

Circulaire systemen

Programmeringsstudie voor de Kennis en Innovatieagenda voor het thema landbouw, water, voedsel.

Harriëtte Bos en John van Groenestijn, WFBR

Met input van: Paulien Harmsen, Jeroen Hugenholtz, Wilfred Appelmans, Jan Jetten, Paul Bussmann, Jeroen van Bon, Maurits Burgering (WFBR), Nico Verdoes, Karin Groenestein, Gert van Duinkerken (WLR), Ine van der Fels-Klerx, Milou van de Schans, Elise Gerrits (WFSR), Oscar Schoumans, Wim de Haas, Inge Regelink, Marian Stuiver (WEnR), Sjaak Bakker, Wim van Dijk (WPR), Saskia Visser

Inhoudsopgave

1. De inrichting van deze studie	3
2. Circulariteit in het thema landbouw, water en voedsel.....	5
2.1 Circulariteit.....	5
2.2 Kringlooplandbouw.....	5
2.3 Circulariteit en biomassa.....	6
2.3.1 Kringlopen.....	6
2.3.2 Nutriënten.....	9
2.3.3 Water, energie en hulpmiddelen	10
2.3.4 Systeemniveau	11
3. Van opgave naar onderzoeksprogramma	13
4. Missie A. Kringlooplandbouw	14
4.1 Maatschappelijke opgave	14
4.2 Lopend onderzoek.....	14
4.3 Witte vlekken	17
4.4 Mogelijke consortia en financiering	18
4.5 Programmeringsadvies	19
5. Subthema A1. Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten	20
5.1 Maatschappelijke opgave	20
5.2 Lopend onderzoek.....	21
5.3 Witte vlekken	24
5.4 Mogelijke consortia en financiering	27
5.5 Programmeringsadvies	28
6. Subthema A3. Hergebruik zij- en reststromen	30
6.1 Maatschappelijke opgave	30
6.2 Lopend onderzoek.....	31
6.3 Witte vlekken	35
6.4 Mogelijke consortia en financiering	38
6.5 Programmeringsadvies	39
Addendum: de workshops	41

1. De inrichting van deze studie

Deze programmeringsstudie is uitgevoerd in het kader van het nieuwe missiegedreven innovatiebeleid, meer specifiek voor het thema "landbouw, water, voedsel", dat wordt ingericht om een aantal maatschappelijke opgaven voor de komende jaren aan te pakken. Voor de maatschappelijke uitdagingen zijn missies gedefinieerd, deze stellen ambitieuze doelen voor kennis en innovatie.

Per maatschappelijke uitdaging zijn de topsectoren TKI Agri&Food (A&F), Tuinbouw & Uitgangsmaterialen (T&U) en Water gevraagd om aan te geven welke bijdrage zij willen en kunnen leveren aan de realisatie van de missies en welke meerjarige programma's hiervoor benodigd zijn. Dit moet leiden tot een vierjarige Kennis- en Innovatie Agenda (KIA) van de genoemde topsectoren voor de periode 2020-2023.

Door de topsectoren A&F en T&U heeft een eerste inventarisatie plaatsgevonden van onderwerpen uit de missies waaraan beide topsectoren kunnen bijdragen. Daarbij zijn verschillende onderwerpen naar voren gekomen die tot nu toe weinig aandacht hebben gekregen binnen de topsectoren, waarbij de aanpak momenteel versnipperd lijkt of onderwerpen waarbij een heroriëntatie nodig is. Voor deze onderwerpen dient een samenhangende portfolio te worden ontwikkeld over de topsectoren A&F, T&U en water.

Deze programmeringsstudie draagt bij aan de inrichting van het portfolio, en heeft elementen aangeleverd voor de 4-jarige Kennis- en Innovatie Agenda die momenteel wordt vormgegeven.

Deze programmeringsstudie heeft als vraagstelling meegekregen:

Circulaire systemen: (missie A) wat zijn circulaire systemen? Wat is dit in de primaire sector? Wat is circulaire glastuinbouw? Wat betekent intensivering in de tuinbouw, zoals teelt de grond uit, voor circulaire systemen? Wat zijn de mogelijkheden voor de processing industrie? Welke stromen en mogelijk te sluiten cirkels zijn er binnen de verwerkingsprocessen?

Deze studie richt zich in eerste instantie op de overkoepelende vragen van gehele missie A, Kringlooplandbouw, uit het missiedocument "Landbouw, water, voedsel", maar is tevens breder dan alleen de missie kringlooplandbouw en kijkt ook naar de andere aan biomassa-gerelateerde maatschappelijke uitdagingen.

Onder missie A vallen 5 subthema's, voor drie van deze subthema's worden aparte programmeringsstudies uitgevoerd:

- Subthema A2: Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen
- Subthema A4: Verhogen duurzame productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa
- Subthema A5: Herstel en benutten biodiversiteit.

Daarnaast wordt een aparte studie uitgevoerd voor voedselverspilling.

Onder missie B is een MMIP opgesteld voor de glastuinbouw: MMIP B4 E12B Duurzame glastuinbouw, waarin circulariteit in de glastuinbouw uitvoerig is uitgewerkt.

Verdieping op deze subthema's is daarom niet opgenomen in deze programmeringsstudie. Verdieping op de overige twee subthema's van missie A vormt wel onderdeel van deze studie. Dat betekent dat deze programmeringsstudie zich richt op:

- De overall missie A: Kringlooplandbouw
- Subthema A1: Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten
- Subthema A3: Hergebruik organische rest- en zijstromen.

Deze studie begint met een beschrijving van de algemene maatschappelijke opgave verbonden aan het bereiken van circulariteit in het thema landbouw, water en voedsel. Deze inleiding geeft een brede

motivatie waaruit de opgave en ambities binnen de subthema's logisch voortvloeien. Vervolgens worden deze subthema's benoemd en verder uitgewerkt. Voor de overall missie (kringlooplandbouw) en de twee subthema's wordt achtereenvolgens een overzicht gegeven van de specifieke maatschappelijke opgave en ambities, het lopend onderzoek, een inventarisatie van de witte vlekken, mogelijkheden voor consortiavorming en een programmeringsadvies.

2. Circulariteit in het thema landbouw, water en voedsel

2.1 Circulariteit

Het concept van circulariteit is oorspronkelijk ontstaan binnen het vakgebied van de industriële ecologie en was gericht op het verminderen van grondstof input en emissies binnen de industrie. In de loop van de jaren zijn de ideeën verder uitgewerkt, onder andere in de cradle-to-cradle ontwerp filosofie (vooral gericht op consumentenproducten) en uiteindelijk uitgebreid tot het concept Circulaire Economie door de Ellen McArthur Foundation. Veel focus heeft tot nu toe gelegen op de circulariteit van kunststoffen, metalen, kritieke grondstoffen en consumentenproducten. Biomassa en de producten en activiteiten van de land- en tuinbouw en de agri- en food ketens zijn in deze eerste concepten relatief mager uitgewerkt. Het actieplan van de EU uit 2015 voor de circulaire economie heeft vijf speerpunten waarvan twee gerelateerd zijn aan het agri- en food domein: (1) voedselverspilling en (2) biomassa en biobased producten. Het Nederlandse rijksbrede programma "Nederland circulair in 2050" heeft als één van de vijf speerpunten biomassa en voedsel. In 2018 is de visie "Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden" uitgebracht door de Minister van LNV die daarin de omslag beschrijft naar kringlooplandbouw en wat het van Nederland zal vragen om de toekomst van onze voedselvoorziening veilig te stellen.

Maar wat is nu eigenlijk circulariteit binnen het land- en tuinbouw en agri-food domein? Over welke grondstoffen hebben we het en hoe verbeteren we de circulariteit in een domein waarin een groot deel van de geproduceerde producten wordt opgegeten en daarmee wordt omgezet in water, koolstofdioxide en nutriënten? En hoe verbeteren we de circulariteit in een domein waarin extreem veel producenten en ketenpartners actief zijn en waarin een zeer breed palet aan producten wordt geproduceerd? In deze programmeringsstudie proberen we handvatten te geven voor het beantwoorden van deze vragen en voor het inrichten van onderzoek om de circulariteit van het domein te vergroten.

2.2 Kringlooplandbouw

Binnen een kringlooplandbouw wordt gestreefd naar minimale verliezen van grondstoffen bij de productie van biomassa door de kringloop van stoffen en geproduceerde biomassa binnen het landbouwsysteem zoveel mogelijk te sluiten. De inperking van verliezen kan worden gerealiseerd door reststromen (gewasresten, voedselresten, procesafval, mest, compost) te benutten en op te waarderen tot nuttige grondstoffen in het landbouwsysteem, zodat de invoer van buiten het landbouwsysteem zo klein mogelijk is. Kringlooplandbouw is een integraal onderdeel van een circulair voedselsysteem (inclusief de periferie rond de landbouw) binnen een "biobased" samenleving en vergt derhalve een systeembenadering in plaats van een ketenbenadering. Een systeembenadering vereist denken op verschillende ruimte- en tijdschalen. De kringloop sluiten op lokaal niveau vormt daarbij de basis, maar voor optimalisatie van een nationaal of mondiaal voedselproductiesysteem moeten lokale kringlopen worden geschakeld.

Een belangrijk principe is dat er niet meer land en grondstof wordt gebruikt dan strikt noodzakelijk om voedsel te produceren. Dat gebeurt door: op akkers primair voedingsgewassen te produceren, graslanden daar te realiseren waar geen akkerbouw mogelijk of landschappelijk gewenst is, vee primair te voeren met diervoeders geproduceerd van grassen, gewas- en voedingsresten en landbouwgrond primair met hoogwaardige organische bemestingsproducten op basis van gewasresten of dierlijke mest te verrijken. Heterogeniteit, diversiteit en veelzijdigheid binnen het landbouwsysteem bieden de beste mogelijkheden voor circulaire integratie van biomassastromen en sluiten van kringlopen van stoffen.

Ondanks dat er gewassen en vee worden onttrokken uit land- en tuinbouwpercelen en weilanden voor consumptie is circulariteit toch mogelijk. De eindproducten van consumptie door mens en dier zijn koolstofdioxide, mest en fecaliën. Deze koolstofdioxide wordt weer opgenomen door gewassen en het is zaak om de mineralen/nutriënten die in mest en fecaliën terecht zijn gekomen te winnen en her te gebruiken land- en tuinbouwpercelen en weilanden.

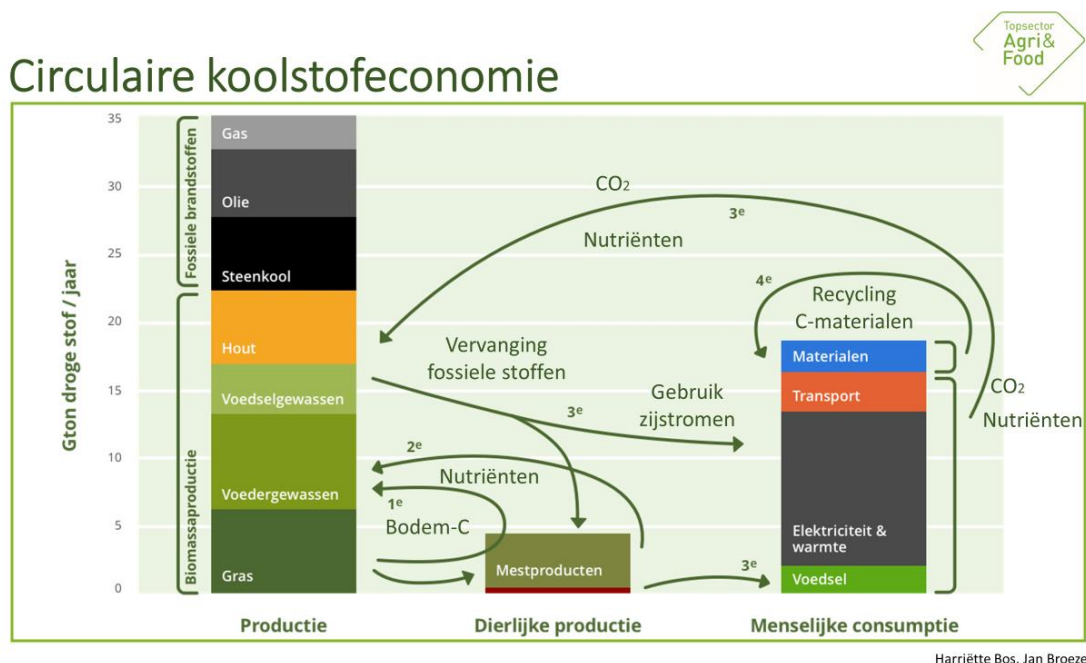
Kringlooplandbouw beperkt zijn grenzen hoofdzakelijk tot het voedselsysteem en is sterk gericht op de inrichting van de primaire sector. Echter, ook binnen de verwerkende industrie zijn kringlopen optimaler te sluiten dan nu gebeurt. Daarnaast vragen de maatschappelijke uitdagingen op het gebied van klimaat en circulair tevens om biomassa voor non-food toepassingen zoals materialen, chemicaliën en energie. Bovendien kan het verdienvermogen van boeren en de sector worden versterkt wanneer er voor meerdere markten kan worden geproduceerd. In het volgende hoofdstuk beschouwen we daarom de positie van de kringlooplandbouw in het grotere systeem van de circulaire koolstof-economie.

2.3 Circulariteit en biomassa

2.3.1 Kringlopen

Biomassa is de bron voor ons voedsel en we gebruiken het ook (deels) voor energie, transportbrandstoffen en materialen. De component die deze systemen gemeen hebben is koolstof. In feite spreken we dus voor dit systeem over een circulaire koolstofeconomie. Het verschil tussen het circulaire koolstofsysteem en andere circulaire systemen (voor metalen etc.) is dat bij het koolstofsysteem vrijwel altijd door het gebruik de gebonden koolstof wordt omgezet in CO₂. Daarnaast is voor een deel van de productie het behoud van nutriënten (N,P,K) in het systeem van groot belang, en is voor onze voeding met name eiwit (dus gebonden N) een belangrijke component

De wereldwijde circulaire koolstofeconomie is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. De kringlopen in de circulaire koolstofeconomie

Links in figuur 1 staat de totale productie van biomassa per jaar wereldwijd uitgedrukt in droge stof. Van onder naar boven: gras, voedergewassen, voedselgewassen, daarboven hout (marien ontbreekt in dit plaatje, maar heeft ten opzichte van de andere stromen een beperkte ordegrrootte, in de omvang van 0.05 Gton droge stof per jaar)).

Voor energie, transport en materialen gebruiken we nu vaak fossiele grondstoffen en deels ook biomassa. Daarom staat in dezelfde kolom ook de totale hoeveelheid kolen, olie en gas die jaarlijks wordt gebruikt.

Gras en voedergrassen gaan naar het vee (middelste kolom) daar wordt (op droge stof basis) een relatief klein volume hoogwaardige dierlijke producten van gemaakt (vlees, zuivel, eieren, de rode balk) en veel mest.

In de laatste kolom staan de toepassingen: voedsel (waarbij inbegrepen de dierlijke producten en plantaardige voeding, beide weinig ten opzichte van de input links), elektriciteit en warmte, transportbrandstoffen en materialen. Dit spant in principe het gehele op koolstof gebaseerde productiesysteem op.

Om dit productiesysteem circulair (en klimaatneutraal) te maken hebben we een tweetal uitdagingen:

- Gegeven de vraag moet de totale input aan koolstofgebaseerde grondstoffen (linker kolom) fors naar beneden en moeten de fossiele grondstoffen worden uitgefaseerd.
- Het landbouw (en marine) productiesysteem moet gezond en veilig blijven, dus de productie moet plaats vinden binnen de planetaire grenzen en binnen randvoorwaarden als dierenwelzijn, weerbaarheid, bodemgezondheid, evenwicht tussen inputs en outputs, biodiversiteit, etc.

Dit betekent:

- De vraag naar energie sterk verlagen en fossiele brandstoffen vervangen door duurzame bronnen.
- Op pijl houden van bodemkoolstof en gezond houden van de bodem en inzetten van robuuste teeltsystemen (1e cirkel).
- NPK uit de mest zo veel mogelijk circulair inzetten en gasvormige verliezen van N beperken of invangen (2e cirkel).
- De vraag naar biomassa verlagen door gebruik van reststromen voor diverse toepassingen (feed, non-food), zowel binnen landbouw, als industrie, als post-consumer, vermindering van de voedselverspilling etc., daarbij tevens een deel van de fossiele toepassingen vervangen¹ door efficiënte inzet van biomassa (eerste deel 3e cirkel).
- De koolstof, die bij de toepassingen voedsel, energie, transport altijd weer vrijkomt als CO₂, via een grote cirkel weer invangen. NPK uit humaan slib zo veel mogelijk circulair inzetten (tweede deel 3e cirkel).
- Koolstof die vastgelegd is in materialen (hout, papier (bio)kunststoffen) zo lang mogelijk circulair inzetten (4e cirkel).

Over dit gehele systeem speelt ook de circulariteit van water een grote rol.

Naast het streven naar circulariteit willen we ook streven naar het behoud van biodiversiteit en kwaliteit van de biosfeer. Deze gaan nu rap achteruit, onder meer veroorzaakt door de landbouw. De huidige wijze van voedselproductie in de gangbare landbouw van Nederland vraagt meer van de aarde dan die aan kan. Het gevolg is de uitputting van bodems en grondstoffenvoorraden, emissies naar bodem- en oppervlaktewater en het verminderen van de soortenrijkdom. Een voorbeeld van de vermindering van de biodiversiteit in Nederland is het teruglopen van de populaties insecten en weide- en akkervogels. Een hoge biodiversiteit is belangrijk voor onze voedselproductie (bestuiving, plagen, genetische variatie, verhogen weerbaarheid). En groot deel van de oplossing van dit vraagstuk is ook weer de transitie van lineaire ketens naar een circulair systeem.

Inrichting van dit circulaire systeem vraagt om nieuwe ketens en nieuwe samenwerkingsverbanden en logistieke koppelingen tussen actoren binnen de land- en tuinbouw, inclusief marien, met actoren uit andere sectoren, maar ook binnen en buiten steden. Daarnaast moeten al deze cirkels op een veilige manier worden ingericht ten aanzien van chemische/fysische contaminanten en pathogenen.

¹ Een deel van de uitfasering van fossiel zal moeten komen van alternatieve opties (zon, wind) die misschien minder bij onze focus passen, maar een deel zal en kan worden ingevuld door biomassa.

Maar hoe?

De Mansholtlezing uit 2018 "circularity in agricultural production" geeft handvatten voor het duurzamer en circulair bedrijven van de landbouw. De Mansholtlezing focust op de voedselproductie en poneert 3 principes:

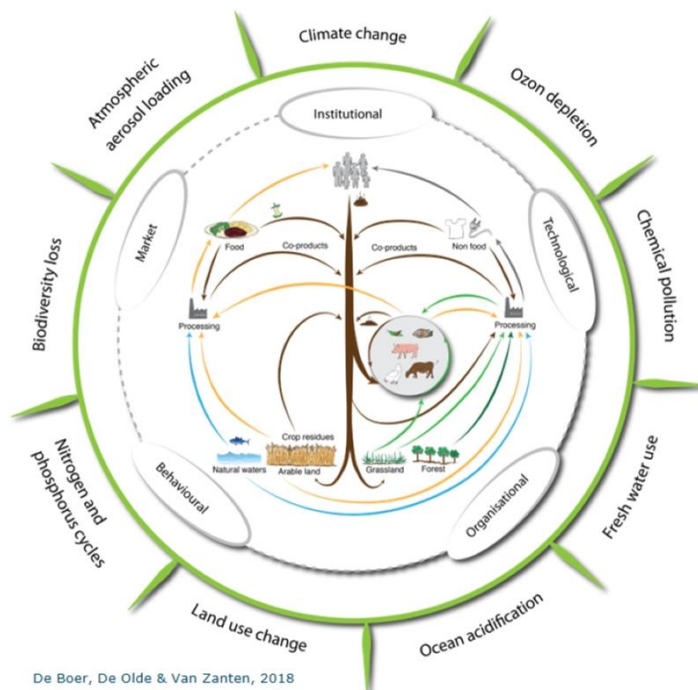
Principe 1: Biomassa uit planten is de bouwsteen voor voeding en moet als eerste door mensen worden gebruikt.

Principe 2: Bij-producten uit de voedselproductie, voedselverwerking en consumptie moeten teruggebracht worden in het voedselsysteem.

Principe 3: Gebruik dieren voor waar ze goed in zijn, namelijk het produceren van dierlijk eiwit uit reststromen en uit graslanden/gebieden waar geen menselijk voedsel geteeld wordt.

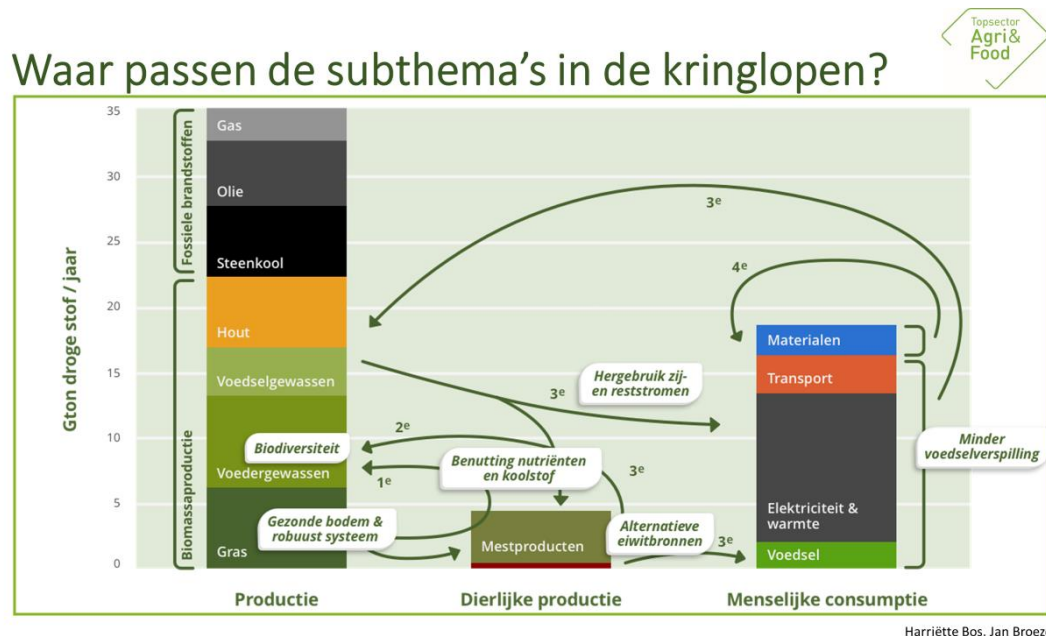
Het verkleinen van de yield-gap, verhogen van de fotosynthese efficiency en het circulair inzetten van nutriënten (N,P en K) en micronutriënten zijn noodzakelijke verbeteringen om voldoende biomassa te produceren. Een belangrijk aspect is daarnaast het op peil houden van de bodemorganische stof. Verder stelt de Mansholtlezing dat het voor een circulair landbouwsysteem noodzakelijk is om in het Europese dieet de hoeveelheid dierlijk eiwit te verminderen ten gunste van meer plantaardig eiwit. Daarnaast is er de wens tot het verhogen van het aandeel regionaal geproduceerd eiwit voor melkvee door de ontwikkeling en verbetering van plantaardige en nieuwe eiwitbronnen. Hierbinnen past ook een circulaire aanpak voor eiwitten: gebruik biomassa voor (nieuwe) eiwitten, duurzaamheid, mobilisatie en samenwerking. Hiervoor is het noodzakelijk dat een afwegingskader ontwikkeld wordt voor optimaal gebruik van eiwit en andere componenten uit zij- en reststromen in voedsel, diervoeder, materialen en energieketen.

Naast productie van voedsel is de landbouw ook een essentiële producent van bio-renewables zoals kleding, bioplastics en bio-energie. Deze verbreding van de concepten van de Mansholtlezing is weergegeven in onderstaande figuur, inclusief de barrières en sleutelfactoren.



Figuur 2. Visualisatie van een bio-economie, functionerend binnen de planetaire grenzen, inclusief barrières en sleutelfactoren voor de transitie naar een circulaire bio-economie.

Vanuit de kennis van de huidige kringlopen en het besef wat we daar aan willen veranderen kunnen we de innovatieopgaven uit de missie A Kringlooplandbouw plaatsen. Deze opgaven kunnen we ook letterlijk plaatsen in figuur 1, resulterend in figuur 3.



Figuur 3. Globale positionering in het totale systeem van de circulaire koolstofeconomie van de subthema's uit de missie kringlooplandbouw.

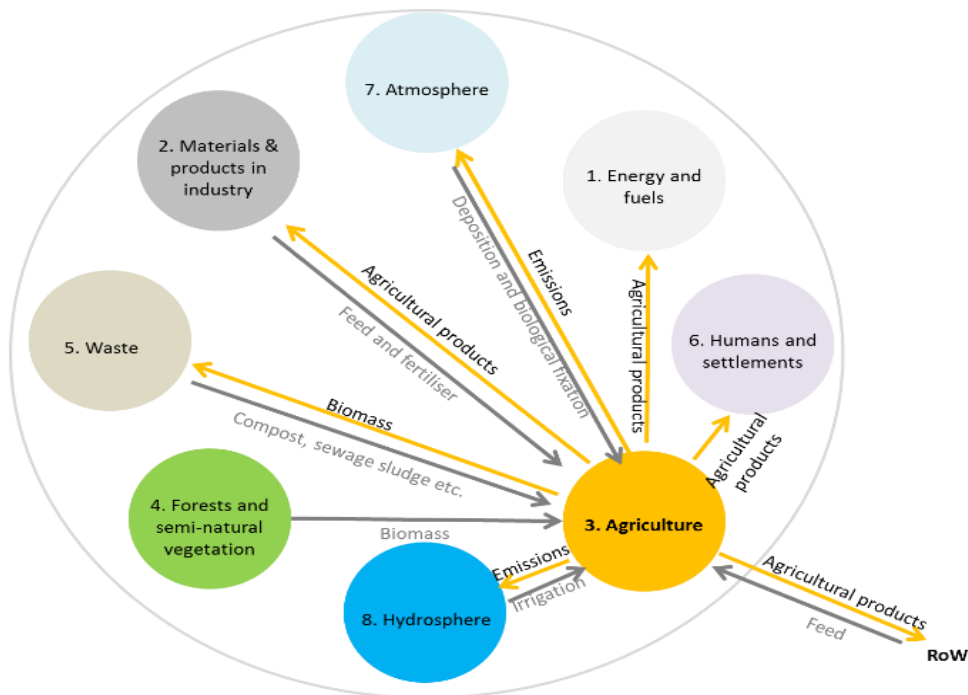
De bijdrage van de verschillende submissions aan de totale veranderopgave en hun samenhang wordt hierin duidelijk gepositioneerd: de missies A1 (Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten), A2 (Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen) en A5 (Herstel en benutten biodiversiteit) zijn vooral gericht op het gezond en weerbaar houden van het totale landbouw systeem, de missies A3 (Hergebruik organische rest- en zijstromen) en A4 (Verhogen duurzame productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa) en het verminderen van voedselverspilling zijn vooral gericht op het verlagen van de hoeveelheid benodigde grondstoffen. Niet expliciet benoemd in de missie kringlooplandbouw, maar wel essentieel voor de circulaire economie als geheel is het gebruik van rest- en zijstromen en de verwaarding van het totale gewas (crop total-use) voor het vervangen van een deel van de fossiele grondstoffen. In deze programmeringsstudie is dit onderwerp daarom ook uitgewerkt onder het thema A3.

2.3.2 Nutriënten

Een belangrijk deelgebied binnen biomassakinglopen wordt gevormd door de nutriënten. Met andere woorden: naast de circulariteit van de koolstof zijn ook de nutriëntencycli van met name N, P en K van groot belang. Hierbij is de N-cyclus is fundamenteel verschillend van de P en K cycli.

De N-cyclus is belangrijk, omdat N aan de ene kant een essentieel nutriënt voor de productie van dierlijk en plantaardig eiwit is, en er aan de andere kant onder andere vanuit de landbouw een significante uitstoot is van stikstof in verschillende vormen (oa. NH_4 , N_2O , NO_x) naar water en atmosfeer. Hoewel het energie kost om N te binden is N niet eindig, maar N lekt wel weg uit het landbouw systeem en draagt daarmee aan de ene kant bij aan het broeikasgaseffect (via N_2O etc.) en aan de andere kant door uitspoeling aan de eutrofiëring van het milieu.

Visualisatie van stromen van N tussen de verschillende N pools in een land is weergegeven in figuur 4. Landbouw vormt de grootste stikstof pool.



Figuur 4. Visualisatie van stromen van N tussen de verschillende N pools in een land².

P en K zijn niet gasvormig, en stoten dus niet uit als broeikasgas. Met name P komt wel uit een eindige voorraad. P moet in de bodem beschikbaar zijn in oplosbare vorm om te kunnen worden opgenomen door planten. P is een belangrijke bouwsteen voor het DNA en de stofwisseling (ATP). Organisch gebonden P is niet beschikbaar voor opname door planten. P gaat verloren via mest en menselijke uitwerpselen en een overvloed van P in het oppervlaktewater zorgt voor eutrofiëring. P, en ook K, dienen te worden teruggewonnen uit mest, afvalwater en andere reststromen.

In deze programmeringsstudie zijn hiervoor onder A1 twee lijnen uitgewerkt: (1) Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater, zodat deze nutriënten niet meer verloren gaan voor de kringloop, en (2) Betere, circulaire, benutting van nutriënten, water en reststromen, zodat het totale productie systeem met minder input toch voldoende kan produceren.

2.3.3 Water, energie en hulpmiddelen

Productie van biomassa en voedsel via kringlooplandbouw is onderdeel van het grotere valorisatiesysteem van het verwaarden van deze producten richting de consument, en daarmee uiteindelijk verweven met ketens, industriële partners in die ketens en stedelijke actoren, zoals de bedrijven die de producten verwaarden en verkopen aan de consument. Circulariteit van water en nutriënten over dit gehele systeem speelt hierin een verbindende rol. Dit is voor water, nutriënten en energie schematisch weergegeven in onderstaande figuur 5.

Daarnaast gebruiken de land- en tuinbouw en de agri- en food industrie ook andere materialen, zoals teelthulpmiddelen, voedselverpakkingen, bouwmaterialen en andere technologieën en producten die onderdeel kunnen worden van circulaire ketens.

² Bron: http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/EPNB_new/EPNB_annex_20160921_public.pdf



Figuur 5. De samenhang van de water en nutriënten kringloop, en de plaats van de kringloopland- en tuinbouw in dit systeem.

2.3.4 Systemniveau

De omschakeling naar kringlooplandbouw en naar een overkoepelende circulaire koolstofeconomie is een transitie. Het toevoegen van alleen maar nieuwe technologie is onvoldoende om tot de gewenste fundamentele wijzigingen in het systeem te voeren. Daarbij kan deze transitie worden gedefinieerd als een zgn ghettoprobleem³, niet alleen liggen er grote technologische uitdagingen, er is ook sprake van complexiteit in institutionele, commerciële, gedrags- en organisatorische dimensies. Daarnaast is er weerstand vanuit het huidige systeem, dat volledig is aangepast aan de manier van werken binnen het huidige landbouwmodel⁴.

In Nederland wordt aan verschillende instituten onderzoek gedaan naar transitieprocessen, onder andere aan de Erasmus Universiteit (DRIFT), aan de Universiteit Utrecht (Copernicus instituut) en aan de Wageningen University (Department of Social Sciences). Het vertalen van de transitie modellen naar een handelingsperspectief voor overheid, kennisinstellingen, bedrijven en burgers is essentieel voor het richting kunnen geven aan transities.

Op systeemniveau liggen concrete vragen zoals inrichting van de ruimte en de schaal van de circulariteit. Wat doen we waar, op welk niveau moeten we de kringlopen sluiten, en is dit systeem dan weerbaar.

³ Frenken en Hekkert, Innovatiebeleid in tijden van maatschappelijke uitdagingen

<http://www.mejudice.nl/artikelen/detail/innovatiebeleid-in-tijden-van-maatschappelijke-uitdagingen>

⁴ Van Dijk, Verburg, Runhaar en Hekkert, een transitie naar natuur-inclusieve landbouw, van "waarom" naar "hoe" <http://www.mejudice.nl/artikelen/detail/een-transitie-naar-natuurinclusieve-landbouw-van-waarom-naar-hoe>

Wat voor soort nieuwe ruimtelijke inrichtingsvraagstukken stelt dit aan de landbouw? Wat betekent dit voor de uitbreiding en inbreiding van steden in het kader van de grote bouwopgave. Kunnen we het systeem zo inrichten dat we ophoping van contaminanten en pathogenen voorkomen? En hoe is de link van dit productiesysteem met natuur, waar ook koolstof wordt vastgelegd, en met natuurinrichting. Kunnen hier duurzame circulaire verbindingen worden gemaakt? Kan de verwaarding en het inzetten van (afval)stromen uit de stad naar het land en het landbouwbedrijf nieuwe kansen opleveren?

3. Van opgave naar onderzoeksprogramma

Voorgaande verschillende concepten spannen het speelveld op van Missie A (Kringlooplandbouw), in de missie Landbouw, Water, Voedsel en geven weer waar de komende jaren de ontwikkelingen binnen het onderzoek op gericht zullen moeten zijn.

Onder missie A vallen 5 subthema's:

- Subthema A1. Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten.
- Subthema A2. Gezonde bodem en robuuste teelt.
- Subthema A3. Hergebruik organische rest- en zijstromen.
- Subthema A4. Verhogen duurzame productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa.
- Subthema A5. Herstel en benutten biodiversiteit.

In de volgende hoofdstukken wordt geschetst hoe van een maatschappelijke opgave en een beschrijving van het lopend onderzoek wordt gekomen tot het vaststellen van witte vlekken. Deze witte vlekken kunnen door onderzoek worden weggewerkt en suggesties worden gegeven voor mogelijk financiering van dit onderzoek en de vorming van consortia van bedrijven, kennisinstellingen en overheidsinstellingen die dit onderzoek kunnen uitvoeren en/of financieren. Deze inzichten leiden tenslotte tot een programmeringsadvies.

In dit document wordt deze reeks uitgevoerd voor:

- De overall missie A. Kringlooplandbouw.
- Subthema A1. Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten.
- Subthema A3. Hergebruik organische rest- en zijstromen.

Bij de analyse en advisering van A1 en A3 is steeds rekening gehouden met opgaven binnen A2, A4 en A5 en met andere aanpalende missies. Immers, maatregelen binnen A1 en A3 hebben gevolgen voor de andere thema's en moeten dus goed aansluiten en niet met elkaar in conflict zijn.

4. Missie A. Kringlooplandbouw

4.1 Maatschappelijke opgave

Missie

De missie kringlooplandbouw is gericht op het maximaal circulair maken van de Nederlandse landbouw per 2030. Daarvoor zijn op het gebied van nutriëntenkringlopen, gezonde en robuuste teelten, verwaarding van rest- en zijstromen, productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa en biodiversiteit subsidies uitgewerkt. Het is echter voor circulariteit is op systeem niveau van groot belang om niet alleen de subsystemen maar het gehele systeem te optimaliseren, dit vraagt om integraal systeem ontwerp vanuit een volledige duurzame en circulaire benadering (zowel op energie, water, nutriënten en gewasbescherming mét maximale verwaarding van reststromen).

Ambities

De missie kringloop landbouw wil in 2030 het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen in de land- en tuinbouw van buiten het bedrijf substantieel verminderen en alle eind- en restproducten zo hoog mogelijk verwaarden. De emissies naar grond- en oppervlaktewater zijn tot nul gereduceerd. Ecologische omstandigheden en processen vormen de basis van de voedselproductie, waardoor de biodiversiteit herstelt en de landbouw veerkrachtiger wordt.

Wat is daar voor nodig

Uitgaande van de ambities uit het missiedocument beoogt dit subthema de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- Het in de praktijk toetsen van de verschillende transitietheorieën, het ontwikkelen van een handelingsperspectief voor alle spelers die relevant zijn in de transitie
- Het uitwerken van inrichtingsvraagstukken voor circulaire systemen, zowel op het gebied van ruimte als van schaal
- Het ontwikkeling van (ex ante) duurzaamheidsanalyses voor circulaire valorisatieroutes
- Het verbinden van verschillende schaalniveaus van circulaire systemen (oa. huishouden, landbouwbedrijf, keten, regio, EU, mondiaal)
- Het ontwikkelen van concepten en technologieën voor kwaliteitsborging van grondstofstromen en eindproducten
- Integraal systeem ontwerp vanuit een volledige duurzame en circulaire benadering (zowel op energie, water, nutriënten en gewasbescherming mét maximale verwaarding van reststromen)
- Mitigatie strategieën voor vermindering van ophoping gevaren bij sluiten kringlopen

Programmalijnen

Dit overkoepelende thema bevat twee programmalijnen:

- Circulaire systemen, organisatorische aspecten
- Circulaire systemen, ontwerp aspecten

De eerste lijn richt zich voornamelijk op de inrichtingsvragen: hoe kunnen we de cirkels sluiten, op welke schaal, in ruimte en tijd, en hoe verbinden we bijvoorbeeld stad en land, verschillende sectoren, hoe organiseren we de logistieke aspecten van circulaire systemen en hoe vinden we de meest duurzame opties.

De tweede lijn richt zich op het ontwerp van de meer technologische aspecten en tracht daarbij gecombineerde vraagstukken uit de submissions A1 t/m A5 meer integraal te benaderen.

4.2 Lopend onderzoek

Het lopend onderzoek dat specifiek is voor de vijf subthema's uit missie wordt beschreven in aparte hoofdstukken (A1 en A3) of in de andere programmeringsstudies. Daarin gaat het concreet over meststoffen, bodem en robuuste teelt, reststromen, eiwitrijke grondstoffen en bioversiteit. Daarnaast loopt in Nederland ook overkoepelend onderzoek op het gebied van kringlooplandbouw. Deze studies betreffen het organiseren van de keten, regelgeving, het meten van impact, het opstellen van scenario's, business modellen en het betrekken en inlichten van publiek en bedrijven. Het gaat hier vaak over het

leggen van verbanden en heeft daardoor een breed karakter. Deze brede visies worden niet zelden ontwikkeld door onderzoekers die dichtbij de technologen en agronomen staan of die zelf een technologische achtergrond hebben, waardoor een verankering in technologische realiteit wordt gewaarborgd. Het verbinden en aansturen van deze activiteiten om tot een werkelijke transitie te komen is een vraagstuk van nog een andere orde en wordt verderop in dit hoofdstuk uitgewerkt.

Het bouwen van ketens en het meten van effect

Wageningen Research heeft de afgelopen vier jaar gewerkt in een kennisbasis-programma aan het onderzoeken van ketens die nodig zijn bij het verwaarden van biomassa. Hierbij is de behoefte aan biomassa getoetst aan het daadwerkelijke of mogelijke aanbod aan biomassa in Nederland en de wereld. In dit programma zijn ook suggesties gegeven voor een ander aanpak van ketens in de voedingsmiddelensector en biobased sector. In de komende vier jaar zal het onderzoek zich gaan richten op het inrichten van een circulaire en klimaat-robuste economie, waarin kringlooplandbouw een belangrijke rol speelt. Ook zal er een systeem worden opgezet om circulariteit en klimaateffecten te kunnen meten en uitdrukken. Dat is nodig om te bekijken hoeveel effect bepaalde maatregelen hebben gehad. Het gaat dan over meetinstrumenten waarmee kan worden teruggekeken en geëvalueerd. Daarnaast worden ook instrumenten ontwikkeld waarmee vooruit kan worden gekeken en waarmee scenario's kunnen worden beschreven.

De komende vier jaar gaat Wageningen Research ook living labs opzetten op het gebied van kringlooplandbouw. Living Labs zijn test- en ontwikkelomgevingen buiten het ontwikkellab, in een realistische context, vaak in een begrensd gebied als een stad of een wijk. Het gaat om samenwerkingsverbanden tussen bedrijven, kennisinstellingen, overheden en gebruikers die nieuwe producten, diensten en businessmodellen ontwikkelen in een realistische context.

Effectmeting staat ook centraal in het EU project BIOMONITOR. Onder leiding van Wageningen Universiteit gaat het BioMonitor-raamwerk professionele belanghebbenden uit verschillende sectoren in staat stellen om de bio-economie en de economische, ecologische en sociale effecten ervan in de EU en de lidstaten te monitoren en te meten. Dit zal mogelijk worden door de gegevenslacunes te sluiten die worden waargenomen bij het meten van de bio-economie door gebruik te maken van nieuwe en verbeterde gegevensreeksen. Ook door verbetering van bestaande modelleringshulpmiddelen die industrieën en beleidsmakers begeleiden bij het definiëren van langetermijnstrategieën. In het project zal vervolgens een stakeholderbetrokkenheidsplatform en trainingsmodules worden gecreëerd om het gegevens- en modelleringsraamwerk dat door het project is ontwikkeld, te valideren en te verspreiden. In het projectconsortium nemen naast de universiteit ook Wageningen Economic Research, ECN-TNO, NEN en CBS plaats.

Een voorbeeld van het inrichten van ketens is het EU project AGROinLOG. Het belangrijkste doel van AGROinLOG is de demonstratie van Integrated Biomass Logistic Centres (IBLC) voor voedingsmiddelen en non-foodproducten, waarbij de technische, ecologische en economische haalbaarheid wordt geëvalueerd. Het project is gebaseerd op drie agro-industrieën in de veevoederindustrie (Spanje), de olijfolieproductie (Griekenland) en de graanverwerkende industrie (Zweden) die bereid zijn nieuwe productielijnen in te zetten in hun faciliteiten om nieuwe markten in bio-grondstoffen (energie, transport- en fabricagedoeleinden) en intermediaire bioproducten (transport en biochemicalïen) te openen. Wageningen Food & Biobased Research is één van de deelnemers aan dit project.

Het betrekken van publiek en bedrijven

Het toegankelijk maken van kennis op het gebied van het verwerken van biomassa-reststromen wordt o.a. gedaan in het EU project POWER4BIO waarin diverse onderdelen van de WUR zijn betrokken. POWER4BIO wil EU-regio's helpen hun gebruik van hun lokaal beschikbare biomassa-grondstof te maximaliseren. Het project gaat de beleidsmakers en andere regionale belanghebbenden ondersteunen om de overgang naar een bio-economie-tijdperk te bevorderen. Tevens zal een catalogus van businessmodeltrajecten worden ontwikkeld om het bio-economiepotentieel van elke regio volledig te realiseren.

Het betrekken van overheidsorganen, kennisinstellingen en bedrijven bij de bio-economie en de circulaire economie staat centraal in het EU project BLOOM (Boosting European Citizens' Knowledge and

Awareness of Bio-Economy Research and Innovation). Ankerpunten in het BLOOM-project zijn vijf BLOOM-hubs in verschillende regio's in Europa die praktijkgemeenschappen vormen. Ze worden geleid door consortiumpartners die netwerkpartners uitnodigen en betrekken, zoals regionale triple helix-partners en andere belanghebbenden in de bio-economie. Samen bouwen ze werkteams die zich ontwikkelen in co-creatie workshops. In het project worden activiteiten en materialen ontwikkeld om de publieke betrokkenheid bij bio-economie te versterken. De WUR, Nederlandse chemiebedrijven en agro-industrie nemen deel aan dit project.

De circulaire en bio-economie hangt af van de actieve medewerking van een breed scala van belanghebbenden, waaronder spelers uit de industrie, overheidsinstanties, onderzoekers en het maatschappelijk middenveld. Het EU BIOVOICES-project gaat de betrokkenheid van al deze relevante stakeholdergroepen verzekeren via een platform dat meerdere stemmen met verschillende perspectieven, kennis en ervaringen omvat. Deze betrokkenheid wordt met een open dialoog, co-creatie en wederzijds leren gestimuleerd.

Economische studies

Een voorbeeld van business modellen en economische studies rondom circulariteit is het werk van de Radboud Universiteit te Nijmegen (Nijmegen School of Management). Het landelijke onderzoek is mede tot stand gekomen in samenwerking met de Rabobank en een groot aantal partners. Het doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in hoe bedrijven circulaire ideeën en principes in hun bedrijfsprocessen inzetten. Een reeks rapporten op dit gebied is reeds verschenen.

Technologie

Bij circulariteit in de landbouw hoort ook verminderen van energieverbruik. In Nederland wordt gewerkt aan het verbeteren van bedekte teelt (kassen). O.a. met het concept 'Het Nieuwe Telen'. Dat is energiezuinig telen en tegelijk een optimale productie halen. HNT maakt gebruik van natuurkundige kennis om de teelt optimaal te sturen in onder meer temperatuur, vocht, CO₂-dosering, licht en schermen. Ook worden nieuwe kasconcepten bedacht zoals de winterlichtkas.

Transitieonderzoek

Zoals in de inleiding geschreven wordt er onder andere aan de Erasmus Universiteit, aan de Universiteit Utrecht en aan de Wageningen University onderzoek gedaan naar het sturen van transities.

In haar notitie naar de Tweede Kamer Commissie LNV (Het bewerkstelligen van een transitie naar kringlooplandbouw) stelt Katrien Termeer (WU) dat transities het resultaat zijn van een complex samenspel tussen vele actoren en factoren en zich moeilijk op een klassieke wijze laten beheersen of sturen, maar dat sturing van de overheid nodig zal zijn. Transitie is een fundamentele verandering wat inhoudt: verandering van paradigma; verschuiving van percepties; verandering van onderliggende waarden en normen; herstructurering van sociale netwerken en interacties; verandering van machtsstructuren en de introductie van nieuwe institutionele arrangementen en regelsystemen.

Volgens Termeer zijn *small wins* krachtige bouwstenen voor een transformatie. *Small wins* zijn kleine diepgaande veranderingen met tastbare resultaten voor direct betrokkenen. Het zijn dus geen papieren beloftes, maar nieuwe praktijken waarbij sprake is van (radicaal) andere modellen, inzichten en waarden. Het kan om van alles gaan zoals bijv. een beleidsinstrument, een technologie, een verdienmodel of een ketensamenwerking. Door de focus op het kleine voorkomt een *small win* dat mensen overweldigd raken door de complexiteit van een vraagstuk, waardoor ze minder vrij en precies kunnen denken en zich laten verleiden tot abstracties. Bovendien helpt een focus op het kleine om uitstel te voorkomen. Wanneer er een overzicht is van de vele *small wins*, is de volgende stap om aanjaagmechanismen te activeren zodat *small wins* uitgroeien tot een systeemverandering. Termeer stelt voor dit te doen door verspreiding, verbreding en verdieping.

Eén van de knelpunten in de transitie naar kringlooplandbouw zijn blokkades die vaak berusten op taboes (bijvoorbeeld krimp van de veestapel). Voor een echte transitie is het noodzakelijk deze taboes onder ogen te zien en bespreekbaar te maken. Dat kan het beste gebeuren door het organiseren van een politieke en maatschappelijke dialoog. Een ander knelpunt is dat door onder meer de opheffing van de productschappen de afgelopen jaar veel capaciteit om collectief te investeren in kennis is verdwenen. Een belangrijke interventie is daarom om de kennisinfrastructuur voor de landbouw meer te richten op joint-fact finding en te verbinden met regionale living labs.

Algemeen

NWO stimuleert onderzoek naar kringlooplandbouw, o.a. in hun call "GROEN III, een circulair landbouwsysteem".

Het Planbureau voor de Leefomgeving voert regelmatig studies uit op het gebied van kringlooplandbouw. Zo heeft het PBL gepleit voor een allesomvattend Landbouwakkoord, naar analogie van het Klimaatakkoord.

De agrarische hogescholen: HAS Hogeschool, AVANS Hogeschool, Hogeschool Van Hall Larenstein en AERES Hogeschool voeren steeds meer onderzoek uit op het gebied van kringlooplandbouw.

4.3 Witte vlekken

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Circulaire systemen, organisatorische aspecten				
	<p>Ontwikkeling van (ex ante) duurzaamheidsanalyses circulaire valorisatieroutes.</p> <p>Welke systemen zijn denkbaar waarbij we met zo weinig mogelijk grondstoffen de behoeftes van de NL, EU, Wereld bevolking kunnen bedienen?</p> <p>Inzicht in voor welke kringlopen (voor welke stofstromen) het beter is om deze zo lokaal mogelijk of op een hoger schaalniveau te sluiten</p> <p>Verbinden van verschillende schaalniveaus van circulaire systemen (oa. huishouden, landbouwbedrijf, keten, regio, EU, mondiaal)</p> <p>Inzicht in ruimtelijke aspecten, (wat kan waar) en de ruimtelijke relaties met</p>	<p>Identificatie, op macro-economisch niveau van de invloedsfactoren en wat de effecten daarvan zijn in de gehele keten.</p> <p>Invloed van keteninrichting op duurzaamheid op macroniveau</p> <p>Relatie technologie – verbetering LCA footprints.</p> <p>Meewegen duurzaamheidsaspecten en circulariteit/kringlopen bij technologie ontwikkelingstrajecten.</p> <p>Maatschappelijke acceptatie en juridische inbedding van circulaire/biobased producten en van hoogwaardige producten uit mest en andere reststromen zoals slib en processed animal proteïns</p>	<p>Kwaliteitsborging van grondstofstromen en eindproducten</p> <p>Ontwikkeling efficiënte logistieke concepten</p> <p>Ruimtelijke configuraties die circulariteit bevorderen</p> <p>Beslismodellen ontwikkelen</p>	<p>Normalisatie en certificering</p> <p>Ruimtelijke inpasbaarheid: goede/slechte combinaties van ruimtegebruik.</p> <p>Businesscases uitwerken</p> <p>Implementatie logistieke concepten.</p> <p>Awareness-raising bij de Europese burgers</p>

	<p>andere vormen van grondgebruik</p> <p>Inzicht in mogelijk ophoping van gevaren bij sluiten kringlopen</p> <p>Ontwikkelen ex-ante evaluatiemethoden</p>	<p>“Incentives” voor circulaire systemen, op diverse schaalniveaus, techno-economische analyses</p>		
Deelprogramma: Circulaire systemen, ontwerp aspecten				
	<p>Integraal systeem ontwerp vanuit een volledige duurzame en circulaire benadering (zowel op energie, water, nutriënten en gewasbescherming mét maximale verwaarding van reststromen.</p> <p>Vertical farms en/of urban horticulture systemen als onderzoeksobject en toepassingsgebied.</p> <p>Kas- en klimaatmodellen voor adaptieve tuinbouwproductiesystemen ten behoeve van emissievrij en klimaatneutraal.</p> <p>Herontwerp van productiesystemen tbv circulaire tuinbouw & bollenteelt, met onder meer aandacht voor vierkantverwaarding.</p> <p>Inpassing in cross-overs met andere industrieën (tbv warmte, elektra en CO₂ voorziening) en voedselsystemen zoals tuinbouw-veeteelt/viskweek-insectenteelt interacties: bijv Aquaponics -> gericht op kritische punt van kwaliteit van grondstoffen en reststromen. Aandacht voor transitie op regionaal schaalniveau.</p>	<p>Integratie ex-ante evaluatie met technologieontwikkeling</p> <p>Integreren van raffinage- en zuiveringstechnologie in valorisatieconcepten, van grondstoffen en mest, oa hergebruik proceswater, katalysatoren, chemicaliën, enzymen en mineralen.</p> <p>Conversie van laagwaardige biomassa naar hoogwaardiger biomassa via technologie (processing, enzymtechnologie, extractie en scheidingstechnologie) of nature-based oplossingen (schimmels, micro-organismen, insecten, landbouwhuisdieren, vissen)</p> <p>Reductie van (carbon) footprint van kas productiesystemen, fossiele energie vrije kassen, emissie loze productiesystemen met hoog efficiënt water en nutriënten gebruik en laag tot geen gebruik van chemische gewasbescherming.</p>	<p>Opschaling technologieën</p> <p>Uitrollen integraal systeemontwerp in living labs.</p> <p>Mitigatie strategieën voor vermindering van ophoping gevaren bij sluiten kringlopen</p>	<p>Sturingsprincipes vanuit de overheid</p>

4.4 Mogelijke consortia en financiering

Vanuit de EU worden verschillende calls uitgezet voor de zogenaamde coordination and support actions (CSA), die gericht zijn op het ondersteunen van de meer organisatorische aspecten van de circulaire en bio-economie.

Het blijkt lastig om gerichte PPS-en op te zetten rondom keten- logistieke- duurzaamheids- en/of organisatorische vragen. In sommige gevallen worden deze vragen opgepakt in een apart werkpakket van een technologisch gerichte PPS. Voor de maatschappelijk gerichte vragen en activiteiten is binnen de topsector systematiek geen ruimte.

Er bestaat wel veel belangstelling voor dit soort vraagstukken bij overheden, zoals gemeenten en provincies en bij brancheverenigingen zoals LTO en STOWA. Waar private partijen terughoudend zijn met het investeren in zaken van algemeen belang zien overheden en brancheverenigingen dat weer juist als hun taak.

Niet alle private partijen zijn terughoudend. Steeds meer grote bedrijven zijn in het kader van 'responsible care' circulaire concepten aan het ontwikkelen. Een voorbeeld is dat Friesland Campina melkveeboeren helpt met het realiseren van mestvergistingsinstallaties, zodat de hele zuivelketen duurzamer wordt. Heineken wil met haar Groene Cirkels initiatief een brouwerij in een klimaatneutrale keten, een duurzame economie, een aangename leefomgeving en het ontwikkelen van kennis voor een klimaatneutrale maatschappij. Dat doet zij door de natuur als uitgangspunt te nemen en programma's te realiseren rond de onderwerpen energie, water, grondstoffen, mobiliteit en leefomgeving. In het initiatief werkt Heineken samen met provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap Rijnland en kennispartners Wageningen Environmental Research en Naturalis Biodiversity Center.

Verder kan een aantal meer overkoepelende vragen worden opgepakt, en wordt deels ook al opgepakt, binnen het nieuwe KB thema circulair en klimaatpositief. Voor de meer beleidsgerichte en inrichtingsvragen zou een BO programma wenselijk zijn.

4.5 Programmeringsadvies

Naast het uitwerken van circulariteitsconcepten binnen de kringlooplandbouw is 'aansluiting' het centrale advies. Meerdere partijen in Nederland zijn met dezelfde opgave bezig en de kringlopen die worden ontwikkeld en bestudeerd betreffen vaak heel Nederland. Alles is verbonden met alles, dus ook de onderzoeksgroepen zelf zouden die verbinding moet zoeken. Deze aansluiting zou gerealiseerd kunnen worden door samen te werken met partijen die ook met kringloopstudies bezig zijn zoals de Radboud Universiteit en AMS. Ook zou het goed zijn om aan te sluiten op de resultaten die behaald zijn binnen het KB programma Circulair en Klimaatneutraal. Naast aansluiten kunnen de projecten ook partijen verbinden in het kader van een gemeenschappelijk doel, bijvoorbeeld het ontwikkelen van logistieke circulaire concepten. Zo kunnen ook diverse lokale initiatieven worden verbonden (van *small wins* tot transities). De volgende soort projecten voor de kortere langere termijn kunnen worden aanbevolen:

Kennis en innovatieprojecten voor de kortere termijn:

- Uitwerken van concepten van circulaire businessmodellen in de kringlooplandbouw, incentives voor de verschillende actoren, mogelijk in samenwerking met de Radboud Universiteit.
- Aansluiten bij AMS; ontwikkelen van concepten om geredeneerd vanuit de vraag biomassastromen van de juiste kwaliteit en hoeveelheid beschikbaar maken.
- Ontwikkelen van logistieke circulaire concepten, proberen om grote en kleine partijen te verbinden

Kennis en innovatieprojecten voor de langere termijn

- Uitwerken van de concepten uit de verschillende transitietheorieën tot een concreet handelingsperspectief voor overheid, kennisinstellingen, bedrijven en burgers.
- Aansluiten bij de resultaten uit het KB programma circulair en klimaatneutraal: uitrollen van de ontwikkelde monitoring systematiek (BO onderwerp).
- Verbinden van lokale initiatieven en opschalingsmechanismen, leren van lokale circulaire initiatieven.

5. Subthema A1. Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten

5.1 Maatschappelijke opgave

Missie

Dit subthema gaat enerzijds over het winnen van nutriënten uit mest, afvalwater en andere organische reststromen teneinde deze in te zetten voor bemestings of andere doeleinden. Anderzijds beoogt dit subthema om binnen het totale agri-food productiesysteem efficiënter om te gaan met nutriënten, waardoor de behoefte aan nieuwe nutriënten sterk zal dalen (P en K naar 0, N naar 50%). Dit impliceert ook dat de veehouderij meer verbonden zal raken met de Nederlandse akkerbouw. Verder impliceert dit het efficiënter inzetten van reststromen, met name biomassa, als bron voor zowel organische stof als nutriënten (op grotere schaal dan nu plaatsvindt).

Ambitie

De ambities voor 2030 subthema A1 uit het visiedocument Landbouw, Water, Voedsel zijn:

- Het gebruik van kunstmest (N met 50%, P en K met 100%) is afgenomen en er wordt geen N-meststoffen gebruik uit niet hernieuwbare bron (aardgas);
- Circulaire benutting van nutriënten in dierlijke mest en producten uit de waterzuivering en drinkwaterbereiding;
- Tot 2030 worden de nutriëntenkringlopen in de veehouderij verkleind, en worden verliezen van voedsel en reststromen verkleind.

Wat is daar voor nodig

Uitgaande van de ambities uit het missiedocument beoogt dit subthema de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- Het ontwikkelen van stalconcepten waarbij mest en urine dagvers en gescheiden worden afgevoerd, opgeslagen, eventueel verwerkt en de nutriënten maximaal benut.
- Het verder doorontwikkelen van precisielandbouw (bemesting, irrigatie)
- Het ontwikkelen van technologie om P en K te scheiden uit mest en afvalwater en geschikt te maken voor hergebruik als nutriënt
- Het ontwikkelen van technologieën en concepten (bijvoorbeeld ook via de inzet van micro-organismen, insecten) om N te scheiden uit mest en afvalwater en geschikt te maken voor hergebruik
- Het ontwikkelen van concepten om eiwit (N) voor humane consumptie te produceren uit reststromen (via insecten, wormen, algen, micro-organismen, etc) teneinde verliezen te verkleinen
- Het zodanig inrichten van de voedselketen (land/tuinbouw, voedselverwerking, industriële en stedelijke afvalwaterzuivering) dat nutriënten en organische stromen in herbruikbare vorm kunnen worden teruggewonnen en dat het water veilig kan worden gebruikt.⁵
- Het ontwikkelen van landbouwsystemen waarbij de nutriëntenkringloop wordt verkleind, er meer gebruik wordt gemaakt van lokaal geproduceerd voer en reststromen worden ingezet als veevoer en als bron voor bemesting.
- Het ontwikkelen van afgestemde technologieën en strategieën om in de nutriëntenbehoefte van de regio te voorzien teneinde lange afstand transport van volumerijke reststromen te voorkomen.
- Ontwikkelen van strategieën waarbij in voldoende mate in de organische stofbehoefte kan worden voorzien⁶.

⁵ Circulariteit van nutriënten binnen de glastuinbouw is uitgewerkt in een apart MMIP en hier op verzoek van de deelnemers aan de workshop, waaronder LNV, niet expliciet meegenomen.

⁶ Het inzetten van rest- en zijstromen met name voor de organische stof behoefte is ook onderdeel van missie A3.

Programmalijnen

Het subthema is in twee deelprogrammalijnen ingedeeld. Onder deze twee lijnen zijn de innovatievragen als volgt uitgewerkt:

Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater

- Winning van de nutriënten N, P, en K, uit mest, afvalwater en (vaste) organische reststromen
- Winning van nutriënten uit water, zowel stedelijk en industrieel afvalwater, industrieel proceswater, zuiveringsslib, en water in de land- en tuinbouw
- Mestvalorisatie, vragen rondom de inrichting van het systeem om mestvalorisatie beter uit te rollen, ontwikkelen van haalbare businesscases, en efficiënte nutriëntenrecovery opties
- Veilige voeding en materialen uit mest; valorisatie anders dan in mestproducten

Betere, circulaire, benutting van nutriënten, water en reststromen

- open teelten, bemesting van bodem en gewassen, efficiënter omgaan met water, (her)gebruik van water uit meerdere bronnen
- Veredelen op efficiëntere benutting van nutriënten. Deze lijn sluit aan bij MMIP Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling
- de combinatie open teelten/ akkerbouw en veehouderij, met name het versterken van de grondgebondenheid van de Nederlandse veehouderij, en de relatie tussen veehouderij, nutriënten(terugwinning) en duurzame teelt, de afweging tussen verschillende bestemmingen. Bijvoorbeeld swill of slachtresten terug als bemestingsproduct of veevoer?
- de veehouderij⁷, voor een belangrijk deel gericht op het verbeteren van de mineralen efficiëntie binnen de veehouderij

Een overzicht van lopend onderzoek en witten vlekken is uitgewerkt in de twee onderstaande tabellen.

5.2 Lopend onderzoek

Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater

Circulair N

Eén van de wegen om eiwitten uit plantaardige reststromen te herbruiken is deze om te zetten naar insecten. Deze insecten kunnen daarna gebruikt worden o.a. als veevoer. In Nederland wordt hiernaar onderzoek gedaan door insectenkweekbedrijven zoals Protix en Bestico, door diverse afdelingen van de WUR, zoals WU Entomologie, Wageningen Livestock Research, Wageningen Food & Biobased Research en het RIKILT en door hogescholen zoals de HAS. Binnen Wageningen Research wordt o.a. gewerkt aan bio-conversie, processing en bioraffinage en consumenten acceptatie van insectenproducten of producten van landbouwhuisdieren die gevoerd zijn met insecten. In een KB programma (RUE tot 2018 en C&CP tot 2022) zal inzicht worden verkregen ten aanzien van beschikbaarheid, eigenschappen en socio-economische geschiktheid van organische reststromen als substraat voor de kweek van insecten voor de productie van insecten producten die direct worden gebruikt als humaan voedsel of als grondstof voor de diervoederindustrie. Biologische expertise zal worden gebruikt en verder worden ontwikkeld in het programma met betrekking tot processen voor de conversie van organische reststromen in hoogwaardige dierlijke producten. De expertise zal ook bijdragen aan de ontwikkeling van hoogwaardige producten voor non-food toepassingen en bio-actieve componenten zoals chitine.

Stikstofcirculariteit kan ook bereikt worden door het toepassen van kunstmestvervangers. In het demonstratieproject "Kunstmestvrije Achterhoek" wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van herwonnen regionale nutriënten om de bemestingspraktijk duurzamer te maken. Het project probeert aan te tonen dat een meer circulaire praktijk mogelijk is zonder negatieve gevolgen voor milieu en landbouwproductie. De komende jaren worden er samen met boeren, mestverwerkers en andere partijen verschillende proeven gedaan om dit te bereiken. Deelnemers zijn o.a. Groot Zevert Vergisting,

⁷ Deze innovatielijn heeft een sterke verbinding met de programmeringsstudie duurzame veehouderij

ForFarmers, LTO Noord, Provincie Gelderland, Ministerie van LNV, Regio Achterhoek, Stichting Biomassa en Wageningen Environmental Research.

Circulair P en K

In 2015-2018 is in kennisbasisprojecten aan Wageningen Research gewerkt aan de terugwinning van fosfaat uit dierlijke mest in de vorm van struviet en calciumfosfaat. De precipitaten zijn compact, verhandelbaar en te gebruiken als kunstmestvervanger. Daarnaast is het effect van dergelijke fosfaat-zouten bestudeerd op de bodemvruchtbaarheid en de waterkwaliteit. Hierbij is ook het winnen van fosfaat uit slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties meegenomen, een vaak vergeten los einde in de agro-food-keten. Diverse projecten op het gebied van het sluiten van de P-cyclus zijn uitgevoerd. Ook in het lopende WFBR project "Gebruik je Brijn" wordt technologie ontwikkeld waarin o.a. fosforzuur wordt gewonnen uit afvalwater uit de agro-industrie.

STOWA en waterschappen zoals Waternet zijn onderzoek en demonstratieprojecten aan het uitvoeren waarin struviet wordt gewonnen uit rioolwater. Ook zijn partijen bezig om fosfaat te winnen uit verbrandingsassen (o.a. slibverbranding)

Circulaire nutriënten uit water

Onderzoeksinstituut Wetsus werkt in een TKI project samen met de TU Delft, Kemira en waterschappen aan de winning van fosfaat uit afvalwater, o.a. door precipitatie met ijzer en het winnen van dit precipitatie uit de bulk van het slib. In het al eerder genoemde project "Gebruik je Brijn" worden zouten gewonnen uit waterstromen en nuttig ingezet (gerecycled). De STOWA en de EFGF (Energie- en Grondstoffabriek), beide samenwerkingsverbanden van de waterschappen, doen/begeleiden/financieren onderzoek naar het winnen van stikstof en fosfaat uit afvalwater. Afvalwater wordt steeds meer gezien als een grondstof in plaats van een restproduct. Daarnaast lopen er binnen de glastuinbouw diverse programma's met onder andere de focus om de nutriënten binnen het systeem te houden.

Mestvalorisatie

Mest zou meer ingezet moeten worden, maar vaak zijn er technische, economische of wettelijke belemmeringen. Wageningen Research werkt aan de ontwikkeling van een evaluatiekader voor de productie van organische meststoffen en bovendien aan een reeks projecten waarin mest en mestdigestaat worden benut, meestal in combinaties van kunstmestvervanger en een waardevolle koolstofverbinding (bioplastic, methaan, furanen). Het project "Beter (dan) Vergisten" probeert fosfaat uit mest te winnen met magnetiet en magnetische velden en tegelijkertijd een bioplastic (PHA) te produceren. Het EU project SYSTEMIC demonstreert in vijf praktijkinstallaties hoe de vergisting van mest, slib en voedselresten kan worden gecombineerd met de winning van N, P en K. Deze nutriënten kunnen worden toegepast als kunstmestvervanger. Nederlandse deelnemers zijn Nijhuis Industries, Groot Zevert Vergisting en de WUR. Ook in het eerder genoemde project Kunstmestvrije Achterhoek speelt mest een grote rol.

Veilige voeding en materialen uit mest

Tijdens het recyclen van mest naar het land worden niet alleen waardevolle componenten teruggevoerd maar soms ook schadelijke. Wageningen Research onderzoekt daarom de transmissie van antibioticaresiduen via mest naar plantaardige productiesystemen in een kennisbasisproject. Een soortgelijke problematiek speelt in een NWO project (WUR-ASG) waarin mest wordt gebruikt voor het kweken van insecten.

Betere, circulaire, benutting van nutriënten

De terugvoer van N, P en K kan niet los gezien worden van de terugvoer van organische componenten naar het bouwland. Wageningen Research werkt aan het sturen van de bodemweerstand door toediening van organische materialen en aan het inzetten van mestdigestaat ter bevordering van bodemleven en diversiteit.

De PPS Feed4Foodure onderzoekt het verder verlagen van de footprint van de Nederlandse veehouderij op het gebied van fosfaat, nitraat, koper, zink, ammoniak en broeikasgassen. Nieuwe voedingsmodellen en meettechnieken zullen daarbij helpen om grondstoffen en nutriënten in de veehouderij efficiënter te gebruiken. Deelnemers zijn Agrifirm Group b.v., ForFarmers, Hendrix b.v., De Heus Voeders b.v., VION Food Group, MSD-Animal Health, VanDrie Group, Denkavit, Nutreco, Darling Ingredients, productschappen en de WUR. Het EU project Feed-a-Gene heeft tot doel de verschillende componenten van monogastrische veeproductiesystemen (d.w.z. varkens, pluimvee en konijnen) beter aan te passen om de algehele efficiëntie te verbeteren en de milieu-impact te verminderen. Dit omvat o.a. alternatieve voedermiddelen en voedingstechnieken. Deelnemers zijn o.a. WUR, INRA en Hamlet Protein. Stikstof uit de zee kan via zeewier weer worden ingezet op het land. In het Proseaweed programma wordt onderzocht hoe zeewier kan worden gebruikt als veevoeding (met o.a. de Noordzeeboerderij, De Heus en de WUR).

Overzicht van recent afgesloten en lopend onderzoek, geordend volgens het raster van de MMIP's. Indien niet anders aangegeven loopt het onderzoek bij Wageningen Research.

Lopende of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater				
Circulair N	KB-RUE (2015-2018) - Protein Transition (InsectParc+) KB34 C&CP (2019-2022) - 1-2B-1 Insects & novel production cycles	- DFI-AF-18011 Nitrocycle - AF-15220 (Insect safety)	Kunstmestvrije Achterhoek (ook aanleggen proefvelden), LTO, WEnR, ForFarmers etc.	
Circulair P (en K)	KB26 en KB 30 (2015-2018) - Closing the P Cycle, 4 samenhangende projecten KB33- Total use (2018) - Fosfaat uit mest winnen KB34 C&CP (2019-2022) - 1-2A-2 P, N and C cycles	- AF-15204-Gebruik je Brijn - AF-16137b Meerwaarde mest en mineralen		
Circulaire nutriënten uit water	Projecten van Wetsus op: - Waste water treatment and reuse - Sensing of micro and nano pollutants - Reuse of components	- AF-15204-Gebruik je Brijn - TU-17003 Safe and Save water in productie en verwerking versgroentes		
Mestvalorisatie	KB34 C&CP (2019-2022) - Ontwikkeling van een evaluatiekader voor (de productie van) organische meststoffen	- AF-18047 Beter (dan) vergisten - AF-18136 NL Next Level mestverwaarden - AF-16137b Meerwaarde mest en mineralen - AF-17052b Biobased opwaarderen mest en digestaat - AF-16196 - Mest als circulaire grondstof	- H2020 SYSTEMIC – grootschalige demonstratie Groene Mineralen Centrale - Monitoring toepassing groene mineralen Kunstmestvrije regio Achterhoek	Kringlooptoets 2.0

Veilige voeding en materialen uit mest.	KB34 C&CP (2019-2022) - 1-2C-1 Transmissie van antibiotica residuen via mest naar plantaardige productiesystemen NWO project gebruik mest voor insecten kweek (WU-ASG)			
Deelprogramma: Betere, circulaire, benutting van nutriënten en water				
Bemesting van bodem en gewassen	- AF-15261 Sturen bodemweerbaarheid door toediening van organische materialen	- AF-18054 Circulair inzetten digestaat ter bevordering van bodemleven en biodiversiteit - Proseaweed programma; bioactieve stoffen uit zeewier voor planten		
Open teelten in combinatie met veehouderij, grondgebondenheid		- Kernthema duurzame veehouderij/klimaatneutraal - AF-16156 Circulaire bio-economie		
Veehouderij		- PPS Feed4Foodure - EU FeedaGene - Proseaweed programma: bioactieve stoffen uit zeewier voor feed toepassingen		

5.3 Witte vlekken

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikke fase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater				
Circulair N	Wat zijn duurzame bronnen en technieken voor de productie van N meststoffen Welke concepten voor N vastlegging in biomassa (o.a. insecten, wormen, algen) vanuit mest, water en reststromen zijn potentieel duurzaam Selectie van potentiële rendabele technieken om N in minerale vorm terug te winnen uit mest, afvalwater en andere reststromen.	Ontwikkelen van de nutriënten-recovery opties uit mest, afvalwater en andere reststromen zoals vaste organische reststromen; vaststellen van de kwaliteit, evaluatie van de potentiële werking en milieukundige aspecten en testen van perspectiefvolle bemestingsproducten Ontwikkelen en toetsen van kweeksystemen van biomassa (via o.a. insecten, wormen, algen) voor het winnen van eiwit en andere N houdende materialen uit mest en andere afvalstromen	Afstemming samenstelling en door-ontwikkeling van de technieken, inpasbaarheid minerale N producten in de keten. Pilots voor het testen van de nutriënten-recovery opties Demo's en opschaling, waar liggen belemmeringen, wat zijn de economische effecten, hoe is haalbaarheid te vergroten Demo's, waar liggen de prikkels voor boeren om circulair N toe te passen, distributie, inpassen in huidig systeem Ontwikkelen vermarktbaar producten	Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie) Kwaliteitsborgingssysteem
Circulair P en K	Wat zijn duurzame bronnen en technieken	Ontwikkelen van concepten voor inzet van minerale P en K uit slib, mest etc in kunstmestindustrie, of in	Afstemming samenstelling en zonodig door ontwikkelen van de technieken, inpasbaarheid	Uitwerken haalbare businesscases en

	<p>voor de productie en recovery van P en K</p> <p>Selectie van potentiële rendabele technieken om P en K in minerale vorm terug te winnen uit mest, afvalwater en andere reststromen.</p>	<p>combinatie met (on)bewerkte mest(producten)</p> <p>Pilots voor het testen van de nutriënten-recovery opties uit mest, afvalwater en andere reststromen zoals vaste organische reststromen; vaststellen van de kwaliteit, evaluatie van de potentiële werking en milieukundige aspecten en testen van de perspectiefvolle producten.</p>	<p>minerale P en K producten in de keten.</p> <p>Demo's, waar liggen belemmeringen, wat zijn de economische effecten, hoe is haalbaarheid te vergroten</p> <p>Demo's, waar liggen de prikkels voor boeren om circulair P en K toe te passen, distributie, inpassen in huidig systeem</p> <p>Ontwikkelen vermarktbaar producten</p>	<p>onderbouwen/inrichten economische prikkels</p> <p>LCA/duurzaamheidsanalyses</p> <p>Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie)</p> <p>Kwaliteitsborgingssysteem</p>
Circulaire nutriënten uit water	<p>Waar in het circulaire systeem kunnen het beste componenten herwonnen / verwijderd worden (zowel waardevolle als vervuilende componenten), zowel landbouw/tuinbouw, industrie, retail, huishoudens als afvalverwerking.</p> <p>Mogelijkheden van biomassateelt op vervuilde stromen voor schoning en winning van waardevolle producten</p> <p>Selectie van potentiële rendabele technieken om N, P en K in minerale vorm terug te winnen uit rwzi rest- en deelstromen</p> <p>Ontwikkeling disruptieve technologieën</p>	<p>Beperking en/of hergebruik proceswater, katalysatoren, chemicaliën, enzymen en mineralen.</p> <p>Ontwikkelen bewerkingstechnieken van zuiveringsslib en andere rest- en deelstromen (bijv. rejectiewater) voor een veilig gebruik als meststof in de landbouw: Nutriënten terugwinning met acceptabele vervuiling</p> <p>Verwijdering van vervuiling, pathogenen en microverontreinigingen (o.a. zware metalen, medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten micro-organismen, nanodeeltjes, microplastic etc).</p> <p>Ontwikkeling van disruptieve technologische concepten voor rioolwaterzuivering, gericht op behoud van nutriënten en organisch koolstof</p> <p>Hoogwaardige toepassing zuiveringsslib eventueel inclusief thermische benutting</p>	<p>Testen van nieuwe mineralenproducten en bodemverbeteraars uit de afvalwaterketen</p> <p>Testen kweek van alternatieve biomassa op zuiveringsslib of effluenten (bijvoorbeeld kweek van insecten of wormen t.b.v. visvoer)</p> <p>Hergebruik van water op meerdere schaalniveaus en tussen meerdere watergebruikers</p> <p>Leren van analogie met consumptiewater (mag nu ook uit oppervlaktewater gemaakt worden)</p> <p>Testen van gebruik van rwzi effluenten voor irrigatiedoeleinden in de landbouw</p> <p>Agronomische effectiviteit van nieuwe mineralenproducten en bodemverbeteraars uit de afvalwaterketen, gedrag van eventuele microverontreinigingen</p> <p>Hergebruik en zuivering van water in de landbouwsectoren</p>	<p>Aanpassing regelgeving voor gebruik van struviet of andere recyclingproducten als grondstof voor de kunstmestindustrie of als directe meststof in de landbouw</p> <p>Borging van de voedselveiligheid bij gebruik recyclingproducten in de landbouw</p> <p>Aanpassing regelgeving voor gebruik rwzi effluent in de landbouw.</p> <p>Inzicht in of regelgeving nog steeds reëel is of aangepast kan worden, waarbij borging veiligheid essentieel is.</p> <p>Experimenteerruimte creëren om producten in de kringloop te houden, bv waterzuiveringsslib van agrofoodverwerkers terug naar land- en tuinbouw</p>
Mestvalorisatie	<p>Ontwikkelen theoretisch kader/model voor mestcirculariteit op basis van demoprojecten (kunstmestvrije achterhoek, groene mineralen centrale), leren en theoretiseren op basis van de praktijk</p>	<p>Ontwerp en innovatie ten aanzien van primaire scheiding (faeces en urine) en mogelijke verwaarding daarvan in de keten</p> <p>Ontwerp en ontwikkeling van nieuwe routes voor toepassing van mest en terugwinning van mineralen uit plantaardige en dierlijke reststromen. Toetsen organische stofbalans en</p>	<p>Vierkantsverwaarding mest</p> <p>Wat is nodig voor het afzetten van nutriënten naar het buitenland</p> <p>Afzetten nutriënten buiten de landbouw</p> <p>Uitrol concepten van KunstMest 4.0: onbewerkte organische mest, aangevuld met nutriënten op maat</p>	<p>Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels</p> <p>LCA/duurzaamheidsanalyses</p> <p>Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie)</p> <p>Beleidsinnovatie meststoffen</p>

		<p>mineralenbalans in biobased teelten en bedrijfsplannen.</p> <p>Ontwikkelen cascaderings-principes voor mest</p> <p>Ontwikkelen meetinstrumentarium voor snelle analyse</p>	<p>waarvan de oorsprong ook organisch kan zijn.</p>	<p>Andere regelgeving en borgingssystemen</p>
<p>Veilige voeding en materialen uit mest.</p>	<p>Veiligheidsissues bij gebruik mest voor insectkweek, schimmels, bacteriën, micro-organismen en breder inzet mest i.r.t. circulatie contaminanten en pathogenen</p> <p>Directe omzetting (chemisch, biokatalytisch, microbiologisch) van NH₃ en organische zuren in eiwit en andere stikstofhoudende materialen</p>	<p>Verwijdering van pathogenen en microverontreinigingen (medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten, nanodeeltjes, microplastic etc.).</p> <p>Ontwikkelen van concepten voor inzet van mest met behulp van insecten schimmels, bacteriën, micro-organismen</p> <p>Ontwikkelen van substraatvervangers</p>	<p>Maatschappelijke acceptatie en juridische inbedding en borgingssystemen van hoogwaardige producten uit mest en andere reststromen zoals slib</p>	
<p>Deelprogramma: Betere, circulaire, benutting van nutriënten en water.</p>				
<p>Open teelten, bemesting van bodem en gewassen, verminderen watergebruik</p> <p><i>Deze lijn sluit aan bij A2, maar is meer ingestoken vanuit nutriënten</i></p> <p><i>Precisiebemesting sluit aan bij de MMIP sleuteltechnologie Slimme technologie en High tech</i></p>	<p>De samenstelling, de waarde en de effecten van de verschillende organische stofstromen op bodemvruchtbaarheid, bodemleven etc</p> <p>Hoe kunnen we open teelten inrichten zodat ze beter de concepten van de bedekte teelt kunnen toepassen?</p> <p>Voorkomen emissies uit de bodem</p> <p>Mogelijkheden precisiebemesting bij verschillende gewassen</p> <p>Inzicht in interactie/afwenteling emissies</p>	<p>Onderzoeken praktische toepassing en effecten circulaire minerale meststoffen en bodemverbeters/bewerkte of onbewerkte vaste organische reststromen, inclusief effecten op bodemorganische stof</p> <p>Ontkoppelen N en P en K gift</p> <p>Ontwikkelen slow-release meststoffen en nitrificatieremmers</p> <p>Ontwikkelen concepten voor precisielandbouw op basis van lokale bodem- en gewasmetingen al dan niet in combinatie met modellen.</p> <p>Ontwikkelen concepten voor beperking watergebruik, zoals gebruik regenwater, hergebruik en water terugwinning</p> <p>Effecten van waterbeperking op de teelt</p> <p>Opvang, opslag, zuivering en inzet van regenwater in allerlei processen</p>	<p>Praktijktoepassingen precisiebemesting</p> <p>Field labs</p> <p>Maximaliseren plaatsing mest op eigen bedrijf, koppelen maximaal mestgebruik aan drainagewater.</p> <p>Koppeling borging en monitoringssysteem oppervlaktewater</p> <p>Pilots voor hergebruik water (zuivering) op meerdere schaalniveau's (oa uit rwzi)</p> <p>Verwaarden slootmaaisel (zie ook A3)</p> <p>Testen precisiebemestingssystemen.</p> <p>Inrichtingsvraagstukken (vruchtwisseling/opvolging, strokenteelt, mengteelten, groenbemesters/vanggewassen etc. etc.)</p>	<p>Ondersteunen praktijknetwerken</p> <p>Verbeteren samenwerking veehouderij, akkerbouw en loonwerkers</p>

<p>Veredelen op efficiëntere benutting van nutriënten.</p> <p><i>Deze lijn sluit aan bij MMIP</i> <i>Sleuteltechnologie</i> <i>Biotechnologie en Veredeling</i></p>	<p>Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways in verschillende gewassen bijdragen aan NUE.</p>	<p>Ontwikkelen van fenotyperings-methoden voor gewenste eigenschappen.</p> <p>Identificeren van QTL's.</p>	<p>Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties in het onderzoek.</p>	<p>Gebruik van merkers voor QTLs in veredelings-programma's door bedrijven.</p> <p>Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.</p>
<p>Open teelten in combinatie met veehouderij, grondgebondenheid</p>	<p>Genomica en voeding van dieren gerelateerd aan metsamenstelling</p> <p>Duurzaamheid van verschillende bestemmingen van nutriënten en afvalstromen</p>	<p>Ontwikkeling efficiënte rassen/gewassen m.b.t. nutriëntenopname.</p> <p>Andere rassen</p> <p>Afweging tussen verschillende bestemmingen tussen akkerbouw en veehouderij.</p> <p>Bijvoorbeeld swill of slachtesten terug als bemestingsproduct of veevoer?</p>	<p>Field labs</p> <p>Inrichtingsvraagstukken, landbouwsystemen/beweiding, hoe hou je nutriënten in het systeem</p> <p>Effect van relatie tussen grondeigendom en grondgebruik</p> <p>Pilots voor hergebruik reststromen tussen akkerbouw en veehouderij</p>	<p>Verbeteren samenwerking veehouderij/akkerbouw voor betere inrichting grondgebondenheid.</p> <p>Opzetten kenniskringen</p>
<p>Veehouderij</p> <p><i>Deze lijn sluit aan bij MMIP D3 Duurzame veehouderij, maar is hier meer vanuit de nutriënten en voedingsstoffen ingestoken, de lijn is hier slechts beperkt uitgewerkt</i></p>	<p>Gezondheid van dieren en hun nutriënten behoefte</p> <p>Relatie voeding en mestkwaliteit</p>	<p>Verbeteren mineralen efficiëntie in de veehouderij</p> <p>Voeding van dieren op basis van grondstoffen die niet geschikt zijn voor humane consumptie. Inclusief de wisselwerking met gezondheid, welzijn en gedrag van dieren</p> <p>Feed safety van reststromen en co-producten</p> <p>Laag-eiwit voeding van dieren</p> <p>Ontwikkelen nieuwe grondstoffen voor veevoer</p>	<p>Efficiënter voeren</p> <p>Stalsystemen, beweidingssystemen voor circulariteit</p> <p>Circulaire concepten en inrichtingsvraagstukken voor grondgebonden en voor niet-grondgebonden veehouderij</p>	

5.4 Mogelijke consortia en financiering

Organisaties en bedrijven die actief zijn op dit gebied zijn:

- Landbouworganisaties (o.a. LTO Noord, ZLTO, LLTB)
- Bedrijfsorganisaties Akkerbouw, NZO
- Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR)
- Belangenvereniging Composteerbare Producten Nederland (BCPN)
- Vereniging van Afvalbedrijven (GFT)
- Verwerking dode dieren en slachtafval (cat 1 en 2) (Rendac)
- Slibverwerkers
- Mestverwerkers
- Grondstoffenfabriek & Energiefabriek van de UvW
- Afvalwaterzuivering, waterschappen en STOWA,
- Drinkwaterbedrijven
- Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV)
- Diervoedersector
- Handel zoals Agrifirm,
- Transport en logistiek,
- Kunstmestindustrie.

De tabel hieronder geeft een indruk van mogelijke nieuwe pps-constructies (ingediend als project idee in de TKI-call van de topsector Agri-Food 2019):

Onderwerp	Consortium	Publiek / privaat / overig (in k€)
Benutting van stedelijke reststromen bij het sluiten van agrarische kringlopen in drie gebieden in Noord Nederland	Van Hall Instituut, Wetterskip Fryslân, Noardlike Fryske Wâlden, Collectief Waadrâne, Eytemaheert, Mulder Agro, Rabobank, Gebiedscoöperatie Zuidelijk Westerkwartier, Waterschap Noorderzijlvest, Oosterhof Holman, Ecostyle WLR	430 / 430 / 0
Eiwit van Eigen Land op een hoger plan	ZuivelNL, Melkveehouderij Willemien van de Kandelaar, Royal Bel Leerdammer, , WLR	259 / 259 / 0
NIRS technologie toegepast bij mestsamstelling	D-tec, Dynalynx, Eijkelpark Soil en Water, Eurofins Agro, John Deere NL, Veenhuis Machines, WFSR	300 / 300 / 0
Brijn, sluiten van mineralen kringloop en verminderen waterverbruik in de agro industrie	FrieslandCampina, Avebe, Fuji, Proxcys	300 / 300 / 0
Water 'fit for food', verbetering van de beschikbaarheid van kwalitatief goede (alternatieve) waterbronnen voor land- en tuinbouw door nieuwe waterbehandeling.	NFO (Nederlandse Fruittelers Organisatie), Branche organisaties in aardappelteelt, Watertechnologie leveranciers, Waterschappen, Rijkswaterstaat	800 / 800 / 0

NWO heeft een oproep afgerond voor projecten die bijdragen aan de Nationale Wetenschaps Agenda. Binnen de route "Duurzame voedselproductie" is een project ingediend met de titel "Healthy and sustainable protein feed to close the phosphorus cycle on farm and suppress soil submergence" door een consortium bestaande uit Universiteit Utrecht, Radboud Universiteit, WUR, Copernicus Instituut, B-ware, de BAAI en wij_land.

5.5 Programmeringsadvies

Bioraffinage uit dierlijke mest tot afzonderlijke of gecombineerde minerale N, P en K producten ter vervanging van kunstmestproducten staat nog in de kinderschoenen, en daar komen consortia ook moeizaam van de grond. De huidige verwerking van mest is meer gericht op een zo goedkoop mogelijke export van overtollige fosfaat en minder op specifieke bemestingsproducten die kunstmest vervangen. Technologiemarkt voor afvalwater is (veel) verder ontwikkeld dan die voor mest. Meer ervaring is er op het gebied van humane afvalstromen bij de RWZI's (o.a. P-terugwinning via struviet), echter de eigenschappen van beide grondstoffen zijn verschillend. Samenwerking over de gehele nutriëntenketen (agro-food-waste) kan nog veel beter. Veel MKB partijen zijn actief in technologieontwikkeling, met vaak wel sterke innovatiewens maar met relatief weinig, versnipperde of gefractioneerde kennis en beperkt kapitaal voor ontwikkeling. We zien vooral market push en minder market pull.

Er gebeurt echter wel al veel aan ontwikkeling van technieken omdat het belang groot is (kosten voor verwerken mineralenoverschot uit dierlijke mest en zuiveringsslib zijn hoog) en de plaatsingsruimte van de organische uitgangsmaterialen zijn ontoereikend. Daarnaast zet het ministerie sterk in op kringlooplandbouw waarbij recycling van reststromen en de nutriënten daarin een belangrijk onderdeel is. Een succes draagt bij aan het verbeteren van imago van de landbouw.

Binnen de bedekte teelten is veel onderzoek en ontwikkeling gedaan naar het emissievrij maken van de teelt, de verwachting is dat ook de andere teelten kunnen profiteren van die kennis en ervaring.

Problematiek rondom mest- en nutriëntenverwaarding is deels een gezamenlijk gevoelde verantwoordelijkheid, waardoor een programmatische aanpak op verschillende onderdelen haalbaar moet zijn. Een goed voorbeeld is het project AF-18136 Next Level mestverwaarding, dit is een sterk consortium dat mogelijk nog wordt uitgebreid.

Een aantal van de essentiële hordes echter voor het meer circulair maken van de nutriënteninzet zijn het gebrek aan haalbare businesscases, belemmerende wet- en regelgeving, en te weinig prikkels voor inzet van circulaire nutriënten en het beschikbaar zijn van alternatieve producten in de markt. Deze hordes maken dat het de afgelopen jaren moeizaam is gebleken PPS-en op dit onderwerp op de zetten. Ondersteuning bij het bij elkaar brengen van potentiële consortiapartners, en het aansturen op een programmatische aanpak, zoals ook al gebeurt bij de PPS Next Level mestverwaarding is een vereiste om een boost te geven aan de ontwikkelingen.

Daarnaast is een markt ontwikkelen een kwestie van lange adem. Dus er is een valley of death waar men overheen moet. Er is ook scholing, demo nodig om de waarde van producten te doen blijken (of stimuleringen opzetten, financieel of via regelgeving). Wat ook kan helpen zijn (beleidsmatige) incentives, waardoor de nieuwe producten meer kans krijgen t.o.v. de bestaande die vervangen moeten worden.

Verder is een aantal consortia actief bezig ontwikkeling richting een toekomstbestendige en verantwoorde veehouderij vorm te geven: zoals Meststoffen Nederland, Kunstmest 4.0. De Groene Mineralen Centrale is eveneens een uitstekend voorbeeld van samenwerking voor het winnen en verwaarden van nutriënten. Er zijn ook verbanden als Agri.NL (met veel partijen akkerbouw en veehouderij) of Coviva (cie vitalisering varkenshouderij) Deze projecten kunnen als voorbeeld dienen voor het opzetten van nieuwe samenwerkingsverbanden.

Het verdient aanbeveling om actief te bouwen aan grotere consortia die de problematiek binnen dit subthema gezamenlijk kunnen aanpakken, gezamenlijkheid is noodzakelijk om de grote stappen te zetten die noodzakelijk zijn.

Om een groot deel van dit programma te realiseren zijn de volgende projecten nodig:

Kennis en innovatieprojecten voor de kortere termijn:

- Uitbreiden van het Next Level mestverwaarding-consortium of opzetten van een vergelijkbaarconsortium
- Ruimte voor brede PPS-consortia voor technologieontwikkeling, over en weer leren van elkaar tussen sectoren
- Opzetten van circular deals als voorbeeldprojecten
- Ondersteunen van kleinere partijen met een instrument als SBIR om lokaal toepasbare concepten uit te werken

Kennis en innovatieprojecten voor de langere termijn

- Leren van Field labs resultaten en terugkoppelen naar lagere TRL niveau's
- Pilots voor hergebruik reststromen tussen akkerbouw en veehouderij
- Opzetten en ondersteunen kenniskringen

6. Subthema A3. Hergebruik zij- en reststromen

6.1 Maatschappelijke opgave

Missie

Inzet van dit subthema is om bij te dragen aan het maximaal gebruik van organische rest- en zijstromen als voedsel of diervoeder of non-foodproducten en het optimaal hergebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten of andere grondstoffen en producten. Organische rest- en zijstromen komen op alle plekken in de agri-food en tuinbouw keten vrij, van de primaire sector en de verwerkende industrie tot en met de retail, horeca en consumenten. Hergebruik van de organische rest- en zijstromen op de verschillende plekken de keten kan een andere insteek vragen. Daarnaast zijn verbindingen tussen de schakels, tussen sectoren en naar andere sectoren, noodzakelijk om hergebruik mogelijk te maken. Een integrale aanvliegroute met aandacht voor het bouwen van brede consortia, maar ook borging van kwaliteit en veiligheid, inpassen in bestaande productiesystemen, ondersteunen van cases en pilots en het aanpassen van wet- en regelgeving is noodzakelijk om de missie ten uitvoer te brengen.

Ambitie

In 2030 worden organische rest- en zijstromen maximaal hergebruikt als voedsel, diervoeder, of andere (non-food) producten. De land- en tuinbouw en agro-food industrie draagt daarmee op brede schaal bij aan het welbevinden van de Nederlandse burger. Ketens zijn daartoe optimaal ingericht en nieuwe verbindingen zijn gemaakt zowel binnen als buiten het tuinbouw-agri-food domein om eigen of elkaars zij- en reststromen te verwaarden. Milde technologieën zijn ontwikkeld om naast het produceren van het hoofdproduct ook waardevolle bijproducten te leveren die hoogwaardig verwaard kunnen worden. Dit maakt het optimaal inzetten van biomassa voor voeding, bijvoorbeeld nieuwe eiwitten, veevoer, en andere non-food producten mogelijk. Haalbare businesscases en slim ingerichte verbindingen maken het mogelijk voor alle partijen in de keten om rest- en zijstromen maximaal te verwaarden.

In 2050 kent het agri-food/tuinbouw systeem geen ongebruikte rest- en zijstromen meer. Waardevolle verbindingen met andere sectoren maken dat alle biomassa/land- en tuinbouwgewassen optimaal bijdragen aan de invulling van menselijke behoeften naar hoogwaardige voeding, duurzame non-food producten en waar mogelijk energie.

Wat is daarvoor nodig

De ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- De ontwikkeling van (milde) bioraffinageconcepten en technologie op verschillende schalen die optimaal gebruik van gewassen en rest- en zijstromen mogelijk maken.
- Ontwikkeling van nieuwe en aangepaste gewassen en grondstoffen die een meer optimale verwaarding mogelijk maken, binnen of buiten het teeltsysteem
- Ontwikkelen van concepten voor de "total use" van landbouwgewassen, rest- en zijstromen inclusief de toepassingsontwikkeling in de volgorde voedsel (zoals aantrekkelijke plantaardige eiwitalternatieven), diervoeder/non foodtoepassingen
- Ontwikkelen van technologieën en concepten die het verwaarden van organisch huishoudelijk en restaurant afval mogelijk maken.
- Ontwikkelen van concepten waarbij insecten, schimmels of micro-organismen worden benut bij omzetting van reststromen in hoogwaardige veilige voeding en/of andere producten
- Ontwikkelen van concepten die veilig benutten van diermeel en andere dierlijke reststromen als diervoeder of in andere producten mogelijk maken
- Ontwikkelen van concepten voor het verwaarden van recalcitrante biomassa
- Ontwikkelen van nieuwe concepten en productietechnieken om organische moleculen voor voeding en non-food toepassingen te produceren, bij voorkeur uit reststromen die vrijkomen in de agri-food/tuinbouw productieketen.

Programmalijnen

Omdat de inzet van dit subthema een breed gebied omvat is het programma onderverdeeld in vijf deelprogramma's:

- Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen
 - o Ontwikkelen van flexibele bioraffinagetechnologieën die ook lokaal, bij het veld, kunnen worden ingezet, waarbij tevens water en mineralen kunnen worden teruggevoerd
 - o Het verbeteren van procesefficiëntie grondstofverwerking/duurzaam procesontwerp binnen de industrie
 - o Het circulair inzetten van andere rest- en zijstromen binnen het agri-foodsysteem, zoals (bio)plastics teelthulpmiddelen en voedselverpakkingen.
- Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem
 - o Ontwikkelen van en inzetten op meer circulariteit binnen de teelt, ook voor onbedekte teelten⁸, en het circulair inzetten van alle stromen, organische stromen, water, nutriënten⁹, teelthulpmiddelen
- Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer
 - o Technologie en concepten voor verwaarding rest- en zijstromen, het veilig inzetten binnen de voedselketen inclusief veevoer¹⁰
 - o Ontwikkeling technologie voor toepassing nieuwe grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding, voor zowel food als non-food
 - o Valorisatie huishoudelijke reststromen en stromen uit retail, food-service en restaurants, waarbij de logistieke aspecten en veiligheid een belangrijke rol spelen
- Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen
 - o Ontwikkeling technologie toepassing groene grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding, toepassen van recalcitrante biomassa reststromen.
- Nieuwe technologieën en concepten
 - o Ontwikkelen van cellular agriculture voor het produceren van hoogwaardige eiwitten en andere stoffen

Een overzicht van lopend onderzoek en witten vlekken is uitgewerkt in de volgende paragrafen.

6.2 Lopend onderzoek

Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen

Omdat veel organische reststromen bestaan uit hout- en stro-achtig materiaal is lignocellulose een belangrijke uitgangsstof. Wageningen Research onderzoekt in een kennisbasisproject welke consequenties de samenstelling van dit lignocellulose heeft voor planten, schimmels en producten die ervan gemaakt kunnen worden. In een ander kennisbasisproject worden processen ontwikkeld voor de bioraffinage van reststromen. Valorisatie van deze reststromen is het doel en hierbij wordt ook het cascade-principe gebruikt. Cascadering is de hantering van een bepaalde volgorde bij de winning van producten uit biomassa: eerst wordt het product gewonnen met de hoogste waarde en vervolgens producten met een lagere waarde. In de mooiste cascades wordt de biomassa volledig uitgenut.

Voorbeelden van WR projecten zijn de winning van eiwit uit bierbostel voor humane voeding, kleinschalige bioraffinage en productie van azijnzuur (tenslotte monochloorazijnzuur) uit organische reststromen. Ook wordt er een alternatief ontwikkeld voor de chemische (papier)pulping van hout(achtig) materiaal door de inzet van witrotschimmels (bio-pulping).

⁸ Er is een aparte MMIP glastuinbouw waar circulariteit binnen de glastuinbouw is uitgewerkt, een aantal vraagstukken rondom hergebruik van rest- en zijstromen binnen de teelt is echter wel meegenomen binnen dit subthema.

⁹ Circulair inzetten van nutriënten en water is uitgebreid uitgewerkt in subthema A1.

¹⁰ Hier ligt een link met de programmeringsstudie duurzame veehouderij

De sterkste Europese hub op dit gebied zit in Noord-Frankrijk in de buurt van Reims (les Sohettes), hier worden door een diversiteit aan consortia en in verschillende stadia van ontwikkelingen bioraffinage en valorisatieroutes ontwikkeld.

Diverse projecten hebben ook in Nederland reeds de demo-fase bereikt met grote pilot plants, o.a. de grasraffinage van de firma Grassa en die van de firma Newfoss. Deze grasraffinage levert veevoercomponenten, grondstof voor bioplastics en vezelmateriaal (voor papierproductie) op. Cosun en WFBR zijn bezig met een demo-project waarin natief eiwit (RuBisCo) worden gewonnen uit groentensnijresten en suikerbietenloof. Dit eiwit heeft gelerende en schuimende eigenschappen en kan worden gebruikt in humane voeding.

Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem

In teeltsystemen kunnen hulpmiddelen soms worden hergebruikt of een duurzamere herkomst krijgen. Wageningen Research werkt aan biobased en biologisch afbreekbare netten en glascoating voor de land- en tuinbouw. Dit soort biobased en biodegradeerbaar materiaal kan ook uit huishoudelijk afval worden geproduceerd. Dat wordt ontwikkeld in het EU project UrBioFin (met o.a. WUR). Diverse partijen in Nederland zijn bezig met het gebruik van tomatenstengels en -loof voor verpakkingendozen en trays.

Valorisatie zij- en reststromen binnen de voedselketen, inclusief veevoer

Naast de eerder genoemde eiwitwinningsprojecten wordt binnen Wageningen Research, samen met Avebe, ook gewerkt aan milieuvriendelijke methoden om zetmeel te modificeren. Bij het gebruik van reststromen in diervoeding moet ook op veiligheid worden gelet. Ook op dat gebied wordt onderzoek gedaan.

Valorisatie zij- en reststromen voor vervanging van fossiele grondstoffen

Het vervangen van fossiele grondstoffen door biomassa en met name reststromen is in Nederland een zeer uitgebreid gebied waaraan universiteiten zoals Tu Delft, U Twente, RU Groningen, Universiteit Utrecht, Radboud Universiteit, TU Eindhoven en WUR werken. Ook hogescholen zoals HAS, Avans, Van Hall Larenstein. Tientallen Nederlandse bedrijven doen onderzoek op dit gebied, bijvoorbeeld agro-food bedrijven, afvalverwerkers en chemiebedrijven. Ook waterschappen, ingenieursbureaus en onderzoeksinstituten zijn actief in dit veld. De valorisatie van reststromen naar markten buiten de voeding draagt bij aan het verdienvermogen van de sector en draagt tevens bij aan de klimaatagenda, en de transitieagenda circulair.

Een voorbeeld van een lopend programma is het BIORIZON programma waarin bioaromaten worden gemaakt uit organische reststromen (met o.a. TNO, Biobased Delta, WUR, VITO, Sabic, Orgaworld, Twence, AEB, Covestro). Ook het CATCHBIO consortium waarin bedrijven samen onderzoek verrichten op het gebied van de productie van biobased producten. Wageningen Research is betrokken bij o.a. de productie van detergents uit reststromen van suikerbieten, de winning en toepassing van chitosan en pectine en de productie van bioaromaten uit organisch afval.

Nieuwe technologieën en concepten

WR heeft in een kennisbasisproject onderzoek uitgevoerd naar het gebruik van bio-alcoholen (platform) voor productie van chemicaliën en biobrandstoffen en het gebruik van de rubberpaardenbloem als multi-purpose-gewas voor rubber en polymeren die op furanen zijn gebaseerd. Er wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van microbiële vetzuren en er wordt een bacterieel platform ontwikkeld voor de productie van mono- en diterpenen.

De komende jaren wordt een recycling en end-of-life strategie ontwikkeld voor duurzaamheid en klimaat.

De innovatietrechter

Het lopende onderzoek is dus divers en breed en lijkt op een waaier, maar is in feite een trechter. Deze breedte vloeit voort uit de diversiteit van de verschillende reststromen, de vele technologieën waarmee die in principe bewerkt zouden kunnen worden en de vele producten die gemaakt zouden kunnen

worden. Omdat van te voren niet vast staat welke combinatie van technologie en product voor een bepaalde reststroom succesvol gaat worden moet worden ingezet op meerdere opties. Pas tijdens het R&D traject wordt duidelijk welke opties technisch, economisch en milieukundig haalbaar zijn. Met het voortschrijden van de TRL vallen steeds meer ontwikkelingen af en blijven de beste over. Het is gebleken dat tenslotte succesvolle reststroomvalorisatieprocessen overblijven in het smalle gedeelte van de trechter. Een voorbeeld is de winning van natief eiwit uit groenten- en loofrestanten, een technologie die is overgenomen door Cosun die er nu suikerbietenloof mee gaat opwaarderen en daarmee een nieuwe bron van eiwit voor humane consumptie heeft aangeboord. Een ander voorbeeld is de productie van capronzuur uit groente- en fruitrestanten. Het Nederlandse bedrijf ChainCraft heeft nu een demonstratiefabriek waarin jaarlijks 1000 ton capronzuur en aanverwante zuren worden geproduceerd. De zuren worden verkocht als hoogwaardige veevoercomponenten.

Lopende of recent afgesloten projecten en programma's

Overzicht van recent afgesloten en lopend onderzoek, geordend volgens het raster van de MMIP's en de gedefinieerde programmalijnen. Indien niet anders aangegeven loopt het onderzoek bij Wageningen Research.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikke fase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma <i>Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen</i>				
	KB34 C&CP (2019-2022) - 1-3A-4 Lignocellulose composition; consequences for plants, fungi and downstream products - 1-3A-1 Biorefinery for cascading and valorisation of side streams	- AF Kleinschalige bioraffinage (niet goed van de grond gekomen) - TEBE116198 Coproductie van monochloorazijnzuur en energiedragers uit biomassa zijstromen - TEBE117013 Biopulping: Selectieve Lignocellulose Ontsluiting met Witrotschimmels - DFI AF 19008 Biorefinery	Grassa, verschillende projecten. TNO/WUR eiwitten uit suikerbietenloof TNO/Twence Voltachem productie van mierenzuur uit CO2 uit biomassa	
Deelprogramma <i>Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem</i>				
	KB34 C&CP (2019-2022) subthema 2	- AF-17010 Bio-based, biodegradable nets for horti- and agriculture - AF-16165 Bio-based, biodegradable and sprayable cover material for horti- and agriculture - EU-BBI (AF cofi) UrBioFin, Valorisation of municipal solid waste	Tomatenstengels en loof voor verpakkingsdozen en trays	
Deelprogramma <i>Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer</i>				
	KB34 C&CP (2019-2022), subthema 2 NWO-CCC	- AF-18050 Protein valorisation from brewers spent grain - AF-16072 Environmentally benign process for starch derivatisation		

		<ul style="list-style-type: none"> - AF-16156 Circulaire bio-economie - WOT4 veiligheidsissues gebruik reststromen in diervoeding 		
Deelprogramma <i>Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen</i>				
	KB34 C&CP (2019-2022) <ul style="list-style-type: none"> - 1-3B-1 Biobased materials and chemicals for relieving and replacing the fossil feedstock system NOW-CCC	<ul style="list-style-type: none"> - AF-18003 From sugar beet 'waste' to environmentally enhanced detergents - AF-18030 Processing of pectin and chitosan from side streams into functional and high-value ingredients - AF-17024 Non-food toepassingen van koolhydraten uit suikerbietenraffinage - AF-18015 Waste-to-Aromatics - AF-18062 Bio-gebaseerde formuleringen voor ingebedde railsystemen - AF-17029 Production and evaluation of furanic intermediates and aromatic derivatives from biomass - Onderzoeksactiviteiten van ECN/TNO 	BBI flagships EU-Star4BBI WUR binderless boards en lignine in asfalt TNO/ECN/WUR Biorizon projecten. Bioaromaten	
Deelprogramma <i>Nieuwe technologieën en concepten</i>				
	KB30-RUE (2015-2018) <ul style="list-style-type: none"> - Bio-alcoholen als platform voor de productie van biobased chemicaliën en advanced biofuels - Rubberpaardenbloem als multi-purpose gewas voor rubber en furan-based polymeren KB34 C&CP (2019-2022) <ul style="list-style-type: none"> - 1-3C-1 Recycling and end-of-life strategies for sustainability and climate 	<ul style="list-style-type: none"> - AF-16156 Microbial fatty acid PPP - AF15263-Harness bacterial platform for mono- and diterpene production 		

6.3 Witte vlekken

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma <i>Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen</i>				
Flexibele bioraffinage	<p>Oogsten en verwerken van diverse types biomassa tot stabiel (tussen)product. Effect op verdere verwerking biomassaastroom.</p> <p>Ontwerpen unit of operation / scheidingsmechanismen die <i>compliant</i> zijn met kleine schaal</p>	<p>Ontwikkelen en ontwerpen totaalconcept op basis van grondstofmogelijkheden, technologische concepten, en eisen vanuit eindtoepassing.</p> <p>Ontwerpen scheidingstechnologie die op kleine schaal (bij het land) inpasbaar is.</p> <p>Ontwerpen van scheidingsconcepten die bij het land uitvoerbaar zijn en rekening houden met de water cirkel en terugbrengen van nutriënten</p>	<p>Ontwerpen lokale valorisatieroutes</p> <p>Ontwerpen van concepten om eerder te scheiden (bijvoorbeeld mobiele persen zoals bij fruit)</p> <p>Opzetten van lokale bioraffinage-faciliteiten voor producten en/of afvalstromen van telers</p> <p>Kwaliteitsborging van producten</p>	<p>Inpassing in lokale productiesystemen</p> <p>Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels</p> <p>LCA/duurzaamheidsanalyses</p> <p>Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie)</p> <p>Kwaliteitsborgings-systeem</p>
Bioraffinage, procesefficiëntie grondstofverwerking/ duurzaam procesontwerp industrie	<p>In kaart brengen van degradatieprocessen (na oogsten), effect op verder processing en uiteindelijke producteigenschappen</p> <p>Ontwikkeling van nieuwe selectieve scheidingstechnologieën gekoppeld aan biomassa fysiologie en structuur.</p> <p>Vaststellen relatie lokale verwerking en terugvoeren reststromen en organische stofbalans bodem.</p> <p>Ontwerpen kringloopconcepten binnen de sector en tussen sectoren.</p> <p>Uitwerken total use concepten</p>	<p>Ontwikkelen en ontwerpen totaalconcept op basis van grondstofmogelijkheden, technologische concepten, en eisen vanuit eindtoepassing.</p> <p>Efficiënte voorbehandeling integreren met ontsluiting en raffinage</p> <p>Risicoanalyse voor voedsel- en voerterveiligheid per processtap toegepast om reststromen voor bioraffinage te valoriseren/cascaderen</p> <p>Concepten waarbij insecten, schimmels en micro-organismen worden benut bij omzetting van reststromen in hoogwaardige veilige voeding</p>	<p>Techno-economische analyse van totaalconcept. Demo en pilot-faciliteiten.</p> <p>Experimenteeruimte voor combinatie/integratie biomassateelt en verwerken reststromen</p> <p>Ruimtelijke inpassing concepten voor dagverse verwerking</p>	<p>Bouwen van ketenbrede industriële consortia, via programmatische aanpak. Verbinden grotere en kleiner partijen</p> <p>Inpassing binnen en uitbouw vanuit bestaande agri-food industrie.</p> <p>Verwezenlijking aansluiting met andere sectoren inclusief chemie en materialen sector</p> <p>LCA/duurzaamheidsanalyses</p>

Bioplastics voor recycling	Sturen van biodegradeerbaarheid, chemische afbreekbaarheid, of inzetten van micro-organismen	Chemische/biologische recycling, biodegradatie van (bio)plastics w.o. voedselverpakkingen, actieve verpakkingen, teelt- en tuinbouwhulpmiddelen Innovatieve end-of-life concepten voor (bio)plastics	Proeftuin, demofaciliteiten Nieuwe concepten in toepassingen binnen de agri-food keten	Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels
Deelprogramma <i>Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem ...</i>				
Circulaire teelten <i>Deze lijn sluit op details aan bij A2, maar is meer ingestoken vanuit het verwaarden van de rest- en zijstromen</i>	Herontwerpen van teeltsystemen tot circulaire multimodale productiesystemen met verwaarding van zijstromen en gesloten kringlopen van productiemiddelen als randvoorwaarde.	Sluiten van kringlopen van productiemiddelen als water, nutriënten, substraten, plastics e.d. Kringlopen kunnen op bedrijfsniveau, in de keten, of in de regio (b.v. cascadering) gesloten worden. Verbeteren bruikbaarheid te verwaarden gewasresten door voorkomen ongewenste residuen op gewasresten en/of nabehandeling (ontwateren, ontzouten, verwijderen ongewenste stoffen, opmengen, co-composteren) Veilig hergebruik substraat, en verbetering (biologische) kwaliteit Inzetten zijstromen en mest voor bodem organische stof	Aansluiting op kringloopvraagstukken (ontzorging) van andere sectoren met betrekking tot o.a. energie, water, organische meststoffen Bijdragen aan ecosysteemdiensten en circulariteit door opslag en levering water aan derden	Wettelijke obstakels bij circulaire inzet Ondersteuning cases via kringloopdeals
Deelprogramma <i>Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer ...</i>				
Technologie en concepten voor verwaarding rest- en zijstromen	Analyse inhoudsstoffen en complexen van componenten (biociden, functional food ingredients, kleurstoffen, farmaceutica, etc.). Analyse en borging veiligheid bij gebruik van zij- en reststromen in diervoeding Nieuwe technieken voor zuivering en scheiding van waardevolle component (natuurlijke Deep Eutectic Solvents), superkritische extractie, superheated steam.)	Meervoudige verwaarding relatief natte biomassa-zijstromen, zoals gras, loof, etc, inclusief effecten van tijd op kwaliteit Inzet van insecten, algen en zeewier, en neervoudige verwaarding van deze grondstoffen, richting humane voeding, veevoer en non-food Concepten die veilig benutten van diermeeel als diervoeder mogelijk maken	Opschaling concepten Pilots, ondersteunen en inrichten nieuwe consortia Reststromen uit de agri-verwerking terug naar voeding demo's, exoerimenteeruimte, ten behoeve van aanpassen regelgeving Reststromen uit agri-verwerking terug naar het land, demo's	Wettelijke obstakels bij circulaire inzet Regelgeving voor terugbrengen stromen uit agriverwerking naar voeding Regelgeving voor gebruik reststromen agriverwerking terug naar land Ondersteuning cases via kringloopdeals Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels

	Electrochemie, biochemie en micro-organismen voor de valorisatie van broeikasgassen/afvalgassen en recalcitrante reststromen uit de agri-foodketen	Opwaarderen van grondstofstromen (eiwitten, polysacchariden), die inzet voor voeding mogelijk maakt Verwijdering van pathogenen en microverontreinigingen (medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten, nanodeeltjes, microplastic etc.).		LCA/duurzaamheidsanalyses
Ontwikkeling technologie voor toepassing nieuwe grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding	Structuuranalyse. Structuur-eigenschappen-relaties. Veredeling voor specifieke toepassingen Omzetting van hout/lignine naar food/food ingredients/feed Chemische en biokatalytische omzetting van CO ₂ (bv naar methanol en mierzuur)	Concepten voor inzet van andere stromen, uit beplanting openbare ruimten binnen en buiten steden, slootmaaisel etc Meervoudige verwaarding bestaande en nieuwe gewassen Omzetting CO ₂ of CH ₄ uit de agri-verwerking in waardevolle componenten via bacteriën/micro-organismen	Proeftuinen geteelde biomassa voor non-food toepassingen, regionaal ingebed Pilots hoogwaardiger toepassen gasvormige agri-reststromen	Ondersteuning cases via kringloopdeals Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses
Valorisatie huishoudelijke reststromen en stromen uit retail, food-service en restaurants	Omzetting organische fractie in food(ingredients) en non-food componenten Technologieën om organische stof en inhoudsstoffen uit huishoudelijk afval te scheiden en benutten	Verwaarding retail, foodservice en restaurant afval Voedelveiligheidsaspecten Gebruik GFT als fermentatiegrondstof Terugwinning nutriënten Verwijdering van pathogenen en microverontreinigingen (medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten, nanodeeltjes, microplastic etc.).	Organisatie van techniek en logistiek om hoogwaardiger verwaarding mogelijk te maken Logistieke aspecten van inzameling, sortering en opslag Experimenteerterruimte ook om veiligheid te borgen	Wettelijke obstakels bij circulaire inzet Ondersteuning cases via kringloopdeals Haalbare businesscases en economische prikkels
Deelprogramma <i>Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen</i>				
Ontwikkeling technologie toepassing groene grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor	Ontwikkeling micro-organismen, enzymen en katalysatoren voor biotechnologische en katalytisch-chemische conversie (bijv C5 en C6)	Ontwikkelen energie- en resource efficiënte technologieën voor ontsluiting lignocellulose	Economisch rendabele business cases	Leggen van verbanden tussen sectoren LCA/duurzame concepten

meervoudige verwaarding	suikers, CO ₂ , CH ₄ , plantaardige oliën). Lignocellulose-complexen, chemie en fysica ontrafelen. Opbouwen van inzicht in en ontwikkeling van basis concepten ((electro)chemisch / biochemisch) voor ontsluiting en omzetting van alle componenten uit lignocellulose zijstromen en andere recalcitrante biomassa Nieuwe efficiënte processen en katalysatoren ((electro)chemisch / biologisch).	Ontwikkelen concepten voor valorisatie van zijstromen die niet neer geschikt zijn voor voeding of veevoer. Aansluiting met volgende omzettingstappen en tussenproducten verwezenlijken Valorisatie van alle waardevolle componenten en daarmee uitstellen van de optie "inzetten voor energie"		
Deelprogramma Nieuwe technologieën en concepten ...				
Cellular agriculture	Productie van melk/casein vanuit fermentatie/recombinante microorganismen	Cellular agriculture voor eiwitproductie voor food en feed.	pilots	Regelgeving / novel food

6.4 Mogelijke consortia en financiering

Partijen die relevant zijn voor dit subthema zijn onder andere:

- Landbouworganisaties (o.a. LTO Noord, ZLTO, LLTB), en individuele landbouwbedrijven,
- Agrofoodbedrijven en coöperaties (Cosun, Avebe, Unilever, Friesland Campina, Heineken, Corbion, etc),
- De retail en food services,
- Bedrijven uit de topsector chemie,
- Technologieproviders,
- Transport en logistiek,
- Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR),
- Belangenvereniging Composteerbare Producten Nederland (BCPN), en individuele producenten,
- Verwerking dode dieren en slachtafval (cat 1 en 2) (Rendac),
- Instanties zoals waterschappen, Staatsbosbeheer, natuurmonumenten etc. die reststromen produceren uit beheerstaken.
- Verder is aansluiting met de NWO/NWA agenda noodzakelijk

Het thema verwaarding van rest- en zijstromen kent meerdere publiek-private consortia zoals ook bij lopend onderzoek beschreven. De tabel hieronder geeft een indruk van mogelijke nieuwe pps-constructies (ingediend als project idee in de TKI-call van de topsector Agri-Food 2019):

Onderwerp	Consortium	Publiek / privaat / overig (in k€)
De waarde van schimmelbehandeling van laagwaardige biomassa	Victam, Nutreco/Trouw Nutrition, Zetadec, Vemespecials, ForFormers, Mycelia, Biotreatcenter, WLR	200 / 200 / 0
Reststromen voor veiligere gewasbescherming	Croda, Corbion, BDS, WFBR	330 / 330 / 0
CBPM BIOTEX - Biobased side stream-derived PHA latex as a biobased, biodegradable alternative to styrene-butadiene / chemical latex, for	Basf, EOC, Bio-On, WFBR	600 / 600 / 0

industrial application in carpets and coatings		
Verwaarden van groene reststromen	Attero, Bodec, Brightlands Campus Greenport Venlo B.V., EcoFuels, HAS Hogeschool, Nijssen/Granico, Kurstjens Grubbenvorst, TOP-Zuid, Universiteit Maastricht - HEFI	280 / 280 / 0
Small-scale pre-pulp production from agri residues with focus on Dutch commodity chains	ECOR (plate production using pulp from rice straw),LT Foods, Paperwise, Bio4pack/ FTS, Schutpapier, Mars, Trident Group, Central pulp & paper research institute, Haryana State University, GVK, MVO Nederland, Fyffes (pineapple)	450 / 450 / 0

6.5 Programmeringsadvies

Kenmerk van veel van de lopende en ingediende nieuwe ontwikkelingsprojecten is dat er in de projecten een samenwerking is tussen de bedrijven die hun reststromen willen valoriseren en bedrijven die verderop in de keten actief zijn en de ontwikkelde producten verder kunnen vermarkten. Een dergelijke inrichting van de projecten garandeert tevens dat bij technologisch succes er al een stuk van de keten staat. Dit vereenvoudigt het verder trekken van de innovaties naar de markt.

Partijen verderop in de keten zijn echter wel vaak in de minderheid waardoor er vaak vooral een push is vanuit de aanbiedende partij. Als de marktvaart duidelijker is lopen dit soort trajecten beter.

Om de innovaties van deze missie vorm te geven en te komen tot haalbare businesscases is multidisciplinaire samenwerking essentieel. Oplossingen bestaan uit een verbonden waaier aan technologieën en spelers en zullen alleen van de grond komen als over de hele breedte wordt samengewerkt. Mogelijkheden om consortia te vormen die over sectoren heen gaan is dus essentieel. ¹¹

De meer kleinschalige processen komen echter moeizaam op gang. Er zijn wel enkele voorbeelden van eerste verwerkingsstappen bij de boer (bijvoorbeeld fruitsappen) die een haalbare businesscase opleveren, maar dit zijn er slechts enkele. Dit is een probleem dat speelt in heel Europa en gaat over een belangrijk deel van de agrofoodsector. Goede voorbeelden uit Nederland zouden EU breed kunnen helpen.

Grote agrofoodbedrijven en coöperaties zijn wel bekend, en spelen een belangrijke rol in de topsector en de innovatieve ontwikkelingen, maar het is essentieel dat er ook voldoende ruimte en ondersteuning is voor de kleinere bedrijven. Dat zou versterkt kunnen worden ten opzichte van de huidige situatie door een instrument als de SBIR in te richten gericht op de kleinschaliger activiteiten.

Om een groot deel van dit programma te realiseren zijn de volgende projecten nodig:

Kennis en innovatieprojecten voor de kortere termijn:

- Ruimte voor brede PPS-consortia voor technologieontwikkeling, over en weer leren van elkaar tussen sectoren, op de thema's benoemd in deze analyse
- Opzetten van circular deals als voorbeeldprojecten
- Ondersteunen van kleinere partijen met een instrument als SBIR om lokaal toepasbare concepten uit te werken

Kennis en innovatieprojecten voor de langere termijn

¹¹ Dit betekent dat ook bijvoorbeeld de inrichting van NWO programma's bij voorkeur interdisciplinair wordt vormgegeven.

- Samenwerking eenvoudiger maken binnen dezelfde programma's tussen universiteiten en TO2's, op de thema's uit deze analyse
- Cross-overs of financieringsconstructies voor projecten met partners uit verschillende topsectoren vergemakkelijken op de thema's uit deze analyse
- Aansluiting met NWO/NWA op multidisciplinaire leest schoeien

Focus op brede consortia, multidisciplinaire programma's, financieringscombinaties vanuit meerdere topsectoren.

Addendum: de workshops

De workshop over subthema A1 is gehouden op 7 mei bij LTO in den Haag, daarbij waren de volgende mensen aanwezig:

Harriëtte Bos (WUR), Gerard Velthof (WUR), Wim van Dijk (WUR), Oscar Schoumans (WUR), Nico Verdoes (Wageningen Livestock Research), Jan de Wilt (LNV), Eke Buijs (LNV), Cor Wever (LNV), Michael van der Schoot (LTO Nederland), Jan Roefs (Nederlands Centrum voor Mestverwaarding), Michiel van Lierop (I&W), Olga Clevering (I&W), Mark de Bode (LNV), Wijnie van Eck (Topsector Agri & Food), Herman de Boer (Wageningen Livestock Research), Harry Kager (Schuttelaar & Partners), Lisa Bottema (Schuttelaar & Partners), Joop Ehrhardt (Schuttelaar & Partners)

De input vanuit de workshop is uitgebreid verwerkt in de witte vlekken tabel en in het programmeringsadvies.

De workshop over subthema A3 is gehouden op 8 mij bij Antropia in Driebergen, daarbij waren de volgende mensen aanwezig:

Harriëtte Bos (WUR), Ad de Laat (Cosun), Gert Jan Euverink (RUG), Joop Baltussen (Watercollectief), Ton Voncken (TKI-bureau en vertegenwoordiger Biogas branche vereniging), Jan de Wilt (LNV), Paulien Harmsen (WUR), Arjen Brinkmann (BVOR), Stefan Breukel (LNV), Isabelle van Kessel (LNV), Jessica Thio (LNV), Cor Wever (LNV), Wijnie van Eck (TKI Agri & Food en TKI T&U), Sjaak Mesu (LNV), Harry Kager (Schuttelaar & Partners), Lisa Bottema (Schuttelaar & Partners), Joop Ehrhardt (Schuttelaar & Partners)

De input vanuit de workshop is uitgebreid verwerkt in de witte vlekken tabel en in het programmeringsadvies.