

# Workpackage Geïntegreerde Bioraffinage

## Kansen voor bedrijven en maatschappij

**Bioraffinage beoogt plantaardige en dierlijke grondstoffen op efficiënte, ecologisch verantwoorde en economische wijze te ontrafelen, zodat de volledige potentie van haar inhoudstoffen benut kan worden.**

### *Kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven en kennisclusters*

In de komende 5 jaar leidt gecascadeerde benutting van biomassa tot een grotere constante stroom duurzame, betaalbare en kwalitatief hoogwaardige grondstoffen voor de vergroening van de chemische industrie, transportbrandstoffen en de energiesector. Hiermee levert bioraffinage een essentiële bijdrage aan de belangrijkste voorwaarden voor de materialen-, chemie- en energiesector om de transitie naar biobased economisch mogelijk te maken: leveringszekerheid, alsook constante kwaliteit en concurrerende prijs voor biobased grondstoffen.

Geïntegreerde bioraffinage beoogt voor de korte en middellange termijn waar mogelijk uit te gaan van bestaande biobased processen, producten en logistieke systemen. In de komende jaren worden nieuwe afzetmarkten ontsloten en wordt steeds meer waarde gehaald uit land- en tuinbouwgewassen en primaire (agro), secundaire (proces) en tertiaire (consument) reststromen. De agro-food en tuinbouwsector creëren hiermee nieuwe economische kansen en werkgelegenheid. Daarnaast zullen waterzuiveringsprocessen worden vervangen door geavanceerde scheidingstechnologieën met als doel de economische waarde van het water en haar inhoudstoffen steeds meer en beter te benutten.

Voor de lange termijn zullen innovatieve geïntegreerde concepten voor de co-productie van Food en Non-food (feed, chemicaliën/materialen, brandstoffen, energie) worden ontwikkeld. Daarnaast zal in de komende 10 tot 40 jaar de intrinsieke waarde van biomassa steeds meer worden herkend en beter worden benut. Uiteindelijk leidend tot totaal nieuwe industriële systemen en concepten, gebaseerd op een optimale afstemming tussen de, door de maatschappij benodigde functionaliteit en de bijzondere complexiteit en eigenschappen van plantaardige componenten.

### *Aansluiting bij economische en maatschappelijke innovatiebehoeften*

Bioraffinage levert de waardevolle building blocks en halffabrikaten die nodig zijn voor de vergroening van chemie, materialen en energie in de transitie naar de biobased economy. Voor de agro&food- en tuinbouwsector biedt dit een vergroting en verbreding, alsook een integrale verduurzaming van het productenpalet, en uiteindelijk een verhoging van de toegevoegde waarde van deze sectoren.

Deze transitie kan alleen op duurzame en economische wijze plaatsvinden indien we efficiënt met de beschikbare grondstoffen omgaan, zonder de voedselvoorziening, de biodiversiteit, de welvaart en het welzijn van alle ketenpartners negatief te beïnvloeden.

Op de korte termijn beoogt geïntegreerde bioraffinage zijstromen te valoriseren, en hiermee afvalstromen en overschotten te reduceren, en de footprint van de agro&food, chemie, veevoer, tuinbouw- en energiesector te verlagen. Door afzonderlijke componenten zoveel mogelijk separaat te valoriseren, zal efficiënter omgegaan worden met natuurlijke grondstoffen, kunnen kringlopen verder worden **gesloten**, en worden we minder afhankelijk van eiwitimport en ruwe olie. Lokale decentrale bioraffinageconcepten zullen leiden tot een reductie van energiegebruik en van het aantal transportkilometers en tot het versterken van de regionale economie. Op de lange termijn beoogt bioraffinage nieuwe valorisatieketens te ontwikkelen die de concurrentiepositie van Nederland in food, materialen, chemie en energie borgt.

## **Van agenda naar programma**

### *Inhoudelijke onderzoeks- en innovatieagenda*

Kosten- en energie-efficiënte bioraffinage vereist diverse technologische innovaties op het gebied van fractioneren/scheiden, converteren en functionaliseren van biobased grondstoffen en componenten, en het sluiten van kringlopen. Daarnaast zijn significante conceptuele veranderingen nodig om nieuwe duurzame biobased waardeketens te genereren

Geïntegreerde bioraffinage zal dan ook worden ontwikkeld vanuit twee (sterk gekoppelde) lijnen:

- Technologische innovaties: ontwikkeling van specifieke geavanceerde technologieën om, vraaggestuurd vanuit het gewenste product en functionaliteit, individuele componenten uit een scala aan biobased grondstoffen en zijstromen (zie kader) te isoleren en te valoriseren dan wel geschikt te maken voor verdere verwerking.
- Geïntegreerde bioraffinageconcepten: ontwikkeling van geïntegreerde totaalconcepten voor grondstofvalorisatie, lokale / regionale biohubs, en grootschalige bioraffinage. Een 'stapsgewijze' opbouw van geïntegreerde bioraffinage als belangrijke basis voor het kunnen ontwerpen en financieren van de grote transitie in bioraffinage is daarbij een vereiste:
  - o Bioraffinage verregaand lokaal en regionaal geïntegreerd, zoveel mogelijk uitgaande van bestaande biobased ketens, processen en grondstofstromen (eg. agro&food verwerkende industrie, Nederlandse diervoederstromen, stromen uit natuur, bos en landschap, import via havens) welke met nieuwe bioraffinage technologieën vanuit de nieuwe behoeftes van de bbe efficiënter zullen worden ingericht en benut, uitgroeiend tot zelfvoorzienende industriële biohubs met geïntegreerde energiehuishouding en lokale water- en mineralenkringloopsluiting.
  - o Grootschalige geïntegreerde bioraffinage-installaties waarin grote internationale (lignocellulosehoudende) biomassa'stromen gecascadeerd worden verwerkt tot bijvoorbeeld veevoercomponenten, bouwstenen voor bulkchemicaliën, grondstoffen voor de papier- en kartonindustrie en energiedragers.
  - o Ontwikkeling van bioraffinageconcepten en demonstratie ervan voor milde energiezuinige ontsluiting van aquatische biomassa (microalgen en zeewier).

In de tabel op de volgende pagina's is de inhoudelijke agenda (fundamenteel, toegepast en valorisatie) voor deze lijnen uitgewerkt.

Bioraffinage beoogt de volledige potentie van de inhoudsstoffen van plantaardige en dierlijke grondstoffen te benutten:

- Agrarische gewassen (tarwe, suikerbieten, aardappelen, maïs, gras, luzerne, koolzaad, soja, lupine en andere nieuwe gewassen, ...)
- Hout en reststromen uit de bosbouw, landschap en openbare ruimten en natuurbeheer (hout, heide, riet)
- Aquatische biomassa (algen, zeewier, ...)
- Agrarische residuen en andere reststromen die nu op het land achterblijven (bietenblad, stro, bermgras, sloopmaaisel, natuurgras, plantageresiduen)
- Grote agro-industriële reststromen, die nu deels toepassing als veevoer hebben (bierbostel, DDGS, bietenpulp, aardappelpulp, aardappelschillen, raapschroot ...)
- Import lignocellulosehoudende stromen (miscanthus, hout,...)
- Residuen uit de houtindustrie (nationaal en internationaal)
- Zijstromen uit tuinbouwsector (glastuinbouw en open grondteelt, zoals bollen)
- Dierlijke reststromen (mest, slachtafval, ...)
- Reststromen uit productie biobrandstoffen (digestaat, ...)
- Zijstromen uit overige biobased processen (zuiveringsslib, papierslib, ...)
- Proces- en afvalwater

Activiteit	Doelstelling	Onderzoek&innovatie		
		Fundamenteel - kennisontwikkeling	Toegepast – technologie-ontwikkeling	Valorisatie - implementatie en inbedding
Technologische innovaties				
Lignocellulose als grondstof - ontsluiting	Valorisatie indiv. biopolymeren ((hemi-)cellulose, lignine) Building blocks voor bulkchemie Nieuwe cellulose/vezels voor materialen Biograndstoffen voor energie	Lignocellulose-complexen Relatie grondstof-proces-product Cellulose- en ligninefunctionaliteiten	Voorbehandeling (drogen, verkleinen) Energie- en resource-efficiënte technologieën voor ontsluiting tot cellulose, lignine, hemicellulose. Incl. hydrolyse (hemi)cellulose tot suikers	Aansluiting op werkpakketten <i>biochemie en bioenergie</i> voor valorisatiepotentieel Toepassing lignine en nieuwe cellulose/vezels in bestaande materialen (eg. papier, composieten) Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>
Lignocellulose als grondstof – raffinage pyrolyseolie	Hoogwaardige building blocks / platform chemicals voor chemie en petrochemie Totaalverwaarding van biomassa	Relatie procesparameters-producteigenschappen Analysemethoden	Voorbehandeling (liquefactie/pyrolyse, torrefactie) Fractionering / raffinage pyrolyseolie	Markttoepassingen voor nieuwe componenten Productie en raffinage pyrolyse-olie op pilotschaal Aansluiting op valorisatie <i>werkpakketten bioenergie en biochemicalien</i> Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>
Koolhydraat-valorisatie	Toegevoegde waarde voor koolhydraten Benutten zijstromen agro&food en papierindustrie Precision feeding veehouderij Nieuwe functionaliteiten voor food en non-food	Structuuranalyse Structuur-functierelaties Koolhydraatfunctionaliteit Biotechnologische en chemo-enzymatische conversie (link naar <i>WP biobased chemicals</i> )	Ontsluitings-, voorbehandelings-, scheidings- en fractioneringstechnologieën Functionalisering d.m.v. (bio-)chemische en fysische modificaties	Implementatie nieuwe koolhydraatfunctionaliteiten in food- en nonfood productieprocessen Aansluiting op valorisatie <i>werkpakket biochemicalien</i> Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>
Eiwitvalorisatie	Toegevoegde waarde voor zijstromen Lokale kringloopsluiting en reductie soja-import Grondstofflexibiliteit Reductie footprint Grondstof voor biochemicaliën	Structuur-functierelaties: Nutritionele en functionele waarde van plantaardige en dierlijke eiwitten Aminozuren als basis voor bulkchemicals	Isolatie, fractionering en functionalisering van eiwitten uit zijstromen Hydrolyse van eiwitten en scheiding van aminozuren tbv hoogwaardige en hoogvolume toepassingen Afstemmen source en proces op toepassing (voeding, veevoer en technische toepassingen) Raffinage van aquatische biomassa (link naar <i>werkpakket Teelt / biomassa</i> )	Markttoepassingen voor innovatieve eiwitten Pilot en demo-raffinage (eg. Solanic, AlgaePARC) Aansluiting op Eiwitversnellingsagenda Toepassing in innovatieve veevoerconcepten Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>

Activiteit	Doelstelling	Onderzoek&innovatie		
		Fundamenteel - kennisontwikkeling	Toegepast – technologie-ontwikkeling	Valorisatie - implementatie en inbedding
Technologische innovaties, vervolg				
Mineralen uit zijstromen	Toegevoegde waarde voor zijstromen Bijdrage aan lokale en globale kringloopsluiting	Analyse mineralensamenstellingen in zijstromen Relatie eigenschappen mineralencomplexen en toepassingsmogelijkheden Globale / regionale mineralenbalans	Scheidingsprocessen voor isoleren fosfaat, kalium en stikstof uit natte en vloeibare zijstromen; Gelijktijdige reductie van ongewenste componenten Geformuleerde producten uit teruggewonnen mineralenstromen (eg. kunstmest, veevoer)	Ontwikkeling duurzame markten met nuttige toepassing mineralenproducten Valorisatie toepassing in land- en tuinbouw, en waterzuiveringen Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>
Valorisatie oliën en vetten	Toegevoegde waarde voor nieuwe gewassen (eg algen, koolzaad) en zijstromen Building blocks voor chemie	Vetzuurscheiding Samenstelling variërend van brandstofproducten (bv. triglyceriden) tot gezondheidsproducten (bv. onverzadigde vetzuren)	Technologieën voor scheiding van brandstofcomponenten en componenten voor voeding en gezondheidsproducten. Daarnaast ook building blocks voor hoogwaardige chemicaliën	Aansluiting op valorisatie <i>werkpakket biochemicalien</i> Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>
Valorisatie (proces/afval) water	Water tot waarde brengen Benutten functionaliteit van water als kern van biobased processen Reductie waterfootprint	Identificatie en analyse trace componenten in verdunde stromen	Technologieën voor isolatie componenten uit verdunde stromen Concepten voor watercascadering en hergebruik	Ombuigen waterzuivering naar watervalorisatie Koppelen industriële waterstromen Aansluiting op valorisatie <i>werkpakket biochemicalien</i> Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>
Valorisatie overige biobased componenten	Toegevoegde waarde voor zijstromen Identificatie en isolatie specifieke chemische componenten uit planten en plantenresten, en afval- en proceswaterstromen Biobased building blocks uit speciaal geteelde gewassen	Analyse inhoudsstoffen en complexen van componenten (biociden, kleurstoffen, pharmaceutica,...) Toepasbaarheid in food en non-food producten	Geavanceerde 'tunable' scheidingstechnologieën, afh. van grondstof en productwensen Extractie van bio-actieve inhoudsstoffen	Aansluiting op valorisatie <i>werkpakket Teelt/biomassa</i> Aansluiting op valorisatie <i>werkpakket biochemicalien</i> Inbedding in <i>Geïntegreerde bioraffinageconcepten</i>

Activiteit	Doelstelling	Onderzoek&innovatie		
		Fundamenteel - kennisonwikkeling	Toegepast – technologie-ontwikkeling	Valorisatie - implementatie en inbedding
Geïntegreerde bioraffinage concepten				
Totaalvalorisatie biobased grondstoffen	Totaalverwaardig van gewassen en plantaardige en dierlijke zijstromen : richting de hoogste economische totaalwaarde Multi input bioraffinage systemen	Samenstelling, variëteit - zie grondstoffentabel	Koppelen, afstemmen en integreren van technologische concepten voor valorisatie van de inhoudsstoffen	Techno-economische analyse: ontwikkeling business cases en consortiumvorming Integratie binnen bestaande biobased processen Valorisatie binnen lokale geïntegreerde of bioraffinageconcepten Valorisatie binnen grootschalige geïntegreerde bioraffinageconcepten Valorisatie relatief natte biomassastromen, zoals gras, loof etc (eg. FBR PARC) Valorisatie aquatische biomassa
Procesefficiency, industriële ecologie	Verfijning huidige industriële bioraffinage (agro&food, papier) tot multiproduct processen Uitbouwen tot industriële biohubs Uitwisseling zijstromen, componenten, energie en water met naburige industrieën en lokale gemeenschap	Tools voor overall biobased plant design, koppeling unit operations, etc.	Toepassen en integreren van technologische concepten Procestecnologische afstemming unit operations Aanpassing primaire verwerkingsprocessen	Techno-economische analyse van totaalconcept Inpassing binnen en uitbouw vanuit bestaande agro-food en papierindustrie Demofaciliteiten vanuit bestaande industrie (eg. Solanic (Avebe), Suikerunie, Biotransitiepark Wijster, Biorefinery Campus Renkum)
Grootschalige bioraffinage concepten	Building blocks voor bulkchemie Bulkstromen voor energie Nieuwe grondstoffen voor cellulosegebaseerde materialen	Tools voor overall biobased plant design, koppeling unit operations, etc.	Bouwen van industriële consortia Ontwikkelen en ontwerpen totaalconcept op basis van grondstofmogelijkheden, technologische concepten, en eisen vanuit eindtoepassing	Techno-economische analyse van totaalconcept Demo-faciliteiten
Lokale, kleinschalige bioraffinage	Lokale valorisatie vanuit agrarische onderneming, bosbouw, en/of natuurbeheer. Lokaal gesloten kringlopen (mineralen, energie, water, organische stof) Uitbouwen tot agrarische biohubs	Procesontwerpen met lage kapitaals-intensiviteit	Ontwerpen lokale valorisatieroutes Koppelen, afstemmen en integreren van technologische concepten en procestecnologie in specifieke valorisatieroutes. Toetsen organische stofbalans in biobased teelten en bedrijfsplannen	Opschaling technologie en testen tot semi-commerciële schaal. Techno-economische analyse van totaalconcept Demo's en pilots op commerciële schaal (eg. ACCRES)  Demonstratie bouwplannen met maximale biobased grondstoffen en behoud bodemkwaliteit

NB: Kringloopsluiting door het terugwinnen en hergebruiken van grondstoffen (water, mineralen, en koolstof) is een belangrijk uitgangspunt alsook doelstelling van Geïntegreerde Bioraffinage concepten. Dit onderdeel is uitgewerkt binnen het Werkpakket 'Terugwinnen en hergebruik van Grondstoffen in de BBE: Water, mineralen, koolstof.

## Aansluiting van regionale clusters en vestigingsaspecten

Geïntegreerde bioraffinage is bij uitstek het thema waarbij regionale clusters een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan een versnelling van de ontwikkeling en implementatie. Afhankelijk van regionale sterktes kunnen biohubs ontstaan vanuit agrofood-industrie, tuinbouwfaciliteiten, agrarische activiteiten of aanwezige kennis en expertise. Onderstaande tabel geeft een overzicht van regionale industriële en kennisclusters (bestaand en in oprichting).

Titel	Activiteit	Status
<b>Regionale industriële clusters</b>		
Biobased Innovations Zuid-West Nederland	Marktgerichte en versterkende activiteiten	Loopt
Biotransitiehuis Greenport Venlo	Cluster lokale biobased projecten	Gestart
Biobased Economy Noord-Nederland	Cluster regionale biobased initiatieven vanuit, Agro&Food, papier en chemiebedrijven, incl. biopolymeren	Loopt
Biorefinery Campus Renkum	Biohub vanuit bestaande industriële biobased faciliteiten (papierproductie)	In oprichting
Westland biobased valorisatie park	Plantaardige reststromen uit de glastuinbouw hoogwaardige valorisatie ,	In oprichting
Biopark Terneuzen	Biohub: smart links tussen bedrijven (optimaal gebruik zijstromen)	Loopt
AFC Nieuw Prinsenland	Uitbouw biohub rondom suikerfabriek en tuinbouwcomplex	In oprichting
Biobased Economy Oost-Nederland	Regionale activiteit rondom BioLiquid Refinery programma op basis van pyrolyse	Loopt
<b>Kennisclusters en pilot/demo faciliteiten</b>		
AlgaePARC	Pilot-scale micro-algen teelt- en raffinageprogramma (pps). Fase1. (teelt) loopt. Fase2. (raffinage) thans in definitiefase. Locatie: Wageningen.	Gestart
Fresh Biomass Refinery (FBR) PARC	Expertisecentrum en pilot-scale faciliteitenpark voor de duurzame valorisatie naar Food en Non-Food van relatief natte biomassa-stromen (NL crops, gras, loof, ...). Geheel is thans in de uitwerkingsfase Locatie: Wageningen.	In oprichting
ACRRES	Semi-commerciële testpilots voor kleinschalige regionale bioraffinage concepten gebaseerd op een publiek private samenwerking (co-innovatie) van grondstofproducenten, afnemers, technologiebedrijven en kennisinstellingen	Loopt
Dairy Campus	duurzame melkveehouderij en zuivelsector, o.a. totaal concept voor biogasproductie en mestraffinage	Loopt
OCRI	Overijssel Centrum voor Research & Innovatie	Loopt

## Mogelijkheden voor aansluiting MKB

Met name het ontwikkelen van regionale clusters, biobased ketenparken (biohubs), greenports zijn goede mogelijkheden voor MKB's om een bepalende rol te spelen. Dit is tevens een goede manier om lokale overheden als vehikel te betrekken bij technologie ontwikkeling bij met name het thema geïntegreerde biorefinery, waarbij traditionele processen integreren met nieuwe technieken.

Daarnaast is het door de complexe organisatiestructuur van veel kennisinstellingen vaak niet duidelijk waar het MKB zijn vraag kan neerleggen om optimaal gebruik te kunnen maken van de aanwezige kennis. Het creëren van één herkenbaar aanspreekpunt voor MKB kan hierin helpen. Zo is bij de Rijksuniversiteit Groningen het zogenaamde BioBRUG initiatief opgestart met als doel het MKB te helpen met het beantwoorden van hun biobased kennisvraag via één aanspreekpunt.

### **Kader Programma 8**

De Europese onderzoeks- en innovatieagenda – zoals verwoord in de aanzet tot FP8 “Horizon 2020” – zal zich met betrekking tot biomassa met name concentreren op de duurzame productie en efficiënte benutting van biomassa voor zowel humane voeding, veevoer, bio-based producten (chemicaliën, materialen) en bioenergie (brandstoffen, elektriciteit en warmte). Bioraffinage – de duurzame verwerking van biomassa in vermarktbare bio-based producten en bioenergie – past uitstekend in deze Europese agenda, zeker indien dit technologische principe onderdeel uitmaakt van te ontwikkelen en implementeren duurzame biomassa-waardeketens waarbij optimale biomassa-productie wordt gecombineerd met efficiënt gebruik voor Food en Non-food toepassingen.

Inbedding van het Innovatiecontract (voorzien financiering 40% privaat en 60% publiek) in Europees kader biedt de mogelijkheid het aandeel publieke middelen significant te vergroten waardoor meer innovaties kunnen worden opgepakt en lopende innovaties kunnen worden versneld, waardoor de doelstellingen van de BBE sneller zullen worden bereikt.

### **Inbedding in de mondiale onderzoeks- en innovatieagenda – IEA Bioenergy**

Binnen Task42 “Biorefining” van het IEA (International Energy Agency) Bioenergy wordt in mondiaal kader (deelnemende landen: AUS, AT, CAN, D, DEN, FRA, IRE, IT, NL (coördinator), TUR, UK en US) samengewerkt op het gebied van de kennisontwikkeling en –disseminatie m.b.t. bioraffinage. Dit samenwerkingsverband biedt enerzijds de nationale overheid de mogelijkheid om in internationaal (en Europees) kader grensoverstijgende onderwerpen op het gebied van de duurzame valorisatie van biomassa voor Food en Non-food toepassingen te agenderen en anderzijds biedt het industriële/MKB stakeholders de mogelijkheid zich op de hoogte te stellen van de internationale state-of-the-art van bioraffinage in het algemeen en deelcomponenten in het bijzonder om zich zodoende op een juiste wijze te kunnen positioneren.

### *Governance en cross-overs*

Projectinitiatieven zullen worden uitgevoerd met regie vanuit grote overkoepelende publiek-private samenwerkingsverbanden (PPS), waarin kennis en expertise is gebundeld. De voor bioraffinage relevante bestaande PPS-structuren zijn:

- Institute voor Sustainable Process Technology (ISPT): duurzame procestechnologie
- Carbohydrate Competence Center (CCC): koolhydraatvalorisatie
- Wetsus: scheidingstechnologie, terugwinning nutriënten en energie uit waterige stromen

Daarnaast zijn er enkele relevante PPS-initiatieven in ontwikkeling, zoals Protin voor eiwitvalorisatie.

Aangezien bioraffinage zich bevindt in de kern van de Biobased Economy en na de oogst de halffabrikaten levert voor conversie tot chemicaliën en materialen, zijn er belangrijke links in de richting van alle andere BBE werkpakketen, alsook de daarbinnen acterende PPS-en (eg. BE Basic, CatchBio, BPM, DPI). Uitwerking van de totale biobased keten, van grondstofontwikkeling en -oogst tot verwerking tot eindproduct, en rekening houden met duurzaamheid (o.a. kringloopsluiting) en economische kansen, vereist een intensieve samenwerking tussen alle BBE werkpakketen.

Bioraffinage is tevens de brug tussen verschillende partijen uit verschillende (top)sectoren: Agro&food, Tuinbouw en uitgangsmaterialen, Chemie, Energie, Water, Logistiek, Life sciences, maar ook sectoren welke geen topetiket hebben meegekregen.

Vraagsturing zal voor een belangrijke mate plaatsvinden vanuit industriële clusters, zoals het Dutch Biorefinery Cluster (agro-food en papierindustrie) en APCE-alliantie (Agro-Papier-Chemie-Energie).

