

Productie van bioplastics uit koolhydraten, een duurzaamheidsperspectief

Evaluatie van verschillende routes richting bioplastics vanuit duurzaamheidsperspectief

Arjen van Kampen, Wolter Elbersen

OPENBAAR



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Productie van bioplastics uit koolhydraten, een duurzaamheidsperspectief

Evaluatie van verschillende routes richting bioplastics vanuit duurzaamheidsperspectief

Auteurs: Arjen van Kampen, Wolter Elbersen

Instituut: Wageningen Food & Biobased Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food & Biobased Research, gefinancierd door en in opdracht van Biobased Cirulair.

Wageningen Food & Biobased Research
Wageningen, Februari 2023

Openbaar

Rapport 2394
DOI: 10.18174/588699

WFBR project nummer: 6229141000
Versie: Definitief rapport
Reviewer: Harriette Bos
Goedgekeurd door: Jan Jetten
Uitgevoerd door: Wageningen Food & Biobased Research
Gefinancierd door en in opdracht van: Biobased Cirulair
Dit rapport is: Openbaar

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen Food & Biobased Research is het niet toegestaan:

- a. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;
- b. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of Wageningen Food & Biobased Research, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;
- c. de naam van Wageningen Food & Biobased Research te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport is op objectieve wijze uitgevoerd door onderzoekers die onpartijdig zijn ten opzichte van de opdrachtgever(s) en sponsor(s). Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/588699> of op www.wur.nl/wfbr (onder WFBR publicaties).

© 2023 Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research.

Postbus 17, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 00 84, E info.wfbr@wur.nl, www.wur.nl/wfbr. Wageningen Food & Biobased Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

Inhoud

Woord vooraf	4
Samenvatting	5
1 Introductie	7
1.1 Doelstelling Biobased Circulair voorstel	7
1.2 Aanleiding rapport	7
1.3 Opzet rapport	8
2 Beschikbaarheid en beschikbaar maken biomassa	9
2.1 Productie biomassa voor bioplastics in Nederland	9
2.1.1 Primaire biomassaproductie	9
2.1.2 Beschikbaarheid reststromen	10
2.1.3 Voorlopige conclusie beschikbaarheid biomassa	12
2.2 De balans omgevingskwaliteit en biomassa productie	12
2.2.1 Aanzet tot een visie op de landbouw in 2050	13
2.2.2 Inpassing teelten voor productie van bioplastics in visie	14
2.3 Duurzaamheidsaspecten productie biomassa voor bioplastics in Nederland	17
3 Duurzaamheid van de productie van bioplastics	19
3.1 Van suiker naar bioplastic	19
3.1.1 PLA	19
3.1.2 PEF	20
3.1.3 PHA's	20
3.2 Duurzaamheidsaspecten productie bioplastics	21
4 Circulariteit bioplastics	23
4.1 Bioafbreekbaarheid	23
4.2 Recycling	23
5 Conclusies	25
5.1 Productie biomassa voor bioplastics in Nederland	25
5.2 Productie bioplastics	27
5.3 Circulariteit bioplastics	27

Woord vooraf

Biobased Circulair heeft Wageningen Food & Biobased Research (WFBR) opdracht gegeven om een beschouwing op te stellen van de duurzaamheid van waardeketens vanuit koolhydraten richting biobased polymeren. Deze beschouwing zal worden gebruikt als onderbouwing bij de duurzaamheidsimpact van het Biobased Circulair Groeifondsvoorstel.

Samenvatting

Biobased Circulair (BBC) zal een nieuwe biobased building block en biopolymeerindustrie opzetten, die een significante positie heeft in de wereldeconomie, maar tegelijkertijd ook ingebed is in de Nederlandse of tenminste NW-Europese landbouw, bosbouw en landschappen.

BBC zal niet alle biomassa die benodigd is voor de ambities van het consortium (2Mt Nederlandse bioplasticproductie in 2050) uit Nederland halen. Er wordt eerder gezocht naar een goede balans tussen wat op de internationale markt en omliggende landen kan worden verkregen en wat in Nederland kan worden geproduceerd. Uit deze studie blijkt dat wel degelijk een groot aandeel van de biograndstoffen uit Nederland zou kunnen worden gehaald.

In 2050 zal de landbouw er heel anders uit zien dan nu en gegeven de lopende discussies over de Nederlandse intensieve landbouw, is deze studie uitgegaan van een uitgewerkte visie die illustreert hoe landbouw beter ruimtelijk ingepast zou kunnen worden en tegelijkertijd een belangrijke rol zou kunnen spelen bij realisatie van ruimtelijke en milieu-opgaven¹. De in deze studie geschetste ontwikkeling is nog voornamelijk vanuit het perspectief van voedselproductie opgesteld, maar de teelt van biomassa voor de productie van biobased building blocks en bioplastics kan niet losgezien worden van voedselproductie. In deze studie is geïllustreerd hoe BBC de landbouw op een aantal manieren kan versterken:

1. Het kan nieuwe markten creëren voor koolhydraten. Zeker de suikerbiet is in Nederland een zeer efficiënt suikergewas met hoge opbrengst.
2. Het kan reststromen uit de landbouw verwaarden en zo tot een beter verdienmodel komen voor de boer. Belangrijke reststroom die mogelijk hoogwaardiger verwaard kan worden in bioplastics is in ieder geval mestproductie uit de veeteelt, maar mogelijk ook lignocellulose reststromen uit de landbouw.
3. Tot slot zou extra areaal gewijd kunnen worden aan de productie van extra houtachtig materiaal door middel van houtwallen, singels, kleine bosjes rondom natuurgebieden en bijvoorbeeld agroforestry. Op deze manier kan zowel omgevingskwaliteit, biodiversiteit en productie van biomassa voor hoogwaardige producten gecombineerd worden.

In relatie tot de teelt van biomassa voor non-food toepassingen, wordt vaak het bezwaar gemaakt dat de benodigde landbouwgrond ook gebruikt zou kunnen worden voor voedselproductie. De productie van koolhydraten voor bioplastics kan echter op gang gebracht worden zonder extra landbouwareaal aan te spreken: a) als gevolg van de verwachte toename opbrengsten per ha, b) de verwachte reductie in suikervraag door dieetveranderingen en c) indirecte landbesparing als gevolg van feed en food toepassing van bietenpulp, molasses en eiwit bietenblad waardoor deze niet elders geproduceerd hoeven worden. Daarnaast zijn er lignocellulose reststromen (2.000 kton, waarvan circa 1.000 kton suikers) en mest/RWZI-slib (16.000 kton, waarvan 3.000 kton droge stof) als grondstoffen beschikbaar, die nu vooral worden toegepast voor energieopwekking, maar hoogwaardiger zouden kunnen worden ingezet.

Gegeven de verwachte verzilting in veel landbouwgebieden als gevolg van klimaatverandering, is de suikerbiet interessant omdat het een zeer zout tolerant gewas is dat geschikt is om te telen in verzilte gebieden en daarmee dus perspectief biedt voor de boeren in deze gebieden. Daarnaast kan de teelt van meer bomen voor de productie van biograndstoffen helpen bij het verhogen van de wateropslagcapaciteit in de bodem en zou een rol kunnen spelen bij verkoeling als gevolg van verdamping die de bomen plaatsvindt. Ook zou de vergroting van houtteelt in en om extensieve landbouwgebieden zou een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de biodiversiteit.

¹ Perspectieven voor landbouw in een gebiedsgerichte benadering, Essay in opdracht van Ministerie van LNV, Martin Scholten, Martha Bakker & Roel Jongeneel, 15 oktober 2021

Bioplastics reduceren CO₂ ten opzichte van fossiele plastics. In de BBC aanvraag wordt uitgegaan van circa 2 kg CO₂-reductie per kg bioplastic ten opzichte van fossiele plastics. Zeker voor polyesters (belangrijke groep voor BBC) geldt dat zij efficiënter geproduceerd kunnen worden dan fossiele plastics, omdat de koolhydraten waaruit ze geproduceerd worden net als de polyesters al zuurstof bevatten. Ook slaan ze biogene CO₂ op die tijdens de teelt van biomassa wordt vastgelegd.

Biobased polyesters kunnen biodegradeerbaar en/of recyclebaar zijn. Technisch is het mogelijk om bioplastics te recyclen. De uitdaging ligt vooral in het creëren van voldoende marktaandeel en de inzamel en keteninfrastructuur om de bioplastics in te zamelen en uit te sorteren.

1 Introductie

Nederland heeft een sterke chemische industrie en is wereldwijd een belangrijke speler (geschatte productie 15 miljoen ton per jaar op een wereldwijde productie van circa 367 miljoen ton²) in de productie van polyesters, polyamiden en polyolefinen voor toepassing in kunststof materialen, die gebruikt worden in een scala van sectoren, zoals de bouw, verpakkingen en textiel. De chemische industrie staat voor de uitdaging om te verduurzamen. Naast het opzetten van een meer circulaire infrastructuur, waarmee de industrie haar eigen producten kan recyclen en weer als grondstof kan gebruiken, is de productie van polymeren uit biomassa, als vervanging van fossiele virgin grondstoffen, een belangrijk element om te verduurzamen. Het Biobased Circulair Groeifondsvoorstel heeft tot doel om koolhydraten uit biomassa in te zetten als grondstof voor de productie van biobased polymeren, die tevens ontworpen zijn voor recycling. Dit rapport brengt de duurzaamheidseffecten in kaart van de bioplastic waardeketens vanuit een integraal perspectief.

1.1 Doelstelling Biobased Circulair voorstel

De Nederlandse chemische industrie produceert naar schatting 15 miljoen ton³ aan polymeren voor materiaaltoepassingen. Hiervan bestaat circa 3 miljoen ton uit polyesters, polyamides en polycarbonaten. Dit zijn polymeren met zuurstof en stikstofverbindingen, waarvan het voordelen kan bieden om deze uit biomassa te maken omdat biomassa ook al zuurstof bevat.

De doelstelling van het Biobased Circulair (BBC)-voorstel is om met een Nederlandse bioplasticproductie van 2 Mt in 2050, bestaande uit PEF, PLA, bio-PET en andere biobased polyesters een marktaandeel te realiseren van 25% van de Europese virgin bioplasticproductie in 2050.

Doelstelling is van Nederland een Europese koploper te maken als ontwikkelaar, producent en verwerker van op koolhydraten gebaseerde bouwstenen en kunststofproducten. Dit realiseert BBC door volledige waarde cirkels op te zetten en op te schalen tot industrieel en commercieel relevant volume voor de reeds bewezen bouwstenen PEF, PLA, en bio-PET, om daarmee 25% Europees marktaandeel te bemachtigen. Daarnaast ontwikkelen we minimaal drie extra circulaire ketens die voortbouwen op drie additionele bio-gebaseerde bouwstenen. Door het ontwikkelen van waardeketens wordt er een ecosysteem aan activiteiten gecreëerd waarin een breed scala aan bedrijvigheid tot commerciële schaal kan groeien.

Binnen dit rapport zal in ieder geval worden gekeken naar de keten van PLA en PEF, maar ook naar PHA's (polyhydroxyalkanoaten) die zeker voor heterogene reststromen met laag droge stofgehalte een interessante groep van biobased polymeren zijn.

1.2 Aanleiding rapport

De productie van bioplastics biedt verschillende potentiële duurzaamheidsvoordelen. Biomassa is een hernieuwbare grondstof, waardoor er geen fossiele grondstoffen meer ingezet hoeven worden. Deze biomassa legt ook CO₂ vast tijdens de groei, waardoor bioplastics – zeker in het geval toepassingen met een lange levensduur zoals in de bouw – CO₂ kunnen vastleggen. Ook lenen biobased polymeren zich voor mogelijk (energie)efficiëntere productiemethodes zoals bijvoorbeeld met behulp van biotechnologie. Echter, het opzetten van een biobased industrie in Nederland die ook daadwerkelijk is ingebed in Nederland en in ieder geval voor een belangrijk deel op Nederlandse biomassa draait zal ook een effect kunnen hebben op landgebruik, bodemkwaliteit en biodiversiteit. Tegelijkertijd is dit effect weer in belangrijke mate afhankelijk

² <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>

³ Inschatting WFBR op basis van eigen inventarisatie

van de mate waarin de bioplastics circulair worden toegepast, omdat dit behoefte aan nieuwe biomassa (en dus landgebruik) omlaag brengt.

Om goed inzicht te krijgen in de trade-off tussen deze effecten zal dit rapport op hoofdlijnen schetsen hoe biobased polymeren zouden kunnen bijdragen aan duurzaamheid in al zijn facetten. Hiertoe zal het rapport systematisch de verschillende onderdelen van de bioplastic waardeketens bespreken, van biomassaproductie tot toepassing.

1.3 Opzet rapport

Het rapport bestaat uit de volgende onderdelen, die systematisch de verschillende onderdelen van de bioplastics waardeketen bespreken:

1. Beschikbaarheid en beschikbaar maken van biomassa voor bioplastics
2. Conversie van koolhydraten richting bioplastics
3. Toepassing van bioplastics en circulariteit

Elk ketenonderdeel zal eerst in detail besproken worden, waarna de duurzaamheidsaspecten apart uitgelicht worden.

2 Beschikbaarheid en beschikbaar maken biomassa

2.1 Productie biomassa voor bioplastics in Nederland

2.1.1 Primaire biomassaproductie

Op dit moment zijn de gewassen die op de kortste termijn beschikbaar zijn voor de productie van biobased plastics voedingsgewassen met een hoog aandeel koolhydraten, zoals zetmeel, sucrose en dextrose. Suikerbiet en granen worden daarbij door de betrokken bedrijven beschouwd als de voornaamste koolhydraat bronnen voor biobased polymeren in Noord-West Europa. De productie van deze gewassen is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 Belangrijkste koolhydraatrijke gewassen in NL in 2022⁴

	Areaal (ha)	Bruto Productie (ton/jaar)	Bruto Opbrengst (ton/ha)
Tarwe	124.331	1.289.702	10,4
Snijmais	183.324	8.058.645	44,0
Aardappel	163.059	7.333.714	45,0
Suikerbiet	81.744	7.128.102	87,2

De gewassen bevatten verschillende soorten koolhydraten⁵:

- Suikerbiet bevat veel sacharose. Sacharose bestaat uit een molecuul glucose gebonden aan een molecuul fructose. Sacharose (kristalsuiker) kan worden omgezet in glucose en fructose, en dit is op de markt beschikbaar onder de naam invertsuiker (suikerstroop). Daarnaast wordt bij de productie van kristalsuiker/suikerstroop ook suikerbietenpulp (SBP) en bietenblad geproduceerd. De vezels in SBP worden door Cosun al toegepast in papier en nieuwe toepassingen zullen naar verwachting beschikbaar komen. De pectine uit SBP kan verwaard worden richting specialty chemicals. Uit het suikerbietenblad kan eiwit gewonnen worden voor humane consumptie.
- Mais, tarwe en aardappels zijn een bron van zetmeel. Ook zetmeel kan worden omgezet tot glucose en fructose. Deze suikerstroepen zijn op de markt onder de naam isoglucose of High Fructose Corn Syrup (HFCS). Granen produceren naast graankorrels ook nog een aanzienlijke hoeveelheid stro (lignocellulose biomassa). Deze vindt vaak al toepassing in de vorm van feed of als bodembedekker maar kan ook worden omgezet tot bruikbare producten voor de biobased economie. Het aardappelloof dat op het land achterblijft heeft weinig inhoudsstoffen meer en is in dat opzicht minder geschikt als grondstof.

Alle bovengenoemde koolhydraten zijn internationaal op de markt beschikbaar zijn en hier kan BBC gebruik van kan maken voor de productie van bioplastics. Dit zijn echter allemaal uit voedselgewassen afkomstige koolhydraten. Gegeven dat koolhydraten uit voedselgewassen op korte termijn de enige grondstofbron zijn voor bioplastics, is het voor de Nederlandse productie van koolhydraten voor BBC juist van belang dat het meest efficiënte gewas wordt gekozen om ruimte te besparen.

In een eerder door WFBR uitgevoerde studie⁶ is al geconcludeerd dat vooral suikerbieten een interessant gewas zijn voor de productie van biobased bouwstenen voor bioplastics in Nederland. Vanwege de hoeveelheid suiker per hectare die suikerbiet produceert, maar ook de logistiek, teeltmogelijkheden in Nederland en de verwaarding van nevenstromen.

⁴ <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/7100oogs>

⁵ Harmsen et. al, Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie Gewassen, processen, beleid, augustus 2014

⁶ Harmsen et. al, Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie Gewassen, processen, beleid, augustus 2014

Suikerbieten hebben een zeer hoge opbrengst per hectare wat gunstig is vanuit het perspectief van efficiënt landgebruik. Tegelijkertijd worden suikerbieten geproduceerd op redelijk goede bodems die geschikt zijn voor voedselgewassen. Een voordeel van de suikerbiet is echter dat deze meerdere toepassingen heeft naast voedingssuiker, zoals de suikerbietenpulp die kan worden ingezet als feed, maar waar ook een vezel uit gewonnen kan worden die is toegepast in papier⁷. Ook wordt er op pilotschaal eiwit gewonnen⁸ uit bietenblad en zal dit naar verwachting in de toekomst opgeschaald kunnen worden.

Suikerbieten maken efficiënt gebruik van inputs zoals water en voedingsstoffen en zijn geschikt voor verzilte gronden, wat relevant is omdat landbouwgrond naar verwachting in de toekomst verder zal verzilten als gevolg van klimaatverandering. Voor een goede opbrengst heeft het gewas wel voldoende bestrijding van plagen en ziekten nodig. Het gewas wordt in rotatie geteeld en doorloopt zijn productiecyclus van zaad tot oogst in zes maanden. Suikerbieten vereisen elk jaar intensieve grondbewerking.

De verwaarding van nevenstromen is daarnaast technologisch in een vrij gevorderd stadium, met een realistisch perspectief op de verwaarding van zowel bietenpulp als bietenblad in de komende 10 jaar. Als gevolg van efficiëntie- en opbrengstverbeteringen in de suikerbietenteelt is het Nederlandse suikerbietenareaal de afgelopen decennia al teruggebracht van circa 125.000 ha naar de huidige 83.000 ha. Deze verbeteringen zullen naar verwachting verder doorzetten⁹ de komende jaren:

- Er wordt rekening gehouden met 1% opbrengstverbetering per jaar (waardoor ca. 8.000 ha bespaard in komende 10 jaar).
- Daarnaast zal als gevolg van steeds suikerarmere diëten, de suikerproductie voor voedingstoepassingen ook verder afnemen, naar schatting met 1% per jaar (nog eens ca. 8.000 ha bespaard in 10 jaar).
- Als gevolg van eiwitwinning uit bietenblad (minimaal 40 kg/jaar, wat overeenkomt met 2,6% van de opbrengst van een hectare soja). Op basis van het huidige suikerbietenareaal komt dit neer op meer dan 2.000 ha land bespaard
- Tot slot wordt door de afzet van bietenpulp en molasse richting feed nog eens 3.500 ha aan land bespaard.

Deze effecten leiden tot meer dan 20.000 ha per jaar aan bespaard land, dat ingezet kan worden voor de productie van suikers voor bioplastics.

Een gewas dat ook veel koolhydraten bevat en dat pas recent is geïntroduceerd in Nederland is sorghum. BBC zal ook naar dit gewas kijken voor de productie van koolhydraten voor bioplastics.

2.1.2 Beschikbaarheid reststromen

Een andere belangrijke bron van koolhydraten zijn de reststromen die vrijkomen in Nederland bij de verdere verwerking en toepassing van deze koolhydraatrijke en andere gewassen. Een goed overzicht van het Nederlandse biomassapotentieel voor wat betreft reststromen is uitgevoerd wordt beschreven door Koppejan et al¹⁰. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de volgende categorieën biomassa:

1. Primaire bijproducten die in het veld vrijkomen,
2. Secundaire bijproducten die bij het verwerkingsproces vrijkomen en
3. Tertiaire bijproducten die vrijkomen na het gebruik als product

Onderstaande tabel is gebaseerd op Koppejan, behalve de laatste kolom welke is gebaseerd op de jaarrapportage van Platform Biograndstoffen 2021.

⁷ <https://www.cosunbeetcompany.com/products/paper>

⁸ <https://www.cosunbeetcompany.nl/toepassingen/voeding/proteine>

⁹ Inschatting COSUN en WFBR

¹⁰ Koppejan et. al, Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020, November 2009

Tabel 1 Biomassa reststromen in Nederland 2009 en beschikbare reststromen voor energie 2021

Hoofdstroom	Specificatie	Aandeel in biomassa productie (kton/jaar) 2009	Beschikbaar (kton/jaar ns) 2009	Beschikbaar (kton/jaar ns) 2021
Primaire bijproducten	Stro en andere droge gewasbijproducten uit de akkerbouw, Natte gewasresten, Groenbemester, Houtige biomassa uit fruitteelt en boomteelt, Gras uit natuur en bermen, Heide, Riet, Groenafval uit de gebouwde omgeving, Biomassa van waterwegen, Mest	85%	Fruit/bomenteelt (160 kton) Hout uit bos (300 kton) Energieteelt (40 kton) Hout bebouwde omgeving (425 kton) Mest divers (14.957 kton)	Reststromen uit de agro-, food- en houtindustrie (48%), reststromen uit bos-, natuur- en landschapsbeheer (23%) en afvalhout (A- en B-hout) (17%)
Secundaire bijproducten	Schoon resthout uit de houtverwerkende industrie, Reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie, Veilingafval	8%	Resthout houtindustrie (255 kton) Voedingsmiddelenindustrie (<1000 kton)	
Tertiaire bijproducten	Zuiveringsslib RWZI/AWZI, Afvalhout, Composteeroverloop, GFT, Brandbaar restafval van huishoudens, KWD en industrie, Reststoffen van verwerking van oud papier, Textiel, Solid Recovered Fuels (SRF)	7%	RWZI slib (1.363 kton) Reststoffen papierverw. (1.000 kton) Oud/bewerkt hout (1.210) Restafval HH/KWD/Ind (6.230) Divers <100	
Totaal NL		210.000 kton	27.510 kton Waarvan voor energie ingezet 7.000 kton Waarvan Houtachtig: 2.350 kton	Totaal: 5.200 kton (incl. import) 1.872 kton (NL)

Uit bovenstaande tabel blijkt dat er aanzienlijke hoeveelheden biomassa reststromen vrijkomen in Nederland, maar ook dat deze reststromen vaak al een toepassing hebben zoals in diervoeding of als bodemverbeteraar. Er is geen recenter totaaloverzicht beschikbaar van de Nederlandse biomassa, maar in de meest rechter kolom staat in ieder geval voor houtachtige biomassa (een belangrijke potentiële stroom voor koolhydraten) weergegeven wat de relatieve hoeveelheden in 2021 zijn. Hieruit blijkt deze hoeveelheden qua ordergrootte vergelijkbaar zijn (ca. 2.000 kton/jaar) in beide jaren.

Vanuit het perspectief van de productie van bioplastics, kan het volgende onderscheid gemaakt worden in typen biomassa:

- Heterogene, natte en verontreinigde biomassastromen zoals mest en RWZI-slib. Deze stromen zijn gezamenlijk aanzienlijk – in totaal circa 16.320 kton/jaar (ca. 3.000 kton ds) – maar lenen zich niet direct voor de productie van koolhydraten. Wel zijn deze stromen voor de productie van bioplastics zeker relevant door middel van directe omzetting. Er zijn namelijk verschillende technologieën in ontwikkeling om uit deze stromen polydroxyalkanoaten (PHA's) te produceren. In Nederland is onder andere Paques hier actief in en heeft een demonstratie-installatie gebouwd. Deze technologie leent zich voor inpassing in het bestaande RWZI-netwerk en de vergistingsinstallaties bij boeren.
- Houtachtige biomassa, in totaal circa 2.350 ton. Deze leent zich wel voor de productie van koolhydraten, waarmee uiteindelijk via fermentatie of chemische conversie diverse bouwstenen voor bioplastics kunnen worden geproduceerd. Deze koolhydraten zullen echter via een bioraffinage proces beschikbaar gemaakt moeten worden, waarbij ook lignine vrijkomt. Veel van deze biomassa wordt nu ingezet voor productie van bio-energie, maar met het SER-advies om deze hoogwaardiger in te zetten komt toepassing voor de productie van bioplastics ook in beeld. Om deze biomassa beschikbaar te maken voor bioraffinage is waarschijnlijk betere scheiding aan de bron nodig om zo kwalitatief homogene stromen te verkrijgen.

2.1.3 Voorlopige conclusie beschikbaarheid biomassa

Er is voldoende biomassa beschikbaar in Nederland om een biobased industrie van formaat te voorzien van grondstoffen. Op de kortere termijn is het potentieel van direct beschikbare suikers, waarvoor vooral suikerbieten een productief en efficiënt gewas zijn, voldoende om de biobased industrie op te starten. Alleen al door verwachte opbrengstverhogingen en afname van de suikervraag als gevolg van suikerarmere diëten, zal naar verwachting circa 20.000 ha aan suikerbietareaal beschikbaar komen voor biobased toepassingen, waaronder bioplastic. Dit komt overeen met circa 300 kton aan suikers. COSUN streeft er naar om zoveel mogelijk vanuit het bestaande areaal aan de vraag naar suikers te voldoen. De suikerproductie uit suikerbieten is dus op korte termijn genoeg voor een aantal industriële flagships op schaal, maar nog niet voldoende om de totaalambitie van BBC (2.000 kton bioplasticproductie in 2050) te kunnen halen. Mogelijk kan dan uitbreiding van het Nederlands suikerbietenareaal overwogen worden, maar vanzelfsprekend kan dan ook extra suiker uit het buitenland geïmporteerd worden.

Houtachtige biomassa is al een ordegrootte beter beschikbaar, namelijk circa 2.350 kton waarvan maximaal 50% bestaat uit cellulose (waaruit glucose geproduceerd zou kunnen worden) dus in totaal 1.175 kton. Dit betekent dat ook houtachtige biomassa die op dit moment in Nederland beschikbaar is nog niet voldoende is om een biobased industrie van de omvang als BBC van biomassa te voorzien. Wel zou de hoeveelheid hout geproduceerd in Nederland nog aanzienlijk verhoogd kunnen worden door op minder productieve grond productieve bossen op te zetten of houtproductie te combineren met landbouw (agroforestry). Deze extra biomassa zal echter pas na 2040 beschikbaar kunnen zijn. Grote uitdaging voor gebruik van hout als koolhydraatbron is wel de ontsluiting van cellulose, waarvoor een apart bioraffinageproces nodig is. Deze bioraffinageprocessen komen in het buitenland, op plekken waar veel hout beschikbaar is, steeds meer beschikbaar. In Nederland heeft Avantium een pilot-installatie staan voor zijn Dawn-technologie, waarmee uit lignocellulose suikers en lignine gewonnen kunnen worden.

De beschikbaarheid van slib en mest is nog wat hoger, namelijk 16.320 kton/jaar (ca. 3.000 kton ds). De technologie om deze in biobased bouwstenen om te zetten is echter nog het minst ver gevorderd. Mogelijk zal de hoeveelheid mest als gevolg van inkrimping veestapel afnemen, maar de verwachting is dat dit ook de komende jaren zeker nog een relevante reststroom zal blijven.

2.2 De balans omgevingskwaliteit en biomassa productie

Nederland is een dichtbevolkt en klein land, waarin we op allerlei vlakken tegen de grenzen aanlopen van wat er milieutechnisch wenselijk is. Potentiële problemen zijn bijvoorbeeld de bodemkwaliteit, biodiversiteit en de uitstoot van broeikasgassen. Het verhogen van bepaalde intensieve biomassa teelten teneinde meer koolhydraten beschikbaar te maken voor bioplasticproductie kan daarom niet los gezien worden van mogelijke impact op het landschap en de milieu- en omgevingskwaliteit.

Het Biobased Circulair voorstel zal moeten passen in en inspelen op de transitie waarin de landbouw zich nu bevindt. Bijna de helft van de oppervlakte van Nederland is landbouwareaal (1,8 Mha)¹¹ en meer dan de helft hiervan is intensieve veehouderij (1,16 Mha). Het is moeilijk om te overzien hoe de landbouw zich zal ontwikkelen de komende jaren, maar als er iets is dat de afgelopen jaren hebben aangetoond is dat intensieve productie van voedsel (biomassa) in een klein land als Nederland niet losgezien kan worden van ruimtelijke en omgevingskwaliteit. Nieuwe teelten voor de productie van koolhydraten voor bioplastics zullen dus idealiter ook een bijdrage leveren aan de omgevingskwaliteit door de reductie van broeikasgas en stikstof, maar ook door bij te dragen aan biodiversiteit en bodemkwaliteit.

¹¹ <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/80780ned>

Ook al zal deze transitie voor een groot deel buiten Biobased Circulair om plaatsvinden, toch is het zinvol om hier naar toe te werken vanuit een visie op de toekomstige landbouw waarin zowel (intensive) voedselproductie als productie van biomassa voor biobased (non-food) toepassingen hun plek hebben binnen de grenzen van de eco-systemen in Nederland. Hieronder zullen we ingaan op hoe zo'n visie eruit zou kunnen zien.

2.2.1 Aanzet tot een visie op de landbouw in 2050

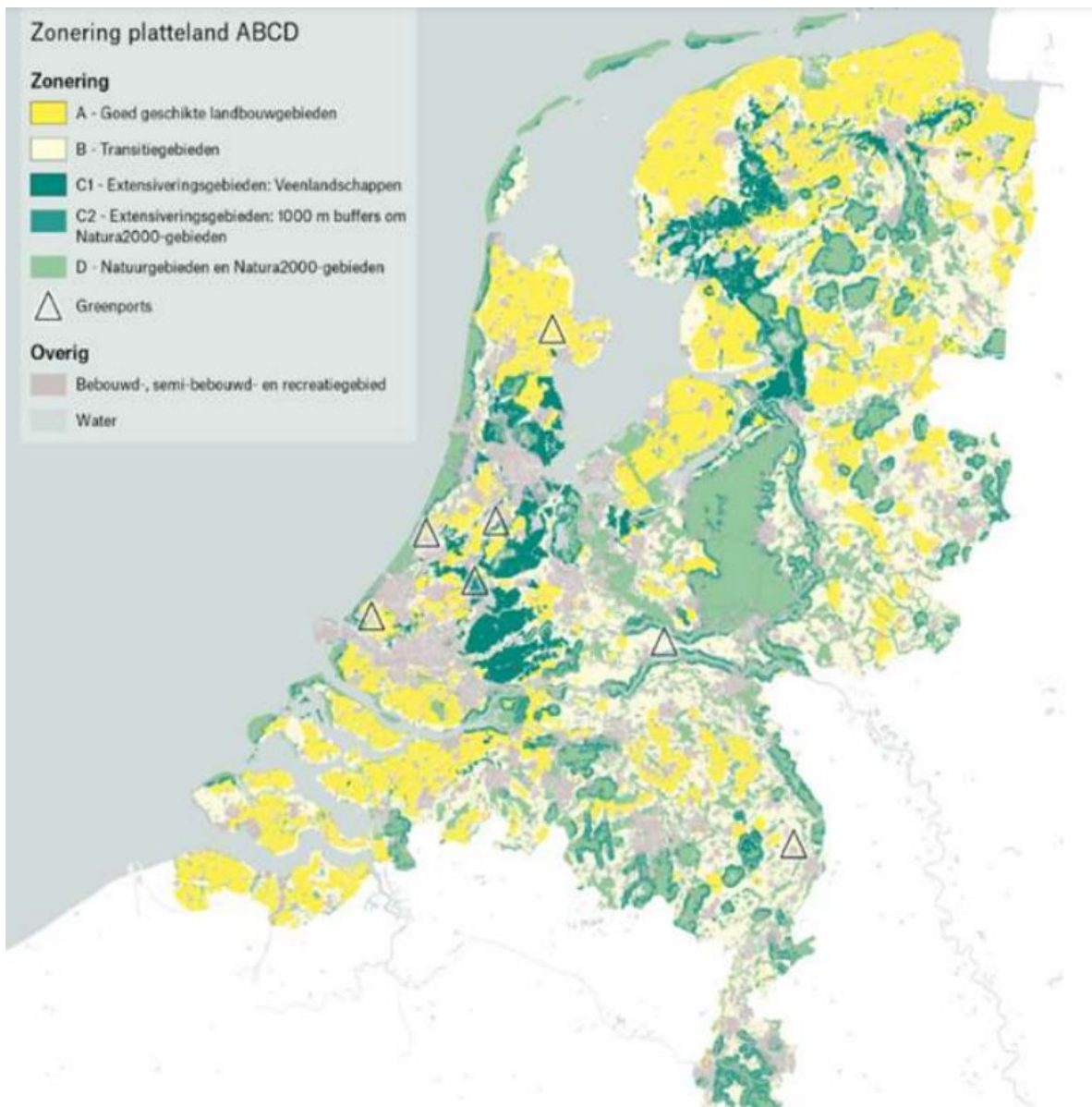
Het Ministerie van LNV werkt aan een landbouw visie, waarin een aantal ruimtelijke principes, zoals clustering en meervoudig ruimtegebruik (NOVI) meer leidend zijn en waarin negatieve externe effecten worden voorkomen, meer schaalvoordelen worden gerealiseerd en het landgebruik beter is afgestemd op het bodemwatersysteem. Hiertoe heeft het ministerie van LNV een tentatieve indeling van het huidige landelijk gebied opgesteld waarvoor verschillende opties voor landbouw worden onderscheiden (de 'ABCD-benadering').

De WUR is door LNV gevraagd deze tentatieve indeling te beschouwen in termen van de perspectieven voor een gebiedsgerichte en plaatsgebonden landbouw¹², zowel voor de individuele boeren als de sector in het algemeen. Daarbij rekening houdend met hoe de landbouw in Nederland ook kan bijdragen aan andere doelstellingen dan agrarische productie (natuurherstel en stikstof, klimaat, nitraatrichtlijn, kaderrichtlijn water). Het ideaalbeeld hierbij is een verdienstelijke en profijtelijke landbouw die bijdraagt aan een brede welvaart in een goede leefomgeving in het landelijke gebied. Daarnaast is er gevraagd wat er nodig is om agrarische ondernemers deze perspectieven te bieden en welk instrumentarium aangewend zou kunnen worden om dat te realiseren.

In de tentatieve gebiedsindeling wordt het landelijk gebied onderverdeeld in een aantal zones (zie Figuur 1):

- Zone A Goed geschikte landbouwgronden(0,9 Mha): Goed geschikte landbouwgebieden met agrarische productie als hoofdfunctie, te realiseren met een duurzame, emissiearme kringlooplandbouw met (inter)nationale perspectieven. Dit zijn over het algemeen de kleibodems (met uitzondering van de gedegradeerde of te zware kleibodems), maar ook zandgronden met voldoende leem of een eerdlaag en zelfs enkele (vergraven) veengronden vallen hieronder.
- Zone B Transitiegebieden (0,8 Mha): Gebieden waar de omstandigheden voor landbouw beperkend zijn, en deze geïntegreerd zou moeten worden met andere functies in het landelijk gebied, zoals landschap, natuur, recreëren en wonen. Zone B bestaat uit (a) uitspoelinggevoelige bodems, (b) droogtegevoelige gebieden, (c) gebieden met potentiële waterbergingsfunctie ("sponsfunctie"), (d) ecologische verbindingszones, oftewel de oude ecologische hoofdstructuur (EHS), (e) 500m bufferzones rondom Natura 2000-gebieden, (f) bodems met geringe productiviteit, door verdichting of ziektegevoeligheid, (g) gebieden met hoge landschappelijke waarde, (h) alle grondwaterbeschermingszones en (i) alle (niet vergraven) veengronden
- Zone C Extensiveringsgebieden: Veenlandschappen en buffers Natura 2000 gebieden (0,5 Mha): Gebieden waar voor landbouw beperkingen gelden vanwege grote nationale opgaven, zoals de reductie van stikstofemissies nabij waardevolle stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden (zone C2) en de aanpak van bodemdaling in veenweidegebieden (zone C1).
- Zone D: Natuurgebieden, te beschermen en te herstellen door zoveel mogelijk vrijwaring van omgevingsdruk en maatregelen gericht op verbetering van grondwateraanvulling, herstel van kwelstromen, beekherstel, nutriëntenhuishouding, connectiviteit, permeabiliteit, etc.

¹² Perspectieven voor landbouw in een gebiedsgerichte benadering, Essay in opdracht van Ministerie van LNV, Martin Scholten, Martha Bakker & Roel Jongeneel, 15 oktober 2021



Figuur 1 Tentatieve gebiedsindeling LNV in kaart gebracht

In de kaart is er een ruimtelijke clustering doorgevoerd waarbij kleine fragmentjes van zone A te midden van zone B zijn uitgeruild met kleine fragmentjes B te midden van zone A. Dit is op zo'n wijze gedaan dat rondom stedelijk gebied en open water eerder zone B aangetroffen zal worden dan zone A. Dit is gebeurd vanuit de gedachte dat wonen en water beter gecombineerd kunnen worden met zone B dan met zone A.

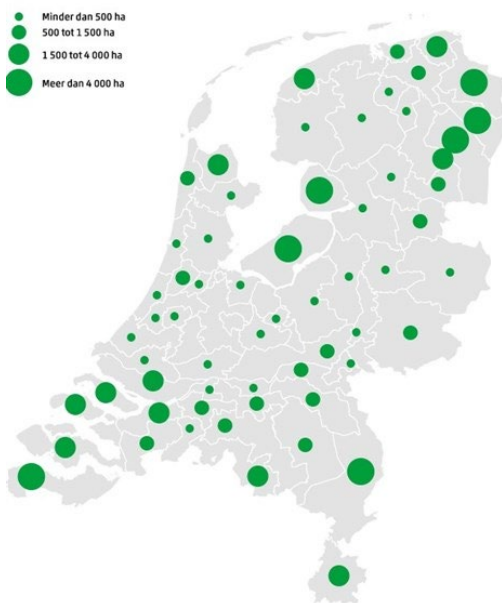
2.2.2 Inpassing teelten voor productie van bioplastics in visie

Op basis van de voorlopige conclusies in hoofdstuk 2, kan biomassateelt voor de productie van bioplastics als volgt ingepast worden.

Suikerbieten

Het additionele areaal dat mogelijk gecreëerd zal moeten worden voor de teelt van extra suikerbieten voor bioplastics zal voornamelijk ingepast moeten worden in zone A. De figuur hieronder laat zien waar de grootste arealen suikerbieten te vinden zijn in Nederland.

Areaal suikerbieten per landbouwgebied in 2017



Figuur 2 Belangrijkste suikerbietarealen in Nederland

Het huidige areaal suikerbieten van circa 83.000 hectare zou circa 9% van zone A uitmaken. Dit is een relatief groot aandeel in zone A; vandaar dat het waarschijnlijk niet realistisch is om het aandeel suikerbieten in het landbouwareaal van Nederland te verhogen in een toekomst waarin landbouw meer geclusterd wordt en beter afgestemd op de omgeving.

Houtachtige biomassa

In tegenstelling tot suikerbieten, zou de productie van houtachtige biomassa juist ingepast kunnen worden in de transitiegebieden (zone B) of extensiveringsgebieden (zone C). Deze gebieden omvatten gecombineerd een oppervlakte van in totaal 1,3 Mha. Productie van houtachtige biomassa zou kunnen plaatsvinden via vezelgewassen of bosbouw. Het hoofdproduct van deze teelten zal echter geen suikers zijn, maar eerder bouwmaterialen, zoals isolatie- of plaatmaterialen (vezels) of houten bouwelementen (hout). Gegeven de lange levensduur van hout en de grote vraag naar hout in de bouw, is het vanuit duurzaamheidsperspectief niet logisch om hier suikers uit te maken, tenzij het laagwaardige resthoutstromen zijn (bijv. snoeiafval). Productie van suikers uit deze teelten zou dan mogelijk kunnen plaatsvinden uit afval dat vrijkomt bij de verwerking van deze materialen (bijv. zaagsel).

Voor wat betreft de teelt van vezels, werkt op dit moment het Building Balance Programma aan het opzetten van nieuwe arealen vezelgewassen met als doel om op 13 locaties in Nederland circa 1.000 ha aan vezelgewassen (o.a. Miscanthus, Hennep, Zonnekroon, Lisdodde). Dit zou gezamenlijk al circa 13.000 hectare zijn, een verdrievoudiging van het huidige vlas en hennepareaal. Bioraffinage van Miscanthus vindt overigens al wel plaats in Nederland door Miscancell en Wepa. Beide produceren echter primair cellulose vezel en lignine en zijn daarom niet geschikt om suikers te produceren.

Houtachtige biomassa voor de productie van houten bouwelementen (bijv. balken, planken) kan echter wel relevant zijn voor suikerproductie, aangezien hier significante reststromen bij vrijkomen. Op deze manier kan suikerwinning onderdeel uitmaken van een geïntegreerde circulaire industrie gebaseerd op houtverwerking,. In de zagerij worden de top van de boom en takken (10%), de bast (35%) en zaagverliezen (5%) uiteindelijk niet gebruikt in het eindproduct. Een eerste schatting is dat uiteindelijk maximaal 10-20% van dit materiaal gebruikt zou kunnen worden voor suikerproductie.

Recent is ook gekeken naar chemische recycling van hout door middel van bioraffinage richting cellulose en lignine¹³. Op dit moment wordt chemisch recyclen nog niet toegepast op post-consumer afvalhout, maar op snoeihout uit bossen. Hier is de verwachting op dit moment alleen A-hout (schoon post-consumer hout) geschikt zou zijn voor bioraffinage. Maar mogelijk zouden er, bijvoorbeeld als onderdeel van de ontwikkelingen binnen Biobased Cirulair, nieuwe technologieën ontwikkeld kunnen worden voor bioraffinage van minder schone houtachtige stromen. Op dit moment zijn er al verschillende bioraffinage installaties operationeel die op basis van houtachtige stromen suikers en lignine produceren. Voorbeelden zijn:

- SEKAB (SE) gebruikt houtzaagsel als input voor hun CelluAPP technologie voor productie van ethanol, marine fuel, lignine en chemicaliën.
- Fibenol (EE) gebruikt hout restromen voor de productie van suikers en lignine voor chemicaliën en materialen.
- Andere technologie leveranciers zijn Clariant en Chempolis.

In Nederland heeft Avantium het Dawn proces ontwikkeld om met gebruikt hout residuen om suikers én lignine te produceren. Dit draait nu op pilot schaal.

Laagwaardigere houtoogsten (bijvoorbeeld kleiner materiaal in snoeiafval) zijn logischer voor directe toepassing voor suikerproductie. Hoogwaardige grote stukken hout (bijvoorbeeld stammen waar planken van gemaakt worden zullen eerst gebruikt worden als bouw materiaal en pas na de gebruiksfase mogelijk als bron voor suikerproductie. Wel kan het zaagsel en resthout dat geproduceerd wordt tijdens de verwerking van dit hout mogelijk als grondstof voor suikerproductie gebruikt worden.

Inpassing van extra houtteelt zou kunnen plaatsvinden door herintroductie van houtwallen, singels en hagen. Ook zouden kleine bosjes kunnen worden aangelegd rondom natuurgebieden¹⁴. Daarnaast zouden combinatievormen van land- en bosbouw zoals agroforestry en voedselbossen (zie onder) extra houtproductie kunnen verzorgen.



Figuur 3 Agroforestry en voedselbosbouw

Agroforestry beïnvloedt de biodiversiteit op verschillende manieren, die hieronder zijn beschreven en zijn gebaseerd op onderzoek van de WUR¹⁵. De effecten op de biodiversiteit kunnen zichtbaar zijn op zowel perceelsniveau als op landschapsniveau:

- Soorten variëteit, zoals aantal soorten, verschillende variëteiten binnen soorten, bedreigde soorten en soorten die bedreigde soorten ondersteunen.
- Permanente onverstoorde vegetatie: In tegenstelling tot in een éénjarige gewasmonocultuur, kunnen meerjarige houtige gewassen in een agroforestry-systeem, samen met de permanente vegetatiestrook eronder, zorgen voor onverstoord leefgebied en bodem het hele jaar door.
- Vegetatiestructuur: Structuur wordt gecreëerd door variatie in bijvoorbeeld groeihogte, groeiwijze en pionier- / climaxsoorten (berk vs. eik). Deze variatie zorgt voor variatie in ecologische niches.

¹³ CE Delft, Verwerkingsroutes van afvalhout, Mogelijkheden en milieukundige evaluatie middels mLCA, augustus 2022

¹⁴ Marktverkenning biomassa-reststromen, Hout uit Landschap, Spijker et. al., Maart 2020

¹⁵ Factsheet Agroforestry: Biodiversiteit vergroten, hoe doe ik dat? Handreiking voor agrarisch ondernemers die bomen willen planten op hun bedrijf, Wageningen University & Research, 2019

- Microklimaten: Een van de randeffecten die optreden in de overgang tussen twee (gewas) soorten/vegetatietypen is het ontstaan van microklimaten. Deze ontstaan voornamelijk daar waar er verschil is in vegetatiestructuur.
- Verbindingszone: Agroforestry kan dienen als bufferzone van natuurgebieden, maar ook als verbindingszone tussen natuurgebieden en natuurlijke landschapselementen.
- Behoud: Agroforestry vermindert de achteruitgang van leefgebieden; zo hoeft er dus op lange termijn geen vervangende grond ingezet te worden voor natuurbescherming.

Bomen hebben een grote invloed op de bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid door bladval en doorworteling. Dit heeft weer een positief effect op het bodemleven dat de nutriëntenkringloop en afbraak van organisch materiaal beheert. Langs de bomen worden hierdoor vaker meer verschillende soorten van pissebedden, duizendpoten, regenwormen, bodemschimmels en meer micro-biotische activiteit gevonden. De hoeveelheid organische stof in de bodem is een goede indicator voor bodembiodiversiteit. In akkerbouwpercelen is in een onderzoek naast boomstroken met hoge bomen tot 30 meter in het veld gemiddeld 5,3 ton meer organische stof per hectare gemeten dan op percelen waar geen bomen aanwezig waren.

Agroforestry heeft een bewezen significant positief effect op biodiversiteit in gematigde klimaatzones. Uit onderzoek blijkt dat bomen en andere houtige gewassen de aantallen of soortendiversiteit verhogen van vogels, loopkevers, spinnen, nachtvlinders, dagvlinders, bijen en andere insecten, maar ook van kleine zoogdieren. Onder deze soortgroepen is het effect op vogels het grootst. Uit een onderzoek kwam naar voren dat er 112% meer kleine zoogdieren voorkwamen in een agroforestry-systeem met bomen van 16 jaar oud bedoeld voor houtproductie dan in een gewasmonocultuur met hetzelfde gewas.

Bovenstaande in overweging nemende, zou het mogelijk moeten zijn om circa 10% van het B en C gebied, in totaal circa 130.000 hectare te gebruiken voor hout en/of vezelproductie. Wanneer we, conform een eerder voorstel van Staatsbosbeheer en de houtindustrie, uitgaan van een areaal van circa 100.000 hectare aan extra bos, dan zou dit resulteren 500-1000 kton extra hout per jaar. Wanneer dit volledig gebruikt zou worden voor suikerproductie (en dus zou bestaan uit hout niet geschikt voor bouwmaterialen), dan zou er 250-500 ton aan suikers uit gewonnen kunnen worden. Het precieze aandeel van deze houtachtige biomassa voor bouwproducten en voor chemie hangt echter in sterke mate af van de soort teelten. Kleinere typen houtachtige biomassa (bijv. struiken in houtwallen) zullen enkel snoeiafval produceren, terwijl bomen altijd eerst gebruikt zullen worden voor hout.

Mest en RWZI-slib

In hoofdstuk 2 is eerder al geconcludeerd dat mest (samen met RWZI-slib goed voor 16.000 kton/jaar, waarvan 3.000 kton droge stof) de meest omvangrijke reststroom is die beschikbaar is voor alternatieve toepassingen. De hoeveelheid mest hangt sterk samen met het aandeel veeteelt en die zal qua landoppervlak (als onderdeel van gebied A) naar alle waarschijnlijkheid afnemen. Desalniettemin zal de hoeveelheid mest bij verkleining van de veeteelt waarschijnlijk nog steeds aanzienlijk blijven. Dit lijkt voorsnog qua ordegrrootte de enige stroom die in de buurt kan komen van de volumes die Biobased Circulair beoogt te halen.

2.3 Duurzaamheidsaspecten productie biomassa voor bioplastics in Nederland

In dit hoofdstuk is de productie van biomassa voor bioplastics besproken. Kort samengevat komen hier de volgende duurzaamheidsaspecten het meest naar voren:

Ruimtegebruik

Gegeven de ruimtelijke opgaven waar Nederland voor staat, lijkt een aanpak van clustering en meervoudig ruimtegebruik een goede basis om in de toekomst landbouw en natuur met elkaar in balans te brengen. In dit rapport hebben we het essay van Bakker et. al als uitgangspunt gebruikt om te schetsen hoe dit perspectief eruit zou kunnen zien. Biobased Circulair zal niet direct bepalend zijn bij het realiseren van dit

perspectief, maar zou wel indirect een rol kunnen spelen in deze transitie door een markt te creëren voor biograndstoffen.

De productie van biograndstoffen kan op gang gebracht worden met een relatief beperkt extra beslag op ruimte. Vanuit het bestaande suikerbietenareaal kan de komende 10 jaar al circa 300 kton aan suikers worden geproduceerd door opbrengstverhoging en afname van de suikervraag. Om de korte termijn doelstellingen van BBC te halen is er geen of slechts zeer beperkt extra suikerbietenareaal nodig. Dit areaal zal zich grotendeels in de specifiek voor intensieve landbouw aangewezen clusters bevinden (zie Bakker et. al).

Daarnaast zijn er lignocellulose reststromen (2.000 kton, waarvan circa 1.000 kton suikers) en mest/RWZISlib (16.000 kton, waarvan 3.000 ds) als grondstoffen beschikbaar, die nu vooral worden toegepast voor energieopwekking, maar hoogwaardiger zouden kunnen worden ingezet. Beide zijn bestaande reststromen die zonder extra ruimtegebruik via Biobased Circulair hoogwaardiger gevaloriseerd kunnen worden. Biobased Circulair kan hiervoor technologie beschikbaar maken in de vorm van bioraffinage, bioconversietechnologie en inzameling van biomassa om deze reststromen effectief te benutten voor de productie van bioplastics. Daarnaast zou extra areaal gewijd kunnen worden aan de productie van extra houtachtig materiaal door middel van houtwallen, singels, kleine bosjes rondom natuurgebieden en bijvoorbeeld agroforestry. Het zou mogelijk moeten zijn om circa 10% van het B en C gebied, in totaal circa 130.000 hectare te gebruiken voor hout en/of vezelproductie, die direct of indirect voor de productie van bioplastics kan worden gebruikt. Dit levert 250-500 kton extra suikers op (indien de biomassa volledig voor suikerproductie wordt ingezet).

Bodem en biodiversiteit

Suikerbieten zijn een intensieve teelt, waarvoor gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, bemesting en intensieve grondbewerking noodzakelijk is. Het is echter ook een zeer efficiënt en hoog renderend gewas voor productie van suikers, waarvan ook nog eens de reststromen (suikerbietenpulp, molasses, bietenblad) verwerkt kunnen worden tot hoogwaardige producten (in feed, maar ook als vezels voor papier en eiwit voor humane consumptie). De suikerbiet zou dan ook goed passen in een intensieve geclusterde (Bakker et. al) landbouw (totaal 9% van de zone voor intensieve landbouw volgens Bakker).

Het toepassen van bestaande mest als grondstof voor bioplastics kan mogelijk een nieuwe impuls geven aan de verwaarding van mest en de winning van nutriënten uit mest, aangezien deze nutriënten in bijvoorbeeld PHA-productie slechts in ondermaat aanwezig mogen zijn. Dit geeft mogelijk nieuwe perspectieven voor duurzaam bodembeheer. De toepassing van houtachtige reststromen die nu al voor energie worden ingezet heeft geen effect op de bodem. De teelt van nieuwe houtachtige biomassa door integratie in het landschap en de landbouw kan echter een zeer positief effect hebben op de bodem en biodiversiteit. Hier ligt de mogelijkheid van een win-win voor de landbouw, bosbouw, de bouw en de chemische industrie.

3 Duurzaamheid van de productie van bioplastics

3.1 Van suiker naar bioplastic

Biobased Circulair is voornemens om een breed scala aan bioplastics te gaan ontwikkelen en richting grootschalige productie te brengen. De meest vergevorderde bioplastics zijn PLA en PEF en voor beiden zijn flagship fabrieken voorzien binnen Biobased Circulair. Verder spelen PHA's een belangrijke rol als één van de bioplastics die juist vanuit heterogene afvalstromen zouden kunnen worden geproduceerd. De productie van deze drie bioplastics zal kort worden besproken vanuit duurzaamheidsperspectief.

3.1.1 PLA

Melkzuur, de bouwsteen voor PLA, wordt door anaerobe fermentatie geproduceerd uit C6-suikers zoals glucose en fructose. Industriële productie van melkzuur loopt uitsluitend via de biochemische route en heeft in dat opzicht geen petrochemische tegenhanger.

Verschillende micro-organismen kunnen melkzuur produceren¹⁶, maar voor commerciële toepassingen wordt vaak *Lactobacillus* toegepast. Nadat melkzuur is gevormd neemt de pH van het fermentatiemedium af en deze moet weer worden verhoogd om de groei van micro-organismen niet te belemmeren. Daarvoor wordt calciumcarbonaat of calciumhydroxide gebruikt voor het verhogen van de pH, waarop calciumlactaat gevormd dat neerslaat in het fermentatiemedium. Vervolgens moet het melkzuur weer opgelost worden in het medium door middel van zwavelzuur en hierbij ontstaat gips (calcium sulfaat) als afvalstroom. Na de fermentatie wordt het melkzuur geïsoleerd uit het fermentatiemedium en gezuiverd tot een bepaald niveau. De productie van gips was tot nu toe een belangrijke milieu-impact van het melkzuur productie proces. In het nieuwe productieproces van Corbion dat binnen Biobased Circulair op schaal zal worden toegepast, wordt geen gips meer geproduceerd.

Men kan melkzuur gebruiken als monomeer voor een polycondensatiereactie, maar het resulterende polymeer heeft een te laag molecuulgewicht vanwege resterende watermoleculen die niet verwijderd kunnen worden en is daarom niet praktisch bruikbaar. In plaats daarvan gebeurt de synthese van PLA meestal door de polymerisatie van lactide, dit is het cyclische dimeer van melkzuur, of van andere ringvormige oligomeren van melkzuur. Het is een ringopening polymerisatie, met als katalysator een organische tin verbinding.

PLA kan verwerkt worden door middel van spuitgieten, folieblazen, extruderen, vacuumvormen, extrusie-blowmoulding en stretch-blowmoulding. Voornaamste toepassingen:

- Verpakkingen: gevacuümvormde groenten- en fruitverpakkingen, folies, geblaasvormde flessen
- Wegwerpartikelen: borden, bakjes, bestek
- Medisch: hecht draad
- Textiel: vezels
- Elektronica: onderdelen voor mobiele telefoons, camera's en DVD spelers

De fermentatie van melkzuur uit suiker heeft een zeer hoog theoretisch rendement. Uit 1 molecuul glucose worden 2 moleculen melkzuur gevormd (theoretisch rendement 100%).

¹⁶ Harmsen et. al, Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie Gewassen, processen, beleid, augustus 2014

3.1.2 PEF

PEF (Polyethylene 2,5-furandicarboxylaat) wordt geproduceerd door de co-polymerisatie van 2,5-furandicarbonsuur (FDCA) en monoethyleenglycol (MEG). Avantium heeft technologie ontwikkeld en op schaal gedemonstreerd om vanuit koolhydraten MEG en FDCA te synthetiseren en deze vervolgens te polymeriseren tot PEF. Hieronder wordt in meer detail beschreven hoe dit plaatsvindt¹⁷.

De YXY-technologie[®] is een nieuwe en innovatieve manier om FDCA te produceren. Het bestaat uit een chemisch katalytisch proces om RMF (5-(methoxymethyl) furfural met een bepaalde hoeveelheid HMF) te produceren, dat vervolgens in een oxidatiestap wordt omgezet in FDCA. De technologie voor de productie van FDCA kan worden onderverdeeld in verschillende katalytische stappen:

- Stap 1: katalytische dehydratie (d.w.z. de verwijdering van zuurstof via waterverwijdering) van plantaardige suikers (fructosestroop) in een alcohol, om een alkoxymethylfurfural zoals methoxymethylfurfural (MMF) te maken.
- Stap 2: katalytische oxidatie van een alkoxymethylfurfuraal (zoals MMF) in azijnzuur om furaandicarbonsuur te maken ('crude' (c)FDCA).
- Stap 3: Zuivering, verwijdering van productonzuiverheden via zuivering die gezuiverde FDCA (pFDCA) produceert;

Voor de productie van MEG heeft Avantium de Ray[®]-technologie ontwikkeld. Hier wordt het koolhydraat (bijv. fructose) gehydrogenoliseerd (de koolhydraatring wordt doorbroken) en katalytisch omgezet tot MEG. Dit gebeurt in een-staps reactie, die zeer koolstofefficiënt is (max theoretische opbrengst is 100%).

Door middel van smelt polymerisatie van FDCA en mono-ethyleenglycol (biobased MEG) wordt het biopolymeer polyethyleenfuranoaat (PEF) geproduceerd. Doorgaans wordt de smeltpolymerisatie gevolgd door een solid-state polymerisatiestap om het molecuulgewicht van het polymeer op de gewenste waarden te brengen, afhankelijk van de doeltoepassing. Tot slot wordt de PEF toegepast in een product door middel van verschillende verwerkingsprocessen, afhankelijk van de toepassing:

- flessen (spuitrek blaasgieten)
- trays (extrusie en thermoforming)
- vezels (smeltspinnen)
- films (extrusie, meerlaags filmblazen en lamineren)
- mechanische of chemische recycling van PEF;

3.1.3 PHA's

PHA's zijn een familie van natuurlijk voorkomende polymeren¹⁸. Ze kunnen verwerkt worden tot harde of zachte kunststoffen, en tot zowel kristallijne als amorphe polymeren. Een ander belangrijk kenmerk van de PHA-familie is dat ze biologisch afbreekbaar zijn; niet alleen in industriële composteerinstallaties, maar ook in de bodem en in zoet- en zeewater.

PHA's worden in de natuur geproduceerd door een breed scala aan micro-organismen die PHA gebruiken als koolstof en energie opslag. Meest voorkomend is de accumulatie in bacteriën door omzetting van suikers of vetzuren. Productie van PHA omvat de vermenigvuldiging van micro-organismen en door het veranderen van voedingsstoffen waardoor de micro-organismen PHA produceren en accumuleren. Bacteriën kunnen zich ophopen tot 80% PHA op basis van hun droge gewicht in hun cellen.

Hoewel de industriële productie en commercialisering van PHA meer dan 30 jaar geleden is begonnen, is het onderzoek naar het verbeteren van de marktkansen van PHA door het optimaliseren van PHA productie en eigenschappen nog steeds aan de gang. Het meeste onderzoek en ontwikkeling is gericht op het verlagen van de kosten van PHA-productie. In dit opzicht is de meeste focus op het fermentatieproces (PHA accumulatie door micro-organismen) maar ook op de PHA extractie proces. Samen met nieuwe verbeterde

¹⁷ Informatie van Avantium: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/5/943>

¹⁸ Molenveld et. al, Paving the way for biobased materials, a roadmap for the market introduction of PHAs, WfBR, January 2022

industriële productieroutes kunnen de kosten van PHA-productie worden verminderd en de kwaliteit van PHA's kan worden verbeterd.

Het verbeteren van de fermentatie omvat het ontwikkelen van bacteriestammen die sneller groeien, hogere hoeveelheden PHA ophopen en een gunstigere conversiefactor (kg grondstof nodig voor de productie 1 kg PHA). Andere doelen van de engineering van micro-organismen voor PHA-productie zijn:

- Soorten die eenvoudige koolstofbronnen als substraat kunnen gebruiken
- Verbetering van de productie van grotere PHA-korrels om de extractie te vergemakkelijken
- Verzwakking van celwanden om extractie te vergemakkelijken
- Controle van de molmassa van de PHA
- Ontwikkeling van stammen voor continue productieprocessen
- Ontwikkeling van nieuwe PHA's met unieke eigenschappen

Op dit moment worden de meeste commercieel verkrijgbare PHA's geproduceerd met behulp van fermentatie in single-culture processen. Typische verschillen tussen de processen zijn het type PHA, bacteriestammen, grondstoffen en downstream verwerking. Alternatieve routes, momenteel in de academische of vroege opstartfase, omvatten het gebruik van gemengde culturen maar ook continue PHA-productie. Bedrijven die zich richten op gemengde cultuur PHA productie zijn Paques Biomaterials, Full Cycle Bioplastics en Genecis.

Om mest te kunnen gebruiken als grondstof voor PHA, moet deze anaeroob moet worden vergist om vluchtige vetzuren aan te maken. Vervolgens moeten die VFA's worden geïsoleerd en geconcentreerd. Om efficiënt PHA te maken is een overschot aan koolstofbron (zoals VFA) nodig, en een andere nutriënt-limitatie (bijv. stikstof of fosfor, maar daarvan zit er juist veel in mest); dan kunnen de bacteriën niet groeien a.g.v. de nutriënt-limitatie en kunnen ze de overmaat koolstof opslaan (ophopen) in de vorm van PHA.

3.2 Duurzaamheidsaspecten productie bioplastics

Gegeven dat de bioplastics waar Biobased Circulair zich op richt grotendeels nieuwe plastics zijn die niet altijd duidelijke fossiele counterparts hebben, is het niet altijd makkelijk om deze een-op-een te vergelijken. Er zijn een aantal redenen waarom bioplastics vanuit duurzaamheidsperspectief beter presteren dan fossiele plastics:

- De biomassa waaruit bioplastics geproduceerd worden neemt koolstof op tijdens de teelt. Zeker in geval van toepassingen met een lange levensduur (zoals in de bouw) betekent dit dat deze koolstof voor lange tijd opgeslagen wordt. Ook wanneer het product waarin het wordt toegepast vele malen wordt hergebruikt of gerecycled blijft deze koolstof opgeslagen.
- De in Biobased Circulair geproduceerde bioplastics worden geproduceerd volgens zeer efficiënte processen, waarbij tot 100% van de grondstof ook daadwerkelijk wordt omgezet in product. Dit betekent dat er weinig tot geen reststromen ontstaan.
- Biobased Circulair richt zich vooral op polyesters, waarin de chemische bouwstenen waaruit het polymeer is opgebouwd veel zuurstofatomen bevatten. Deze zuurstofatomen zijn van nature al aanwezig in suikers. Voor fossiele polyesters moet deze zuurstof eerst worden ingebouwd in de bouwstenen door middel van een energie-intensieve reactie stap.
- Biotechnologische productieprocessen (zoals voor PLA) vinden vaak onder relatief lage temperaturen plaats en er is dus relatief weinig energie voor nodig. Daar staat tegenover dat de producten vaak wel geïsoleerd moeten worden, wat weer extra energie kost.

Een goede indicator waarin veel van deze factoren samenkomen is de broeikasgasreductie per kilogram product.

Avantium's biobased PEF fles laat op dit moment al een reductie van 35%¹⁹ zien ten opzichte van fossiel-gebaseerde PET-flessen. Deze reductie zal waarschijnlijk nog verder toenemen als gevolg van verhoging van het hergebruik en recycling.

Zoals eerder genoemd, zijn directe vergelijkingen niet mogelijk voor "nieuwe" biobased plastics zoals PLA en PHA²⁰. Vergelijkingen met fossiele kunststoffen met vergelijkbare eigenschappen of toepassingsmogelijkheden worden vaak gemaakt. PLA is het best te vergelijken met PS of PET. In vergelijking met PET worden reducties van 2,5 -3,5 kg CO₂ per kg polymeer gerapporteerd, meer dan 40% reductie. PS heeft een grotere ecologische voetafdruk dan PET, maar een lagere dichtheid dan PET en PLA.

LCA-gegevens van PHA laten grote variaties zien, variërend van aanzienlijk broeikasgasemissies tot veel hogere effecten in vergelijking met fossiele kunststoffen. Deze verschillen houden verband met de hoeveelheid en het type energie dat wordt gebruikt voor fermentatie, het type grondstof, de productieopbrengsten en de downstream processing (oogsten van PHA) dat wordt gebruikt. Over het algemeen wordt een klein milieuvoordeel gevonden, maar juist bij het gebruik van afvalstromen kan een gunstigere ecologische voetafdruk worden bereikt.

Een andere studie²¹ laat zien dat wanneer methodologische verschillen tussen uitgevoerde LCA-studies voor biobased plastics worden geharmoniseerd, in ieder geval voor PLA en mogelijk ook voor andere van de hierboven genoemde materialen, een broeikasgasemissiereductie van minimaal 1 kg CO₂-eq zou kunnen worden gerealiseerd per kg plastic in vergelijking met hun fossiele tegenhangers. Voor andere routes kan meer onderzoek en/of verdere ontwikkeling nodig zijn om te voldoen aan een CO₂-eq./kg reductie van 1 kg. De reductie van 1 kg CO₂-eq per kg bioplastic is een relatief voorzichtige schatting, gebaseerd op deels ook wat oudere LCA data en soms vrij grote verschillen tussen verschillende bioplastics. Ook is er rekening gehouden met indirect land use change (ILUC, verandering in landgebruik door verhoging voedingsproductie elders als compensatie van gebruik landbouwgrond waar eerst voedingsgewassen op werden geteeld voor non-food toepassingen). Binnen BBC worden, zoals dit rapport laat zien, echter op korte termijn geen grote veranderingen in landgebruik verwacht om de doelstellingen te halen.

Gegeven dat de hele portfolio van bioplastics waar Biobased Circulair zich op zal richten (vooral polyesters) bestaat uit mogelijk beter presterende (PEF, PLA) en nog meer in ontwikkeling zijnde biobased plastics waarvoor de doelstelling is om door verdere technologie ontwikkeling vergelijkbare prestaties te behalen, zal uitgegaan worden van 2 kg CO₂-reductie per kg bioplastic.

¹⁹ <https://www.avantium.com/press-releases/life-cycle-assessment-study-demonstrates-the-potential-of-avantiums-fdca-and-pef-technology-to-curb-global-warming/>

²⁰ Biobased plastic: sustainable sourcing and content, Under Framework Contract ENV/F1/FRA/2019/0001
Economic Analysis of Environmental Policies and Analytical Support in the Context of Better Regulation, Wood/WFBR, 2022

²¹ Sustainability of biobased plastics, Analysis focusing on CO₂ for policies, CE Delft, to be published in 2023

4 Circulariteit bioplastics

Relevante end-of-life opties voor bioplastics omvatten mechanische recycling, chemische recycling, organische recycling en geprogrammeerde biologische afbraak in specifieke open omgevingen).

4.1 Bioafbreekbaarheid

Biologische afbreekbaarheid is een systeemeigenschap, die het resultaat is van de interactie tussen de materiaaleigenschappen van het plastic en de biotische en abiotische omstandigheden van het milieu waarin het biologisch afbreekt. Biologische afbraak hangt sterk af van omgevingsomstandigheden (temperatuur, aanwezigheid van micro-organismen, aanwezigheid van zuurstof en water). Zowel de biologische afbreekbaarheid als de afbraaksnelheid van een biologisch afbreekbaar kunststofproduct kunnen verschillen, afhankelijk van deze omstandigheden.

Tabel 2²² geeft een overzicht van de biologische afbreekbaarheid van verschillende biobased plastics in industriële compostering, thuiscompostering, bodem en het mariene milieu. De informatie heeft betrekking op de maximaal aanvaardbare 'tijdsduur' voor afbraak van het plastic, die verschilt per omgeving. Certificeringsschema's hanteren mineralisatie (omzetting in natuurlijk voorkomende gassen en biomassa) als eindstadium. Om tot mineralisatie te komen, hanteren ze een maximale tijd van 6 maanden toe voor industriële compostering, 12, maanden voor thuiscompostering, 2 jaar voor bodem en 6 maanden in het mariene milieu in gestandaardiseerde biologische afbraaktests op laboratoriumschaal.

Tabel 2 Bioafbreekbaarheid in verschillende omgevingen

Biobased plastic	Industriële compostering	Thuis composteren	Bodem	Water
PLA	Snel	Nee	Nee	Nee
PBS	Ja	Nee	Nee	Nee
PHB (PHA)	Ja	Ja	Ja	Ja
PBAT	Ja	Ja	Ja	Nee

De biologische afbreekbaarheid moet op productniveau worden bepaald (inclusief ontwerp en grootte, alle productcomponenten, additieven). Voor biologisch afbreekbare kunststoffen die niet-biologisch afbreekbare (anorganische) additieven bevatten, is het belangrijk om vast te stellen dat deze geen schade toebrengen aan het milieu tijdens en na biologische afbraak.

4.2 Recycling

PET is het meest gerecyclede plastic verpakkingsmateriaal (in Europa en wereldwijd). De chemische samenstelling van PET (polyester) maakt het mogelijk om PET te upgraden tijdens mechanische recycling met behulp van solid state postcondensatie. Bovendien kan chemische recycling van PET met behulp van solvolyseprocessen worden gebruikt om efficiënt de bouwstenen van PET (het monomeer) terug te winnen die de productie van PET van virgin kwaliteit mogelijk maken.

Biobased polyesters zoals bijvoorbeeld PLA, PETf, PTT, PBS kunnen worden gerecycled met behulp van vergelijkbare processen als gebruikt voor PET (zie tabel 3²³). De huidige beperkingen zijn gerelateerd aan beschikbare volumes.

²² Biobased plastic: sustainable sourcing and content, Under Framework Contract ENV/F1/FRA/2019/0001

Economic Analysis of Environmental Policies and Analytical Support in the Context of Better Regulation, Wood/WFBR, 2022

²³ Biobased plastic: sustainable sourcing and content, Under Framework Contract ENV/F1/FRA/2019/0001

Economic Analysis of Environmental Policies and Analytical Support in the Context of Better Regulation, Wood/WFBR, 2022

Tabel 3 Recyclebaarheid biobased plastics

Biobased plastic	Mechanische recycling	Chemische recycling (terug naar monomeer)	Thermo-chemisch
Biobased polyolefinen (PE, PP)	Past in huidige recycling systeem	Nee	Lage opbrengst
Biobased polyesters (PET)	Past in huidige recycling systeem	Hoge opbrengst	Niet de voorkeur voor polymeren die zuurstof bevatten
"Nieuwe" Biobased polyesters (PETf, ...)	Kansen in methodes vergelijkbaar met PET*	Kansen in methodes vergelijkbaar met PET*	Niet de voorkeur voor polymeren die zuurstof bevatten
Biobased biodegradeerbare polyesters (PLA, ...)	Kansen in methodes vergelijkbaar met PET*	Kansen in methodes vergelijkbaar met PET*	Niet de voorkeur voor polymeren die zuurstof bevatten

*PET en PEF zijn beide polyesters met een vergelijkbare chemische structuur. Het succes van PET in de postcondensatie kan worden gebruikt om de moleculen te repareren en helpt tegelijkertijd om vluchtige verontreinigingen te verwijderen. Hetzelfde proces kan worden gebruikt voor PEF (en voor PLA). Polyolefinen zoals PE en PP bieden deze mogelijkheid niet omdat ze alleen C-C-bindingen hebben.

Met betrekking tot end-of-life recycling is het marktaandeel van biobased plastics op dit moment te laag om "nieuwe" biobased plastics economisch te recyclen binnen de huidige kunststofrecyclingsystemen. Bovendien beweren kunststofrecyclers dat biobased en composteerbare kunststoffen een negatief effect hebben op plastic recycelaat, maar dit is niet bewezen of onderbouwd rekening houdend met de huidige sorteer- en recyclingpraktijk. Studies tonen aan dat bij voldoende volumes (5% van het plastic afval) biobased plastics technisch en economisch kunnen worden gerecycled via mechanische en chemische recyclingroutes¹⁹.

Een grote uitdaging bij het recyclen van plastics in het algemeen ligt bij de inzameling en het opzetten van de keten die hiervoor nodig is. Dit is ook nu al een uitdaging voor fossiele plastics. Hoewel de recyclingpercentages toenemen, is het gebruik van gerecycleerde inhoud in kunststofproducten (vervanging van nieuwe kunststoffen) beperkt (in 2018 werd slechts 4% van het PP-verbruik, 5% van het HDPE-verbruik en 18% van het PET-verbruik voorzien door secundaire materialen). De introductie van chemische recycling zal hier mogelijk verandering in brengen, maar niet op de heel korte termijn (tot 2030). Voor Biobased Circulair is daarom uitgegaan van circulariteitspercentage van 5% in 2030 (vergelijkbaar met huidige fossiele plastics), 20% in 2040 en 40% in 2050.

5 Conclusies

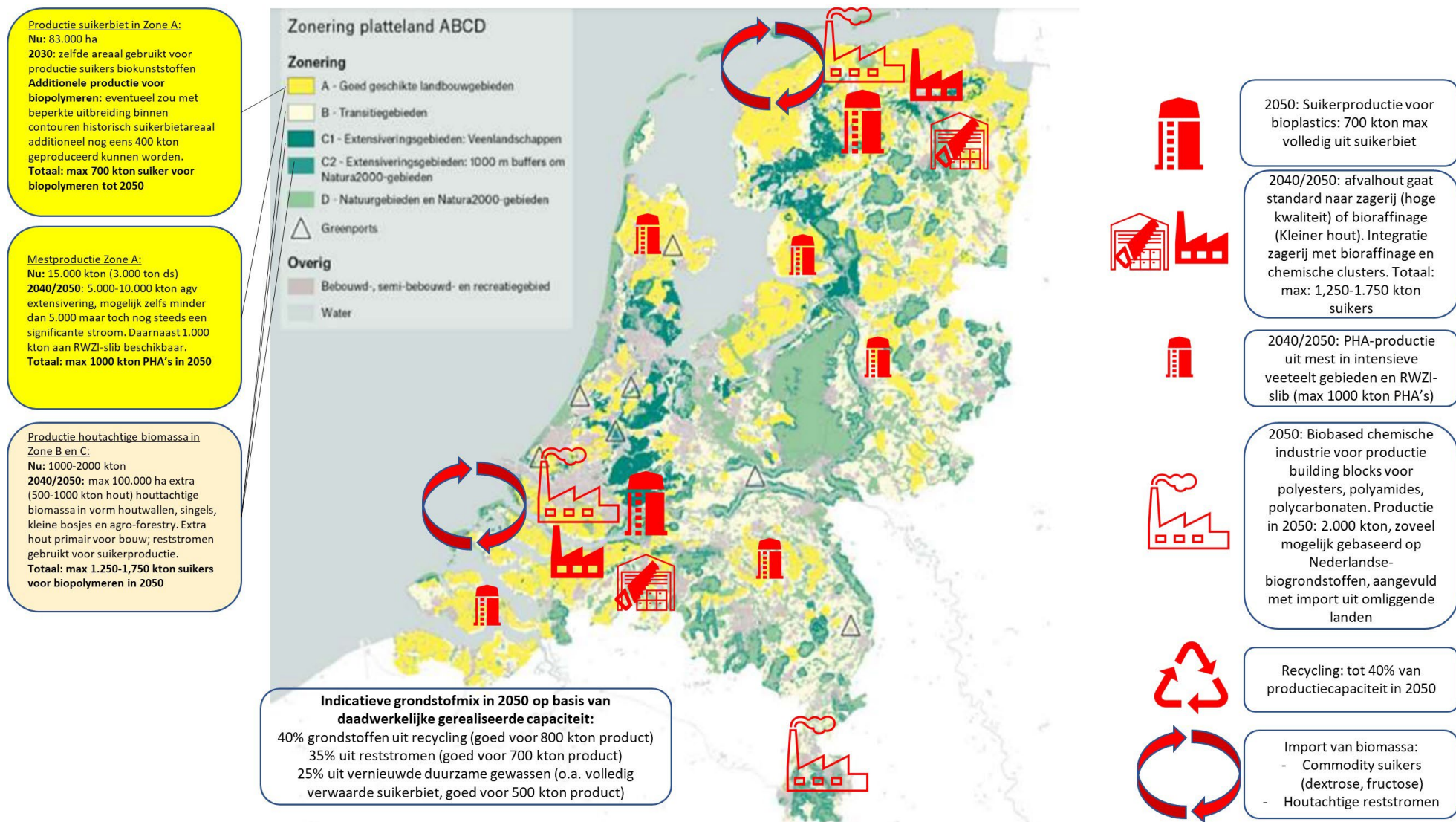
Het Biobased Circulair initiatief is voornemens een programma uit te voeren om Nederland een Europese koploper te laten worden in bioplasticproductie. Het doel is om uiteindelijk 2.000 kton aan bioplastics te kunnen produceren in Nederland. WFBR heeft in dit rapport de duurzaamheidsaspecten van dit plan belicht met ook veel aandacht voor de ruimtelijke en landbouwaspecten vanuit Nederlands perspectief. Vanzelfsprekend kunnen de biograndstoffen voor BBC geïmporteerd worden, maar productie in Nederland kan mogelijk nieuwe perspectieven voor een duurzame landbouw opleveren. Hiervoor zijn vanuit waardeketenperspectief de verschillende duurzaamheidsaspecten op hoofdlijnen geëvalueerd.

5.1 Productie biomassa voor bioplastics in Nederland

Gegeven de ruimtelijke kwaliteitsopgaven waar Nederland voor staat, lijkt een aanpak van clustering en meervoudig ruimtegebruik een goede basis om in de toekomst landbouw en natuur met elkaar in balans te brengen. In dit rapport hebben we het essay van Bakker et. al als uitgangspunt gebruikt om te schetsen hoe dit perspectief eruit zou kunnen zien. Biobased Circulair zal niet direct bepalend zijn bij het realiseren van dit perspectief, maar zou wel indirect een rol kunnen spelen in deze transitie door een markt te creëren voor biograndstoffen. Een illustratieve ruimtelijke inpassing op basis van Bakker et al. is weergegeven in onderstaande figuur.

In relatie tot de teelt van biomassa voor non-food toepassingen, wordt vaak het bezwaar gemaakt dat de benodigde landbouwgrond ook gebruikt zou kunnen worden voor voedselproductie. De productie van koolhydraten voor bioplastics kan echter op gang gebracht worden zonder extra landbouwareaal aan te spreken als gevolg van toename van de opbrengsten per ha, mogelijke reductie van de suikervraag door dieetveranderingen en landbesparing als gevolg van de toepassing van bietenpulp, molasses en eiwit uit bietenblad.

Voor de langere termijn zijn naast suikerbieten ook lignocellulose reststromen (2.000 kton, waarvan circa 1.000 kton suikers) en mest/RWZI-slib (16.000 kton, waarvan 3.000 droge stof) als grondstoffen beschikbaar, die nu vooral worden toegepast voor energieopwekking, maar hoogwaardiger zouden kunnen worden ingezet. Beide zijn bestaande reststromen die zonder extra ruimtegebruik via Biobased Circulair hoogwaardiger gevaloriseerd kunnen worden. Biobased Circulair kan hiervoor technologie beschikbaar maken in de vorm van bioraffinage, bioconversietechnologie en inzameling van biomassa om deze reststromen effectief te benutten voor de productie van bioplastics. Daarnaast zou extra areaal gewijd kunnen worden aan de productie van extra houtachtig materiaal door middel van houtwallen, singels, kleine bosjes rondom natuurgebieden en bijvoorbeeld agroforestry. Het zou mogelijk moeten zijn om circa 10% van het B en C gebied, in totaal circa 100.000 hectare te gebruiken voor hout en/of vezelproductie, die direct of indirect voor de productie van bioplastics kan worden gebruikt. Dit levert 250-500 kton extra suikers op (indien de biomassa volledig voor suikerproductie wordt ingezet).



Figuur 4 Illustratieve ruimtelijke inpassing Biobased Circulair in 2040/2050

Bodem en biodiversiteit

Suikerbieten zijn een intensieve teelt, maar ook een zeer efficiënt en hoog renderend gewas voor productie van suikers, waarvan ook nog eens de reststromen (suikerbietenpulp, bietenblad) verwerkt kunnen worden tot hoogwaardige producten (respectievelijk vezels voor papier, C5 suikers en eiwit voor humane consumptie). De suikerbiet zou dan ook goed passen in een intensieve geclusterde (Bakker et. al) landbouw en de toewijzing aan areaal voor de productie van bioplastics is zeker te verdedigen wanneer deze binnen de contouren van 100.000 ha suikerbietenareaal blijft (totaal 9% van de zone voor intensieve land bouw volgens Bakker).

Het toepassen van bestaande mest als grondstof voor bioplastics zal gegeven het mestoverschot de kwaliteit van de bodem waarschijnlijk ten goede komen. De toepassing van houtachtige reststromen die nu al voor energie worden ingezet heeft geen effect op de bodem. De teelt van nieuwe houtachtige biomassa door integratie in het landschap en de landbouw kan echter een zeer positief effect hebben op de bodem en biodiversiteit. Hier ligt de mogelijkheid van een win-win voor de landbouw, bosbouw, de bouw en de chemische industrie.

5.2 Productie bioplastics

Gegeven dat de bioplastics waar Biobased Circulair zich op richt grotendeels nieuwe plastics zijn die niet altijd duidelijke fossiele counterparts hebben, is het niet altijd makkelijk om deze een-op-een te vergelijken. Er zijn een aantal redenen waarom bioplastics vanuit duurzaamheidsperspectief beter zouden presteren dan fossiele plastics:

- De biomassa waaruit bioplastics geproduceerd worden neemt koolstof op tijdens de teelt. Zeker in geval van toepassingen met een lange levensduur (zoals in de bouw) betekent dit dat deze koolstof voor lange tijd opgeslagen wordt. Ook wanneer het product waarin het wordt toegepast vele malen wordt hergebruikt of gerecycled blijft deze koolstof opgeslagen.
- De in Biobased Circulair geproduceerde bioplastics worden geproduceerd volgens zeer efficiënte processen, waarbij tot 100% van de grondstof ook daadwerkelijk wordt omgezet in product. Dit betekent dat er weinig tot geen reststromen ontstaan.
- Biobased Circulair richt zich vooral op polyesters, waarin de chemische bouwstenen waaruit het polymeer is opgebouwd veel zuurstofatomen bevatten. Deze zuurstofatomen zijn van nature al aanwezig in suikers. Voor fossiele polyesters moet deze zuurstof eerst worden ingebouwd in de bouwstenen door middel van een energie-intensieve reactie stap.
- Biotechnologische productieprocessen (zoals voor PLA) vinden vaak onder relatief lage temperaturen plaats en er is dus relatief weinig energie voor nodig. Daar staat tegenover dat de producten vaak wel geïsoleerd moeten worden, wat weer extra energie kost.

Een goede indicator waarin veel van deze factoren samenkomen is de broeikasgasreductie per kilogram product. Gegeven dat de hele portfolio van bioplastics waar Biobased Circulair zich op zal richten (vooral polyesters) bestaat uit mogelijk beter presterende (PEF, PLA) en nog meer in ontwikkeling zijnde biobased plastics, kan worden uitgegaan van 2 kg CO₂-reductie per kg bioplastic in vergelijking met fossiele counterparts. Dit is echter een conservatieve schatting en zou, zeker wanneer als gevolg van Biobased Circulair verder ontwikkelde bioraffinage en conversietechnologie beschikbaar komt, hoger kunnen uitpakken.

5.3 Circulariteit bioplastics

Relevante end-of-life opties voor bioplastics omvatten mechanische recycling, chemische recycling, organische recycling en geprogrammeerde biologische afbraak in specifieke open omgevingen. Biobased plastics zoals PHA's en PLA kunnen biologisch worden afgebroken (PLA alleen in industriële composteerinstallatie) en creëren daarbij nieuwe verwerkingsmogelijkheden voor plastics.

Met betrekking tot recycling is het marktaandeel van biobased plastics op dit moment te laag om "nieuwe" biobased plastics economisch te recyclen binnen de huidige kunststofrecyclingsystemen. Bovendien beweren kunststofrecyclers dat biobased en composteerbare kunststoffen een negatief effect hebben op plastic recycalaat, maar dit is niet bewezen of onderbouwd rekening houdend met de huidige sorteer- en recyclingpraktijk. Studies tonen aan dat bij voldoende volumes (5% van het plastic afval) biobased plastics technisch en economisch kunnen worden gerecycled via mechanische en chemische recyclingroutes. Een grote uitdaging bij het recyclen van plastics in het algemeen ligt bij de inzameling en het opzetten van de keten die hiervoor nodig is. Dit is ook nu al een uitdaging voor fossiele plastics en daarmee kunnen biobased plastics meeprofiten van de grote investeringen die op dit moment al worden gedaan in de recyclingcapaciteit van plastics. Biobased Circulair is daarom uitgegaan van circulariteitspercentage van 40% in 2050.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food & Biobased Research
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
E info.wfbr@wur.nl
wur.nl/wfbr

Rapport 2394

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

