebruikt kunnen worden.

Vezels worden traditioneel gewonnen uit een aantal specifiek voor deze productie geteelde gewassen (katoen, jute, hennep, vlas) waarbij de restanten op het land terug worden gebracht of eventueel verbrand worden. Deze restanten kunnen nog waardevolle bestanddelen bevatten en voor opwerking in aanmerking komen, verder kan er energie uit gewonnen worden.

Voor de productie van vezels worden specifieke gewassen gebruikt waarvan de teelt en verwerking reeds lang bekend is. Nieuwe ontwikkelingen zijn dan ook niet in de eerste plaats gericht zijn op gebruik van andere biomassa voor de productie van vezels, maar op toepassing van plantaardige vezels in plaats van kunststof polymeren en bewerking van deze vezels voor nieuwe toepassingen.

Het traditionele gebruik van biomassa als **energiebron** (b.v. plantaardige olie voor verlichting, hout en stro als brandstof) is sterk geminimaliseerd sinds het grootschalig gebruik van fossiele energie. Met als doel minder afhankelijk te worden van fossiele energie en bestrijding van klimaatverandering wordt nu echter weer meer biomassa voor de productie van energie gebruikt. Op dit moment worden transportbrandstoffen geproduceerd uit hoogwaardige biomassa (ethanol uit suiker en zetmeel, biodiesel uit olieplanten) en gas, elektriciteit en warmte uit laagwaardigere biomassa (gas uit de co-vergisting van mest, aangevuld met andere biomassastromen en elektriciteit uit verbranding van biogas of van meestal houtige biomassa). Op termijn zullen ook transportbrandstoffen uit laagwaardigere biomassa geproduceerd kunnen worden ('tweede generatie' biobrandstoffen uit lignine/cellulose biomassa).

Energie is een laagwaardige vorm van productie, dit is weinig aantrekkelijk voor complete gewassen, tenzij met weinig kosten een hoge productie gehaald kan worden. Productie van energie is b.v. aantrekkelijker voor restanten van bioraffinage; na winning van hoogwaardige stoffen blijft een deel van de massa, en dus van de energie, over waarvoor geen hoogwaardig gebruik meer mogelijk is. Overigens is het op dit moment nog niet mogelijk energie uit biomassa te produceren die wat betreft kostprijs kan concurreren met energie uit fossiele bronnen.

Nutriënten (N, P, K, Ca, ...) vormen een onderdeel van alle biomassa en worden bij benutting van de biomassa uit het systeem afgevoerd. Voor een duurzame productie van biomassa is behoud van de bodemvruchtbaarheid noodzakelijk. Het op peil houden van de nutriëntenvoorraad in de bodem is hiervan een onderdeel. Door de eindige bodemvoorraden van P (50 tot 150 jaar bij het huidige gebruik) en de grote hoeveelheid energie die binding van N uit de lucht kost, draagt hergebruik van met name deze twee nutriënten bij aan de duurzaamheid van een landbouwsysteem. Hiermee dient in systemen met bioraffinage rekening gehouden te worden en waar mogelijk dienen de nutriënten uit de biomassa hergebruikt te worden.

Aanvulling van **bodem-organische stof** kan beschouwd worden als laatste mogelijkheid van nuttig gebruik van biomassacomponenten waarvoor geen haalbare mogelijkheden van bioraffinage meer voor handen zijn. Aanvulling van de bodem-organische stof levert niet direct nuttige voor bioraffinage geschikte stoffen op, maar is wel van belang voor behoud van de bodemvruchtbaarheid en kan daardoor op termijn wel een hogere productie opleveren. Bovendien wordt hierbij koolstof in de bodem opgeslagen en dit levert ook een bijdrage aan de reductie van broeikasgasemissie. Het is moeilijk een ondergrens te stellen voor een acceptabel gehalte aan bodem-organische stof, dit minimum is van vele bodem- en managementfactoren afhankelijk. Oogsten van zo veel mogelijk gewasresten kan gemakkelijk tot een daling van het gehalte aan bodem-organische stof leiden en daardoor tot een verminderde duurzaamheid van het betreffende landbouwsysteem. Het gehalte aan bodem-organische stof loopt echter niet snel achteruit en is gemakkelijk te bepalen, zondig kan dan ook de afvoer van gewasresten verminderd worden of kan aanvulling met andere organische stof plaats vinden. Wanneer gewasresten vergist worden, kan de meer resistente organische stof weer terug op de bodem gebracht worden, te verwachten is dan dat per saldo het gehalte aan bodem-organische stof niet sterk zal dalen.

3. Biomassastromen in Nederland

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de verschillende soorten biomassastromen in Nederland, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen bestaande reststromen en potentieel geproduceerde stromen. Als basis is het rapport 'Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa, zowel in Nederland als in het buitenland' van het Platform Groene Grondstoffen uit 2006 (PGG, 2006) gebruikt.

3.1 Bestaande biomassa-reststromen

Onder bestaande biomassastromen wordt hier niet verstaan de bestaande landbouwkundige productie, hoewel deze uiteraard voor een deel ook nu grondstof voor bioraffinage is. Voor zover door veranderingen in de verwerking of in de productie veranderingen plaats kunnen vinden in de beschikbaarheid van landbouwproducten voor bioraffinage komt dit aan de orde in paragraaf 3.2.1.

Naast de standaard voedsel- en voedergewassen is ook nu al veel biomassa in omloop. Deze biomassa wordt gebruikt als (grondstof voor) veevoer, grondstof voor compost, aanvulling van de bodem-organische stof of opwekking van energie (elektriciteit en warmte). Soms is biomassa door ongewenste inhoudsstoffen of verontreinigingen niet geschikt voor de nu bestaande processen en moet deze als afval verwerkt worden. Biomassa met een goede voederwaarde en zonder verontreiniging heeft nog een redelijke economische waarde. Bij verwerking tot compost en vooral verwerking als afval heeft biomassa meestal een negatieve economische waarde.

3.1.1 Bijproducten en resten uit de landbouw

Het belangrijkste bijproduct wat nu grotendeels afgevoerd wordt is stro. Daarnaast blijft een grote hoeveelheid groene gewasresten (zoals bietenblad en groenteresten) op het land achter, en komen allerlei andere resten al dan niet via de mest op het land terecht.

Stro wordt nu gedeeltelijk benut in de veehouderij en de bollenteelt, ongeveer 15% blijft op het land achter en wordt ingewerkt. Afhankelijk van de kwaliteit en de marktprijs van het stro kan dit percentage fluctueren. Stro is het meest geschikt voor verbranding of in de toekomst waarschijnlijk voor productie van tweede generatie biobrandstoffen, afvoer leidt dan wel tot verminderde aanvoer van bodem organische stof en nutriënten.

Verder produceert de landbouw nu bietenblad, aardappelstengels en vele andere groene resten van kleinere vollegrondsgroentegewassen (prei, kool). Deze resten worden veelal ingewerkt, voor het doelmatig verzamelen en afvoeren zijn aanpassingen aan oogstmachines nodig. Ze zijn zeer geschikt om te vergisten, al dan niet na het winnen van hoogwaardige stoffen, b.v. eiwit. Na vergisting komen het resistente deel van de organische stof en de nutriënten via het opgebrachte digestaat weer terug in de bodem. Het gehalte aan bodem-organische stof hoeft niet sterk achteruit te gaan en de stikstof in de gewasresten kan beter benut worden. Een vergelijkbare reststof zijn de restanten van de bollenteelt, in verband met de kans op verspreiding van plantenziekten worden deze niet ingewerkt maar eerst gecomposteerd. Ook voor deze resten zou vergisting een optie kunnen zijn waarbij de biomassa beter benut wordt.

Andere restanten zijn b.v. voerresten, kuilresten en biomassa uit sloten en van perceelsranden. Voe- en kuilresten komen meestal in de mest terecht, overige biomassa wordt meestal direct op het land gebracht. Deze biomassa is in principe beschikbaar voor bioraffinage, voor akkerbouwbedrijven met de restrictie dat de afvoer niet mag leiden tot een grote daling van het gehalte aan bodem-organische stof. Voor veebedrijven speelt dit probleem door de aanwezigheid van mest niet en bovendien is grove biomassa niet zonder meer in grasland in te werken.

De meest omvangrijke reststroom uit de Nederlandse landbouw is mest. Door de grote hoeveelheid en de regionaal geconcentreerde productie is een uitgebreide regelgeving nodig gebleken om lokale zware overbemesting te stoppen. Gevolg is een grootschalig transport van voornamelijk water over lange afstanden. Zeker de mest die tussen bedrijven getransporteerd wordt, is beschikbaar voor bioraffinage. Hier is ook al veel onderzoek naar gedaan onder de noemer van mestverwerking, tot nog toe met beperkt succes. Tot nu toe is alleen productie van energie (vergisting van dunne mest of verbranding van vaste mest) haalbaar gebleken onder voorwaarde van een substantiële subsidiëring van de geproduceerde elektriciteit.

De beschikbaarheid voor bioraffinage van de verschillende biomassastromen uit de landbouw is samengevat in Tabel 1.

Tabel 1. Potentiële beschikbaarheid van biomassa uit reststromen uit de landbouw voor bioraffinage (naar: Van Beinum & Westra, 2004; CBS, 2008).

Biomassastroom	Productie in kton _{ds} /jaar	Huidig gebruik	Beschikbaar voor bioraffinage ¹
Stro	800	700	100
Bietenblad	400	Inwerken	400
Aardappelstengels	180	Inwerken	180
Groenteresten (incl. ui)	100	Inwerken of composteren	100
Resten bollenteelt	?	Composteren	Ja
Kuil- en voerresten	?	Inwerken of 'mest'	Ja
Maaisel	?	Inwerken	Ja
Mest	4500 ²	Meststof	Ja
Totaal	> 6000		780

¹ Deze biomassa heeft een belangrijke functie bij de voorziening van de bodem met organische stof en/of nutriënten, bij afvoer voor bioraffinage dient deze functie gecompenseerd te worden.

² Exclusief weidemest.

3.1.2 Biomassa uit bosbouw en natuur- en landschapsbeheer

Afhankelijk van de functie van bos, natuur- en landschapselementen is afvoer van biomassa meer of minder nodig of mogelijk. Bij het beheer van bermen, watergangen, waterzuivering in vloedvelden en open natuurtypen is afvoer van biomassa nodig om de functie te behouden. Het beheer is nu in het algemeen gericht op zo weinig mogelijk afvoeren vanwege de daaraan verbonden hoge kosten. Als biomassa door alternatieve gebruiksmogelijkheden waarde krijgt kan het beheer mogelijk ingericht worden op meer productie en/of afvoer. Het zou dan eventueel ook mogelijk worden biomassa af te voeren uit gebieden waar dit beheersmatig niet nodig is, maar wel mogelijk zonder de natuurfunctie aan te tasten. In het bosbeheer dient onderscheid gemaakt te worden tussen natuurbos en productiebos. In natuurbos is afvoer per definitie een verstoring van de functie en daarmee ongewenst en in productiebos is afvoer expliciet onderdeel van de functie. Naast de gebruikelijke afvoer van alleen het voor industriële verwerking geschikte spilhout (doorsnede > 10 cm) wordt ook een klein deel van het fijnere hout afgevoerd als biomassa. Deze afvoer kan uitgebreid worden, een deel van het geogste fijne hout dient echter achter te blijven in het bos vanwege zijn belangrijke functie voor de biodiversiteit. Een bijzondere vorm van bos vormt de landschappelijke beplanting. Hier vormt productie geen doel maar vindt wel beheer plaats ten behoeve van de landschappelijke functie. Dit betekent dat wel hout geogst wordt.

De productie van biomassa in beheersgebieden zal in de toekomst groter worden door uitbreiding van deze gebieden voor onder andere de 'Ecologische Hoofdstructuur' (EHS) en voor een grotere waterberging. Deze

uitbreiding zal echter ten koste gaan van landbouwgrond en de totale productie van biomassa zal daardoor per saldo eerder afnemen dan toenemen.

Binnen bepaalde grenzen kan in gebieden met een natuurfunctie niet alleen geoogst worden van de natuurlijke biomassa, maar kan ook de productie gestuurd worden naar een groter aandeel van specifieke soorten. Dit kan zolang de leidende natuurfunctie van een gebied daardoor niet aangetast wordt. De kansen voor een dergelijke productie lijken klein, maar wanneer aan van nature voorkomende soorten een hoogwaardige bestemming gegeven kan worden is stimuleren van het voorkomen van deze soorten niet ondenkbaar. Meer mogelijkheden voor sturing van de soortensamenstelling zijn er in landschappelijke beplantingen.

De beschikbaarheid voor bioraffinage van de verschillende biomassastromen uit bos- natuur- en landschapsbeheer en van de houtige reststromen is samengevat in Tabel 2.

Tabel 2. Beschikbaarheid van biomassa uit bos-, natuur- en landschapsbeheer en resthout (uit: Kuiper & de Lint, 2008).

Biomassastroom	Productie in Kton _{ds} /jaar	Beschikbaar voor bioraffinage ¹
Houtproductie	726	275
Bos en landschap extra oogst	251	100
Residu houtverwerking	498	286
Gebruikt hout	1063	128
		330 ²
Totaal	2538	1119
Riet	40	20
Rietplaggen	17	17 ³
Beheersgrasland	1080	345
Bermgras	250	250
Heide	142	56
Heideplaggen	8	8 ³
Totaal	1537	696

¹ Vooralsnog is alleen energieproductie haalbaar.

² Huidige export ten behoeve van energieproductie.

³ Met huidige techniek niet geschikt voor productie van energie.

3.1.3 Restproducten uit verwerkende industrie, handel en huishoudens

Uit de verwerkende industrie komen grote hoeveelheden biomassa in de vorm van restproducten vrij, waarvan een klein deel nu al wordt gebruikt voor bioraffinage. Het grootse deel (80%) wordt gebruikt als grondstof voor veevoer, en deel (10%) wordt als bodemverbeteraar ingewerkt, een deel (5%) wordt als afval verwerkt en een deel (5%) wordt anders verwerkt, onder andere via bioraffinage (Bondt & Meeusen, 2008). Daarnaast komt nogal wat biomassa vrij uit de handel en uit huishoudens (GFT). Deze biomassa wordt grotendeels gecomposteerd. Door de hoge kosten van composteren en de geringe waarde van compost is deze manier van verwerken duur en er wordt op dit moment al gezocht naar alternatieven. Deze biomassa is dus eventueel ook beschikbaar voor laagwaardiger vormen van bioraffinage zoals vergisting tot biogas.

De hoeveelheid restproducten uit de verwerkende industrie wordt geschat op 7500 kton per jaar, met een droge stof gehalte in de orde van gemiddeld 50%, de totale hoeveelheid geproduceerd GFT wordt geschat op 2500 kton per jaar, met een droge stof gehalte in de orde van 25% (diverse bronnen). De direct beschikbare hoeveelheid biomassa ligt dan in de orde van 1000 kton_{ds} per jaar.

Een aparte groep restproducten vormt gebruikt hout en resthout. Deels wordt dit (her)gebruikt in de industrie, meestal in spaanplaat, deels wordt hiermee energie geproduceerd, waarvan een groot deel na export in het buitenland. Van het industriële resthout wordt een deel in de vorm van krullen en zaagsel in de veehouderij afgezet. De beschikbaarheid van hout als restproduct is opgenomen in Tabel 2 (zie 3.1.2).

3.2 Productie van biomassastromen

Naast bestaande biomassastromen is ook speciale productie een mogelijke bron van grondstoffen voor bioraffinage. Voordeel is dat het product dan toegesneden kan zijn op een bepaalde inhoudsstof of verwerkingsmethode, met een hoger rendement als gevolg. Omdat vrijwel alle voor voedselproductie geschikte land ook daadwerkelijk voor voedselproductie wordt gebruikt dan wel een natuurfunctie heeft moet eenvoudige grootschalige uitbreiding van landbouwgrond in eerste instantie als niet duurzaam gezien worden. Grondstoffen voor bioraffinage zullen dan ook in de eerste plaats door productiviteitsverhoging beschikbaar moeten komen of geproduceerd worden op plaatsen waar nu nog niet geproduceerd wordt en productie mogelijk is zonder de huidige functies van de ruimte te veel te belasten. Dit laatste kan soms ook betekenen dat van de natuurlijke productie een deel geoogst kan worden.

Een andere mogelijkheid meer grondstoffen voor bioraffinage te verkrijgen is een verbetering van de benutting van de biomassa door bioraffinage: door een goede aanpak kan een groter deel van de biomassa nuttig gebruikt worden en blijft er minder afval over.

3.2.1 Landbouwgewassen

Naast een klein en afnemend oppervlak landbouwgrond in een braakregeling (in 2005 nog maar 1600 ha) wordt alle landbouwgrond in Nederland intensief benut. Uitbreiding van de productie is dus nauwelijks mogelijk, wel kunnen nieuwe afzetmogelijkheden voor bioraffinage leiden tot een verbetering van de benutting van de huidige productie en tot een verschuiving in de productie. Een aantal gewassen geeft niet veel meer dan een marginale geldopbrengst, maar is toch nodig in de vruchtwisseling. Verder staat een goed renderend gewas als suikerbieten onder druk door afname van de protectie van de suikermarkt. Verruimde afzetmogelijkheden zijn dus meer dan welkom in de landbouw en wanneer de prijs concurrerend is kunnen grote hoeveelheden landbouwproducten beschikbaar komen voor bioraffinage.

Grootschalige inzet van biomassa voor alleen biobrandstoffen kan leiden tot vermindering van de voedselproductie, wat tot voedselschaarste kan leiden. Uit oogpunt van duurzaamheid is dit niet acceptabel, in ieder geval niet op mondiaal niveau. Met name de uitbreiding van areaal kent een duurzaamheidsprobleem: afname van biodiversiteit en afname van koolstofopslag in de bodem. Meer kansen bieden marginale gronden: hier kunnen zonder aantasting van biodiversiteit en koolstofopslag gewassen geteeld worden; weliswaar met lage opbrengsten, maar wel over een groot oppervlak. Juist bioraffinage, waarbij de geproduceerde biomassa optimaal kan worden gescheiden in bestanddelen voor een mix van producten zoals voedsel, veevoer, maar ook chemicaliën, biobrandstoffen, vezels en energie, kan een oplossing bieden bij het voorkomen van concurrentie tussen de verschillende toepassingen.

De Nederlandse landbouw produceert efficiënt, maar met name door hoge grond- en arbeidskosten niet goedkoop. Grondstoffen voor bioraffinage zullen dus ook relatief duur zijn en alleen opwerking tot hoogwaardige producten lijkt dan haalbaar. Laagwaardige verwerking tot alleen energie zal zonder subsidie niet kunnen concurreren met import.

Ook voedergewassen spelen een rol. De benutting van voedergewassen kan in het algemeen verbeterd worden en wanneer er een alternatieve afzetmarkt is, is er ook een prikkel om daar naar te streven. Verder zijn voeder-

gewassen eventueel beschikbaar wanneer de restanten na bioraffinage weer tot kwalitatief goed voer verwerkt kunnen worden.

De beschikbaarheid van biomassa voor bioraffinage uit de Nederlandse landbouw laat zich niet gemakkelijk kwantificeren. Duidelijk is wel dat bulkproducten uit bioraffinage (suiker, energie) onvoldoende geldopbrengst genereren om zonder subsidie ('groene stroom') of marktprotectie (suiker) een rendabele landbouwproductie mogelijk te maken. Zo is overschakelen van een deel van de Nederlandse suikerindustrie op bio-ethanol recent niet haalbaar gebleken en zal een suikerfabriek gesloten worden. Ook is berekend dat koolzaadteelt pas aantrekkelijk kan worden bij een duidelijke relatieve verbetering van de financiële opbrengst ten opzichte van andere gewassen (Janssens *et al.*, 2005). Dit is in een open markt nauwelijks te verwachten. Daarnaast wordt verwacht dat door optimalisatie van de productie en benutting van ruwvoer in de toekomst een hoeveelheid biomassa in de orde van 5000 kton_{ds} per jaar ter beschikking kan komen (PGG, 2006). Deze biomassa hoeft niet duur te zijn maar vraagt wel een duidelijke verbetering van het management bij de productie en benutting; hier zullen ook inkomsten tegenover moeten staan.

3.2.2 Zilte landbouw

De schaarste aan zoet oppervlaktewater en de zeespiegelstijging zorgen ook in Nederland voor een toenemend verziltingsprobleem. Voor sommige landbouwgebieden is het mogelijk aantrekkelijk geen grote hoeveelheden zoet water meer aan te voeren en over te gaan op zilte of zouttolerante landbouwsystemen. Plantaardige productie kan hier goed samengaan met dierlijke productie en/of natuurfuncties. Deze landbouwsystemen kunnen veel biomassa produceren, maar zij komen wel in de plaats van landbouwgronden en per saldo leidt deze overgang dus niet tot een toename van de productie van biomassa. Op korte termijn (2015) wordt het oppervlak dat in Nederland voor zilte landbouw in aanmerking komt geschat op 60.000 ha met een biomassaproductie in de orde van 10 ton per ha per jaar (PGG 2006). Op langere termijn (2030) wordt een verdubbeling van het areaal voorzien. De voorziene productie is opgenomen in Tabel 3 (zie 3.2.3)

3.2.3 Productie in zoet water en open zee

Twee derde van het aardoppervlak bestaat uit zee en Nederland heeft een 'Exclusieve Economische Zone' in de Noordzee met een oppervlak anderhalf maal zo groot als het land. De huidige productie uit de zee bestaat geheel uit het oogsten van de van nature aanwezige biomassa, voornamelijk vis. Het is zeker mogelijk een deel van de ruimte op zee te gebruiken voor productie van biomassa zonder dat de biodiversiteit van de zee hier door aangetast wordt. Bovendien is in water een zeer hoge productiviteit van zeer hoogwaardige biomassa mogelijk. Onzekerheden liggen in de techniek en in de duurzaamheid. Voor een hoge productiviteit is een goede beschikbaarheid van nutriënten nodig, dit mag niet leiden tot weglekken van nutriënten uit het productiegebied met eutrofiëring van de omgeving als gevolg. Productie- en oogsttechnieken staan nog in de kinderschoenen, maar in theorie kan in zee een zeer grote hoeveelheid zeer hoogwaardige biomassa (wieren en algen) geproduceerd worden. De investeringskosten zullen hoog zijn, maar bij winning van waardevolle stoffen kan dit wel aantrekkelijk zijn. Op langere termijn lijkt een productie in de orde van 10.000 kt_{ds} per jaar haalbaar te zijn (PGG, 2006).

Zoet water is schaars en afgezien van oeverbegroeiingen van waterlopen (valt onder natuur- en landschapsbeheer, 3.1.2) lijkt het niet waarschijnlijk dat zoet water veel biomassa op kan leveren. Wel is uitbreiding te verwachten van het oppervlak natte vegetaties, onder andere door inrichting van gebieden voor waterberging. Op langere termijn is een uitbreiding van de biomassaastroom uit deze gebieden met 1000 kt_{ds} per jaar voorzien (PGG, 2006). Deze gebieden komen echter in de plaats van landbouwgrond en geven dus in principe geen netto uitbreiding van de productie van biomassa.

Een andere vorm van aquatische productie is 'water op land'; ofwel productie in vijvers of in gesloten systemen (reactoren). Dit is een relatief dure vorm van productie en is dus alleen geschikt voor de productie van specifieke biomassa waaruit hoogwaardige bestanddelen gewonnen kunnen worden. Deze productiemethode lijkt bruikbaar voor het winnen van olie en eiwitten uit microalgen. Op langere termijn (2030) wordt een productie in de orde van 1000 kt_{ds} voorzien, waarvan een deel op zee geproduceerd zal worden (PGG, 2006).

Tabel 3. *Verwachte biomassaproductie in aquatisch milieu en zilte landbouw (PPG, 2006).*

Biomassastroom	Productie in Kton _d /jaar 2015	Productie in Kton _d /jaar 2030
Waterplanten	500 ¹	1500 ¹
Zilte landbouw	600 ¹	12500 ¹
Zeewier	2500	10000
Microalgen	125	1000
Totaal	3725	25000

¹ *Deze productie komt in plaats van reguliere landbouwproductie en leidt niet tot verhoogde productie van biomassa.*

4. Factoren

In dit hoofdstuk komt aan de orde welke factoren uiteindelijk de beschikbaarheid van biomassastromen voor duurzame bioraffinage bepalen. Duurzaam wordt hier beschouwd in de zin van de '3P' benadering; profit, people en planet moeten alle drie in een analyse betrokken worden waarbij positieve en negatieve effecten afgewogen worden. Samengevat betekent dit dat er een economisch rendement moet zijn terwijl mens en milieu geen belangrijke hinder of schade ondervinden.

Duurzaamheid is, zoals reeds beschreven, een bijzonder breed begrip met veel verschillende aspecten. Voor bioraffinage kan dit begrip ingevuld worden als *'het gebruik van biomassa voor bioraffinage mag geen onacceptabele effecten op mens en milieu hebben'*.

Toegepast op de beschikbaarheid van biomassa voor bioraffinage kan gesteld worden dat biomassa beschikbaar zal zijn wanneer beschikbaar stelling voor dit doel economisch aantrekkelijker is dan alternatief gebruik van de biomassa, mits er geen belemmeringen zijn op het gebied van regelgeving en duurzaamheid in de zin van 'people' en 'planet'.

4.1 Profit

Economisch rendement ten opzichte van het huidige of eventueel een ander, toekomstig, alternatief gebruik is de basisvoorwaarde voor het beschikbaar zijn van biomassa voor bioraffinage. Per type biomassa (herkomst, kwaliteit en alternatieve verwerkingsmethode) zal moeten worden nagegaan wat enerzijds de kosten en anderzijds de besparingen ten opzichte van de huidige verwerking (of juist niet verwerking) zijn om een minimumprijs voor de biomassa te bepalen. De kosten kunnen b.v. bestaan uit verzamelen, transport en eventueel bewaren en de waarde als bemesting van biomassa die nu op het land achter blijft. De besparingen kunnen b.v. bestaan uit de vermeden kosten van composteren van biomassa die uit beheersoogpunt afgevoerd moet worden. Uitgaande van een minimumprijs waarvoor een bepaalde vorm van biomassa beschikbaar is kan vervolgens geanalyseerd worden welke verwerkingsopties haalbaar zijn.

Regelgeving betreft met name de Mestwetgeving. Deze bepaalt hoeveel nutriënten en organische meststoffen aangevoerd mogen worden in de landbouw. Deze voorziet b.v. nu nog niet in de mogelijkheid dat gewasresten die normaal ondergewerkt worden in plaats daarvan van het bedrijf afgevoerd en bewerkt worden waarna de restanten weer teruggebracht worden. Ook de regelgeving op het gebied van vergisting van biomassa kan belemmerend werken. Op dit moment kan vergisting in de landbouw wel gesubsidieerd worden, maar alleen in de vorm van co-vergisting met minimaal 50% dierlijke mest.

4.2 People

Voor de mens is hier in de eerste plaats van belang dat de **productie van voedsel** niet in gevaar komt. Ook het geïntegreerd gebruik van biomassa voor de productie van chemicaliën, biobrandstoffen en energie kan potentieel nog steeds leiden tot een verminderde productie van voedsel en veevoer. Anderzijds kan door bioraffinage ook biomassa die hier nu niet voor gebruikt wordt deels omgezet worden in grondstoffen voor voedsel of veevoer. In een duurzame situatie biedt bioraffinage mogelijkheden om biomassa efficiënter te gebruiken zowel ten behoeve van de voedselproductie als ten behoeve van andere producten zoals chemicaliën, biobrandstoffen en energie. Daarnaast gelden ook voor bioraffinage de algemene principes van zorg voor voedselveiligheid, gezonde en veilige leefomgeving en dergelijke.

4.3 Planet

Voor het milieu is van belang dat het gebruik van biomassa niet ten koste gaat van het functioneren van de ecosystemen (landbouwsystemen of natuur) waar de biomassa geproduceerd wordt en geen ongewenste effecten op andere systemen heeft. Aandachtspunten zijn bodemkwaliteit, biodiversiteit, kringloop van nutriënten en broeikasgasbalans.

Bodemkwaliteit is van groot belang voor het op peil houden van de productiecapaciteit van de grond. Met betrekking tot de productie van biomassa is van belang voldoende biomassa achter te laten of terug te brengen om het gehalte aan bodem-organische stof op peil houden en geen systemen te introduceren op plaatsen waar ze niet passen en bij voorbeeld erosie, verzilting of andere vormen van bodemdegradatie tot gevolg kunnen hebben.

Behoud van **biodiversiteit** betekent dat de productie zodanig ingericht moet zijn dat er geen vervuiling van aangrenzende gebieden optreedt en dat er voldoende oppervlakte natuur over blijft om behoud van de bestaande biodiversiteit te waarborgen. Uitbreiding van productieareaal is dus wel mogelijk, maar alleen onder strikte voorwaarden.

Duurzame productie betekent dat de afvoer van **nutriënten** gecompenseerd moet worden teneinde het productievermogen op peil te houden. Fosfaat vormt echter een eindige hulpbron en stikstofbinding kost veel energie. Nutriënten zullen dus waar mogelijk hergebruikt moeten worden, hierbij dient in te ontwerpen bioraffinagesystemen rekening gehouden te worden.

Eén van de doelen van bioraffinage is het verminderen van de uitstoot van **broeikasgassen** door vermindering van het gebruik van fossiele energiebronnen, als grondstof en als energiebron. Omdat de geproduceerde hoeveelheid biomassa beperkt is, moet de productie en de verwerking wel zo efficiënt mogelijk ingericht worden. Een bekende indicator van de effectiviteit ten aanzien van het tegengaan van klimaatverandering is een broeikasgassenbalans. Deze balans is het verschil tussen vermeden broeikasgasemissie als gevolg van beperking van gebruik van fossiele energie en de emissie veroorzaakt door productie, transport en verwerking van biomassa. Als indicatoren voor deze balans worden gebruikt de fractie emissiebeperking (netto emissiebeperking/bruto emissiebeperking, de vermeden emissie per eenheid geproduceerd product en de vermeden emissie per hectare geproduceerde biomassa.

Een positief effect op de balans heeft een efficiënt gebruik van biomassa; ofwel een hoge opbrengst aan waardevolle, niet hernieuwbare grondstoffen vervangende producten. Een negatief effect heeft een hoog energiegebruik, een hoge stikstofbemesting en een veranderend landgebruik ten behoeve van bioraffinage. Een hoog energiegebruik als gevolg van intensieve teeltmethoden, hoge bemesting, lange transportafstanden en energie-intensieve bioraffinage zorgen alle voor een verlaging van de netto GHG emissiereductie. Stikstofbemesting veroorzaakt naast een hoog energiegebruik ook emissie van lachgas (N_2O), en zorgt daarmee voor extra GHG emissie. Veranderend landgebruik kan een groot effect hebben op de voorraad koolstof in de vorm van bodem-organische stof. Omzetting van bos in grasland en van grasland in bouwland zorgen beide voor een aanzienlijke daling van de koolstof voorraad in de bodem en hierdoor kan het positieve effect van bioraffinage voor een lange periode (tientallen jaren) in sommige gevallen volledig teniet gedaan worden. Het gaat hierbij niet alleen om directe verandering van landgebruik, maar ook om indirecte verandering. Directe verandering zal voor biomassa in Nederland niet heel belangrijk zijn, al valt omschakeling van grasland naar éénjarige gewassen niet uit te sluiten. Indirecte verandering als gevolg van vraag naar biomassa voor bioraffinage kan wel belangrijk zijn. Als de vraag naar biomassa toeneemt, is de kans groot dat de productie van voedsel en veevoer mondiaal verschuift naar andere gebieden, waar dan bos gekapt wordt of grasland omgezet wordt in bouwland.

4.4 Integrale analyse

Per bioraffinageketen zal moeten worden beoordeeld of deze voldoende duurzaam is. Dit kan met behulp van een 'Levens Cyclus Analyse' (LCA). Problemen kunnen zich met name voordoen bij de productie van biomassa, met een systeem van certificatie kan een garantie van voldoende duurzaamheid afgedwongen worden. Op dit moment lijkt de eis voor certificatie van bio-energie in Europa beperkt te worden tot een eis ten aanzien van de broeikasgassenbalans. Andere duurzaamheidscriteria, zoals die b.v. beschreven zijn door de Commissie Cramer lijken hierbij voorlopig geen rol te gaan spelen. Voor binnen Europa geproduceerde biomassa zal door het volgen van de richtlijnen voor 'Goede LandbouwPraktijk' in redelijke mate aan deze criteria voldaan kunnen worden, voor buiten Europa geproduceerde biomassa lijken aanvullende criteria nodig, b.v. voor een garantie van behoud van biodiversiteit.

5. Samenvatting en conclusies

Bioraffinage kan onze economie minder afhankelijk maken van niet hernieuwbare grondstoffen. Door biomassa te splitsen in verschillende componenten en deze componenten voor verschillende doelen te gebruiken kan biomassa efficiënter gebruikt worden en kunnen niet hernieuwbare grondstoffen worden vervangen zonder dat de voedselvoorziening in gevaar komt.

Uit bestaande biomassastromen (bijproducten en oogstresten uit de landbouw, biomassa uit bosbouw en natuur- en landschapsbeheer en afvalstromen uit verwerkende industrie en huishoudens) is al veel biomassa in principe beschikbaar voor bioraffinage. Door de nog relatief hoge kostprijs van bioraffinageproducten ten opzichte van producten gemaakt met niet vernieuwbare grondstoffen is de hoeveelheid biomassa die daadwerkelijk voor bioraffinage wordt gebruikt nog zeer beperkt. Daarnaast zijn voor optimale inzet van biomassa in bioraffinageketen in een aantal gevallen nog technische innovaties nodig, zowel bij het verzamelen als bij de verwerking van de biomassa, terwijl soms ook juridische belemmeringen een rol spelen.

Wanneer voldoende rendabele bioraffinageketens beschikbaar zijn kan naast de nu beschikbare biomassa nog een grote hoeveelheid aanvullende biomassa beschikbaar komen, zowel uit bestaande stromen als uit nieuwe stromen (biomassaproductie in de landbouw, in zilte landbouw en in water).

6. Geraadpleegde literatuur

Annevelink, A., R. Bakker & M.H. Meeusen, 2006.

Quick scan kansen op het gebied van biobrandstoffen. A&F rapport 619.

Bondt, N. & M.H.G. Meeusen, 2008.

Bijproducten voor biobrandstoffen. LEI rapport 3.08.01.

CBS, 2008.

<http://statline.cbs.nl>.

Janssen, B., H. Prins, M. van der Voort, B. Smit, B. Annevelink & M. Meeusen, 2005.

Beschikbaarheid koolzaad voor biodiesel. LEI rapport 6.05.07.

Kuiper, L. & S. de Lint, 2008.

Binnenlands biomassapotentieel. Biomassa uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en de houtketen. Rapport Ecofys.

PGG, 2006.

Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa, zowel in Nederland als in het buitenland. Platform Groene Grondstoffen.

Spijker, J.H., H.W. Elbersen, J.J. de Jong, C.A. van den Berg & C.M. Niemeijer, 2007.

Biomassa voor energie uit de Nederlandse natuur. Alterra rapport 1616.

Transitiepad Bioraffinage, 2003.

Plan voor de Transitie naar bioraffinage. Voorstel in het kader van de Transitie naar een Duurzame Energiehuishouding, 17 pp.

Van Beinum, A. & S. Westra, 2004.

Verwerken gewasresten. Stagerapport PPO-AGV Lelystad, projectnummer 530040.

Van Doorn, J., E.R.P. Keijsers & H.W. Elbersen, 2001.

Cascadering van maaisel. ECN rapport C-10-050.

Van Ree, R. & B. Annevelink, 2007.

Status Report Biorefinery. AFSG rapport 847.

