

Bioraffinage Innovatie Cluster Regio Gelderland (BIC-Gelderland)

Valorisatie lignocellulose-rijke biomassa
Fase 1: Technische haalbaarheidsstudie

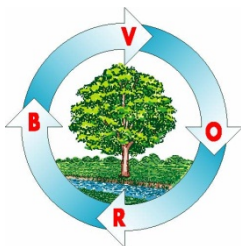
Industriepark
Kleefse
Waard



Greenhouse



Publieke versie



Colofon

Auteurs en projectteam

AkzoNobel: Bouke Ankone

BVOR: Anneleen Jacobs, Arjen Brinkmann

Bumaga: Michiel Adriaanse, Spyros Bousios, Arie Hooimeijer

Parenco: Raymond Jolink

Royal Haskoning DHV: Aldert van der Kooij

Oost NV: Joep Koene

Industriepark Kleefse Waard: Louis de Boer

Sustec: Lex van Dijk

Waterschap Vallei en Veluwe: Arjan Budding, Harm Beekhuis

WUR-FBR: Paulien Harmsen, Jan van Dam, Bert Annevelink, Edwin Keijsers, René van Ree
(project coördinatie)

Eindredactie Paulien Harmsen (WUR-FBR)

Met dank aan Gijs Jansen en Harm Bouma (Alucha), Ben Ratelband, George Gleichman en Romke de Vries (Stexfibers),

Subsidiëring nationale en regionale overheid TKI BBE via RVO (TKIBE01005) en de Provincie Gelderland (zaaknummer 2013-016958)

Samenvatting

Het doel van deze technische haalbaarheidsstudie is de ontwikkeling van duurzame valorisatie ketens voor lignocellulose rijke biomassaströmen op basis van geselecteerde veelbelovende business cases. Daartoe is onderzocht in hoeverre regionaal beschikbare biomassa binnen de provincie Gelderland als grondstof kunnen dienen voor de Biobased Economy. Een zestal cases zijn beschreven waarbij er een duidelijke marktvraag ligt of grondstof beschikbaar is voor (alternatieve) toepassingen.

Naast een algemene analyse van beschikbare regionale biomassaströmen is per case beschreven wat de aanleiding is, de beschikbaarheid van de (bij voorkeur) regionale biomassaströmen, het ontwerp van de waardeketen en processen, potentiële regionale marktoutlets voor biobased producten en energie, en potentiële knelpunten voor ketenontwikkeling/-implementatie. Ook is voor elke case een SWOT analyse uitgevoerd en een Canvas business case opgezet. Deze business cases zullen daar waar mogelijk binnen het innovatieprogramma BIC-ON verder worden uitgewerkt tot business plannen.

Bij de start en tijdens de uitvoering van het project heeft het projectteam besloten de nadruk in eerste instantie te leggen op de definitie en ontwikkeling van een aantal regionale business cases die van direct belang zijn voor de in het consortium participerende marktpartijen en zodoende eventueel laaghangend fruit te kunnen oogsten en derhalve de korte-termijn marktimplementatie te bevorderen. Daarnaast is een meer generieke analyse gemaakt van mogelijke valorisatieopties voor lignocellulose biomassa voor de korte (< 2 jaar) en langere termijn (>2 jaar).

Meer generiek zijn voor de valorisatie van lignocellulose biomassa een aantal technische en niet-technische knelpunten geïdentificeerd en zijn potentiële oplossingsrichtingen, inclusief noodzakelijke R&D voor de ontwikkeling van een aantal sleuteltechnologieën, gespecificeerd. Deze korte en langere-termijn R&D aspecten zullen nader worden geadresseerd in de pijler Natuurvezels van het BioEconomy Innovation Cluster – Oost Nederland (BIC-ON).

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Biomassa reststromen in de Provincie Gelderland	8
2.1 Algemeen	8
2.2 LMA data voor de Provincie Gelderland	8
2.3 Wijzen van benutting van groenafvalstromen	9
2.4 Kosten voor verwerking	9
2.5 Referenties	10
3 Definitie regionaal te ontwikkelen ketens en 1^e contouren Business Plannen	11
3.1 Introductie	11
3.2 Case 1: Regionale biomassa voor productie van CMC	11
3.2.1 Aanleiding	11
3.2.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)	11
3.2.3 Ketenbeschrijving	12
3.2.4 Technische state-of-the art processen	13
3.2.5 Conclusies	13
3.3 Case 2: Regionale biomassa van waterwegen voor papier en karton	15
3.3.1 Aanleiding	15
3.3.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)	15
3.3.3 Ketenbeschrijving	17
3.3.4 Technische state-of-the art processen	17
3.3.5 Conclusies	18
3.4 Case 3: Thermische Druk Hydrolyse (TDH) voor de verwerking van afvalwaterslib	18
3.4.1 Aanleiding	18
3.4.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)	19
3.4.3 Ketenbeschrijving	19
3.4.4 Technische state-of-the art processen	19
3.4.5 Conclusies	19
3.5 Case 4: Verwerking papierslib tot pyrolyse-olie en mineralen	20
3.5.1 Aanleiding	20
3.5.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)	20
3.5.3 Ketenbeschrijving	20
3.5.4 Technische state-of-the art processen	21
3.5.5 Conclusies	21
3.6 Case 5: Verwerking rejects papierindustrie tot pyrolyse producten en aluminium	21
3.6.1 Aanleiding	21
3.6.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)	22
3.6.3 Ketenbeschrijving	22

3.6.4	Technische state-of-the art processen	22
3.6.5	Conclusies	22
3.7	Case 6: Stexfibers: verwerking van hennep tot textielvezels	23
3.7.1	Aanleiding	23
3.7.2	Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)	23
3.7.3	Ketenbeschrijving	24
3.7.4	Technische state-of-the art processen	24
3.7.5	Conclusies	25
4	Lignocellulose biomassa valorisatie opties: kansen en knelpunten	26
4.1	Introductie	26
4.2	Valorisatie mogelijkheden op de korte termijn (<2 jaar)	27
4.2.1	Papier en karton	27
4.2.2	Elektriciteitssector	28
4.2.2.1	Beleidskader Bioenergie EU en NL ⁽¹⁰⁾	28
4.2.3	Transportbrandstofsector	30
4.2.3.1	Beleidskaders	30
4.2.4	Chemische sector	32
4.3	Valorisatie mogelijkheden op de langere termijn (>2 jaar)	33
4.3.1	Introductie	33
4.3.2	Technische knelpunten lignocellulose biomassa raffinage-geïntegreerd in bestaande industriële infrastructuur	36
4.3.3	Technische knelpunten lignocellulose biomassa raffinage – stand-alone	36
4.3.3.1	Energy-driven Biorefinery – Biotransportbrandstoffen	36
4.3.3.2	Product-driven Biorefinery – Biobased Chemicaliën ⁽²⁶⁾	37
4.3.4	Niet-technische knelpunten	38
5	Samenvatting en inbedding in het regionale innovatieprogramma BIC-ON	39
5.1.1	Introductie	39
5.1.2	Bioeconomy Innovation Cluster Oost Nederland (BIC-ON)	39
5.1.3	Van business cases naar business plannen naar marktimplementatie via BIC-ON	41
5.1.4	Lignocellulose–biomassa valorisatie strategieën	41
	Literatuur	42

1 Inleiding

Ontwikkeling van de Biobased Economy (BBE) is essentieel voor de reductie van enerzijds de nationale CO₂-emissies en anderzijds de afhankelijkheid van het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen. Vanwege haar unieke specifieke sterkten op het gebied van o.a. de logistiek (havens), de agro- en chemische sectoren en de aanwezige kennisinfrastructuur (instituten en universiteiten) is Nederland in potentie uitermate geschikt voor de verdere ontwikkeling en exploitatie van een BBE. Op deze wijze wordt tegemoet gekomen aan geschetste reductiedoelstellingen, en biedt het kansen aan de Nederlandse industrie en het MKB om unieke kennis, diensten en technologieën te ontwikkelen voor valorisatie van biomassa binnen en buiten Nederland. Biomassa wordt momenteel met name benut voor humane voeding, veevoer en energie (brandstoffen, elektriciteit en/of warmte).

Deze huidige situatie is het startpunt voor de transitie naar een BBE, waarin biomassa op een duurzame wijze wordt geteeld en gevaloriseerd naar zowel humane voeding, biobased producten (chemicaliën, materialen), veevoer, brandstoffen, elektriciteit en/of warmte. Hierbij staat efficiënt en duurzaam gebruik van biomassa door bioraffinage processen centraal. Deze aanpak past uitstekend in de beleidsplannen van de Provincie Gelderland waar men de aanwezige energie-, chemie-, papier-, vezel-, innovatieve MKB en agro-tuinbouw bedrijven, alsmede de kennisinstellingen, wil laten samenwerken om gezamenlijk veelbelovende regionale bioraffinage waardeketens op een duurzame wijze te ontwikkelen en te implementeren.

Om de verdere ontwikkeling, implementatie en commercialisatie van biomassagebruik te optimaliseren, wil de provincie Gelderland gerelateerde activiteiten clusteren en een regionale samenwerking binnen en tussen de ketens faciliteren. In Gelderland zijn de volgende typen biomassastromen geïdentificeerd als meest veelbelovend voor regionale duurzame valorisatie: (1) relatief droge lignocellulose-rijke biomassastromen, zoals (snoei)hout en stroachtig materiaal, (2) relatief natte bederfelijke groene biomassastromen, zoals bestaande gewassen (gras, bieten), agro-/procesresiduen (loof, snijafval) en nieuwe gewassen (eendenkroos, Azolla) grasachtigen, loof, GFT, (3) aquatische biomassa/microalgen en (4) mest en slib. Door de activiteiten regionaal te clusteren in het Bioeconomy Innovation Cluster – Oost Nederland (BIC-ON) wordt een bijdrage geleverd aan de realisatie van een duurzame energiehuishouding en optimaal gebruik van grondstoffen naar verschillende marktsegmenten in de regio.

Dit project heeft uitsluitend betrekking op de duurzame valorisatie van lignocellulose-rijke biomassa. Deze eerste fase is een technische haalbaarheidsstudie voor de ontwikkeling van een industrieel onderzoeksprogramma op basis van veelbelovende business cases. Dit gebeurt door de analyse van beschikbare regionale biomassastromen, potentiële regionale marktoutlets voor biobased producten en bio-energie (inclusief geïnteresseerde stakeholders), beschikbare en noodzakelijk te ontwikkelen keten-samenstellende deelprocessen (inclusief technische state-of-

the-art en eventueel benodigd ontwikkelingstraject) en de potentiële niet-technische knelpunten voor ketenontwikkeling/-implementatie.

Tabel 1: Projectpartners en hun rol in dit project.

Partner	Rol in het project
AkzoNobel	Producent van verdikkingsmiddelen. Potentiële afnemer, kennis inbreng cellulose producten.
BVOR	Branchevereniging van groencomposteerders. Kennis inbreng beschikbare biomassastromen.
Bumaga	Kennis inbreng papier en karton industrie en reststromen lignocellulose grondstoffen.
Parengo	Papier producent. Inbreng faciliteiten en kennis vezelgrondstoffen en vezelbewerking
Royal Haskoning DHV	Ingenieurs/adviesbureau. Kennis inbreng prototyping en implementatie.
Oost NV	Uitvoeringsorgaan provincie Gelderland/Overijssel. Clustervorming en uitwerking business cases
Industriepark Kleefse Waard	Bedrijventerrein van clean tech bedrijven. Netwerk van innovatieve bedrijven als input.
Sustec	Kleinschalige, decentrale technologieën voor energiewinning, grondstoffen, nutriënten terugwinning en waterzuivering.
Waterschap Vallei en Veluwe	Leverancier diverse biomassastromen. Kennis inbreng behandeling biomassastromen, gebiedskennis Gelderse Vallei en Veluwe.
WUR-FBR	Project coördinator. Kennis inbreng lignocellulose grondstoffen, technologie, clustervorming en logistiek

Dit rapport beschrijft mogelijkheden voor valorisatie van lignocellulose-rijke biomassa in Gelderland waarbij de technische haalbaarheid van een zestal ketens is bepaald ter voorbereiding van vervolgactiviteiten op het gebied van industrieel onderzoek. Beschrijving van de beschikbare regionale biomassa is beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 zijn de business cases beschreven die zijn ontwikkeld rondom de projectpartners in dit project. Voor een aantal cases bleek het noodzakelijk ook andere stakeholders erbij te betrekken; deze zijn bij de desbetreffende cases opgenomen als auteur. Hoofdstuk 4 beschrijft ontwikkelingen voor de duurzame valorisatie van lignocellulose-rijke biomassa op de korte en langere termijn en het rapport wordt afgesloten met een samenvatting en inbedding van de studie in het innovatieprogramma BIC-ON.

2 Biomassa reststromen in de Provincie Gelderland

Anneleen Jacobs (BVOR), Arjen Brinkmann (BVOR)

2.1 Algemeen

In de provincie Gelderland komt een veelheid aan biomassa reststromen vrij. Naast industriële reststromen zijn dit vooral reststromen die traditioneel worden aangemerkt als groenafval.

Volgens het Landelijk Afvalbeheer Plan 2 is groenafval ‘groenmateriaal dat vrijkomt bij de aanleg en onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen en al het afval dat hiermee te vergelijken is zoals onder meer grof tuinafval, berm- en slootmaaisel, afval van hoveniersbedrijven, agrarisch afval en afval dat vrijkomt bij aanleg en onderhoud van terreinen van bedrijven en instellingen’.

Dit is een ruime definitie, die bovendien overlap heeft met de definities voor andere type organische reststromen, bijvoorbeeld tuinbouwafval en gft-afval. Zo wordt grof tuinafval dat huis aan huis wordt ingezameld (met kliko’s) aangemerkt als gft-afval, terwijl het aangeleverd bij een milieustraat veelal wordt geclassificeerd als groenafval.

Groenafval valt verder in te kaderen door gebruik te maken van de Euralcodes. Onder groenafval vallen in dat geval de volgende stromen:

- Organisch materiaal uit landbouw, tuinbouw en bosbouw (Euralcode 020103);
- Bosbouw (Euralcode 020107);
- Biologisch afbreekbaar deel van huishoudelijk afval (Euralcode 200201).

De Euralcodes vormen de basis van het systeem van meldingen aan het Landelijke Meldpunt Afvalstoffen: grotere afvalinrichtingen zijn wettelijk verplicht ontvangsten en afgiften van (afval)stoffen maandelijks te melden aan het Landelijk Meldpunt Afvalstoffen (LMA). De afgiftemeldingen hebben ook betrekking op producten en/of grondstoffen die zijn ontstaan uit de eerder ontvangen afvalstoffen. Het LMA beschikt derhalve over een grote database met data over hoeveelheden en soorten gemeld afval. Soorten afval worden gecategoriseerd naar Euralcodes.

2.2 LMA data voor de Provincie Gelderland

De Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR) heeft een analyse gemaakt van de LMA data over 2013 die betrekking hebben op groenafval in de Provincie Gelderland. De volgende hoeveelheden zijn gemeld:

- Organisch materiaal uit land- en tuinbouw (Euralcode 020103): 2,5 kton;
- Materiaal afkomstig uit de bosbouw (Euralcode 020107): 2,1 kton;
- Biologisch afbreekbaar deel van gemeentelijk afval (Euralcode 200201): 381,9 kton.

In totaal komt dit overeen met 386,5 kton groenafval.

De gemelde hoeveelheden groenafval zijn een onderschatting van de hoeveelheid groenafval die daadwerkelijk is vrijgekomen en bewerkt. Hier zijn feitelijk drie redenen voor aan te geven:

1. Een deel van het groenafval is afgevoerd naar inrichtingen die niet meldingsplichtig zijn. Dit zijn vooral kleinere composteerinrichtingen. Daarnaast valt houtachtig materiaal sinds 2012 niet meer onder de werkingssfeer van de afvalstoffenregelgeving, en hoeft daarom ook niet te worden gemeld;
2. Een deel van het groenafval is nabij de locatie van vrijkomen op of in de bodem gebracht, daarbij gebruikmakend van de wettelijke mogelijkheden van de Vrijstellingsregeling Plantenresten en Tarragrond. Dit geldt in het bijzonder voor slootmaaisel;
3. Een deel van het materiaal is illegaal verwerkt, bijvoorbeeld door het onderwerken op landbouwgrond buiten de wettelijke mogelijkheden ervan.

Kwantitatieve data over deze drie routes voor groenafval zijn niet beschikbaar. De BVOR schat in dat de totale hoeveelheid in Gelderland vrijkomend groenafval tussen de 450-550 kton bedraagt.

2.3 Wijzen van benutting van groenafvalstromen

Bij het LMA zijn drie verschillende methoden gemeld waarop groenafvalstromen in Gelderland in 2013 zijn benut.

1. De grootste hoeveelheid, 363 kton, is via compostering omgezet in compostproducten. Keurcompost (het keurmerk van BVOR en VA voor compost) wordt door 4 composteringen afgezet. In totaal gaat het hier om ruim 110 kton.
2. 73 kton is via vergisting omgezet in biogas en digestaatproducten. Uit detailanalyse blijkt dat een deel van de meldingen 'vergisten' afkomstig zijn van gft-vergistingsinstallaties. Door co-vergistingsinstallaties zijn vrijwel géén stromen onder deze Euralcodes gemeld. Dit is opmerkelijk, omdat co-vergistingsinstallaties die meer dan 15.000 m³ afvalstoffen per jaar meldingsplichtig zijn, en omdat uit de praktijk bekend is dat deze installaties (significante) hoeveelheden deelstromen uit groenafval verwerken, in het bijzonder grassen en maaisels.
3. De derde gemelde wijze van benutting is 'verbranden met energierugwinning', 0,98 kton/jaar. Dit betreft vooral hout en houtig materiaal aanwezig in groenafval(deelstromen).

2.4 Kosten voor verwerking

Voor het bepalen van de haalbaarheid van business cases voor hoogwaardiger verwerking van organische reststromen is het van belang de huidige referentiekosten te kennen. Deze bepalen immers de benchmark, en de financiële ruimte ten opzichte van potentiële alternatieven. De verwerking van groenafvalstromen in vergunde composteerinrichtingen kost op dit moment tussen 10 en 20 Euro/ton. Hierbij dient te worden aangemerkt dat de afgelopen vijf jaar deze tarieven met bijna 50% zijn gedaald, met name door de toegenomen concurrentie door openbare aanbestedingen.

Van belang is verder dat lokale verwerking, gebruik makend van de Vrijstellingsregeling Plantenresten & Tarragrond, slechts enkele Euro's per ton kost. Ditzelfde geldt uiteraard voor materiaal dat illegaal op landbouwgrond wordt toegepast.

Met andere woorden, slechts voor een deel van het groenafval is de bovengrens van de kostenrange van toepassing, voor een deel ligt dit op een veel lager niveau. Bovendien is het belangrijk deze bandbreedte te beschouwen, omdat het niet noodzakelijkerwijs zo is dat materiaal dat nu tegen hogere kosten naar de compostering gaat, het meest geschikt is voor alternatieve hoogwaardige toepassing.

2.5 Referenties

- LMA, meldgegevens 2013
- Landelijk afvalbeheerplan 2009-2021 (LAP2), 2010
- BVOR, marktdata 2013

3 Definitie regionaal te ontwikkelen ketens en 1^e contouren Business Plannen

3.1 Introductie

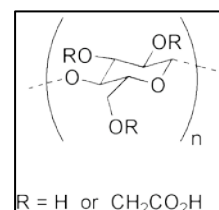
In dit hoofdstuk wordt een zestal cases beschreven. Voor elke case is beschreven wat de aanleiding is, de beschikbaarheid van de (bij voorkeur) regionale biomassaströmen, het ontwerp van de keten en processen, potentiële regionale marktoutlets voor biobased producten en energie en potentiële niet-technische knelpunten voor ketenontwikkeling/-implementatie.

3.2 Case 1: Regionale biomassa voor productie van CMC

Bouke Ankone (AkzoNobel), Paulien Harmsen (WUR), Jan van Dam (WUR), Bert Annevelink (WUR), Aldert van der Kooij (RH-DHV)

3.2.1 Aanleiding

Deze case omvat onderzoek naar alternatieve cellulosebronnen voor de productie van zuivere cellulose als grondstof voor cellulosederivaten zoals CMC. Dit is een cellulose derivaat met carboxymethyl groepen gebonden aan de hydroxylgroepen van de glucose monomeren. Huidige grondstof voor CMC is dissolving cellulose, een cellulosepulp met een zeer hoog gehalte aan kristallijne cellulose en lage concentratie aan hemicellulose, lignine, silica en harsen. Momenteel wordt cellulosepulp voornamelijk verkregen uit katoen en hout.



3.2.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)

Voor een eerste screening heeft het projectteam een matrix opgesteld waarbij kwalitatief naar verschillende biomassaströmen is gekeken. Uitgangspunt daarbij was de technische specificatie van de gewenste cellulose pulp. Vervolgens is op basis van deze analyse een selectie gemaakt van de meest kansrijke biomassaströmen voor verdere uitwerking. Deze gewassen kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- **Eenzaadlobbigen (grassen, bijvoorbeeld *Miscanthus* en riet)**

Grassen vallen onder de eenzaadlobbigen (monocotylen). Hierbij maken we onderscheid tussen groene grassen (weidegras) en verhoude grassen (natuurgras, switchgrass, *Miscanthus*, riet). Nadeel van het gebruik van grassen is een hoog gehalte aan silica. Door de juiste keuze van het proces kan een cellulosepulp uit eenzaadlobbigen worden verkregen met een as- en silicagehalte dat cellulosepulp uit hout benadert.

- **Tweezaadlobbigen (bijvoorbeeld vlas, olievlas, hennep)**

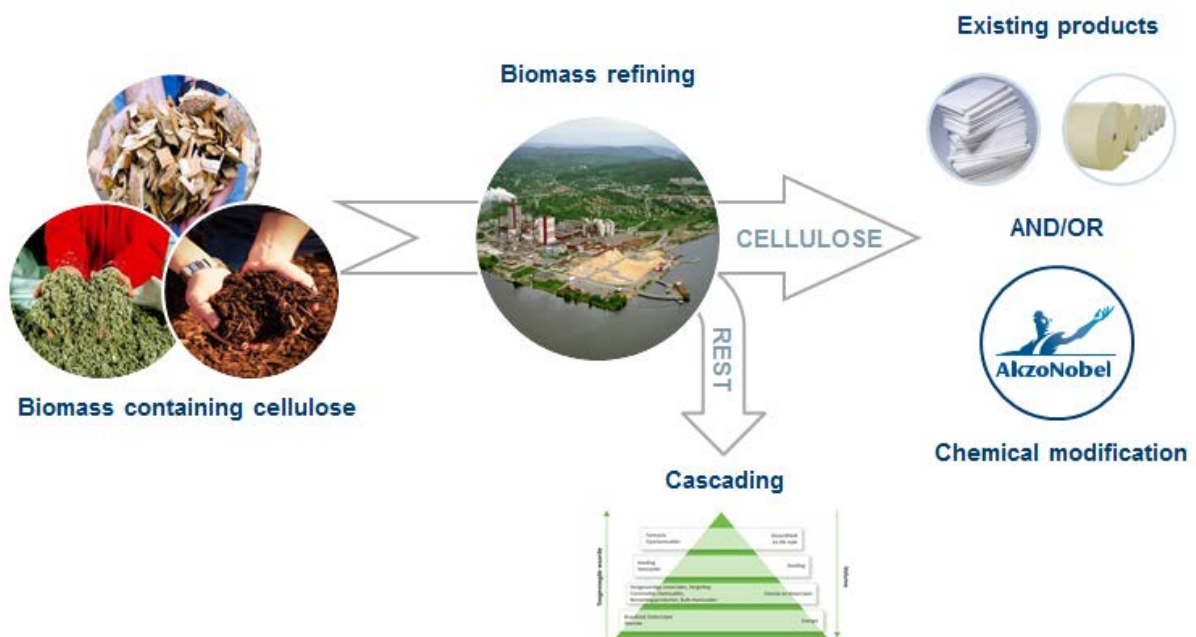
Gewassen zoals vlas, olievlas, hennep en kenaf vallen onder de tweezaadlobbigen (dicotylen). De bastvezels van deze gewassen zijn sterk en lang en worden gekenmerkt door een hoog cellulosegehalte (70-80 %). Kenaf, wat veel lijkt op hennep, werd gezien als veelbelovende grondstof voor de Amerikaanse pulp- en papierindustrie⁽¹⁾. Momenteel wordt kenaf nog steeds beschouwd als een zeer interessante grondstof voor industriële toepassingen in textiel,

composieten, bouwmaterialen etc⁽²⁾. Kenaf wordt echter alleen in Zuid-Europa verbouwd en valt daarom buiten de scope van dit project.

Voor de geselecteerde biomassastromen is in meer detail de samenstelling en beschikbaarheid opgezocht in rapportages en literatuur. Het doel hiervan was onder andere inzicht te krijgen in de potentiële beschikbaarheid van de biomassa en de kosten van de cellulose in €/ton cellulose. Ook is een schatting gegeven van het areaal dat nodig is in hectare om een standaard cellulosefabriek van 10.000 ton cellulose/jaar van grondstoffen te voorzien.

3.2.3 Ketenbeschrijving

De hierboven geselecteerde biomassastromen zijn in meer of mindere mate al beschikbaar in Nederland. Voor het opzetten van een keten die deze stromen omzet naar een product dat door AkzoNobel als grondstof voor CMC kan worden gebruikt, kan in een aantal gevallen gebruik worden gemaakt van bestaande infrastructuur voor teelt en verwerking. In alle gevallen dient er echter een chemische behandelingsstap plaats te vinden om zuivere cellulose te verkrijgen. De nieuw op te zetten ketens worden hieronder per biomassastroom verder uiteengezet.



Figuur 1: Keten regionale biomassa voor de productie van CMC

Miscanthus heeft nog maar een zeer beperkt areaal in Nederland van 200 ha, terwijl ongeveer 1949 ha benodigd is voor de CMC keten. Dit betekent minimaal een vertienvoudiging van het bestaande areaal. Dit is in theorie mogelijk maar vraagt wel meer inspanning omdat *Miscanthus* een nieuwe meerjarige teelt is voor Nederland. De productie van de cellulosepulp zou kunnen plaatsvinden op een centrale plek in de regio door een particuliere ondernemer. Vandaar kan de pulp worden getransporteerd naar een CMC productielocatie.

Het areaal riet in Nederland is in principe ruim voldoende voor de CMC keten (2116 ha nodig, 5500 ha aanwezig). Op het moment wordt het riet echter nog onvoldoende geoogst en verzameld. Hiervoor zou een nieuwe inzamelketen opgezet moeten worden. Het materiaal zou tijdelijk opgeslagen kunnen worden in de gebieden waar het gesneden wordt. Vervolgens zou het dan ook op een centrale plek in de regio door een particuliere ondernemer kunnen worden omgezet in cellulosepulp, gevolgd door transport naar de CMC-productielocatie.

De productie van vlas en olievlas is bestaande agrarische praktijk. De arealen (bv. in de Provincie Zeeland) zijn in de afgelopen jaren echter sterk afgenomen tot 2.000 ha vlas en 100 ha olievlas. Bij een toenemende vraag kan dit areaal echter makkelijk weer worden opgeschaald. De productie van de cellulosepulp zou kunnen plaatsvinden bij de bedrijven die het vlas verwerken voor linnen, of bij het bedrijf met de oliepersers. Vandaar kan de pulp worden getransporteerd naar een CMC-productielocatie.

Hennepe is ook een reeds bestaande (maar relatief nieuwe) teelt met een huidig areaal van 1.000 ha. De huidige productie wordt voornamelijk gebruikt voor deurpanelen in auto's en als groeimedium (substraatmat). Voor de opzet van een CMC keten zou het huidige areaal moeten verdrievoudigen. De productie van de cellulosepulp zou kunnen plaatsvinden op een centrale plek in de regio door een particuliere ondernemer. Vandaar kan de pulp worden getransporteerd naar een CMC-productielocatie.

3.2.4 *Technische state-of-the art processen*

Het ontsluiten van biomassa tot zuivere cellulose is bekende technologie uit de papierindustrie. Voor het pulpen van hout wordt doorgaans het kraft proces toegepast of, in mindere mate, het sulfietproces. De chemische kookstap wordt voor de bereiding van chemische pulp gevolgd door een bleekstap om lignine en kleur te verwijderen⁽³⁾. Katoenvezels bestaan al voornamelijk uit cellulose en het chemische ontsluitingsproces is daardoor minder intensief: gewoonlijk een alkalische pulping onder milde condities gevolgd door een bleekstap. Over het algemeen geldt dat hoe hoger het cellulose gehalte in de grondstof, hoe milder/minder intensief de chemische ontsluiting is.

De uitdaging voor deze case ligt in de raffinage van de volledige biomassa, ofwel het verwerken van de biomassa tot cellulose en het opwerken van de nevenstromen tot waardevolle producten. Processtappen die worden toegepast zijn afhankelijk van de gekozen grondstof en mogelijke toepassing van de nevenstromen.

3.2.5 *Conclusies*

In deze case is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor (lokale) alternatieve grondstoffen voor de productie van cellulosepulp. AkzoNobel gebruikt momenteel cellulosepulp uit katoen en hout voor de productie van CMC.

Aan cellulosepulp voor CMC worden hoge eisen gesteld en dus ook aan de alternatieve grondstoffen voor de pulp. Aan de hand van deze eisen zijn de volgende meest kansrijke

biomassastromen gedefinieerd: *Miscanthus* en riet (eenzaadlobbigen), en vlas, olievlas en hennep (tweezaadlobbigen).

Biomassabehoefte

Er zijn balansen opgesteld op basis van het cellulosegehalte in de gewassen, en de hoeveelheid biomassa is bepaald voor een standaard cellulosefabriek met een omvang van 10.000 ton cellulose/jaar. Hieruit blijkt dat de tweezaadlobbigen door het hoge cellulosegehalte het meest interessant zijn; er is minder biomassa nodig vergeleken met de eenzaadlobbigen.

Biomassabeschikbaarheid

- In de huidige situatie is alleen riet voldoende aanwezig om aan de vraag te voldoen. *Miscanthus* is een nieuwe teelt voor Nederland en wordt nog maar op hele kleine schaal geproduceerd.
- Productie van (olie)vlas en hennep is bestaande agrarische praktijk maar de arealen zijn de afgelopen jaren sterk afgenomen. Bij een toenemende vraag kan dit areaal echter gemakkelijk weer worden opgeschaald. Voor de opschaling van olievlas moet de afzet van lijnzaadolie ook toenemen.

Biomassakosten

- Huidige verwerking van vlas en hennep is gericht op productie van vezels voor bijvoorbeeld textiel of de automobiellindustrie. Het verkrijgen van de verschillende fracties (lint, lokken, lange vezels, scheven) is een arbeidsintensief proces (bv de parallel georiënteerde bastvezels voor lint) en dat is mede de oorzaak van de hoge prijzen die voor het lint en de lokken worden betaald. De goedkopere scheven zijn dan nog wel een optie.
- Voor de productie van CMC is deze scheiding in verschillende fracties niet nodig. (Olie)vlas en hennep zijn interessante grondstoffen, puur gezien de hoge cellulose opbrengst per ton gewas. Onderzocht zou moeten worden of met lagere verwerkingskosten vlas en hennep alsnog als grondstof kunnen dienen voor de productie van CMC.

Technologie

- Bastvezels van hennep en vlas zijn het meest geschikt voor celluloseproductie door het initieel hoge cellulosegehalte van de vezels. Middels een alkalische extractie gevolgd door een bleekstap kan zuivere cellulose worden verkregen.
- Grondstoffen met een lager cellulosegehalte zoals riet en vlas/hennepscheven zijn ook geschikt voor isolatie van cellulose maar de processtappen zijn waarschijnlijk complexer en duurder. Mogelijkheden hiervoor zijn wederom een alkalische extractie of een organosolv proces waarbij de ontsluiting wordt gedaan met organische oplosmiddelen.
- Het benutten van nevenstromen (hemicellulose, lignine) is van groot belang bij grondstoffen met een lager cellulosegehalte. Het hele gewas zal moeten worden benut, dus niet alleen focussen op de cellulose aangezien die maar 35% van de totale biomassa uitmaakt. De keuze

van het proces (alkalisch of organosolv) is mede bepalend voor de eigenschappen/kwaliteit van de nevenstromen.

- Isolatie van cellulose uit riet is niet eerder gedaan en proof of concept zal op labschaal moeten worden onderzocht.

3.3 Case 2: Regionale biomassa van waterwegen voor papier en karton

Harm Beekhuis (WVV), Arjan Budding (WVV), Spyros Bousios (KCPK), Michiel Adriaanse (KCPK), Paulien Harmsen (WUR), Edwin Keijsers (WUR), Bert Annevelink (WUR), Aldert van der Kooij (RH-DHV), Anneleen Jacobs (BVOR), Arjen Brinkmann (BVOR)

3.3.1 Aanleiding

Binnen de papiersector is ‘Alternatieve grondstoffen voor de productie van papier en karton’ een belangrijk onderwerp. Het Waterschap Vallei en Veluwe (WVV) is potentieel grondstofleverancier van zeefgoed uit waterzuiveringsinstallaties en biomassa die vrijkomt bij beheer van waterwegen. Aangezien er al diverse projecten lopen op het gebied van zeefgoed is ervoor gekozen om voor deze case specifiek biomassa uit en langs waterwegen centraal te stellen. Deze case heeft tot doel de vraag vanuit de papierindustrie te koppelen aan het aanbod van de waterschappen.

3.3.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)

Hoofdtak van het Waterschap is het onderhouden van het watersysteem en alles is daarop afgestemd (logistiek, contracten). Voor WVV is het benutten van biomassa uit het waterbeheer relatief nieuw. Veelal is dit groenafval dat op dit moment nog wordt gezien als afvalstof. Net als iedere waterschap laat WVV die biomassa, waar mogelijk, achter op de plaats waar ze verkregen/gemaaid is. De meeste van deze maaisels zijn namelijk eigendom van de aangelanden. Alleen als het Waterschap zélf eigenaar is van de maaisels wordt beoordeeld of afvoer noodzakelijk is. In geval van afvoeren van maaisels worden deze verwerkt via compostering.

Droog gras van dijken

In totaal is er 210 km primaire dijk en 110 km aan secundaire dijk in het gebied van WVV. De kwaliteit van het gras op deze dijken is van belang voor de overspoelbaarheid en stabiliteit van de dijken. De grasbegroeiing moet ertegen kunnen dat water over de dijk slaat en het moet middels een goede beworteling zorgen voor vastlegging van het grondlichaam van de dijken. Bemesting vindt plaats als er beheer met schapenbeweiding is, en dit wordt door diverse waterschappen toegepast als vorm van recycling. Dit jaar heeft WVV samen met Staatsbosbeheer een proef uitgevoerd om te kijken of het gras, naast feed, ook nog andere toepassingen kan hebben (vergisten, kartonfabricage).

Houtige biomassa



WVV beheert ongeveer 80 ha bos, bijvoorbeeld in de buurt van het Apeldoorns kanaal met voedende beken, en 2000 vrijstaande bomen. Hiervan komen incidenteel houtchips vrij (via een dunningsbestek) die gebruikt kunnen worden voor verbranding. De waarde van het hout wordt door de aannemer meegenomen in zijn aanbieding. Het hout vervalt dan aan de aannemer.

Natte biomassa

WVV beheert ongeveer 4.000 km aan watergangen waarin planten zoals riet, lisdodde en waterpest groeien. Onderhoud van deze watergangen gebeurt als volgt:

- A. Waterschap voert zelf onderhoud uit en de biomassa kan door het waterschap worden aangeboden voor alternatieve toepassingen.
- B. Onderhoud wordt door de eigenaar uitgevoerd; men is dan 1 keer per jaar schouwplichtig. Deze biomassa blijft vaak op de kant achter.
- C. Het grootste deel van de wateren zijn de 'haarvaten' waarvan de eigenaar zelf bepaalt wat hij met de vrijkomende biomassa doet (blijft meestal op de kant achter). Deze wateren zijn niet van algemeen belang.



Figuur 2: Biomassastromen die vrijkomen bij het beheer van waterwegen en dijken (foto's WVV)

Biomassa aanbod bij Gelderse composteerders

De BVOR heeft een inventarisatie uitgevoerd naar hoeveel gras er bij de Gelderse composteerders wordt aangeboden.

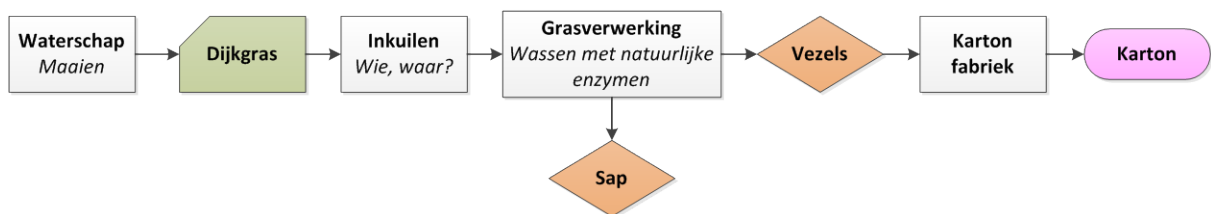
- Groenafval wordt onder Eural-codes (meldingsplicht) aangeboden aan grote composteerinrichtingen. Bermgras kent geen aparte Euralcode. Hierdoor is het moeilijk te bepalen of de aangeboden partijen wel of geen gras bevatten en om hoeveel het gaat.
- Kleine inrichtingen hebben geen meldingsplicht.
- De zogenaamde “kleine kringloop” maakt het mogelijk dat boeren maaisels direct onderploegen als bodemverbeteraar. Officieel mag dit tot max. 100 meter van waar gemaaid is. De praktijk wijst uit dat dit tot enkele km kan gaan.

Keuze biomassa voor verwerking tot papiervezel

Momenteel voert WVV een inventarisatie uit naar de hoeveelheden biomassa die vrijkomen bij beheer, voor welke toepassingen dit in aanmerking zou kunnen komen en welke waarde dit zou vertegenwoordigen. Binnen het projectteam is geconcludeerd dat slootmaaisel ongeschikt is bevonden voor papiertoepassingen omdat volumes te klein zijn en de biomassa vervuild en zeer heterogeen is (veel verschillende soorten planten). Het gras van dijken en uit de EVZ wordt daarentegen wel gezien als mogelijk interessante stroom gezien het volume, de homogene samenstelling en de overzichtelijke logistiek. Het Waterschap is momenteel aan het uitzoeken hoeveel gras er nu werkelijk vrijkomt van de dijken.

3.3.3 Ketenbeschrijving

De keten op basis van gras van dijken zou er uit kunnen zien als in Figuur 3:



Figuur 3: Keten voor verwerking gras van dijken tot grondstof voor papier en karton

3.3.4 Technische state-of-the art processen

Maaien

Huidig: aangezien maaikosten hoog zijn wordt dit zo min mogelijk gedaan. Er wordt 1x per jaar gemaaid waarbij het gras zo kort mogelijk wordt afgeknipt. Hierdoor bevat het gras veel zand en andere planten.

Toekomst: Voor een hogere opbrengst aan gras en een betere kwaliteit (minder zand, minder andere planten) moet er vaker per jaar gemaaid worden. De grasopbrengst wordt zodoende groter, terwijl andere planten minder kans krijgen zich te ontwikkelen. Er moet gemaaid worden zonder dat grond wordt meegenomen. Dit houdt in dat molshopen eerst “gesleept” moeten worden. Maaimachines moeten hoger afgesteld worden en moeten het gras langer laten. Kort gras (geklepeld) spoelt veel eerder uit in de verwerking en leidt tot grotere massaverliezen bij het inkuilen. Deze werkwijze staat op gespannen voet met het functiegerichte beheer, waarbij

natuurwaarden in het gedrang komen en verder kunnen de kosten door deze werkwijze toenemen.

Inkuilen

Het maaisel is geschikt om ingekuild te worden. Er treedt waarschijnlijk ca 20% verlies op van het potentieel aan biogasproductie door de omzetting van suikers tijdens het inkuilen. Op de vezels en vezelkwaliteit heeft dit echter geen invloed. Inkuilen kan zowel in balen als in de traditionele boerenkuil.

Grasverwerking

Huidig: Momenteel wordt het gras van dijken gebruikt als feed (boeren halen het zelf op) of het wordt verwerkt tot compost. Als schapen worden ingezet om het gras kort te houden is er dus geen gras beschikbaar voor andere toepassingen. Beheerskosten zijn dan gering en er zijn ook inkomsten zijn uit vlees.

Toekomst: Voor de verwerking van gras zijn de verschillende technieken te onderscheiden, van wassen tot pulpen.

3.3.5 Conclusies

Uit de financieel-economische analyse blijkt dat het mogelijk haalbaar is om via een wasinstallatie met natuurlijke enzymen grasmaaisels te verwerken tot vezels voor de papier- en kartonindustrie.

Geadviseerd wordt een pilot uit te voeren, gericht op het beheer en onderhoud van dijken en watergangen en de verwerking van de maaisels in een wasinstallatie met natuurlijke enzymen. Het doel is na te gaan:

1. Hoe moet het beheer en onderhoud worden om deze keten van activiteiten optimaal te laten verlopen?
2. Wat zijn de hoeveelheden en kwaliteit van de (half) producten?
3. Wat is de daadwerkelijke toepasbaarheid daarvan in de agro- en papier- en kartonindustrie?
4. Wat is het financiële rendement?
5. Wat is juridisch, financieel, logistiek en organisatorisch nodig om dit te in de praktijk te gaan realiseren?

3.4 Case 3: Thermische Druk Hydrolyse (TDH) voor de verwerking van afvalwaterslib Joep Koene (Oost NV), Lex van Dijk (Sustec), Arjan Budding (WVV)

3.4.1 Aanleiding

De rioolwaterzuivering (rwzi) van Renkum/Wageningen van Waterschap Vallei en Veluwe (WVV) en de papierfabriek Parenco liggen vlak naast elkaar. Parenco en WVV willen de waterzuiverings- en slibverwerkingsactiviteiten combineren. In deze case wordt onderzocht of er synergie kan bestaan tussen de verwerking van zuiveringsslib en de papierfabriek. Centraal bij deze uitwerking zal de inzet van thermische druk hydrolyse van het zuiveringsslib staan.

Er zullen in deze haalbaarheid twee opties beschouwd worden:

- Thermische hydrolyse van het slib van rwzi Renkum, waarbij het gehydrolyseerde slib gescheiden wordt in een dunne en een dikke fractie. De dunne fractie wordt anaeroob gezuiverd met het papierafvalwater en de dikke fractie wordt bij Parengo verbrand.
- Thermische hydrolyse voorafgaand aan de vergisting op rwzi Renkum, waarbij de vergistingscapaciteit zoveel mogelijk opgevuld wordt, het biogas bij Parengo ingezet zal worden en het ontwaterde slib bij Parengo verbrand.

3.4.2 *Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)*

Vergist slib rwzi Renkum:

3.4.3 *Ketenbeschrijving*

Optie 1:

In deze optie wordt er van uit gegaan dat er een anaerobe zuivering bij Parengo gerealiseerd wordt. Het communale zuiveringsslib wordt op conventionele wijze vergist, waarna het vervolgens gehydrolyseerd wordt. Het gehydrolyseerde slib wordt vervolgens gescheiden, waarbij de dunne fractie in de anaerobe zuivering verwerkt wordt en de dikke fractie bij Parengo verbrand. Er wordt vanuit gegaan dat alle biogas bij Parengo verwerkt wordt.

Optie 2:

Er wordt van uitgegaan dat er geen anaerobe zuivering komt bij Parengo. Door middel van thermische hydrolyse wordt de vergisting van Renkum optimaal benut met externe slibben. Al het geproduceerde biogas gaat naar Parengo en het ontwaterde slib wordt bij Parengo verbrand.

3.4.4 *Technische state-of-the art processen*

Sustec heeft een technologie ontwikkeld genaamd thermische druk hydrolyse (TDH). Door de thermische hydrolyse worden de structuren in het slib afgebroken en gaat veel organisch materiaal in oplossing.

3.4.5 *Conclusies*

- Er zijn twee varianten beschouwd waarbij synergie vooral gezocht is in de slibverwerkingscapaciteit.
- De benodigde investeringen zijn zeer grofweg beschouwd en zullen nog nader onderbouwd moeten worden.
- Wanneer PM2 in gebruik genomen gaat worden kan optie 1 interessant worden. Er kan dan bespaard worden op een vermeden uitbreiding van de zuivering bij Parengo. Wel zal er extra vergistingsruimte (anaerobe zuivering) bij rwzi Renkum bijgebouwd moeten worden. Deze variant moet nog verder uitgewerkt worden.
- Mogelijk dat voor een gefaseerde aanpak gekozen wordt, waarbij gestart wordt met optie 2 en later uitgebreid wordt naar optie 1 incl PM2.

3.5 Case 4: Verwerking papierslib tot pyrolyse-olie en mineralen

Gijs Jansen en Harm Bouma (Alucha) Raymond Jolink (Parenco), Aldert van der Kooij (RH-DHV), Michiel Adriaanse (Bumaga), Joep Koene (Oost NV)

3.5.1 Aanleiding

In de meeste papierfabrieken wordt er papierslib gegenereerd. Aan het verwerken van deze slibben zijn kosten aan verbonden. In deze case wordt onderzocht of het mogelijk is de mineralen in papierslib te recyclen en of het organische materiaal kan worden omgezet tot pyrolyseproducten (olie, gas).

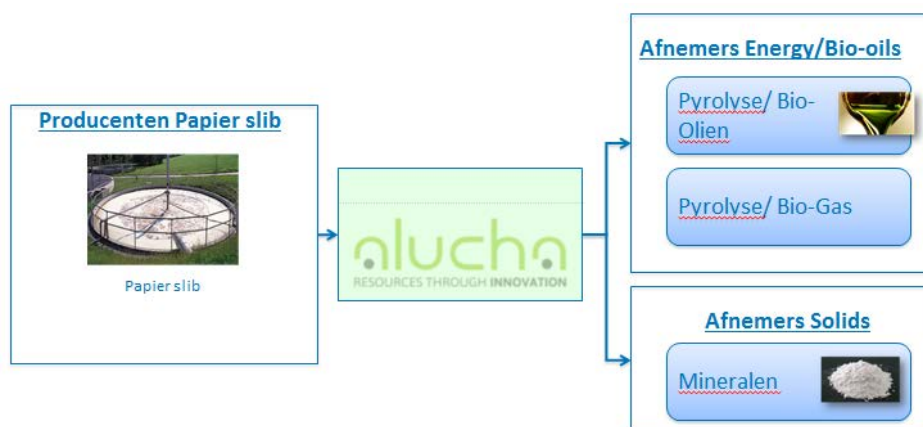
3.5.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)

Papierslib bestaat veelal uit organisch materiaal en mineralen en de samenstelling is per fabriek anders.

3.5.3 Ketenbeschrijving

In de meeste papierfabrieken wordt er papierslib gegenereerd. Papier slib bestaat uit organisch materiaal en uit mineralen die toegepast worden als fillers in de verschillende papier soorten. Huidige (kostbare) verwerkingen van dit papier slib zijn verbranding voor energie opwekking, verwerking tot mineralen voor de cementindustrie (CDEM Duiven) of verwerking in het buitenland (uitrijden over land, cement ovens).

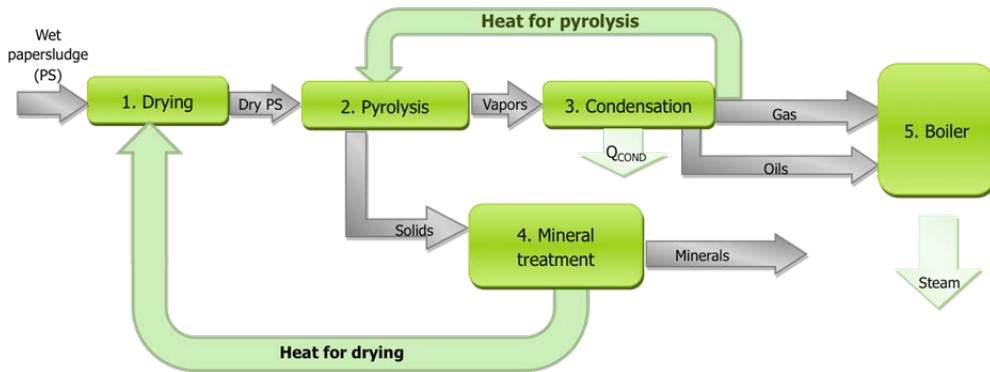
Deze case heeft als doel het papierslib, bijvoorbeeld van de Parenco, om te zetten naar bio-olie en mineralen voor hergebruik in papier. Deze optie is mogelijk omdat het pyrolyseproces zo wordt ontworpen dat de temperaturen beneden een bepaalde grens blijven waarboven vulstoffen een andere structuur krijgen (alsmede toepasbaarheid en waarde). Hierbij wordt gezocht naar lokale oplossingen zodat de waarde van het slib behouden blijft voor de papierfabriek. Samen met de Universiteit Twente is een technologie ontwikkeld gebaseerd op pyrolyse technologie van Alucha. Gelderland lijkt de ideale locatie om deze oplossing verder te ontwikkelen en in de markt te zetten aangezien 85% van alle papierslibben van de Nederlandse papier- en kartonindustrie in Gelderland vrijkomen.



Figuur 4: Verwerking papierslib d.m.v. pyrolyse tot mineralen en bio-olie

3.5.4 Technische state-of-the art processen

Voorbeeld lay-out van het pyrolyse systeem en gebruik van beschikbare energie in een papierfabriek is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Voorbeeld lay-out van pyrolyse systeem en gebruik van beschikbare energie in een papierfabriek

3.5.5 Conclusies

- Technologisch en financieel-economisch lijkt de technologie van Alucha een zeer interessante business case op te leveren. Het gaat dan om installaties die op de site van een papierfabriek ingezet wordt (en dus niet om gemeenschappelijke verwerking).
- Papierslibben zijn een grote kostenpost voor de industrie en de zoektocht naar hergebruiksmogelijkheden in de papierindustrie wordt steeds intensiever. Het Kenniscentrum Papier en Karton heeft een voorstel voor een inventarisatie gemaakt en er wordt gezocht naar financiering van deze inventarisatie-studie.

3.6 Case 5: Verwerking rejets papierindustrie tot pyrolyse producten en aluminium

Gijs Jansen en Harm Bouma (Alucha) Raymond Jolink (Parenco), Aldert van der Kooij (RHDHV) Michiel Adriaanse (Bumaga), Joep Koene (Oost NV)

3.6.1 Aanleiding

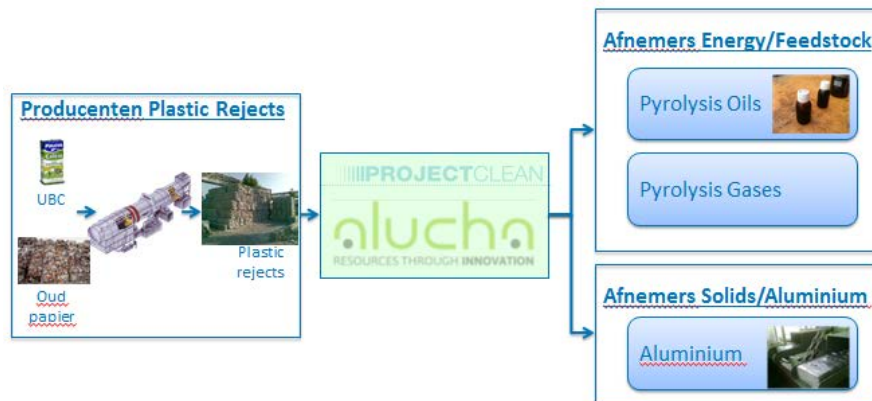
Dit business plan beschrijft de opportunity voor Gelderland om (een deel van) deze rejeet stroom om te zetten in grondstoffen door een verwerkingsfaciliteit te bouwen en opereren.

- Opportunity CLEAN Gelderland:
- Verschillende papier fabrieken zijn gevestigd in de provincie Gelderland
- Deze fabrieken produceren gezamenlijk een zij-stroom van mixed plastics.
- Mocht een van deze fabrieken het verwerken van drank verpakkingen naar zich toe trekken, zal deze stroom rejets verder toenemen.
- Alucha heeft een proces ontwikkelt wat deze rejeet stroom omzet in waardevolle grondstoffen:

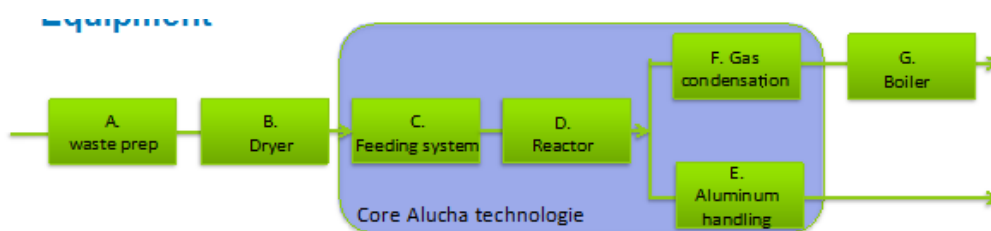
3.6.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)

Op dit moment wordt er een inventarisatiestudie uitgevoerd via het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

3.6.3 Ketenbeschrijving



3.6.4 Technische state-of-the art processen



A	Waste preparation system (shredder, dewatering)	E	Aluminium handling (big bags, pers, etc)
B	Droger	F	Gas condensation system, scheiding pyrolyse olie en gas
C	Feeding system (buffer, controle capaciteit reactor)	G	Boiler / aanpassing bestaande boiler
D	Reactor	H	Utilities, Electrical & Control systems

3.6.5 Conclusies

Technologische en financieel economisch lijkt de technologie van Alucha een interessante business case op te leveren voor zowel “mixed plastic rejects” als rejects uit drankenkartonverwerking. Het gaat om kleinere “stand alone” units die met name voor rejects uit ingezameld papier een interessante oplossing kunnen betekenen voor papierfabrieken. Voor ingezamelde dranken kartons moet eerst het logistieke inzamelsysteem ontwikkeld worden.

3.7 Case 6: Stexfibers: verwerking van hennep tot textielvezels

Ben Ratelband (StexFibers), George Gleichman (StexFibers), Romke de Vries (StexFibers), Louis de Boer (IPKW / Greenhouse), Joep Koene (Oost NV)

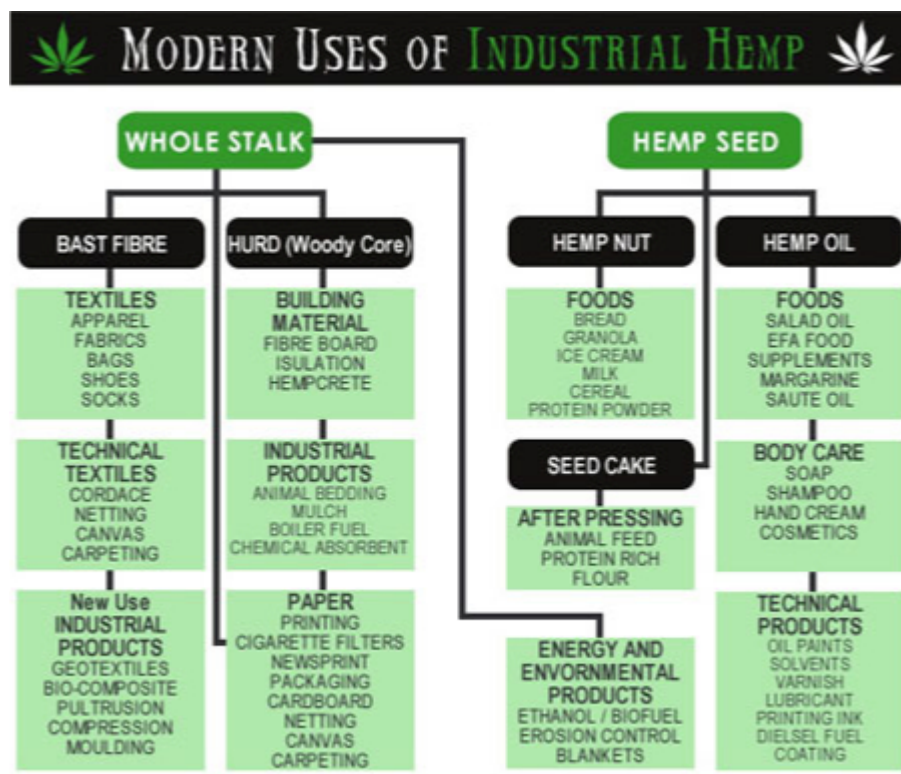
3.7.1 Aanleiding

In de jaren 90 is door de Universiteit van Wageningen een speciaal hennepzaad ontwikkeld van hennep waarbij geen THC (= marihuana) wordt geproduceerd en die geschikt is voor textiel (kleding, technische toepassingen etc). Follow-up werd gedaan door een Nederlands team van ingenieurs om deze hennep om te zetten in vezels die zijn geschikt voor het spinnen op bestaande apparatuur (dus geschikt voor katoen). Een oplossing werd gevonden in een stoom explosie techniek (STEX) waarbij de ruwe vezels worden geïsoleerd en zachter worden. Het resultaat is een zeer zachte, bijna witte vezel die zeer geschikt is voor textielen voor high-end toepassingen. Momenteel kunnen meerdere typen natuurlijke vezels worden behandeld met de STEX behandeling met vergelijkbare resultaten.

Deze case beschrijft de mogelijkheden voor het opzetten van een pilot op het Industriepark Kleefse Waard in Arnhem voor de verwerking van hennep tot een textiel vezel.

3.7.2 Biomassa (aanbod, logistiek, samenstelling)

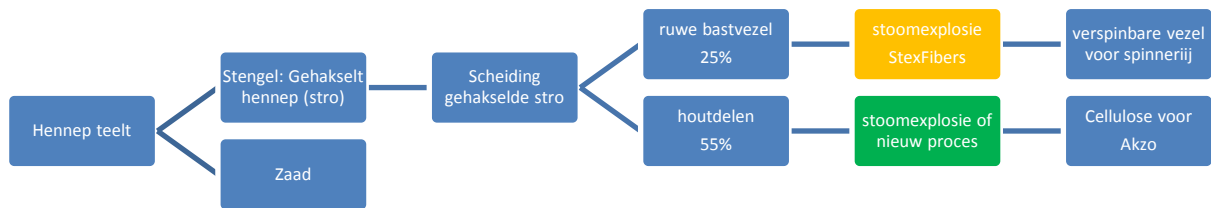
Hennepplant. StexFibers gebruikt alleen de bastvezel (bast fibre) van de hennepplant. De andere delen van de plant hebben weer andere toepassingen en afnemers. Deze worden in deze case buiten beschouwing gelaten.



Figuur 6: Toepassingen van industriële hennep

3.7.3 Ketenbeschrijving

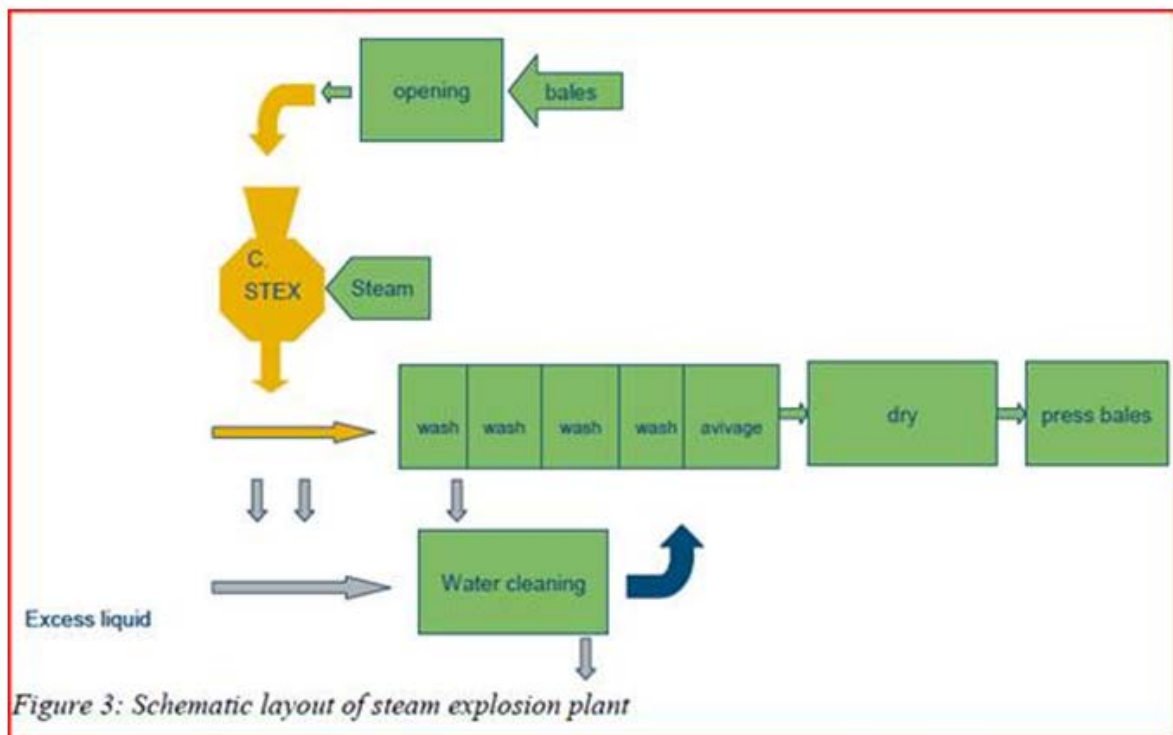
De keten van StexFibers ziet er als volgt uit. Dit is het eerste deel van teelt tot verspinbare vezel. De schakel in de keten die door StexFibers wordt ingevuld is in het geel. Er is nog een mogelijke tweede lijn gevonden met AkzoNobel. Deze is in het groen:



De keten gaat vervolgens verder. De verspinbare vezel wordt verwerkt door spinnerijen. Het gesponnen garen gaat naar weverijen en vervolgens naar de textiel verwerkende industrie. Aan het eind van de keten staat de (detail)handel die de textielproducten (bijvoorbeeld spijkerbroeken) verkoopt aan de consument.

3.7.4 Technische state-of-the art processen

Stoomexplosie is een bestaande technologie. De technologie is gereed voor de proefschaal en de pilotplant. Voor het opschalen naar Verdere details zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten.



Figuur 7: Processchema stoomexplosie

3.7.5 *Conclusies*

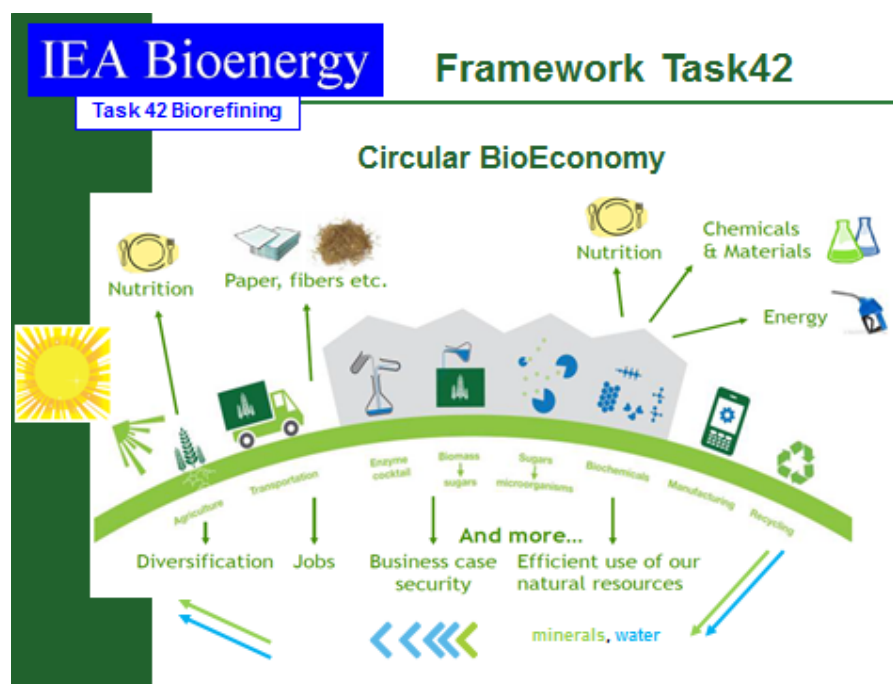
Het product heeft waardevolle eigenschappen en is naar verwachting concurrerend met de bestaande alternatieven (voornamelijk katoen). De business case van StexFibers lijkt zowel technisch als commercieel haalbaar te zijn. De techniek is ver genoeg voor een pilotplant productie van max. 4.000 ton per jaar. Deze schaal geeft commercieel gezien ook voldoende marge voor een acceptabele terugverdientijd. De uitdagingen liggen met name bij het opschalen naar de hogere volumes die de beoogde afnemers vragen. StexFibers vervuld slechts één schakel in een lange keten. De meeste risico's liggen hierdoor buiten de invloedssfeer van StexFibers. StexFibers is een start-up die deze business case ambieert te realiseren. Op dit moment werken zij aan een STEX installatie op labschaal. Deze installatie wordt momenteel in de Greenhouse op de Kleefse Waard opgebouwd. Als hiermee het proof-of-concept is aangetoond wordt de volgende uitdaging het vinden van een launching customer, waarna zij de pilotproductie kunnen opstarten.

4 Lignocellulose biomassa valorisatie opties: kansen en knelpunten

René van Ree, Gulden Yilmaz, Rob Bakker, Paulien Harmsen (WUR)

4.1 Introductie

Lignocellulose (LC) biomassa is een van de belangrijkste duurzame grond- en brandstoffenbronnen voor de Circulaire BioEconomie¹. Er kunnen potentieel diverse Biobased Producten, voor sectoren als de papier- en kartonindustrie en de chemische- en materialenindustrie uit worden gewonnen; terwijl deze bronnen tevens kunnen worden gebruikt voor de productie van geavanceerde biotransportbrandstoffen, elektriciteit en/of warmte.



Figuur 8: Circulaire BioEconomie⁽⁴⁾

Geschetste potentie steekt schril af tegen de huidige benutting van deze stromen. Lignocellulose biomassa (hout, stro, ...) wordt thans m.n. ingezet voor de productie van papier/karton en secundaire energiedragers (elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen zoals bioethanol). Om deze trend te breken, dienen zowel voor de korte (< 2 jaar) als de langere-termijn een aantal technische en niet-technische knelpunten te worden beslecht, welke in 4.2 en 4.3 nader worden beschreven. De regio Oost Nederland (ON) is, vanwege de relatieve beschikbaarheid van een voor NL begrippen groot LC-biomassa potentieel, een groot aantal potentiële afnemers (papier/karton, chemie, energie), de aanwezigheid van vele innovatieve MKB stakeholders en een sterke kennisinfrastructuur, bij uitstek geschikt voor de realisatie van een Regionaal Innovatie

¹ Nederland beschikt over een relatief klein potentieel aan LC-biomassa. Om aan de toekomstige marktvraag te kunnen voldoen zal de LC-biomassa grotendeels moeten worden geïmporteerd uit binnen en buiten Europa. De vraagstelling hierbij is 1) in welke vorm de biomassa naar NL zal worden geïmporteerd, d.w.z. als ruwe biomassa (chips, pellets), energierijke biomassa intermediairen (pellets, getorrificeerde biomassa pellets, pyrolyse-olie) en 2) waar de daadwerkelijke productie gaat plaatsvinden; we kunnen immers ook de biobased producten importeren. De uiteindelijke toestandkoming van een z.g. Biobased Commodity Market is hiervoor kaderstellend.

Netwerk met als doelstelling de verdere ontwikkeling en uiteindelijke implementatie van volledige biomassa-waardeketens binnen de Bio(based) Economie. Dit Regionale Innovatie Netwerk, genaamd **BioEconomy Innovation Cluster Oost Nederland BIC ON** (zie 5) is in juni 2014 officieel van start gegaan. Nadere activiteiten m.b.t. de verdere ontwikkeling en implementatie van de ketens beschreven in hoofdstuk 3, alsmede (R&D) activiteiten om op de korte en langere termijn de kansen voor de optimale inzet van LC-biomassa binnen de Biobased Economy te benutten en technische en niet-technische knelpunten te beslechten, zullen door o.a. de huidige projectpartners nader worden gespecificeerd en opgepakt in het kader van BIC ON.

4.2 Valorisatie mogelijkheden op de korte termijn (<2 jaar)

4.2.1 Papier en karton

In Oost Nederland zijn 9 van de 23 Nederlandse Papierfabrieken gevestigd met een zeer breed productenpallet. Van de gebruikte grondstoffen door de Nederlandse Papierindustrie, wordt een heel hoog aandeel door Oudpapier (81% in 2013). Daarboven heeft de Nederlandse Papierindustrie begin 21e eeuw een zeer uitdagende ambitie neergelegd (halvering van het energieverbruik per eindproduct over de gehele keten tussen 2004 en 2020). Om dit te realiseren wordt in de sector aan twee belangrijke innovaties gewerkt:

- Enerzijds gebruik maken van regionaal beschikbare vezelgrondstoffen voor de Papierproductie;
- Anderzijds het tot hogere waarde brengen van zijstromen en fracties vanuit het papierproductieproces.

Enkele aansprekende voorbeelden van innovatieve cases die momenteel ontwikkeld worden op basis van de bovengenoemde ambities van de Nederlandse papierindustrie worden hieronder in het kort gepresenteerd.

- **Tomatenvezel voor karton:** In zijn simpelste vorm betreft dit concept de productie van karton voor dozen gedeeltelijk uit vezels vanuit afgedragen tomatengewassen. Op dit moment worden de gewassen als “afval” beschouwd en hun afzetkosten vormen een significante kostenpost voor de tomatentelers. Deze situatie maakt de gewassen een potentieel aantrekkelijke optie als een low-cost grondstof voor de papierproductie. Behalve de bruikbare cellulose vezels, bevatten de gewassen ook andere interessante componenten -zoals bijv. inhoudsstoffen- die enkele toepassingen binnen de papierindustrie zouden kunnen vinden. Een idee voor de valorisatie van deze inhoudsstoffen is het gebruik ervan voor de productie van “actieve” verpakkingen welke in staat zullen zijn om hun inhoud te beschermen tegen degradatie. Bovendien bevatten de plantsappen aanzienlijke hoeveelheden CZV welke ook een bron van producten kunnen zijn door middel van hun omzetting naar biopolymeren (polyhydroxyalkanoaten, PHA's) of energie (biogas)

- Bioplastics uit proceswater: Het proceswater van papierfabrieken welke oudpapier verwerken bevat van nature vetzuren welke omgezet naar biopolymeren (PHA's) kunnen worden. Deze omzetting wordt door micro-organismen uitgevoerd binnen gemengde microbiële culturen en resulteert naast de productie van de polymeren ook in de zuivering van het proceswater welk hergebruikt binnen de papierfabriek kan worden (gesloten waterkringloop). De biopolymeren, welke binnen de micro-organismen als microbiel “vet” worden opgeborgen, kunnen in de volgende stappen vanuit de biomassa geëxtraheerd worden voor verdere verwerking tot bioplastic materiaal met verschillende toepassingen (bijv. folies, verpakkingen enz.)
- Groene chemie uit residuen: Residuen uit het papierproductieproces (bijv. cellulosehoudende slibben) kunnen door middel van pyrolyse omgezet worden naar bio-olie. Bio-olie kan enkele toepassingen vinden: het kan direct als brandstof bij industriële installaties gebruikt worden of als bron dienen voor transportbrandstoffen en groene chemicaliën. De pyrolyse van papierslibben kan ook resulteren in het terugwinnen en intern hergebruiken van mineralen die aanwezig in deze zijstromen zijn
- Composietmaterialen uit residuen: Cellulose vezels en kunststoffen in de zijstromen (rejecten) van oudpapier-verwerkende papierfabrieken kunnen door middel van extrusie omgezet worden naar Wood Plastic Composites (WPC's). WPC's worden gebruikt in o.a. hekken, transportpallets en dekvloeren.

4.2.2 *Elektriciteitssector*

4.2.2.1 Beleidskader Bioenergie EU en NL⁽⁵⁾

Lidstaten van de Europese Unie hebben onderlinge afspraken gemaakt over het te volgen beleid voor hernieuwbare energie in de vorm van afspraken en richtlijnen. De belangrijkste richtlijnen zijn de 'Renewable Energy Directive' (RED; Richtlijn 2009/28/EG ⁽⁶⁾) en de 'Fuel Quality Directive' (FQD; Richtlijn 2009/30/EG, ⁽⁷⁾).

- De RED heeft vooral een focus op het vergroten van het aandeel hernieuwbare energie in 2020 in de diverse eindgebruiksectoren zoals de gebouwde omgeving, transport en industrie (elektriciteit, warmte en koude, transportbrandstoffen). De Commissie ziet de groei van hernieuwbare energie als 'no regrets'-optie in het internationale klimaatbeleid en zet ook na 2020 in op een groei van het aandeel hernieuwbaar, en de daarmee gepaard gaande economische kansen⁽⁸⁾.
- De FQD richt zich op eisen aan de kwaliteit van brandstoffen en op de reductie van broeikasgasemissies van brandstoffen ingezet voor vervoer, over de gehele brandstofketen.

In de RED zijn twee belangrijke kwantitatieve doelstellingen vastgelegd: een minimum aandeel van 20% hernieuwbare energie in het finaal eindverbruik van de EU in 2020 (voor Nederland vertaald in een doel van 14% hernieuwbare energie), en een minimum aandeel van 10% hernieuwbare energie in het verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer.

Het (hernieuwbare) energiebeleid in Nederland sluit aan bij de hierboven beschreven Europese richtlijnen op het gebied van hernieuwbare energie. Daarnaast heeft het kabinet Rutte II de algemene doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in 2020 verhoogd naar 16%. Om de in het regeerakkoord afgesproken doelstelling van 16% te behalen, wil de regering een mix van beleidsinstrumenten inzetten. De belangrijkste maatregelen die nu al effectief zijn, zijn de bijmengverplichting en de regeling Stimulering Duurzame Energieproductie Plus (SDE+). Het kabinet stimuleert de opwekking van hernieuwbare elektriciteit, warmte en groen gas middels de SDE-subsidie. Het SDE+-budget is verhoogd van € 1,7 miljard in 2012 naar € 3 miljard in 2013, waardoor de groei van hernieuwbare energie naar verwachting zal versnellen.

De elektriciteitssector is een van de grootverbruikers van LC-biomassa in Nederland. Ruim 52% (49,8 PJ) van de geproduceerde hernieuwbare energie in 2012 is afkomstig van bioenergie, middels verbranding in AVT's, bij-/meestook in kolencentrales, stand-alone verbranding en verbranding bij huishoudens en bedrijven⁽⁵⁾. Mono- en co-vergisting voor de productie van elektriciteit, warmte en ruw biogas (voor upgrading naar het aardgas-substituut SNG, dan wel de alternatieve (transport)brandstof CNG/LNG) zorgen voor een additionele bijdrage van ruim 8% (8,8 PJ).

De inzet van LC-biomassabronnen voor de relatief laagwaardige productie van de secundaire energiedragers elektriciteit- en/of warmte zal naar verwachting op de korte- en langere-termijn door de nationale overheid blijvend worden ondersteund (middels subsidie dan wel middels een bijmengverplichting) om zo uiteindelijk in het NL-aandeel (14% van het nationale bruto finaal eindgebruik (Rutte-II: 16%, oftewel 340 PJ)) aan de Europees vastgestelde DE-doelstelling (duurzame energie) van 20% voor 2020⁽⁶⁾ te kunnen voldoen. Ook voor de periode na 2020 zal op Europees niveau zelf voorzieningszekerheid qua energie en grondstoffen meer nog dan nu kader stellend voor toekomstige beleidsdoelstellingen worden, zodat mag worden aangenomen dat ook op de langere-termijn de productie en gebruik van bioenergie (elektriciteit en/of warmte) een belangrijke rol zal blijven spelen.

Positieve aspecten van grootschalige toepassing van LC-biomassa voor de productie van bioenergie zijn dat er de laatste jaren een aanzienlijk biomassapotentieel is ontsloten, certificeringssystemen zijn ontwikkeld waardoor de duurzaamheid van de gebruikte biomassa is gewaarborgd en er keten-brede (biomassa productie, voorbehandeling, transport/logistiek, op-/overslag) aanbod-/gebruiksconsortia zijn gevormd die ertoe geleid hebben dat er ook daadwerkelijk duurzame biomassa valorisatieketens in de markt zijn gerealiseerd.

Een aantrekkelijke manier om LC-biomassa in NL op redelijke termijn ook grootschalig te kunnen gaan inzetten voor de productie van biobased producten (chemicaliën, materialen) is om nauw samen te gaan werken met stakeholders in de elektriciteitssector en te profiteren van de reeds bestaande expertise en infrastructuur in deze sector. E.e.a. kan door upstream

biomassafracties af te scheiden die voor valorisatie naar hogere waarde producten in aanmerking komen (zoals suikers, eiwitten of oliën), waarna de lignine-rijke restfractie, al dan niet na verdere fractionering en deelvalorisatie, kan worden benut voor energieproductie. Ook kan middels downstream valorisatie van geproduceerde secundaire procesresiduen (as, warmte, CO₂) de schakel naar productieprocessen van hogere waarde biobased producten worden gelegd. Op deze wijze ontstaat er een win-win situatie voor zowel de NL overheid als de betrokken stakeholders daar er integrale valorisatieketens worden ontwikkeld en geïmplementeerd die technisch mogelijk, socio-ecologisch verantwoord en financieel-economisch aantrekkelijk zijn. Dezelfde argumentatie geldt voor toepassing van vergistingsprocessen, zij het op een kleinere en regionale schaal. Deze processen zijn zonder overheidssubsidie financieel-economisch veelal onhaalbaar en vereisen een bioraffinage aanpak voor de totstandkoming van een duurzaam business-concept. Een bedrijf als RWE/Essent onderschrijft bovengeschetst denkbeeld en is op diverse manieren met andere stakeholders uit de industrie, het MKB en de kennisinfrastructuur bezig om dergelijke duurzame biomassa valorisatieketens met ook een duidelijke energiegcomponent verder te ontwikkelen en te implementeren⁽⁹⁾.

4.2.3 *Transportbrandstofsector*

4.2.3.1 *Beleidskaders*

De productie van biotransportbrandstoffen wordt m.n. ingegeven door de van toepassing zijnde Europese energie- en klimaatdoelstellingen (Strategic Energy Technology (SET) Plan (2008)⁽¹⁰⁾, White Paper on Transport (2011)⁽¹¹⁾, European Alternative Fuels Strategy (2013)⁽¹²⁾, Communication on Energy Technologies and Innovation (2013)⁽¹³⁾ en Communication on A Policy Framework for Climate Change and Energy in the Period from 2020 to 2030 (2014)⁽¹⁴⁾ die op nationaal niveau hun beslag dienen te krijgen. Deze doelstellingen behelzen het volgende:

- Broeikasgasemissiereductie van 20% t.o.v. het 1990 niveau in 2020, 20% t.o.v. het 2008 niveau in 2030 en een verdere reductie tot 80-95% in 2050
- Broeikasgasemissiereductie van 60% t.o.v. het 1990 niveau in 2050 voor de transportsector (EC, COM (2011)144)
- Duurzame energie moet 20% bijdragen aan het finale energiegebruik in 2020 en voor een significant aandeel aan het finale energiegebruik in 2050 (Energy Roadmap 2050)
- Duurzame energie moet 10% van het finale gebruik in de transportsector dekken in 2020 en vanwege ILUC mag niet meer dan de helft hiervan uit conventionele biobrandstoffen komen; dit resulteert in een noodzakelijke bijdrage van geavanceerde biotransportbrandstoffen van 6 Mtoe overeenkomend met ca. 15 commerciële plants (EC, COM (2013)153)
- De EC heeft de insteek dat vanaf 2020 alleen de ontwikkeling van technologieën voor de productie van geavanceerde biotransportbrandstoffen – brandstoffen uit LC-biomassa, organische residuen en aquatische biomassa nog overheidssteun zullen ontvangen (EC, COM(2013)17)

- Tot ergernis van de stakeholders uit de biotransportbrandstofsector, zoals vertegenwoordigd in de European Biofuel Technology Platform (EBTP), heeft de EC recent geen nieuwe specifieke biotransportbrandstof doelstellingen gepresenteerd; toepassing van biotransportbrandstoffen dient onderdeel te zijn van de toepassing van duurzame brandstoffen in de transportsector in het algemeen, gebaseerd op een scala aan specifieke beleidsdoelstellingen gerelateerd aan de Transport White Paper (EC, COM(2014)15; deze houding zal zeker resulteren in een gereserveerde houding van deze stakeholders m.b.t. het doen van grote investeringen op de korte-termijn en derhalve zowel benodigde R&D, demo en commerciële plannen vertragen

Voor enkele subsectoren, zoals de luchtvaart, zwaar wegtransport en de scheepvaart is voor de langere-termijn de toepassing van geavanceerde biotransportbrandstoffen het enige alternatief om deze sectoren te vergroenen. Het ligt derhalve voor de hand dat benodigde R&D & demotrajecten zich reeds op de korte-termijn meer en meer op de ontwikkeling en implementatie van biotransportbrandstoffen voor deze subsectoren zullen gaan concentreren (zie paragraaf 4.3).

De transportbrandstofsector is een van de aanzienlijke verbruikers van LC-biomassa in Nederland. Ca. 15% (14,3 PJ) van de geproduceerde hernieuwbare energie in 2012 is afkomstig van biotransport-brandstoffen (benzine/diesel).

De inzet van LC-biomassabronnen voor de relatief laagwaardige productie van biotransportbrandstoffen zal naar verwachting op de korte- en middellange-termijn door de nationale overheid blijvend worden ondersteund (middels de bijmengverplichting) om zo uiteindelijk bij te dragen aan het NL-aandeel (14% van het nationale bruto finaal eindgebruik (Rutte-II: 16%, oftewel 340 PJ)) van de Europees vastgestelde duurzame energie-doelstelling van 20% voor 2020. DE dient verder 10% van het finale gebruik in de transportsector in 2020 te dekken; terwijl vanwege ILUC niet meer dan de helft hiervan uit conventionele biobrandstoffen mag bestaan. Dit resulteert op Europees niveau in een noodzakelijke bijdrage van geavanceerde biotransportbrandstoffen van 6 Mtoe, overeenkomend met ca. 15 commerciële plants (EC, COM (2013)153). Om dit te realiseren dient z.s.m. met de bouw van deze productiecapaciteit te worden begonnen.

Voor de periode na 2020 is de situatie een stuk onzekerder. Wederom zal op Europees niveau zelf voorzieningszekerheid qua energie en grondstoffen, maar ook de duurzame mobiliteit, meer nog dan nu kaderstellend worden voor toekomstige beleidsdoelstellingen, zodat mag worden aangenomen dat ook op de langere-termijn de productie en gebruik van biotransportbrandstoffen een belangrijke rol zal blijven spelen. Tot ergernis van de stakeholders uit de biotransportbrandstofsector, zoals vertegenwoordigd in de European Biofuel Technology Platform (EBTP), heeft de EC evenwel recent geen nieuwe specifieke biotransportbrandstof doelstellingen voor de langere-termijn (na 2020) gepresenteerd. De toepassing van biotransportbrandstoffen dient onderdeel te zijn van de aanwending van duurzame brandstoffen in de transportsector in het algemeen, gebaseerd op een scala aan specifieke beleidsdoelstellingen

gerelateerd aan de Transport White Paper (EC, COM(2014)15). Deze houding zal resulteren in een gereserveerde opstelling van deze industriële stakeholders m.b.t. het doen van grote investeringen op de korte-termijn en derhalve zowel benodigde R&D, demo en commerciële plannen vertragen en hierdoor het realiseren van de 2020 doelstelling in gevaar brengen.

Ook deze sector biedt de rijdende trein qua expertise, logistiek, regelgeving en bestaande infrastructuur om op te springen voor de verdere totstandkoming van een Bio(based) Economy. Door ontwikkeling en implementatie van z.g. “biofuel-driven biorefineries”, voor zover als mogelijk gebruikmakend van reeds bestaande faciliteiten, kunnen op redelijk korte-termijn multi-product faciliteiten worden gerealiseerd die uiteindelijk resulteren in biomassa valorisatie strategieën waarin LC-biomassa op een efficiënte en duurzame wijze wordt geconverteerd in een portfolio aan marktconforme biotransportbrandstoffen en toegevoegde waarde Biobased Producten.

Voor enkele subsectoren, zoals de luchtvaart, zwaar wegtransport en de scheepvaart is voor de langere-termijn de toepassing van geavanceerde biotransportbrandstoffen het enige alternatief om deze sectoren te vergroenen. Het ligt derhalve voor de hand dat benodigde R&D & demotrajecten zich reeds op de korte-termijn meer en meer op de ontwikkeling en implementatie van biotransportbrandstoffen voor deze subsectoren zullen gaan concentreren. Ook voor deze subsectoren gelden dezelfde opportuniteiten als geschetst voor de gehele sector.

4.2.4 *Chemische sector*

Groene bouwstenen voor de chemie maken een enorme groei door. Overheden sturen hierop aan met eisen op het gebied van duurzame productie en CO₂-reductie, maar ook consumenten hebben behoefte aan milieuvriendelijke producten en zijn bereid hiervoor meer te betalen. Met name de zogenaamde drop-ins, bouwstenen die chemisch identiek zijn aan de petrochemische tegenhangers, zijn sterk in opkomst. Zo kan bijvoorbeeld de nieuwe generatie biobased plastics op basis van groene bouwstenen qua performance de competitie aan met petrochemische plastics; de eigenschappen zijn soms identiek en in enkele gevallen zelfs beter⁽¹⁵⁾.

De capaciteit groeit daar waar goedkope biomassa voorhanden is, omdat de prijs van ruwe grondstoffen nog steeds één van de belangrijkste factoren is in de economische haalbaarheid van een biobased product. Zo heeft bijvoorbeeld Noord-Amerika maïszetmeel, Zuid-Amerika suikerriet en in Azië groeien beide gewassen. Daarnaast zijn lage lonen en strategische allianties essentieel voor succes⁽¹⁶⁾.

Naast deze zogenaamde conventionele gewassen wordt er ook gewerkt aan de ontwikkeling van technologie met geavanceerde biomassa – non-food, veelal LC-rijke biomassa – als grondstof voor chemische bouwstenen. Fabrieken worden ontworpen waarbij conventioneel wordt geïntegreerd met geavanceerd om zo efficiënt mogelijk met de biomassa om te gaan: voorbeelden zijn suiker uit graan en stro, of uit suikerriet en suikerrietbagasse, of uit maïs en maïs-stro.

De meeste voorbeelden van industriële productie zijn vooralsnog gebaseerd op conventionele grondstoffen omdat toepassing van geavanceerde non-food biomassastromen economisch nog niet rendabel is; vaak wordt wel vermeld in persberichten dat deze toepassingen zich reeds in de R&D of pilot-fase bevinden.

De transitie van petrochemische grondstoffen naar hernieuwbare grondstoffen verloopt in stappen, en bedrijven werken in eerste instantie met zo zuiver mogelijke grondstoffen, zoals suiker uit suikerriet en zetmeel uit tarwe of maïs. Als dit succesvol blijkt kan de volgende stap worden genomen, bijvoorbeeld suiker uit lignocellulose (LC) biomassa als grondstof. Deze suikerstromen zijn echter aanzienlijk minder zuiver waardoor de productie van chemische bouwstenen een grotere uitdaging vormt vergeleken met zuivere grondstofstromen. Daarbij ontstaan ook reststromen, zoals: lignine waarvoor een toepassing gevonden moet worden om een economisch haalbaar proces te verkrijgen⁽¹⁷⁾.

De verwachting is dat m.n. de productie van alcoholen zoals ethanol, *n*-butanol en isobutanol enorm gaat groeien, al dan niet meeliftend op de productie van biotransportbrandstoffen. Want naast toepassing als biotransportbrandstof zijn deze componenten belangrijke bouwstenen voor de chemie. Bekendste voorbeeld hierbij is de productie van etheen voor vinylpolymeren, zoals PE en PP. Met een verzadigde bioethanolmarkt, wordt thans ook gezocht naar andere mogelijkheden zoals het ombouwen van bioethanolfabrieken naar isobutanol of *n*-butanol.

Naast de productie van deze z.g. platform chemicaliën (groot marktvolume, relatief lage marktprijs) is de productie van gefunctionaliseerde chemicaliën (relatief klein marktvolume, hoge marktprijs) een potentieel te verwachten groeiemarkt voor de productie van biobased chemicaliën. Doordat hierbij de structuur van de biomassa grondstof grotendeels intact blijft in de uiteindelijke structuur is de productie van dit type chemicaliën energetisch zeer efficiënt. Of de potentieel hoge marktprijs van de producten tevens voldoende ruimte schept voor de benodigde investeringen is onderdeel van business-case analyses en ontwikkelingen die thans over het gehele potentiële productspectrum plaatsvinden.

4.3 Valorisatie mogelijkheden op de langere termijn (>2 jaar)

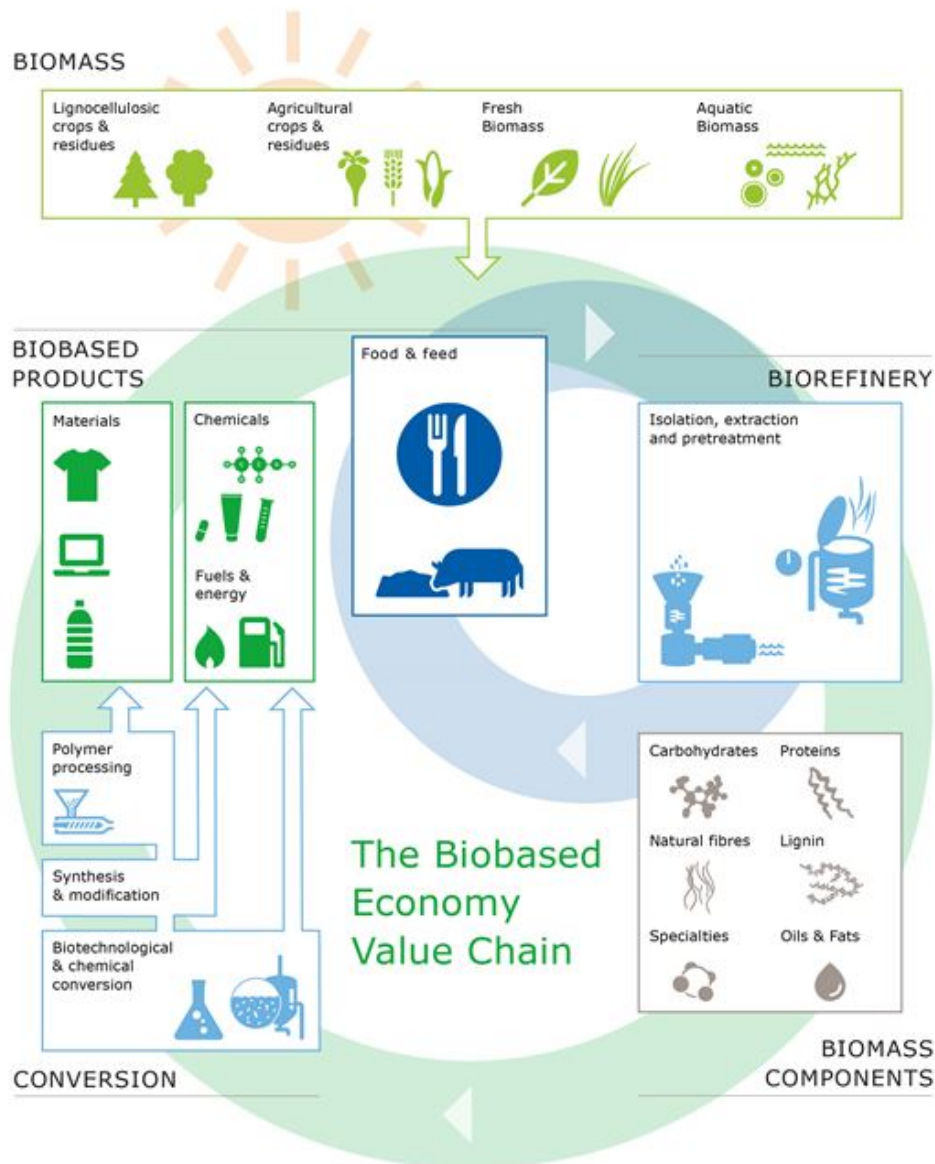
4.3.1 *Introductie*

Voor de langere-termijn zullen alle biomassabronnen, inclusief LC-biomassa, op een duurzame wijze – d.w.z. technisch mogelijk, financieel rendabel en op een maatschappelijk verantwoorde wijze – moeten worden geteeld, getransporteerd, geconverteerd en toegepast (zie Figuur 10).

Bioraffinage - het op duurzame wijze raffineren van biomassa in een spectrum aan vermarktbaar humane voeding en veevoer ingrediënten, biobased producten (chemicaliën en materialen) en bioenergie (transportbrandstoffen, elektriciteit en/of warmte) (definitie van IEA Bioenergy Task42)- wordt over het algemeen beschouwd als *de* manier om biomassa zo efficiënt mogelijk te benutten voor de productie van de productportfolie weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9: Productportfolio BioEconomie (bron: IEA Bioenergy Task 42)



Figuur 10: The Biobased Economy Value Chain (bron: Food & Biobased Research, Wageningen UR)

Er kunnen twee typen bioraffinage processen worden onderscheiden, n.l.: **Energy-driven Biorefineries** en **Product-driven Biorefineries**:

- In Energy-driven Biorefineries is de productie van grote volumes relatief laagwaardige secundaire energiedragers (transportbrandstof, biogas, elektriciteit, warmte) het hoofddoel. Keten (agro) en proces residuen worden gevaloriseerd naar hogere toegevoegde waarde biobased producten, waardoor de volledige valorisatieketen wordt geoptimaliseerd en de vraag naar financiële ondersteuning vanuit de overheid wordt geminimaliseerd. Energie-infrastructuren, almede duurzame biomassa(import)ketens en certificeringssystemen, zijn reeds voorhanden en het ligt derhalve voor hand deze te benutten als opstap naar de Bio(based) Economie.
- In Product-driven Biorefineries is over het algemeen de productie van kleinere volumes relatief hoogwaardige biobased producten (chemicaliën, materialen) het hoofddoel. Keten- en procesresiduen worden benut voor de productie van secundaire energiedragers, voor eigen gebruik en/of externe benutting. Dit type bioraffinage processen is thans in ontwikkeling en de 1^e initiatieven worden in de markt geïmplementeerd.

Om LC biomassa raffinage processen volledig tot wasdom te kunnen laten komen zijn er nog diverse **technische knelpunten** die moeten worden opgelost. Dit zijn knelpunten die – vanaf de teelt – de resterende biomassaketten beslaan. Deze technische knelpunten zijn als volgt te classificeren:

- Logistiek en op-/overslag
- Voeding biomassa
- Fractionering en primaire productscheiding (downstream processing (dsp))
- Conversie primaire producten en afscheiding secundaire producten (dsp)
- Conversie secundaire producten en afscheiding eindproducten (dsp)
- Gebruik eindproducten in toepassingsfase
- Hergebruik eindproducten na toepassingsfase

Om LC biomassa raffinage processen uiteindelijk ook daadwerkelijk in de markt te kunnen implementeren dienen er ook een scala aan **niet-technische knelpunten** te worden beslecht, namelijk:

- Contracteerbaarheid van voldoende biomassa op de juiste plaats en tijd
- Kwaliteit en prijsstelling biomassa
- Financiering
- Verdienmodel bioraffinage consortium
- Ontbreken of onduidelijkheid m.b.t. “leading customer”
- Nationaal overheidsbeleid
- Europees overheidsbeleid
- Juridische aspecten
- Maatschappelijke acceptatie / publieke perceptie

Zonder de pretentie volledig te kunnen zijn – het valorisatie domein voor LC biomassastromen is immers immens – wordt in de volgende sub-paragrafen een overzicht gegeven van een aantal belangrijke technische en niet-technische knelpunten die moeten worden opgelost om LC biomassastromen grootschalig te kunnen benutten in i) bestaande industriële infrastructuur (elektriciteits-/warmteproductie, biogasproductie en ii) nieuw te realiseren bioraffinage processen.

4.3.2 *Technische knelpunten lignocellulose biomassa raffinage-geïntegreerd in bestaande industriële infrastructuur*

- Grootschalige E/W productie
De case betreft hier: upstream fractionering van LC biomassa stromen, waarna de lignocellulose-rijke residustroom wordt benut voor de productie van elektriciteit/warmte in de bestaande elektriciteitssector.
- Biogasproductie/-toepassing
De case betreft hier: upstream fractionering van (LC) biomassa stromen, waarna de residustroom wordt benut voor de productie van biogas in bestaande vergistingsinstallaties.

4.3.3 *Technische knelpunten lignocellulose biomassa raffinage – stand-alone*

Twee belangrijke drivers voor de ontwikkeling van grootschalige stand-alone LC-biomassa raffinage-technologieën zijn de ontwikkelingen in de transportsector en de chemische sector.

4.3.3.1 Energy-driven Biorefinery – Biotransportbrandstoffen

Voor enkele sub-sectoren, zoals de luchtvaart, zwaar wegtransport en de scheepvaart is voor de langere-termijn de toepassing van geavanceerde biotransportbrandstoffen het enige alternatief om deze sectoren te vergroenen. Daarom zijn juist voor deze sectoren Europese initiatieven gestart om R&D, demo en implementatietrajecten te starten.

- Het European Advanced Biofuels Flightpath Initiative, geïnitieerd in 2011 door de EC i.s.m. enkele belangrijke luchtvaartmaatschappijen en biotransportbrandstofproducenten, heeft tot doel om in 2020 2 miljoen ton duurzame biobrandstoffen per jaar voor de luchtvaart te produceren. Hiertoe worden thans diverse biomassa valorisatieketens ontwikkeld, waaronder LC-biomassa.
- De scheepvaartsector heeft zich gecommitteerd om het zwavelgehalte in scheepvaartbrandstoffen in zogenaamde Sulphur Emission Control Areas (SECA's) in de Baltische zee, Noordzee en Het Kanaal te reduceren van 1% tot 0,1% in januari 2015 (International Maritime Organisation (IMO) - Directive 2012/33/EU). Dit commitment is van toepassing op ca. de helft van de 10.000 schepen dat thans actief is binnen de Europese scheepvaart. Buiten de SECA's en wereldwijd dient het zwavelgehalte in scheepvaartbrandstoffen te worden gereduceerd van 3,5 tot 0,5% per 1 januari 2020.

De verwachting is derhalve dat voor m.n. de luchtvaart en de scheepvaart grootschalige biofuel-driven biorefineries zullen worden ontwikkeld en geïmplementeerd waarin de productie van biofuels centraal staat maar waarin tevens added-value producten (bijvoorbeeld chemicaliën) zullen worden geproduceerd om uiteindelijk de gehele biomassa valorisatieketen rendabel te maken. Met in NL de KLM (luchtvaart) en de Rotterdamse haven (scheepvaart) als belangrijke nationale stakeholders op dit terrein is de verwachting dat een of meerdere initiatieven in NL zullen worden gerealiseerd, wat dan een belangrijke LC-biomassa behoefte zal opleveren waarmee ander initiatieven terdege rekening mee zullen moeten houden.

4.3.3.2 Product-driven Biorefinery – Biobased Chemicaliën⁽¹⁸⁾

De wereldwijde productie van petrochemische polymeren en chemicaliën wordt geschat op 330 Mton/jaar⁽¹⁹⁾ waarvan het grootste deel (ongeveer 80%) bestaat uit polymeren. In de chemische industrie is het marktvolume dat plastics inneemt dus veruit het grootst. Grondstoffen voor de chemische industrie zijn nog voornamelijk van petrochemische oorsprong, maar op het gebied van plastics zijn al veel ontwikkelingen gaande om de overstap te maken van petrochemische grondstoffen naar hernieuwbare grondstoffen. Volgens Carus⁽²⁰⁾ groeit de productiecapaciteit van polymeren van 235 Mton in 2011 naar 400 Mton in 2020. Het aandeel biobased polymeren zal stijgen van 3.5 Mton in 2011 naar 12 Mton in 2020, waarmee het biobased deel stijgt van 1.5% naar 3%.

De meeste voorbeelden van industriële productie zijn gebaseerd op eerste generatie grondstoffen omdat het gebruik van tweede generatie grondstoffen nog niet winstgevend is. Technisch gezien is het mogelijk om alle bouwstenen voor plastics te produceren uit biomassa. Voor bepaalde bouwstenen zijn meerdere routes denkbaar.

Grootste groei wordt voorzien in chemische bouwstenen die chemisch identiek zijn aan de petrochemische tegenhangers (zogenaamde drop-ins) en die direct kunnen worden ingepast in de huidige industriële infrastructuur. Daarnaast zijn er voorbeelden van nieuwe chemicaliën en materialen uit hernieuwbare grondstoffen met unieke eigenschappen die veelal niet of moeilijk uit petrochemische grondstoffen geproduceerd kunnen worden, zoals melkzuur. Rondom deze bouwstenen ontstaan vaak nieuwe producten en markten. Drop-ins kunnen direct worden geïntegreerd in de huidige industriële infrastructuur en gevestigde markten en maken een materiaal volledig of gedeeltelijk biobased. Voorbeelden zijn ethyleen voor PE, ethyleen glycol voor PET en adipinezuur voor nylon (PA 6,6). Dergelijke bouwstenen worden momenteel geproduceerd in grote volumes uit petrochemische grondstoffen en kunnen worden vervangen door hun biobased tegenhangers.

Er zijn ook voorbeelden van nieuwe chemische stoffen en materialen uit hernieuwbare grondstoffen met unieke kenmerken die moeilijk of niet zijn te produceren uit petrochemische grondstoffen. Voorbeelden zijn melkzuur voor PLA, propaandiol (PDO) voor polyurethanen, isobutanol voor isobutylrubber, en barnsteen zuur en furanen voor polyesters (PBT, PBS, PEF, PBF). Nieuwe markten worden ontwikkeld rondom deze bouwstenen. Met name bouwstenen die kunnen worden gebruikt in vele verschillende polymeergroepen als gevolg van hun chemische

structuur zijn veelbelovend en het is de verwachting dat deze bouwstenen aanzienlijk in productiecapaciteit zullen toenemen.

De verschuiving van fossiele naar hernieuwbare grondstoffen voor de productie van bio-plastics zal waarschijnlijk in fasen gebeuren. Het begint met de productie van voornamelijk drop-ins uit eerste generatie biomassa voor bulkplastics zoals PE en PET en breidt geleidelijk uit naar de productie van chemische bouwstenen voor biobased plastics met een kleiner volume. Volgende stap is de werkelijke omzetting van deze bouwstenen naar polymeren. Dit is een uitdaging aangezien de eisen met betrekking tot zuiverheid aanzienlijk zijn. Voor een aantal polyamides en polyesters is dit proces al in volle gang.

Het feit dat het technologisch mogelijk is om bouwstenen te produceren die identiek zijn aan hun petrochemische tegenhangers betekent niet per definitie dat dit ook wenselijk is. Niet alle producten en processen zijn haalbaar vanuit een economisch oogpunt. Tot nu toe is een beperkt aantal biobased bouwstenen en polymeren op de markt. Biobased PE is op weg het grootste volledig biobased polymeer te worden van de komende jaren (als alle plannen worden gerealiseerd). Dit wordt met name veroorzaakt door de grote productie aan bio-ethanol voor biobrandstoffen en het feit dat bio-ethanol gemakkelijk kan worden omgezet in ethyleen. Daarnaast is het de verwachting dat gedeeltelijk biobased PET op basis van biobased ethyleen glycol (uit bio-ethanol) zal groeien met een factor 10 (European Bioplastics). De omzetting van suiker naar ethyleen kent echter een vrij lage massa efficiëntie, d.w.z. dat relatief grote hoeveelheden grondstoffen nodig zullen zijn. Ervan uitgaande dat verwerkingskosten in de toekomst lager zullen worden door de verdere ontwikkeling van biobased technologieën, zullen grondstofkosten zwaarder beginnen te wegen op de totale productkosten. Efficiënt gebruik van schaarse grondstoffen zal de ontwikkeling van biobased bouwstenen met een hoge massa efficiëntie bevorderen.

4.3.4 Niet-technische knelpunten

Om LC biomassa raffinage processen uiteindelijk ook daadwerkelijk in de markt te kunnen zetten dient er ook een scala aan niet-technische knelpunten te worden opgelost. Er is een overzicht gegeven van deze mogelijke niet-technische knelpunten en een voorstel tot actiepunten om deze tijdig te adresseren.

5 Samenvatting en inbedding in het regionale innovatieprogramma BIC-ON

5.1.1 *Introductie*

Het doel van de ‘technische haalbaarheidsstudie’ beschreven in dit rapport was de ontwikkeling van een Innovatie Programma voor de duurzame valorisatie van LC biomassastromen op basis van geselecteerde veelbelovende business cases door middel van:

- Analyse beschikbare regionale biomassastromen (zie hoofdstuk 2.)
- Analyse potentiële regionale marktoutlets voor Biobased Producten en Bio-energie (zie hoofdstuk 3.)
- Analyse beschikbare/noodzakelijke keten-samenstellende deelprocessen (incl. technische state-of-the-art en evt. benodigd ontwikkelingstraject (zie hoofdstuk 3 en 4)
- Analyse van potentiële niet-technische knelpunten voor ketenontwikkeling/-implementatie (zie hoofdstuk 3 en 4)

Bij de start en tijdens de uitvoering van het project heeft het projectteam besloten de nadruk in eerste instantie te leggen op de definitie en ontwikkeling van een aantal regionale business cases die van direct belang zijn voor de in het consortium participerende marktpartijen (hoofdstuk 3.) en zodoende eventueel laaghangend fruit te kunnen oogsten en derhalve de korte-termijn marktimplementatie te bevorderen. Daarnaast is een meer generieke analyse gemaakt van mogelijke LC biomassa valorisatieopties voor de korte (< 2 jaar) en langere termijn (>2 jaar). Voor de korte-termijn zijn de valorisatie mogelijkheden in de volgende sectoren onderzocht: papier- en karton industrie, elektriciteitssector, transportbrandstofsector en de chemische sector. Voor de langere-termijn is de nadruk gelegd op de ontwikkeling van efficiënte bioraffinage technologieën die enerzijds kunnen worden geïntegreerd in de bestaande industriële infrastructuur (bijvoorbeeld elektriciteits-/warmteproductie, biogasproductie en P/K-productie) en anderzijds “stand-alone” zoals suiker- of syngas platforms (bijvoorbeeld biofuel-driven bioraffinaderijen voor de productie van biotransportbrandsstoffen en added-value biobased producten, en product-driven bioraffinaderijen voor de productie van biochemicalïen en energie). Tevens is een generieke analyse gemaakt van de niet-technische knelpunten die dienen te worden opgelost om uiteindelijk tot daadwerkelijke marktimplementatie te komen.

5.1.2 *Bioeconomy Innovation Cluster Oost Nederland (BIC-ON)*

Bij de Biobased Economy gaat het om het optimaal benutten van (rest-)stromen uit de land- en tuinbouw, bosbouw, landschapsbeheer en uit de voedingsindustrie tot hernieuwbare producten voor chemie, voeding, diervoeder, materialen, energie en zelfs cosmetica en farmacie. Investeren in biobased innovaties biedt daarmee uitstekende kansen om enkele sectoren in de regio Oost-Nederland te verbinden, vergroenen en versterken. Met name het innovatieve MKB heeft al vele biobased ontwikkelingen gerealiseerd. Vele hiervan zijn tot stand gekomen in samenwerking met de kennisinstellingen in Gelderland en Overijssel. Wageningen UR, Universiteit Twente en

Radboud Universiteit zijn hierin complementair en vervullen zo al jaren een internationale voortrekkersrol. Opvallend is verder dat de vele agro- en veeteelt bedrijven op lokaal niveau reeds samenwerken en innovaties realiseren, met name rond mestverwerking en grondstofkringlopen. Goed voorbeeld hiervan is het cluster van bedrijven georganiseerd binnen de Stichting Biomassa Achterhoek. De Nederlandse papier- en kartonindustrie, per definitie biobased, is grotendeels gecentreerd rond de Veluwe en staat voor de uitdaging om meer te doen met de grondstofstromen en beschikbare faciliteiten, bijvoorbeeld via 'multi-input / multi-output factories'. Via BIC-ON heeft deze actieve sector de samenwerking met de waterschappen sterk geïntensiveerd. Dit terwijl de waterschappen zelf ook al een aantal jaren sterk inzetten op innovatie rond bijvoorbeeld winning en hergebruik van afvalstoffen.

Voor de realisatie van innovaties is het gebruik van subsidies of andere financiële steun veelal wel noodzakelijk. Zeker voor echte doorbraakinnovaties met impact zijn middelen beschikbaar vanuit de provincies en daarbuiten. BIC-ON zet zich in om deze te ontsluiten en effectief in te zetten voor kansrijke biobased trajecten. Uitgangspunt hierbij is wel dat subsidies geen onderdeel zouden mogen uitmaken van het uiteindelijke business model van toegepaste innovaties. Daarnaast is de verwachting dat een groot deel van de toekomstige omzet uit biobased ontwikkelingen zal voortkomen uit export van kennis en technologie en niet alleen uit producten uit in Oost Nederland aanwezige biomassa.

De sectoren met de meeste potentie voor Oost Nederland zijn de pijlers waarop BIC-ON de bioeconomy wil versterken. Uitgangspunt hierbij is dat biomassa vooral gebruikt zal worden voor producten met een hogere toegevoegde waarde; cascadering. Bio-energie is daarmee geen aparte pijler, maar sluit aan bij de vijf hoofdpijlers:

- Natuurvezels
- Verse biomassa
- Algen
- Mest
- Slib

Voor uitvoering van BIC-ON zal gebruik gemaakt worden van bestaande organisatiestructuur en capaciteit van GreenTechAlliances *powered by* kiEMT. Daarbij werkt het nauw samen de Overijsselse innovatieloketten, Oost NV, Valleybureau's en Regionale Centra voor Technologie.

5.1.3 *Van business cases naar business plannen naar marktimplementatie via BIC-ON*

Binnen dit project zijn een 6-tal business cases uitgewerkt, namelijk:

1. Valorisatie regionale biomassa voor de productie van CMC
2. Valorisatie regionale biomassa van waterwegen voor papier en karton
3. Valorisatie afvalwaterslib middels Thermische Druk Hydrolyse (TDH)
4. Valorisatie paperslib tot pyrolyse-olie en mineralen
5. Valorisatie rejets papierindustrie tot pyrolyse producten en aluminium
6. Valorisatie van hennepvezel tot textielvezels

Deze business-cases zullen voor zover als mogelijk binnen BIC-ON verder worden uitgewerkt tot business plannen. BIC-ON zorgt derhalve voor de organisatorische borging van de vervoltrajecten. Tevens zullen eventuele noodzakelijke technologieontwikkelingstrajecten binnen BIC-ON worden opgepakt. Geïdentificeerde niet-technische knelpunten zullen op zowel regionaal (BIC-ON) als nationaal niveau (TKI BBE) worden geadresseerd.

5.1.4 *Lignocellulose–biomassa valorisatie strategieën*

Meer generiek zijn voor de valorisatie van lignocellulose biomassa een groot aantal technische en niet-technische knelpunten geïdentificeerd en zijn potentiële oplossingsrichtingen, inclusief noodzakelijke R&D voor de ontwikkeling van een aantal sleuteltechnologieën, gespecificeerd. Deze korte en langere-termijn R&D aspecten zullen worden geadresseerd in de pijler Natuurvezels van BIC-ON, zodat het voor regionale projectconsortia mogelijk wordt in het BIC-ON kader gespecificeerde technologieontwikkelingen deels gesubsidieerd te krijgen. Een potentieel alternatief is op nationaal niveau subsidie voor geschetste technologieontwikkelingen aan te vragen bij de TKI-BBE. Combinatie (stapeling) van beide subsidiemogelijkheden is tot op zekere hoogte mogelijk, maar is op grond van ervaringen binnen onderhavig project niet aan te bevelen.

Literatuur

1. Lips S, Onderzoek naar alternatieve grondstoffen voor de productie van cellulosefosfaat, WUR-FBR (2000).
2. Lips SJJ, van Dam JEG. Kenaf Fibre Crop for Bioeconomic Industrial Development. Green Energy and Technology 2013. p. 105-43.
3. Willför S, Alén R, Dam Jv, Liu Z-M, Tähtinen M, Chapt 1 - Raw materials, Paper making Science and Technology, Book 6 (part1) Chemical pulping Fibre Chemistry and Technology, 2nd ed: Paperi ja Puu Oy, Helsinki, (P. Fardim eds) 2011.
4. IEA_Bioenergy, Framework Task 42; [cited]; Available from: <http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery.htm>.
5. AgentschapNL, Status document bio-energie 2012, (2013), Available from: <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Statusdocument%20bio-energie%202012.pdf>.
6. EU, Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van Richtlijn 2001/77/EG en Richtlijn 2003/30/EG.; Available from: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/en0009_nl.htm.
7. EU, RICHTLIJN 2009/30/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD; Available from: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:NL:PDF>.
8. EU, HERNIEUWBARE ENERGIE: EEN BELANGRIJKE SPELER OP DE EUROPESE ENERGIEMARKT, Comite van de Regio's (2013).
9. Essent, Natuurlijk vermogen. De biobased economy van Essent, (2011), Available from: https://www.essent.nl/content/Images/89470_essent_biobased_economy.pdf.
10. EU, Strategic Energy Technology Plan (SET Plan); Available from: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27079_en.htm.
11. EC, Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system; Available from: http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2011_white_paper_en.htm.
12. EU, Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy, (2013), Available from: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0017:FIN:EN:PDF>.
13. EC, Energy Technologies and Innovation, (2013), Available from: http://ec.europa.eu/energy/technology/strategy/doc/comm_2013_0253_en.pdf.
14. EC, Communication on A Policy Framework for Climate Change and Energy in the Period from 2020 to 2030; Available from: http://ec.europa.eu/energy/2030_en.htm.
15. Bolck CH, Ravenstijn J, Molenveld K, Biobased Plastics 2012, Series Green Materials: Wageningen UR-FBR; (2011).
16. Kersh K, Global biobased chemical capacity springs to scale Lux Reserach Inc (2011).
17. Harmsen PFH, Hackmann MM, Groene bouwstenen voor biobased plastics. Wageningen UR (2012).

18. Harmsen PFH, Hackmann MM, Bos HL, Green building blocks for bio-based plastics, *Biofuels, Bioprod Bioref*, **8**(3):306-24 (2014).
19. De Jong E, Higson A, Walsh P, Wellisch M, Product developments in the bio-based chemicals arena, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, **6**(6):606-24 (2012).
20. Carus M, Bio-based polymers - Production capacity will triple from 3.5 million tonnes in 2011 to nearly 12 million tonnes in 2020, *Industrial Biotechnology*, **9**(2):81-4 (2013).