



Biograndstoffen

Programmeringsstudies Landbouw, Water en Voedsel



DATUM

1 juni 2019

AUTEUR

Elbersen, B., Ammerlaan, I.,
Klein Lankhorst, R., Matser,
A., Trindade, L., Lesschen, J.P.,
Spijker, J., Meer, van der, I.,
Broese, J., Nabuurs, G.J.,
Wichers, H., Krimpen, van M.,
Arets, E., Jansen, H., Loo, van
R. & Veldkamp, T.

Met waardevolle bijdragen
van: Nathalie Steins, en
Sarah Smith

FOTO

BERIEN ELBERSEN

Deze studie is uitgevoerd door
Wageningen Research in
opdracht van en gefinancierd
door het Ministerie van
Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit, in het kader
van het Beleidsondersteunend
onderzoekthema Coördinatie
Topsectoren (projectnummer
BO-34-001-047)

Inhoudsopgave

1	Achtergrond en doelstelling	5
1.1	Inleiding	5
1.2	Maatschappelijke opgaven	5
1.3	Aanpak en indeling studie	6
1.4	Aanpak en indeling studie	8
2	Kennis en innovatieopgaven voor biomassateelt met verdubbelde fotosynthese	9
2.1	Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen	9
2.2	Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken	9
2.2.1	Lopend en afgerond onderzoek	10
2.2.2	Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken	12
2.3	Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven	14
2.4	Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie	15
2.5	Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering	16
3	Kennis en innovatieopgaven voor het ontwikkelen van 14.000 km ² Blauwe ruimte voor zeewierproductie in 2050	18
3.1	Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen	18
3.2	Indeling in deelprogramma's	18
3.2.1	Lopend en afgerond onderzoek	18
3.2.2	Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken	21
3.3	Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven	27
3.4	Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie	28
3.5	Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering	28
4	Schelpdierproductie in Noordzee, Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa en biograndstoffen	29
4.1	Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen	29
4.2	Indeling in deelprogramma's	30
4.3	Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken	30
4.3.1	Lopend en afgerond onderzoek	30
4.3.2	Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken	31
4.4	Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven	34
4.5	Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie	35
4.6	Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering	35
5	Kennis en innovatieopgaven voor eiwitvoorziening voor humane consumptie	36
5.1	Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen	36
5.2	Indeling in deelprogramma's	36
5.3	Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken	37
5.3.1	Lopend en afgerond onderzoek	37
5.3.2	Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken	38
5.4	Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven	44
5.5	Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie	44
5.6	Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering	44

6	Kennis en innovatieopgaven voor klimaatbehoudende natuur, bos en landschap	46
6.1	Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen	46
6.2	Indeling in deelprogramma's	46
6.3	Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken	46
6.3.1	Lopend en afgerond onderzoek	46
6.3.2	Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken	48
6.4	Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven	53
6.5	Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie (iets zeggen over de inhoud van deze programma's, titels zeggen iet veel en welke partijen zijn betrokken?)	53
6.6	Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering	54
7	Kennis en innovatieopgaven voor biograndstoffenwinning gecombineerd met CO2 vastlegging	56
7.1	Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen	56
7.2	Indeling in deelprogramma's	56
7.3	Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken	56
7.3.1	Lopend en afgerond onderzoek	56
7.3.2	Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken	58
7.4	Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven	62
7.5	Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie	63
7.6	Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering	63
8	Referenties	64
9	Bijlagen	65
	Stakeholderconsultatiebijeenkomst 'Eiwitvoorziening voor humane consumptie uit nieuwe (plantaardige) bronnen'	66

1 Achtergrond en doelstelling

1.1 Inleiding

De ondertekenaars van het klimaatverdrag van Parijs hebben uitgesproken dat ze de opwarming van de aarde tot ruim onder de 2 graden Celsius zullen beperken met als ambitie te streven naar maximale opwarming van 1,5 graad Celsius. De Europese Unie heeft harde toezeggingen gedaan om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met minstens 40% te verminderen ten opzichte van 1990. Het kabinet Rutte III legt de lat hoger met ambities voor een reductie van 49% in 2030, en op 80% tot 95% in 2050. De reductie van broeikasgassen is een enorme opgave bij een stijgende vraag naar voedsel en diervoer en naar biomassa als grondstof voor materialen en biobrandstoffen. Bij deze stijgende vraag zijn de innovatieopgaven voor vermindering van de CO₂ uitstoot en vastlegging in de Nederlandse agri-food sector en landgebruik in breder perspectief uitermate groot. In de onderzoeks- en innovatieagenda klimaatneutrale voedselproductie is door stakeholders al aangegeven dat door het energie- en klimaatbeleid in Nederland het landschap op weg naar 2050 ingrijpend gaat veranderen en dat in de land- en tuinbouw zal worden ingezet op CO₂ vastlegging in landbouwbodems, inclusief veenweiden, en houtopstanden. Door de Werkgroep Innovatie Klimaat Tafel Landbouw & Landgebruik is in de Kennis- en Innovatieagenda Klimaat, Landbouw en Landgebruik aangegeven dat een belangrijke bijdrage moet worden geleverd aan de ambities voor landgebruik. Deze is als volgt geformuleerd 'Optimalisatie van productie en gebruik van biomassa, te beoordelen aan de hand van: versterking van biodiversiteit in agrarisch gebied, verbetering bodemkwaliteit en -vitaliteit, optimaal landgebruik inclusief klimaatadaptatie, minimale emissies en minimale verspilling'.

Naast de ambities voor CO₂ vastlegging op land zijn er ook ambities geformuleerd voor bijdrage van aquatische systemen aan de vastlegging van CO₂ en het leveren van biomassa. Hierbij wil Nederland vooral inzetten op de grootschalige productie van zeewier die biomassa levert die kan worden gebruikt als biograndstof voor de productie van eiwitten, en als bouwsteen van de chemie en bioenergie. De zeewierproductie dient vooral plaats te gaan vinden op locaties in de Noordzee waar windmolenparken zijn of nog worden geplaatst. Dit oppervlak dient meervoudig benut te worden: niet alleen voor windenergie, maar ook voor natuurontwikkeling, voor aangepaste vormen van visserij en voor grootschalige teelt van zeewier als biograndstof. Daarnaast zijn er ook nog andere optie voor vastlegging van CO₂ via gebruik van restmaterialen uit aquatische productiesystemen (e.g. visserij en schelpdierproductie) en is dit zeker te combineren met verhogen van de biodiversiteit.

Rekening houdend met het hiervoor geschetste kader van ambities zal deze programmeringsstudie de kennis en innovatie opgaven beschrijven die gekoppeld zijn aan het inrichten van land en water ten behoeve van het verhogen van de CO₂ vastlegging via bodem en via optimale productie en gebruik van biograndstoffen.

1.2 Maatschappelijke opgaven

De vraag naar biomassa als grondstof voor voedsel, diervoeder, materialen en energie en als vastlegging van koolstof in natuur zal toenemen. Verhogen van de biomassa productie is o.a. mogelijk door het ontwikkelen van nieuwe teeltwijzen op nieuwe plaatsen. Dit geldt zowel voor plaatsen op land als in water. Zeker het gebruik van aquatische locaties voor productie van biograndstoffen is attractief aangezien Nederland een dichtbevolkt land is met een hoge druk op landgebruik. Naast inzetten van aquatische locaties is efficiënt gebruik van ruimte ook mogelijk via medegebruik via stapeling van functies. Dit kan zowel op land als in zee. Zo zal een groot deel van de Noordzee tot 2050 ingericht worden voor windmolenparken. De ontwikkeling van dit gebied biedt mogelijkheden voor medegebruik o.a. door het gebied ook geschikt te maken voor grootschalige productie van biomassa in de vorm van zeewier.

Vanuit klimaat oogpunt en het streven naar klimaatneutraliteit in 2050, moet landgebruik netto CO₂ vastleggen, een sink zijn, om resterende emissies uit de landbouw te kunnen compenseren. Koolstofvastlegging in bodems draagt daar aan bij, naast koolstofvastlegging in vegetatie, met name bossen.

In landbouwbodems kan met goed bodembeheer extra organische stof worden opgebouwd, met name door verhogen van de aanvoer vanuit gewasresten, en het tegengaan van de afbraak van organische stof. Verhogen van organische stof in de bodem draagt daarnaast bij aan een betere bodemkwaliteit en door een betere bodemstructuur ook aan klimaatadaptatie (betere watervasthoudend vermogen).

Binnen een circulaire economie zouden de reststromen die overblijven weer terug moeten gaan naar de bodem, maar vanuit de behoefte aan voedsel, bioenergie en biomaterialen kunnen deze reststromen ook voor food en non-food doeleinden worden ingezet. De uitdaging is om het evenwicht te vinden tussen het vasthouden en aanvullen van de bodem met organische stof, waarbij behoud van de huidige koolstof voorraad de minimum voorwaarde is, en het voldoen aan de vraag naar biomassa uit agro-residuen.

De opgave vanuit de recente IPCC visie (IPCC, 2018) om de temperatuuroename op aarde tot 1,5 °C te beperken maakt dat we alle maatregelen moeten inzetten om CO₂ vast te leggen. Dit betekent dat maatregelen niet alleen beperkt kunnen worden tot verminderen van uitstoot, maar dat er ook maatregelen moeten komen die CO₂ uit de atmosfeer onttrekken en vastleggen en dus gezien worden als negatieve emissies, zogenaamde 'Carbon Dioxide Removal' technologieën. Veel van de maatregelen die worden gezien als meest effectief voor koolstof opslag zijn volgens de meest recente IPCC studie (IPCC, 2018); Drawdown report ((her)bebouwing, inclusief met agro-bosystemen, restauratie van wetlands (link met veenweiden in Nederland), vastlegging van CO₂ in de bodem via verschillende maatregelen en combineren van bioenergy productie en gebruik met vastlegging van CO₂ via BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage).

1.3 Aanpak en indeling studie

De belangrijkste doelstellingen waar dit MMIP aan bijdraagt zijn: 1) het bereiken van een sterke reductie van emissies op het niveau van de gehele agrifood keten zowel binnen als buiten Nederland; 2) een optimalisatie van productie en gebruik van biomassa, te beoordelen aan de hand van: versterking van biodiversiteit in agrarisch gebied en in aquatische omgeving, verbetering bodemkwaliteit en -vitaliteit, optimaal land en water gebruik inclusief klimaatadaptatie, minimale emissies en minimale verspilling, inclusief veranderingen die nodig zijn in consumentengedrag. Dit leidt tot de volgende indeling in deelthema's:

1. Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050.
2. Het ontwikkelen van 14.000 km² Blauwe Ruimte voor zeewierproductie in 2050.
3. Schelpdierproductie in Noordzee, Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa en biograndstoffen
4. De eiwitvoorziening voor humane consumptie zal voor 50% uit (nieuwe) plantaardige bronnen bestaan in 2050.
5. Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks meer CO₂ vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050.
6. Koolstof vastlegging in de bodem.

Deze deelthema's dragen elk op een andere manier bij aan het realiseren van de verschillende ambities voor 2030 en 2050 zoals die al in het Klimaatakkoord de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik, de Transitie-Agenda Circulaire economie (2018) Biomassa en Voedsel, Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord) en de TKI Onderzoeks en Innovatieagenda Klimaatneutrale Voedselproductie.

Tabel 1.1 Bijdrage van de deelthema's aan het realiseren van de verschillende ambities in het Klimaatakkoord de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik, de Transitie-Agenda Circulaire economie (2018) Biomassa en Voedsel, Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord) en de TKI Onderzoeks en Innovatieagenda Klimaatneutrale Voedselproductie.

Deelthema	Bijdrage doelstellingen 2030 en 2050*
1. Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050	<ul style="list-style-type: none"> • Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050 (zoet en zout) • In 2050 100% Land en water ingericht op CO2 vastlegging en -gebruik • In 2030 optimaal gebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten en andere grond- en bouwstoffen. • In 2030 430-600 PJ uit biomassa • Verhogen van productie met betere rassen (o.a. hoge fotosynthese). • Optimaal gebruik van biomassa voor grond- en bouwstoffen. • Kennisopbouw t.a.v. CO2 vastlegging in grotere teelten. Beter benutten van natuurlijk licht. • In 2050 zijn grondstoffen, productie en processen in de industrie netto klimaatneutraal en voor tenminste 80% circulair; Biobased grondstoffen en producten. • Emissieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050; Innovatieve hernieuwbare brandstoffen (biobrandstoffen). • In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal; ook via koolstofvastlegging in de bodem
2. Het ontwikkelen van 14.000 km2 Blauwe Ruimte voor zeewierproductie in 2050	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkelen van 14.000 km2 Blauwe Ruimte voor zeewierproductie in 2050 • Optimaal gebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten en andere grond- en bouwstoffen/ Humane eiwitvoorziening voor 50% uit (nieuwe) plantaardige bronnen gerealiseerd in 2050 • Maximaal gebruik van organische zij en reststromen als voedsel of diervoeder en optimaal hergebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten (en andere grondstoffen) • De ecologische draagkracht van de Noordzee is leidend voor het gebruik ervan • De windmolenparken in de Noordzee bieden (ook) ruimte aan andere activiteiten en functies als voedselproductie (aquacultuur en zeewierteelt) en natuur. • Er is een maatschappelijke balans tussen de opgaven voor hernieuwbare energie, visserij, aquacultuur, scheepvaart, natuur en andere sectoren en toekomstbestendig waterbeheer • In 2050 is er een duurzamere blauwe economie • In 2030 430-600 PJ uit biomassa
3. Schelpdierproductie in Noordzee, Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa en biograndstoffen	<ul style="list-style-type: none"> • In 2050 100% Land en water ingericht op CO2 vastlegging en -gebruik • De ecologische draagkracht van de Noordzee is leidend voor het gebruik ervan • De windmolenparken in de Noordzee bieden (ook) ruimte aan andere activiteiten en functies als voedselproductie (aquacultuur en zeewierteelt) en natuur. • Er is een maatschappelijke balans tussen de opgaven voor hernieuwbare energie, visserij, aquacultuur, scheepvaart, natuur en andere sectoren en toekomstbestendig waterbeheer • In 2050 is er een duurzamere blauwe economie • In 2030 is de biodiversiteit van de landbouwgronden, agrarische cultuurlandschappen en regionale wateren hersteld.

Deelthema	Bijdrage doelstellingen 2030 en 2050*
4. De eiwitvoorziening voor humane consumptie zal voor 50% uit (nieuwe) plantaardige bronnen bestaan in 2050	<ul style="list-style-type: none"> • In 2030 bestaat de eiwitvoorziening voor humane consumptie voor minimaal 50% uit (nieuwe) plantaardige bronnen. • In 2030 maximaal gebruik van organische rest- en zijstomen als voedsel of diervoeder en optimaal hergebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten of andere grondstoffen. • In 2030 komt het eiwit voor melkvee voor 65% van het eigen bedrijf. Minimaal 50% van eiwitrijke grondstoffen komt uit Europa. In 2050 gebruikt Nederland uitsluitend Europees geproduceerd plantaardig eiwit; • In 2030 zijn eiwitrijke grondstoffen van buiten Europa gegarandeerd duurzaam; • In 2030 optimaal gebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten en andere grond- en bouwstoffen.
5. Klimaatbehoudende natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050	<ul style="list-style-type: none"> • In 2030 is de biodiversiteit van de landbouwgronden, agrarische cultuurlandschappen en regionale wateren hersteld. • In 2030 benut de landbouw biodiversiteit en ecologische processen en creëert tegelijkertijd leefgebied voor allerlei soorten en dieren. • In 2030 430-600 PJ uit biomassa • In 2050 opwekking van 100 PJ in ruraal gebied • Klimaatbehoudende natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050
6. Koolstof vastlegging in de bodem	<ul style="list-style-type: none"> • In 2030 een extra koolstofvastlegging van 0,5 Mton/jaar (t.o.v. 1990) in landbouwgrond • In 2050 extra vastlegging van ca. 2,0 Mton CO2/jaar • In 2030 worden alle landbouwbodems in Nederland (1,8 miljoen hectare) duurzaam beheerd • In 2030 430-600 PJ uit biomassa

*Zoals geformuleerd in het Klimaatakkoord de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik, de Transitie-Agenda Circulaire economie (2018) Biomassa en Voedsel, Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord) en de TKI Onderzoeks en Innovatieagenda Klimaatneutrale Voedselproductie.

1.4 Aanpak en indeling studie

In de volgende hoofdstukken wordt per deelthema eerst een contextschets gegeven. Vervolgens volgt een overzicht van de al lopende en recent afgesloten kennis en Innovatie projecten en daar op voortbouwend worden vervolgens witte vlekken geïdentificeerd. Deze vlekken vormen de basis voor de nieuwe kennis en innovatie (K&I) opgaven voor de komende 3-5 jaar die nodig zijn in de transitie naar het bereiken van de 2030 en 2050 doelstellingen. Tot slot wordt ook per deelthema de positionering van de kennis in het Nederlandse en Internationale onderzoeksveld beschreven, de sterkte en zwakte van de Nederlandse onderzoekspositie en samenwerkingsopties met andere nationale en Europese kennis instituten en onderzoeksprogramma's en met bedrijfsleven en andere belangrijke stakeholders.

2 Kennis en innovatieopgaven voor biomassateelt met verdubbelde fotosynthese

2.1 Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen

Fotosynthese is cruciaal voor het oplossen van de mondiale uitdagingen waar we momenteel voor staan: Hoe voeden we 10 miljard mensen in 2050? Hoe maken we de transitie van een fossiele economie naar een circulaire bioeconomie? Hoe voorkomen we dat de wereldwijde temperatuurstijging onder de 2 graden blijft? De oplossing voor deze problemen ligt deels in het verhogen van de biomassa-productie in de landbouw: voor het voeden van de wereldbevolking in 2050 is een verdubbeling van de voedselproductie nodig en willen we volledig af van het gebruik van fossiele grondstoffen dan zal de productie van de landbouw met nog eens 30% moeten stijgen.

Voor 2050 gaat het om gerichte verbetering van de fotosynthese, de benutbaarheid voor food en non-food en de verdeling van assimilaten over oogstbare delen en het wortelstelsel. De huidige efficiëntie waarmee zonlicht wordt omgezet in plantmateriaal (<1 % van de invallende energie) moet ten minste worden verdubbeld, hetgeen fundamenteel onderzoek vereist. Een gerichte veredeling op benutbaarheid van planten is om twee redenen belangrijk. Ten eerste de nieuwe toepassingen van biomassa en de vermindering van dierlijke producten in het humane dieet, ten tweede zal de inzet van plantaardige materialen als grondstof voor veel producten (chemie en materialen) nodig zijn, met eisen aan bijvoorbeeld de kwaliteit van vezels of het mineraalgehalte. Tenslotte kan een deel van de verbeterde fotosynthese worden gebruikt voor een groter aandeel van het wortelstelsel, waarmee weerbaarheid en de bijdrage aan organische stof in de bodem kunnen worden verhoogd. Tevens zal het verdubbelen van de biomassa-productie in de landbouw wereldwijd kunnen zorgen voor het additioneel vastleggen van een geschatte 5 Gigaton CO₂ per jaar.

Fotosynthese is een zeer complex proces is waarbij honderden verschillende genen betrokken zijn. Hierdoor is in de landbouw nooit actief veredeld op verbeterde fotosynthese, simpelweg omdat deze eigenschap genetisch te complex werd bevonden. Door de grote doorbraken die de afgelopen jaren in de plantenwetenschap zijn gemaakt, met name op het gebied van genomica, bioinformatica, digital phenotyping en mondeling, is het nu mogelijk geworden het complexe fotosyntheseproces in zijn onderliggende deelprocessen te bestuderen en de genetische basis van deze deelprocessen te ontrafelen. Dit brengt nu tevens voor het eerst de mogelijkheid binnen handbereik om op verbeterde fotosynthese te veredelen.

Doordat er momenteel al zeer veel fundamentele kennis omtrent het fotosyntheseproces beschikbaar is, zijn de modellen waarmee dit proces gesimuleerd kan worden ook steeds beter en nauwkeuriger geworden. Uit deze modellen blijkt dat de huidige efficiëntie van circa 0.5% waarmee in de landbouw het invallende zonlicht wordt omgezet in biomassa in theorie circa 8 keer hoger zou kunnen zijn, dus circa 4%. Dit zou in theorie tot een evenredig grote verhoging van de biomassa-opbrengst per hectare zorgen van eveneens een factor 8.

2.2 Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken

Het theoretische gegeven dat een sterke verhoging van de fotosynthese-efficiëntie mogelijk is wordt ondersteund door recente doorbraken in het fotosyntheseonderzoek waarbij Amerikaanse groepen hebben aangetoond dat het verbeteren van bepaalde deelprocessen van de fotosynthese via genetische modificatie (GMO) leidt tot spectaculaire verhoging van de biomassa-productie onder veldcondities van meer dan 40%. In principe kunnen de verschillende verbeterde deelprocessen in één enkele plant worden gecombineerd waardoor momenteel al de beoogde opbrengstverhoging van 100% in het vizier komt, zij het dat dit momenteel nog alleen via genetische modificatie zou kunnen.

Voor toepassing in het bedrijfsleven in de Nederlandse en Europese context is het gebruik van genetische modificatie echter geen optie waardoor het nodig is om alternatieve methoden te ontwikkelen die zijn

gebaseerd op natuurlijke variatie en biodiversiteit. In deze aanpak worden superieure genen voor deelprocessen van de fotosynthese bestudeerd in planten die een van nature extreme hoge fotosyntheseactiviteit vertonen. Vervolgens wordt gezocht naar soortgelijke genen in wilde verwanten en populaties van cultuurgewassen om genetische diversiteit in kaart te brengen waarna vervolgens de beste allelen via moderne verdelingstechnieken in de huidige elite gewassen worden geïntroduceerd.

2.2.1 Lopend en afgerond onderzoek

Zoals al aangegeven is fotosynthese is een zeer complex proces waarbij honderden verschillende genen betrokken zijn. Door de grote doorbraken die de afgelopen jaren in de plantenwetenschap zijn gemaakt, met name op het gebied van genomica, bioinformatica, *digital phenotyping* en *modeling*, is het nu mogelijk geworden dit complexe proces steeds beter te doorgronden. Lopend en pas afgesloten onderzoek heeft al zeker bijgedragen de genetische basis van deze deelprocessen te ontrafelen. Ook lopend en afsloten onderzoek benoemd in Tabel 2.1 in Nederland heeft hier aan bijgedragen, veel van dit onderzoek vond plaats binnen het door EZK medegefinancierde programma BioSolar Cells (2011 – 2016). Recente inzichten verworven in onderzoek verworven binnen Nederland en binnen en buiten Europa hebben de hoop doen toenemen dat veredelen op verbeterde fotosynthese voor het eerst binnen handbereik is gekomen. Duidelijk is dat het meeste lopende en recent afgesloten onderzoek nog op laag TRL niveau zit. Er zal nog veel onderzoek nodig zijn zoals uit tabel 2.2 over de witte vlekken blijkt voordat er onderzoek op TRL 7-12.

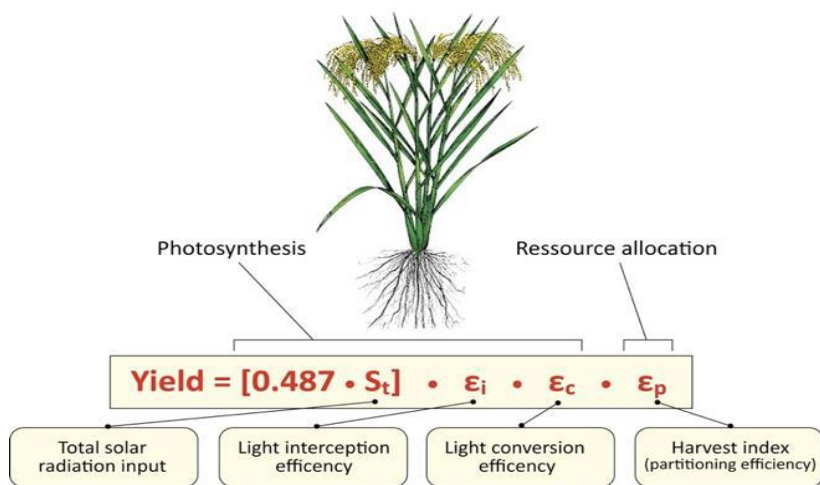
Tabel 2.1 *Lopend of recent afgesloten projecten en programma's i.r.t. verdubbelde fotosynthese*

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 TRL 10-12 (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Verdubbelde fotosynthese			
BioSolar Cells: <ul style="list-style-type: none"> - System-level integration of the process of photosynthesis in vivo. Application to various C3 plants - Genetic variation in <i>Arabidopsis thaliana</i> of photosynthesis parameters in response to abiotic stress - Mutant analysis for photosynthetic cold-responses in <i>Arabidopsis thaliana</i> - Comparing nonphotochemical quencing in diatoms and plants - Combined physiological and genetic analysis of photosynthetic regulation and plasticity in response to fluctuating environments and abiotic stress - Phenotypic engineering of higher plants: Developing a new paradigm for improving photosynthetic efficiency 			
	Biosolar Cells: <ul style="list-style-type: none"> - Dynamic LED lighting in greenhouse horticulture: controlling and monitoring photosynthesis, morphology and growth - Increase crop photosynthesis by allowing more 'natural' light 		

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 TRL 10-12 (subsidies, investerings, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	<ul style="list-style-type: none"> - Photosynthesis as predictor for crop yield - 		
	BioSolar Cells/ TKI-BBE: Opbrengstverhoging van aardappel door veredeling op fotosynthese en stress		
BioSolar Cells / NWO: Expanding society's toolbox to harvest solar energy: Creating multi-scale computational models to optimize oxygenic photosynthesis			
EU H2020-ITN: <ul style="list-style-type: none"> - CropBooster-P - Probing functional (re)organization in photosynthesis by time-resolved fluorescence spectroscopy 			
BioSolar Cells / TKI-BBE <ul style="list-style-type: none"> - Towards improved crop photosynthesis efficiency: elucidation and validation of genes underlying Arabidopsis photosynthesis QTLs 			
NWO (-ARF/ Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur): <ul style="list-style-type: none"> - Squeezing light into nanometric gaps: A live view of protein diffusion in the photosynthetic membrane - Visualizing the native architecture and dynamics of plants' photosynthetic machinery - Exploring the unexplored: Unravelling genetic variation for the cyto-nuclear interaction in Arabidopsis thaliana - Improving and breeding the C4 photosynthesis orphan crop Cleome gynandra - The Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre (NPEC) 	NWO Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur: <ul style="list-style-type: none"> - The Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre (NPEC) 		
Third Parties: <ul style="list-style-type: none"> - What makes Hirschfeldia incana a photosynthesis champion amongst higher plants? 	Third Parties: <ul style="list-style-type: none"> - Systematic analysis of epistatic interactions in photosynthesis use efficiency in Arabidopsis and Cucumbe 	Third parties: <ul style="list-style-type: none"> - The Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre (NPEC) 	

2.2.2 Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken

Het verband tussen de opbrengst aan biomassa en de fotosynthese wordt gegeven in de onderstaande figuur (2.1) die de zogenaamde Monteith-formule weergeeft.



Figuur 2.1 Monteith formule

In deze vergelijking is de factor "Light Conversion efficiency" de factor die momenteel zorgt voor de lage fotosynthese-efficiëntie in de landbouw, en het doel van het onderzoek is daarom deze factor te verhogen. De onderliggende eigenschappen onder deze factor zijn met name de biochemische en biofysische aspecten van de twee hoofdonderdelen van fotosynthese, de "lichtreactie" en de "donkerreactie", en de architectuur en structuur van het blad en van het bladerdek. Het benodigde fundamentele onderzoek zal zich dus met name richten op het ontrafelen van de genetische basis van biochemische en biofysische processen, en van plantenarchitectuur. Uit tabel 2.2 blijkt dat al fundamenteel en ook toegepast nationaal en internationaal onderzoek loopt. Echter uit Tabel 3.2 blijkt dat er nog veel additionele Kennis en Innovatieopgaven liggen om het inzicht verder te ontrafelen in de genetische basis van de processen en van de plantenarchitectuur. Het zal echter nog enige jaren voordat onderzoek op TRL7-9 zal gaan worden uitgevoerd en TRL niveaus daarboven zullen over het algemeen pas vanaf 2040 en verder bereikt gaan worden.

Tabel 2.2 Nieuwe Kennis en Innovatieopgaven i.r.t. verdubbelde fotosynthese

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 1: Verdubbelde fotosynthese			
<ul style="list-style-type: none"> - Fundamenteel begrip van fotosynthese. Het ontrafelen van de genetische basis van biochemische en biofysische processen, en van plantenarchitectuur die een rol spelen in de verhoging van de fotosynthese. - Inzicht krijgen in verdeling assimilaten over oogstbare delen en wortelstelsel en sturing daarop e.g. "carbon partitioning" transport, en source-sink relationship. De carbon partitioning op cellulair niveau, op de verdeling van de koolstof over verschillende organen in de plant en op het proces van wortelontwikkeling en vastleggen van koolstof in de bodem via de wortel. - Begrijpen hoe planten koolstof verdelen in de verschillende plantaardige componenten (lipiden, eiwitkoolhydraten) en hoe dit proces op maat kan worden gemaakt -Basiskennis over de mechanismen waarmee planten efficiënt water en voedingsstoffen gebruiken -Fundamentele kennis over het verbeteren van de efficiëntie van fotosynthese en het elimineren van knelpunten onder suboptimale omstandigheden 	<ul style="list-style-type: none"> - Selectie van planten in verschillende biotopen die een van nature extreme hoge fotosyntheseactiviteit vertonen. - Identificatie en analyse van de genen die verantwoordelijk zijn voor deze hoge fotosyntheseactiviteit. - Opsporen van analoge genen die deelprocessen van fotosynthese aansturen in wilde verwanten en populaties van cultuurgewassen. - In kaart brengen van de genetische diversiteit van de betreffende genen in wilde verwanten en populaties van cultuurgewassen. - Introduceren van de beste allelen voor verbeterde fotosynthese via moderne verdelingstechnieken in modern veredelingsmateriaal (pre-breeding) van de cultuurgewassen. - Introduceren van de beste allelen voor verbeterde assimilatie van voedingsstoffen en water via moderne verdelingstechnieken in modern veredelingsmateriaal (pre-breeding) van de cultuurgewassen. - Optimalisatie van "carbon partitioning" per gewas door introductie van gewas-specifieke, optimale allelen -Pre-breeding materiaal met een hogere fotosynthese-efficiëntie, hogere efficiëntie in het opnemen van water en voedingsstoffen, en een gewas -specifieke extra opslag van koolstof in geselecteerde plantenorganen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluatie in kassen van prestaties van verbeterde gewassen met een hogere efficiëntie van fotosynthese, water en voedingsstoffengebruik onder optimale en suboptimale condities. -Evaluatie in kassen van "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen onder optimale en suboptimale condities. - Evaluatie in het veld van prestaties van verbeterde gewassen met een hogere efficiëntie van fotosynthese, water en voedingsstoffengebruik in verschillende productiesystemen. - Evaluatie in het veld "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen in verschillende productiesystemen. 	<ul style="list-style-type: none"> -Ontwikkeling van nieuwe rassen op basis van het verkregen pre-breeding materiaal. -Evaluatie van deze nieuwe gewassen in verschillende productiesystemen onder diverse klimatologische omstandigheden. - In samenwerking met de agrarische sector integratie en evaluatie van deze verbeterde gewassen in gewasrotaties.

Uiteraard is het essentieel dat de extra gebonden koolstof in het fotosyntheseprocess op de juiste plaats in de plant terechtkomt, afhankelijk van het gewas dat wordt geteeld en het specifieke gebruik van het gewas. Voor voedselgewassen kan je stellen dat de meeste koolstof terecht moet komen in de organen die daadwerkelijk als voedsel dienen, zoals in vruchten, zaden en knollen.

In het geval van gewassen die specifiek voor grondstoffen voor de industrie worden geteeld kan het noodzakelijk zijn de extra koolstof bijvoorbeeld op te slaan in vezels, in suikers of in oliehoudende zaden. Maar voor zowel voedselgewassen en industriële gewassen kan het ook nodig zijn een deel van de extra koolstof naar het wortelstelsel te leiden om daar voor extra opname van water en voedingsstoffen te zorgen. Daarnaast zal het opslaan van extra koolstof in de wortels kunnen bijdragen tot het vastleggen van CO₂ uit de atmosfeer in de bodem.

Het benodigde onderzoek naar "carbon partitioning" transport, en source-sink relationships zal een essentieel deel uitmaken van het onderzoek in dit deelprogramma naar verbeterde fotosynthese. Deze kennis zit op dit moment vooral bij WUR en bij de Universiteit Utrecht. Carbon partitioning, het "verdelen van koolstof", speelt zich af op verschillende niveaus in de plant: omzetting van triose-fosfaat in moleculen zoals vetzuren, koolhydraten, eiwitten en secundaire metabolieten speelt zich af op cellulair niveau. Maar koolstof transport vindt ook plaats tussen organen zoals tussen blad en vrucht of stengel en wortel.

Het fundamentele onderzoek zal zich voornamelijk richten op de begrippen van de carbon partitioning op cellulair niveau, op de verdeling van de koolstof over verschillende organen in de plant en op het proces van wortelontwikkeling en vastleggen van koolstof in de bodem via de wortel.

Alhoewel al het beschreven onderzoek in principe fundamenteel van aard is (TRL 1 – 3) zal er in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven zo snel mogelijk worden begonnen met het toepasbaar maken van de deel-resultaten door middel van het tijdig opstarten van strategisch/toegepast onderzoek op hogere TRL-niveaus.

2.3 Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven

Institutioneel: Nederland heeft een uitstekende nationale kennisbasis op het gebied van fotosynthese-onderzoek, die onder andere tot stand gekomen is in het door EZK medegefinancierde programma BioSolar Cells (2011 – 2016). In dit programma werkten 9 nationale universiteiten en onderzoeksinstituten samen met 38 bedrijven bij de uitvoering van een breed, multidisciplinair onderzoeksprogramma op het gebied van het begrijpen, optimaliseren en toepassen van het fotosynthese proces. Vanuit deze nationale kennisbasis heeft Nederland zich de afgelopen jaren een voortrekkersrol verworven in Europa door onder andere het initiatief te nemen tot de vorming van het Europese onderzoeksconsortium Photosynthesis 2.0 waarin 51 kennisinstellingen uit 17 EU Lidstaten vertegenwoordigd zijn. Tevens is Nederland (Wageningen UR) momenteel de Coordinator van het Horizon 2020 project CropBooster-P, waarin een Roadmap wordt ontwikkeld om de opbrengst van de (Europese) landbouw te verdubbelen door de fotosynthese in gewassen op te voeren.

Momenteel worden in Brussel de contouren opgezet voor het volgende Framework Program "Horizon Europe". Een van de hoekstenen van dit programma worden de "Mission" waarin grootschalige onderzoeksprogramma's zullen worden gestart rondom grote maatschappelijke thema's. Vanuit het Photosynthesis 2.0 Consortium en met steun van het College van Bestuur van Wageningen UR is het onderwerp "fotosynthese" bij de Europese Commissie onder de aandacht gebracht en, alhoewel er rondom de Missions nog geen concrete besluiten genomen zijn, lijkt het er nu op dat fotosyntheseonderzoek deel kan gaan uitmaken van een voorgestelde Mission in het agro-food domein: "Soil Health and Food".

Maatschappelijk: Het verhogen van de globale biomassa-productie zal een essentieel onderdeel kunnen zijn bij het oplossen van de drie grootste vraagstukken waarmee de wereld momenteel kampt: Hoe kunnen we een toekomstige bevolking van 10 miljard mensen voeden? Hoe maken we de transitie van een fossiele economie naar een duurzame bio-economie? En hoe zorgen we ervoor dat de globale temperatuurstijging onder de 2 graden blijft? Deze vragen resoneren in de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties, met name "Geen Honger", "Geen Armoede" en "Klimaatactie" en zijn tevens onderdeel van een groot aantal Europese en Internationale policies waarvan het Parijse Klimaatakkoord wel de meest aansprekende is.

Met het voorgestelde onderzoek zal Nederland een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het vinden van duurzame oplossingen voor deze urgente maatschappelijke uitdagingen.

Financieel / economisch: Voor Nederland als een van de grootste landbouwexporteurs ter wereld, biedt het ontwikkelen van nieuwe gewassen met een sterk verhoogde opbrengst uitstekend kansen voor het veredelings-bedrijfsleven. Daarnaast hebben we hebben ook een zeer sterke chemische sector waarvoor de omschakeling naar biobased productieprocessen waarschijnlijk essentieel wordt voor de handhaving van huidige internationale positie. Voor zowel een gezonde Agro-Food sector als de Chemische sector zal het beschikbaar zijn van voldoende biomassa bepalend zijn voor de toekomst. In dat licht zal onderzoek naar het verhogen van de fotosynthese-efficiëntie ook in economische zin van groot belang zijn voor Nederland

Ecologisch/ruimtelijk: De noodzakelijke toename van biomassaproductie kan alleen maar duurzaam als we dit bereiken op het huidige landbouwareaal en met een zo efficiënt mogelijk gebruik van water en andere input (N, P, mineralen). Als we dit niet doen gaat dit ten koste van biodiversiteit en dus leefomgeving. Verder biedt verhoogde fotosynthese in de landbouw de mogelijkheid om additioneel CO₂ uit de atmosfeer vast te leggen in de bodem. Hierbij snijdt het mes aan twee kanten; een toename van de bodemvruchtbaarheid bij een gelijktijdige afname van de CO₂ -concentratie in de atmosfeer.

2.4 Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie

De Nederlands stakeholders die bij het onderzoek naar het verhogen van de fotosynthese-efficiëntie zullen worden betrokken betreffen aan de universitaire kant Wageningen UR, Universiteit Leiden, Universiteit Utrecht en Universiteit Nijmegen, waarbij uitdrukkelijk wordt opgemerkt dat ook verdere samenwerking met andere Nederlandse universiteiten zal worden nagestreefd. Aan de kant van de industrie vormen de Nederlandse verdelingsbedrijven, de voedingsindustrie en de chemische sector de belangrijkste samenwerkingspartners.

Als funders spelen NWO, de Nederlandse Wetenschaps Agenda (NWA), de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen, de Topsector AgroFood, de TKI BioBased Economy en private investeerders een rol en namens de industrie Plantum, het Nederlandse Veredelingsbedrijfsleven en de chemische industrie.

De meeste van de bovengenoemde stakeholders zijn al geruime tijd geleden betrokken geraakt bij onderzoeksvoorstellen rondom het thema verbeterde fotosynthese. Dit heeft er onder andere toe geleid dat het thema "Fotosynthese" is opgenomen in de Nederlandse Wetenschaps Agenda (NWA) en dat in het kader van deze Agenda er in 2020 een programmavoorstel zal worden ingediend door een breed publiek-privaat samenwerkingsverband.

Een ander resultaat van de vroegtijdige samenwerking met verschillende stakeholders heeft geresulteerd in een nieuwe NWO-programma op het gebied van fotosynthese. Dit programma wordt samen met het bedrijfsleven (Plantum) vormgegeven en de betreffende NWO-call is in april 2019 gepubliceerd.

Internationale samenwerking is ten eerste voorzien met het Europese Photosynthesis 2.0 Consortium. Dit consortium is in 2016 door WUR opgericht en wordt momenteel gevormd door 51 universiteiten en onderzoeksinstituten uit 17 verschillende EU lidstaten. Dit consortium heeft op verzoek van de Europese Commissie een agenda geschreven voor toekomstig fotosynthese-onderzoek in Europa en is momenteel betrokken bij het integreren van deze agenda in het volgende Europese Kaderprogramma Horizon Europe.

Verder zal ook nauw worden samenwerkt met het Europese CropBooster-P Consortium wat een Europese Coordination and Support Action (CSA) uitvoert onder coördinatorschap van WUR. Het CropBooster-P Consortium ontwikkeld een roadmap voor het toekomstbestendig maken van de Europese landbouw, en het vergroten van de fotosynthese-efficiëntie staat hierbij centraal. Daarnaast is onlangs een door WUR gecoördineerd draft-voorstel voor een EU-Biotech project "Capitalise" goedgekeurd en dit mag nu worden uitgewerkt tot een volledige aanvraag. In dit voorstel wordt onderzoek beschreven naar het verbeteren van

het fotosyntheseproces en in die dit gehonoreerd wordt zal ok met dit consortium nauw worden samengewerkt.

Tenslotte bestaan er reeds uitstekende contacten tussen de Nederlandse fotosynthese-gemeenschap en het Amerikaanse RIPE programma. Dit programma, gefinancierd door Bill and Mellinda Gates Foundation, richt zich op het verbeteren van fotosynthese in gewassen die vooral in Afrika en Azië kunnen worden toegepast. Zowel met de betreffende Amerikaanse Universiteiten alsook met de Bill and Mellinda Gates Foundation is regelmatig overleg over de wederzijdse onderzoeksprogramma's op gebied van fotosynthese, en deze samenwerking zal in de toekomst worden geïntensiveerd.

2.5 Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering

Op nationaal niveau is het fotosyntheseonderzoek goed georganiseerd geraakt door de deelname van alle betreffende Nederlandse onderzoeksgroepen aan het BioSolar Cells Programma. Dit programma, dat zich richtte op fotosynthese in planten, fotosynthese in micro-organismen en kunstmatige fotosynthese, werd uitgevoerd door een consortium bestaande uit Wageningen University and Research (penvoerder), Universiteit Groningen, Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Eindhoven, Universiteit van Amsterdam, Vrije Universiteit Amsterdam, Universiteit Leiden, Technische Universiteit Twente en HAS Den Bosch.

Na afloop van het BioSolar Cells programma zijn de verschillende groepen in diverse constellaties blijven samenwerken; het fotosyntheseonderzoek aan planten heeft een kristallisatiepunt gevonden aan de WUR waar o.a. Wageningen Universiteit, Wageningen Research en de Vrije Universiteit Amsterdam samenwerken in het virtuele centrum in oprichting "Wageningen Photosynthesis". In het kader van de Nederlandse Wetenschap Agenda (NWA) heeft Wageningen University and Research samen met Universiteit Utrecht de Gamechanger "Turbosynthese" opgesteld, en in het kader van het nieuw te starten NWO programma "Fotosynthese" is een consortium in oprichting onder leiding van WUR waarin het Nederlandse plantenonderzoek zo breed mogelijk vertegenwoordigd zal zijn.

Alhoewel het benodigde onderzoek de komende jaren nog een sterk fundamenteel karakter zal hebben, zal daar waar mogelijk zo snel mogelijk de stap worden gezet richting toegepast onderzoek (TRL 6 – 9). De Nederlandse missie-gedreven onderzoeksprogrammering biedt uitstekende mogelijkheden om samen met NWO, de topsectoren Tuinbouw en Uitgangsmaterialen, Agro & Food, de TKI BioBased Economy en het bedrijfsleven dit onderzoek de komende jaren uit te voeren. Het ontwikkelen van verbeterde fotosynthese-efficiëntie is op dit moment opgenomen in de KIA "Sleuteltechnologieën" en zal kunnen bijdragen aan de ambities en kennisvragen in de hoofd-missie **Landbouw, Water en Voedsel**. Tevens draagt de sleuteltechnologie "verbetering van de fotosynthese-efficiëntie" bij aan de volgende ambities en kennisvragen in de hoofd-missie **Energietransitie en Duurzaamheid** (zie ook tabel 1.1)

Het onderzoek zal aansluiting maken met de Onderzoeksscholen EPS en PERC zodat de informatiestroom vanuit het onderzoek naar het academisch onderwijs geborgd is. Tevens zal het Centre for BioBased Economy worden betrokken om zo voor de aansluiting met HBO en andere beroepsopleidingen mogelijk te maken.

Naast samenwerking op wetenschappelijk front is het voor het fotosyntheseonderzoek aan planten essentieel dat er in Nederland een hoogwaardige infrastructuur beschikbaar komt om het onderzoek uit te voeren. Met dit in gedachte zijn WUR en Utrecht, met financiële steun vanuit het NWO Programma Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur, bezig met het opzetten van het "Netherlands Plant-Eco Phenotyping Centre NPEC". Dit centrum zal een nationale faciliteit worden op het gebied van het fenotyperen van planten, en binnen dit centrum zal onder andere hoogwaardige apparatuur beschikbaar worden gesteld voor het grootschalig meten van fotosynthese-parameters in planten.

Op Europees niveau is het Photosynthesis 2.0 Consortium het belangrijkste samenwerkingsverband. Dit consortium is in 2016 onder leiding van WUR door vooraanstaande onderzoekers afkomstig uit 13 Europese Universiteiten en instellingen: Wageningen University and Research, Max Planck Institute of Molecular Plant

Physiology, Lancaster University, CEA, University of Leeds, University of Cambridge, University of Copenhagen, Ludwig-Maximilians University Munchen, The University of Nottingham, University of Essex, Imperial College Londen, Forschungszentrum Jeulich en de Heinrich Heine University Dusseldorf.

Dit consortium heeft het draft onderzoeksprogramma "Photosynthesis 2.0, Plant Power for the Future" geschreven en aangeboden aan de Europese Commissie. Sinds 2017 zijn gesprekken gaande met de Commissie om dit programma onderdeel te laten worden van het volgende Framework Programma Horizon Europe.

In de tussentijd is het consortium verder gegroeid en kent het momenteel 52 deelnemende universiteiten en instellingen uit 17 Europese lidstaten.

Een ander relevant Europees Consortium wordt gevormd door de partners in het CropBooster-P Project (Horizon 2020, gecoördineerd door Wageningen Research). In dit project werken 16 internationale partners, deel afkomstig uit het Photosynthesis 2.0 Consortium, samen om een Roadmap voor de Europese Commissie op te stellen waarin wordt beschreven hoe de Europese landbouwgewassen toekomstbestendig kunnen worden gemaakt. Een deel van deze Roadmap zal beschrijven hoe we de opbrengst van landbouwgewassen in de toekomst zouden kunnen verdubbelen en hierbij staat fotosynthese als belangrijkste eigenschap om dit te realiseren centraal.

Op wereldschaal is het Amerikaanse RIPE programma de belangrijkste samenwerkingspartner op het gebied van fotosyntheseonderzoek. Dit programma, dat wordt gefinancierd door de Bill and Melinda Gates Foundation, heeft ten doel de opbrengst van landbouwgewassen ten behoeve van ontwikkelingslanden te vergroten, en fotosynthese is een van de belangrijkste eigenschappen waarin binnen dit programma wordt gewerkt. Zo is het RIPE programma bijvoorbeeld de drijvende kracht achter het C4-Rice Project. Zowel met onderzoekers binnen het RIPE programma als met de Bill and Melinda Gates Foundation bestaan uitstekende relaties met Wageningen UR. Fotosynthese- onderzoekers uit RIPE zijn reeds betrokken bij gezamenlijke projecten en projectaanvragen met Europese partners, waaronder WUR, en deze samenwerking zal in de toekomst verder worden uitgebouwd.

3 Kennis en innovatieopgaven voor het ontwikkelen van 14.000 km² Blauwe ruimte voor zeewierproductie in 2050

3.1 Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen

Zeewier speelt een belangrijke rol in de mondiale koolstofcyclus. Zo'n 6% van de netto primaire productie wordt geproduceerd door zeewier. In West-Europa is er steeds meer belangstelling voor productie van zeewier als bron voor voedsel, diervoeder en bio-grondstof. Er is geen landbouwgrond nodig en veel soorten groeien in zout of brak water. Kostbare voedingsstoffen zoals fosfaten die via de rivieren in zee geloosd worden, kunnen via zeewier weer opgevangen worden. In Aziatische landen wordt zeewier al op grote schaal geoogst maar niet op basis van een duurzame productiewijze. De technologie die hiervoor nodig is, toegespitst op de situatie in de Noordzee, moet nog grotendeels ontwikkeld worden. De komende decennia zal op een groot deel van het Noordzee-oppervlak windmolenparken geplaatst worden. Medegebruik van windenergie met aangepaste vormen van visserij en productie van zeewier is één van de doelstellingen van de KIA Landbouw Water Voedsel. In de Programmeringsstudie Duurzame Noordzee worden de kennis- en innovatieopgaven voor het realiseren van medegebruik van windparken uitgewerkt (Steins et al., 2019). De Programmeringsstudie Visserij gaat in op het verwerken van reststromen uit de zee- en kustvisserij voor o.a. biograndstoffen (Smith et al., 2019). Deze programmeringsstudies vormen een geheel met de voorliggende programmeringsstudie.

Doelstelling van dit deelthema (overigens ook een apart MMIP) is bij te dragen aan een grootschalige, rendabele en duurzame zeewierproductie op de Noordzee vanaf 2030 in combinatie met schelpdierproductie en natuurontwikkeling. In het MMIP Duurzame en veilige Noordzee wordt een systeembenadering geschetst voor een duurzaam medegebruik binnen de ecologische en ruimtelijke kaders van het systeem. Het deelprogramma (tevens MMIP) Zeewierproductie in de Noordzee is een voorbeeld van dit duurzaam medegebruik.

3.2 Indeling in deelprogramma's

Het deelprogramma (tevens MMIP) Zeewierproductie in de Noordzee bestaat uit een innovatietraject met 8 deelthema's. Elk deelthema heeft een eigen innovatieopgave. De verbinding tussen de deelthema's is essentieel; resultaten behaald binnen het ene deel zijn bepalend voor keuzes in een ander deelthema.

Het deelprogramma/MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk voor:

- De technische haalbaarheid en ontwikkeling van offshore hardware;
- De ruimtelijke inpassing in de Noordzee al dan niet in combinatie met windmolenparken;
- De ecologische haalbaarheid en mogelijke ecosystemendiensten;
- De fysiologie en veredeling van Noordzeesoorten;
- De ontwikkeling van duurzame productiewijzen o.a. gericht op beheersing van ziekten en plagen en het circulair maken van zeewierproductie;
- De verwerking van geoogste biomassa, opslag- en transport technieken en de ontwikkeling van fractioneringstechnieken gericht op het winnen van economisch interessante componenten;
- De ontwikkeling van afzetmarkten, consumentenacceptatie en integrale business cases;
- Wet- en regelgeving op het gebied van zeewierproductie, en verwerking en toepassingen van geoogste biomassa.

3.2.1 Lopend en afgerond onderzoek

Een overzicht van lopend en recent afgerond onderzoek wordt in Tabel 3.1 gepresenteerd volgens de 8 deelthema's.

Tabel 3.1 Lopend onderzoek (niet uitputtend)

Deelprogramma	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.)
1. Technische haalbaarheid: ontwikkeling van offshore hardware	Blue Growth (lopend Marin) H2020 Genialg (lopend o.a. WR)	Blue Growth Marin (lopend Marin) H2020 Genialg (lopend o.a. WR)		
2. Ruimtelijke inpassing op de Noordzee	BE-programma Seaconomy (afgesloten)	BE-programma Seaconomy (afgesloten)		
3. Ecologische haalbaarheid	WR-Projecten binnen Beleidsondersteunend Onderzoek en Kennisbasis AF-16202 Proseaweed (lopend WR)	WR-Projecten binnen Beleidsondersteunend Onderzoek en Kennisbasis AF-16202 Proseaweed (lopend WR)		
4. Ontwikkeling van duurzame en grootschalige productiewijzen	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) H2020 Impaqt (lopend o.a. Deltares) H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN) KB-30-003-016 - Integrated Pest Management in Aquatic Farming Systems	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) H2020 Impaqt (lopend o.a. Deltares) H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN) 1-2C-4 Marine lower trophic food systems	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) H2020 Impaqt (lopend o.a. Deltares) H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN) AgeaDemo (lopend, o.a. TNO-ECN) BE-project Value@sea (lopend)	
5. Fysiologie en genetica van Noordzeesoorten	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) AF-16202 Proseaweed (lopend WR)	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) AF-16202 Proseaweed (lopend WR)	H2020 Genialg (lopend o.a. WR)	
6. Verwerking van geogoste biomassa en ontwikkeling van fractioneringstechnieken	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020-Macrocascade en H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020-Macrocascade en H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020-Macrocascade en H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	
7. Economische haalbaarheid: ontwikkeling van afzet en business cases	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020 Genialg (lopend o.a. WR) Interreg Bio4Save (lopend) AF-16202 Proseaweed (lopend WR) Interreg-Valgorize (lopend o.a. NIOZ) Zeevivo (lopend o.a. NIOZ, WUR en VHL)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020 Genialg (lopend o.a. WR) Interreg Bio4Save (lopend) AF-16202 Proseaweed (lopend WR) Interreg-Valgorize (lopend o.a. NIOZ) Zeevivo (lopend o.a. NIOZ, WUR en VHL)		
8. Bestuurlijke aspecten, wet- & regelgeving	BE-programma Seaconomy (afgesloten)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) SOMOS (afgesloten, o.a. TNO, WUR)		

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkefase TRL 4- 6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidiën, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	SOMOS (afgesloten, o.a. TNO, WUR)			

Hieronder volgt een korte beschrijving van de lopende onderzoekprogramma's:

- Blue Growth programma Marin: maritieme vraagstukken rond (drijvende) windturbines, vis- en zeewierkweek, drijvende zonnepanelen en alle daarbij horende installatie-, oogst- en onderhoudssystemen.
- H2020 Genialg (2017-2020): GENetic diversity exploitation for Innovative macro-ALGal biorefinery. Onderzoekthema's: 1) Ethics requirements; 2) Selection, breeding, germplasm and biobanking; 3) Demonstration of large-scale seaweed farming; 4) Seaweed biorefinery prototype design and implementation; 5) Market validation and life-cycle analysis; 6) Socio-environmental benefits of seaweed farming; 7) Dissemination, Stakeholder Engagement, Knowledge Transfer, Outreach Capacity Building
- Het Belgische SEACONOMY (2016-2018) project is een multidisciplinair consortium van bedrijven, sectororganisaties en overheidsinstanties gericht op de ontwikkeling van een Vlaamse zeewier economie. Onderzoekthema's zijn:
 - de economische haalbaarheid van de lokale kweek voor de niche markt;
 - de duurzaamheid van de waardeketen;
 - aankaarten belangrijkste externe barrières.
- AF-16202 Proseaweed (MIP-Zeewier) (2017-2021). Maatschappelijk InnovatieProgramma binnen TS-A&F. Richt zich op kweek- een teeltaspecten (inclusief ecologie) en toepassingsmogelijkheden op het gebied van voeding en diervoeding
- H2020 Impaqt (2018-2021): Intelligent Management System for integrated multi-trophic Aquaculture: an advanced IMTA model is developed, which yields spatially explicit information on how the different farm components interact with the environment on the scale of an ecosystem and that can be used for planning decisions by both farmers and regulators.
- H2020 Macrofuels (2016-2019): aims to produce advanced biofuels from seaweed or macro-algae. Research themes: Increasing biomass supply; Improving the pre-treatment and storage of seaweed; Increasing bio-ethanol and bio-butanol production to economically viable concentrations by developing novel fermenting organisms; Increasing biogas yield to convert 90% of the available carbon in residues by adapting the organisms to seaweed; Developing thermochemical conversion of sugars to fuels from the mg. scale to the kg. scale; Performing an integral techno-economic, sustainability and risk assessment of the entire seaweed to biofuel chain
- H2020 Macrocascade (2017-2020): objective is to prove the concept of the cascading marine macroalgal biorefinery. Research themes: Obtain optimized strains of seaweeds; Improve scalable cultivation of seaweeds; Improve methods for seaweed biomass preparation and storage stability; Develop patentable feed and food products with health promoting functionalities; Develop scalable and sustainable extraction/separation methods; Develop a variety of efficient and robust carbohydrate active enzymes, with a range of specificities of relevance for processing macroalgal polysaccharides; Study the economic viability of the macroalgae cascading valorization schemes; Quantitatively assess the sustainability of the seaweed-based value chains; Develop sustainable business cases for a "Blue Print" of the cascading marine macroalgal biorefinery
- EU-EASME project AlgaeDemo (2019-2021): demonstration of large scale seaweed cultivation at open sea and effects thereof on the ocean
- value@sea (2017-2019): demonstratieproject in de Westdiep van een geïntegreerde zeeboerderij (7ha) voor de gecombineerde kweek van oesters, sint-jacobsschelpen en zeewier

- Bio4Save (2017-2019): de focus van het project ligt op biostimulanten op basis van zeewier. Daarnaast wordt gekeken naar de economische mogelijkheden van zeewier.
- ValgOrize (2019-2021): project gericht op de valorisatie van zeewier en microalgen als voedsel voor de Europese markt
- Zeevivo (2015-2019): The aim of the research project is to find out whether protein from seaweed can be used in fish food.
- SOMOS (2016-2018): Safe production of Marine Plants and use of Ocean Space. Het doel is het ontwikkelen en uitvoeren van een veiligheidsbeoordeling voor toepassingen van zeeplanten. Het veiligheidsraamwerk dat hier ontwikkeld is richt zich op gevaren in relatie tot arbeidsomstandigheden, gebruik als voedsel en veevoeder en milieu. Ook controle maatregelen om veilig multi-gebruik te bewerkstelligen zijn op een rijtje gezet.

Het lopend onderzoek bevindt zich dus vooral in de onderzoeks- en ontwikkelingsfase (tot TRL 7) en enkele activiteiten zitten ook in de demonstratiefase zoals uit Tabel 3.1 blijkt.

3.2.2 Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken

Er vindt veel zeewieronderzoek plaats in Europa (zie tabel 3.1) maar het lopende onderzoek kenmerkt zich ook door een behoorlijke versnippering. Bovendien is er behoefte om nu echt de stap naar een grootschalige aanpak te maken. De kracht van het beoogde nationale innovatieprogramma Zeewierproductie in de Noordzee is een samenwerking van kennisinstellingen (w.o. alle TO2-instellingen) en ondernemers binnen één of meerdere grootschalig demo-velden op de Noordzee, van waaruit deelvraagstukken kunnen worden opgepakt. Hierdoor ontstaat samenhang tussen alle deelprojecten. Een recent uitgevoerde stakeholder analyse geeft de volgende innovatieprioriteiten aan (dit betreft meer dan alleen onderzoek):

- Grootschalige pilots/demovelden (van tientallen hectares) op de Noordzee waar pionierende zeewierondernemers, natuurorganisaties en onderzoekers gezamenlijk implementatievraagstukken onderzoeken en oplossen. Capaciteit in havens waar gewerkt wordt aan logistieke vraagstukken en verwerking van het geogste materiaal maakt hier deel van uit.
- In deze demovelden is ruimte voor gecombineerde productie van zeewier en schelpdieren. Bij schelpdieren gaat het enerzijds om de ontwikkeling van natuur en ecosysteemdiensten (aanleg platte oesterbanken), anderzijds om de ontwikkeling van commerciële productie (mosselkweek).
- In zeewier is risico op ophopen van verontreinigingen uit het water groot. Het is daarom van groot belang om rekeningen te houden met de kwaliteit van het water, voor de voedselveiligheid van zeewier.
- Pionierende zeewierondernemers hebben leningen nodig voor (voor)investeringen. Banken verlangen daarbij lange termijn contracten met afnemers. Markontwikkeling is daarom een belangrijk onderdeel van het innovatieprogramma.
- Stimuleringsinstrumenten, vergelijkbaar met de eerste subsidies voor windmolens en zonnepanelen (onrendabele top), zijn nodig voor het overbruggen van de risicovolle implementatiefase van de productievelden.
- Er is nieuwe en aanpassing van bestaande wetgeving nodig t.a.v. het verlenen van vergunningen, medegebruik binnen windparken, technische eisen, bescherming van het ecosysteem, certificering, voorwaarden voor milieu- en voedselkwaliteit etc.
- Kennisdeling, communicatie en opleiding is nodig als basis voor de ontwikkeling van een sterke sector en voor draagvlak binnen de maatschappij.
- Onderzoeksprioriteiten liggen bij de volgende onderwerpen:
 - Ontwikkeling van grootschalige installaties die bestand zijn tegen de condities op de Noordzee en kostenefficiënt kunnen worden neergelegd, ontwikkeling van gemechaniseerde oogst en ent-methodes (door o.a. Marin, TNO, NIOZ, technische universiteiten i.s.m. Nederlandse offshore industrie).
 - Ontwikkeling van efficiënte monitoringstechnieken op het gebied van ecologische interacties en nutriëntenbeschikbaarheid om ecologische effecten van grootschalige zeewierproductie op de Noordzee in kaart te brengen en te bewaken (door o.a. NIOZ, Deltares, WR, TNO, universiteiten i.s.m. zeewierondernemers)
 - Ontwikkeling van (nieuwe) afzetkanalen en verwerkingstechnologieën van geogste biomassa (door o.a. WR, TNO, universiteiten i.s.m. onder andere chemische, voedings-, diervoeder-, gewasbeschermingsindustrie)

- Fysiologie en genetica van Noordzeesoorten t.b.v. veredeling en karakterisering uitgangsmateriaal (door o.a. WR, NIOZ, universiteiten i.s.m. zeevonderzoekers)

De onderzoeksprioriteiten bevatten zowel fundamentele als toegepaste vraagstukken. Zie ook tabel 3.2. De vraagstukken in de kolom "onderzoeksfase" betreffen het meer fundamentele onderzoek. Voor de hand ligt om hiervoor middelen van NWO en/of kennisbasis van de TO2-instituten in te zetten. Vraagstukken in de kolommen "ontwikkelfase" en "demonstratiefase" kunnen o.a. gefinancierd worden middels publiek-private samenwerking gefaciliteerd door o.a. TKI-Maritiem, TKI-Agri & Food en TKI-Wind op Zee.

Cruciaal voor het tot stand brengen van een nationaal zeevonderzoekprogramma waarin o.a. alle TO2-instellingen samenwerken, is een gezamenlijke aansturing vanuit de betrokken departementen: LNV, I&W, EZK en OCW. Belangrijk bij het ontwikkelen van een gezamenlijke, departement overstijgende onderzoekagenda, waarin de diverse financieringsinstrumenten in samenhang worden ingezet en waarbij ook rekening wordt gehouden met uitkomsten uit lopende onderzoekprogramma's (zie tabel 3.1.) is een goede voorbereidingsfase. Bestaande instituties – bijvoorbeeld de *CoP Blue Innovation Noordzee 2030*, Stichting Noordzeeboerderij – kunnen hierbij ingezet worden.

Tabel 3.2 Witte vlekken in onderzoek voor nationaal programma Zeevonderzoekproductie in de Noordzee

Deelprogramma	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.)
1. Technische haalbaarheid: ontwikkeling van offshore hardware				
Eenvoudige, grootschalige, robuuste productiesystemen bestand tegen golfslag en stormcondities op de Noordzee Verankeringsconstructie die veilig kan worden toegepast binnen windmolenparken Inzicht in trekkrachten van verschillende soorten zeevonderzoek op de constructie Zeevonderzoeksystemen die qua omvang en ontwerp acceptabele effecten hebben op lokale nutriëntenconcentratie, biodiversiteit, zeevonderzoek etc Gemechaniseerde enten oogstmethodes	Ontwerp en ontwikkeling van productie-installaties die zeevonderzoeksoorten beschermen tegen golfbelasting Ontwikkeling van integraal, natuurversterkend verankeringsconcept dat uitgerold kan worden binnen nieuw te bouwen windparken Ontwerp zeevonderzoeksystemen o.b.v. uitkomsten onderzoek in deelprogramma 3 en 4 Ontwikkeling van numerieke modellen gebaseerd op realistische data Ontwikkeling van gemechaniseerde enten oogstmethodes	Testen van ontwikkelde installaties in demovelden in de Noordzee Monitoring en verfijnen van constructie o.b.v. uitkomsten deelprogramma's	Installatie en testen grootschalige demovelden in combinatie met schelp- en schaaldierproductie (en later) viskweek (100-500 ha) Offshore incubator waarbij ondernemers, kennisinstellingen en overheid verdere multi-use innovaties kunnen onderzoeken	Certificering van productiesysteemonderdelen bij oplevering zodat ondernemers zeker zijn dat zij robuuste boerderijen kopen.
2. Ruimtelijke inpassing op de Noordzee				
Identificeren van optimale locaties vanuit integraal perspectief (beschikbaarheid nutriënten, stroming, golfslag, afstand tot de kust, fytoplanktonconcentratie	Metingen in de Noordzee Modelstudies o.a. op basis van uitkomsten onderzoek deelprogramma 3 Onderzoek naar technische en	Monitoring binnen demovelden, valideren van modelstudies	Monitoring binnen demovelden, valideren van modelstudies	Uitkomsten onderzoek meenemen in programma van eisen voor nieuwe windmolenparken (kavelbesluiten)

Deelprogramma	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.)
ivm combinatie schelpdierkweek) Bij medegebruik binnen windmolenparken: waarborgen van veiligheid voor medegebruikers	veiligheidsmaatregelen die nodig zijn voor medegebruik binnen windmolenparken o.a. op basis van uitkomsten deelprogramma 1			

3. Ecologische haalbaarheid en ontwikkeling ecosysteemdiensten

<p>Zeewierproductievelden met een locatieafhankelijke omvang zonder negatieve ecologische gevolgen voor nutriënten- beschikbaarheid, biodiversiteit, schaduwwerking, visstand, bodem, verspreiding exoten. Inzicht in ecologische effecten van zeewierproductie in combinatie met precisiebemesting, visproductie, en scheldierproductie. Zeewierproductie in combinatie met natuurontwikkeling. Maximaliseren positieve ecologische effecten Zeewierproductie in combinatie met ecosysteemdiensten (CO2 vastlegging en kraamkamerfuncties voor zeedieren)</p>	<p>Ontwikkeling van technologieën voor real time monitoring van diverse ecologische parameters Empirische metingen binnen demo-velden. Ontwikkeling van model- en scenariostudies Value Chain analysis: welke rol speelt grootschalige zeewierproductie bij klimaatadaptatie en vastlegging van CO2?</p>	<p>Opzetten en uitvoeren van monitoringsprogramma binnen demo- en productievelden Testen van scenario's. Valideren van modelstudies Vaststellen van ecologische effecten van productie systemen gecombineerd met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie, Ontwikkeling van systeem voor verwaarding van ecosysteemdiensten i.s.m. NGO's en overheid</p>	<p>Opzetten en uitvoeren van monitoringsprogramma binnen demo- en productievelden Testen van scenario's. Valideren van modelstudies Vaststellen van ecologische effecten van productie systemen in gecombineerd met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie, Testen van systeem voor verwaarding van ecosysteemdiensten i.s.m. NGO's en overheid</p>	<p>Uitkomsten onderzoek gebruiken voor aanpassing ontwerp offshore hardware, ruimtelijke inpassing en ontwikkeling duurzame productiewijze (deelprogramma 1, 2 en 4) Uitkomsten onderzoek meenemen in programma van eisen voor nieuwe windmolenparken bij medegebruik door zeewierproductie (kavelbesluiten) Implementatie van systeem voor verwaarding van ecosysteemdiensten i.s.m. NGO's en overheid</p>
--	--	--	---	---

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
----------------------	---	--	---	---

4. Ontwikkeling duurzame grootschalige productiewijzen

Productiesystemen gemaakt van duurzame materialen zonder ongewenste dispersie van microverontreiniging en. Managementtools en methodes gericht op ecologische verantwoorde productie en beheersing/bestrijding van ziekten, plagen, ongewenste vestiging exoten, overwoekering van productiesystemen. Zeewierproductie in combinatie met precisiebemesting, visproductie, scheldierproductie zonder negatieve ecologische gevolgen.	Testen dispersie van microverontreinigingen. Uitkomsten benutten in deelprogramma 1 Inventariseren mogelijke ziekten en plagen. Ontwikkeling van Integrated Pest Management (IPM) Ontwikkeling van duurzame productie systemen in combinatie met precisiebemesting, schelpdierproductie of visproductie o.b.v. uitkomsten deelprogramma 3 Ontwikkeling van jaarrondeelten en wisselteelten Ontwikkeling van systemen voor monitoring van groei en kwaliteit op afstand	Monitoring van het optreden van ziekten en plagen in demo-velden. Testen eerste IPM aanpak bij eventuele uitbraken Testen van productie systemen in combinatie met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie zonder negatieve ecologische gevolgen Implementatie en testen van in situ sensoren voor groei en kwaliteit in demo-velden. Testen jaarrondeelten en wisselteelten in demo-velden	Monitoring van het optreden van ziekten en plagen in demo-velden. Testen eerste IPM aanpak bij eventuele uitbraken i.s.m. ondernemers Testen van productie systemen in combinatie met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie zonder negatieve ecologische gevolgen i.s.m. ondernemers Testen jaarrondeelten en wisselteelten i.s.m. ondernemers	Toepassing van ontwikkelde methodieken en systemen in commerciële productievelen
---	--	--	---	--

5. Fysiologie en veredeling van Noordzeesoorten

Opbrengst (o.a. van hoogwaardige inhoudsstoffen) die boven de kostprijs uitkomt. Herkomst en selectie van goed uitgangsmateriaal. Goede reproductietechnieken beschikbaar. Toelating van nieuwe zeewiersoorten en rassen zonder bedreiging voor biodiversiteit Optimale oogstfrequentie Selectie van zeewiersoorten die minder gevoelig zijn voor ophoping van verontreinigingen die bedreiging	Verdiepende kennis over genetica, fysiologie, morfologie van Noordzeesoorten. Brede inventarisatie Noordzeesoorten en eigenschappen daarvan i.r.t. seizoen en andere factoren. Vaststellen maximale opbrengst in de Noordzee Opzetten en beheren genenbank van Noordzeesoorten Ontwikkeling van goede reproductietechnieken. Veredeling en selectie van nieuwe rassen op basis van genotypische en fenotypische kenmerken Toelatingsonderzoek nieuwe soorten Ontwikkelen van optimale oogstfrequentie van diverse soorten.	Veldexperimenten met geselecteerde cultivars in demo-velden. Implementatie van in situ sensoren, testen van indicatoren voor groei en kwaliteit, testen rotatieelten in demo-velden	Centrale demo-velden waarbij ondernemers, onderzoekinstellingen en overheid doorlopend onderzoek kunnen doen naar nieuwe zeewiersoorten en productietechnieken	Gebruik van veredelde rassen en ontwikkelde methodes in commerciële zeewierproductievelen
---	--	---	--	---

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
vormen voor voedselveiligheid.				
6. Verwerking geogste biomassa en ontwikkeling fractioneringstechnieken				
Vorbewerking en bewaring van geogste biomassa dichtbij het kweekveld en in nabij gelegen havens Extractie van hoogwaardige componenten (hydrocolloïden, koolhydraten, eiwitten, steroïden, polyphenolen etc). Benutting als grondstof voor voedings- en chemische industrie	Ontwikkeling vorbewerkings- en bewaringstechnieken Ontwikkeling fractionerings-technologieën en isolatie van functionele componenten in geogst materiaal. Proof of principle op labschaal	Opschaling vorbewerkings- en bewaringstechnieken naar demoschaal Opschaling fractionering-technologieën naar demoschaal. Ontwikkeling van business i.s.m. deelprogramma 7	Opschaling naar industriële schaal	Certificering van zeewiergrondstoffen
7. Economische haalbaarheid: ontwikkeling van afzet en business cases				
Noordzeewier als product voor humane consumptie en ingrediënt voor de voedingsmiddelenmarkt. Ontwikkeling van consumentenmarkt.	Vaststellen van drivers/barrières voor consumptie van (vers) zeewier. Testen van gezondheidsclaims en onderliggende mechanismen hierbij. Analyse duurzaamheidsclaims en , voedselveiligheidsaspecten	Ontwikkeling van producten. Testen van consumentenacceptatie. Opbouwen novel food dossier Value Chain Analysis (baten voor zeewierwerker)	Testen ontwikkelde producten i.s.m. voedingsindustrie	Publieksinformatie over zeewier uit de Noordzee als voedselproduct. Ontwikkeling van maatschappelijk draagvlak. Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie van in eerste instantie duurder Nederlands zeewier conform een SDE regeling bij duurzame energie.
Noordzeewier als product voor dierlijke consumptie en ingrediënt in diervoeder	Testen van nutritionele en bio-functionele eigenschappen (gezondheidsbevorderende werking, reductie uitstoot van methaan door runderen) en onderliggend mechanisme hiervan. Analyse duurzaamheidsclaims en , voedselveiligheidsaspecten	Ontwikkelen van producten en uittesten hiervan bij landbouwhuisdieren Value Chain Analysis (baten voor zeewierwerker)	Testen ontwikkelde producten i.s.m. veevoederindustrie	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Noordzeewier als bio-stimulant en gewas-beschermingsproduct.	Testen van effecten op bodem- en gewasgezondheid, welke bewerkingen zijn nodig? Vaststellen van werkingsmechanisme, evalueren van duurzaamheidseffecten	Veldexperimenten met productformuleringen en doseringen, verwerking tot producten voor agrarische ondernemers, Onderzoek t.b.v. toelating als bijzondere meststof of plantenstimulant Value Chain Analysis (baten voor zeewierteler)	Testen van producten i.s.m. gewastelers en producten gewasbeschermingsmiddelen Regelen van wettelijk kader.	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.
Afzet van geïsoleerde componenten als grondstof voor chemische industrie.	Ontwikkeling i.s.m. deelprogramma 6: welke markten bieden kansen?	Prototypes gereed. Ketenontwikkeling i.s.m. verwerkende en chemische industrie.	Opschaling naar industriële schaal	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.
Integratie van diverse verwerkingsmethoden voor beste vierkantsvervaardiging	Ontwikkeling en inrichting van verwerkingslocaties om de geogoste biomassa zo hoogwaardig, waardevol en effectief mogelijk af te zetten in de diverse deelmarkten	Verwaardingsrotondes op pilotschaal realiseren in diverse havensteden (in de buurt van grootschalige pilots)	Opschaling naar industriële schaal	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.
Zeewierproductie in combinatie met schepdierproductie en ecosysteemdiensten i.s.m. deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4
Stimuleren van marktontwikkeling	Hoe kan marktontwikkeling duurzaam gestimuleerd worden? Wat zijn de juiste indicatoren om marktontwikkeling te meten?	Samenwerking met financiers verkennen en opzetten om indicatoren en marktontwikkelings-cijfers te testen	Marktcijfers verzamelen	Marktcijfers en andere relevante indicatoren delen met bedrijfsleven en maatschappij
Macro-economische baten van grootschalige zeewierproductie. Ontwikkeling human capital agenda.	Vaststellen duurzaamheid (incl. CO2-footprint) van de gehele zeewierketen. Inventariseren van noodzakelijke ontwikkelingen in beroepsonderwijs		Ontwikkeling van een zeewierkenniscentrum voor ondernemers en maatschappij	Oprichting van een zeewierkenniscentrum voor ondernemers en maatschappij

Deelprogramma	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.)
----------------------	---	--	---	---

8. Bestuurlijke aspecten, wet- & regelgeving

Regelgevend kader voor grootschalige aquacultuur (zeewier- en mosselproductie) in de Noordzee Wet- en regelgeving m.b.t. toegang en medegebruik binnen windmolenparken. Bescherming van het mariene ecosysteem. Certificering van verwerking van biomassa en toepassingen hiervan in veilige en duurzame producten	Ontwikkeling van regelgevend kader voor grootschalige aquacultuur (zeewier- en mosselproductie) in de Noordzee i.s.m. deelprogramma 4. Analyse van risico's en aansprakelijkheden bij medegebruik binnen windmolenparken. Analyseren welke aanpassingen in kavelbesluiten voor nieuwe windmolenparken nodig zijn. Ontwikkeling van wetgeving t.a.v. milieueffectrapportages en langjarige ecologische monitoring bij grootschalige productie i.s.m. deelprogramma 3. Ontwikkeling van wet- en regelgeving t.a.v. verwerking van geoogste biomassa en certificeren van toepassingen in veilige en duurzame producten i.s.m. deelprogramma 6 en 7	Ontwikkeling van wetgeving voor medegebruik binnen windmolenparken en aansprakelijkheden. Ontwikkeling van een richtinggevend kader voor het aanwijzen van productiegebieden i.s.m. deelprogramma 2 Ontwikkeling van vergunningsprocedures.	Toetsen van ontwikkelde wetgeving binnen windmolenparken en grootschalige demovelden.	Implementatie van ontwikkelde wetgeving Aanwijzen van productiegebieden Implementatie van een milieumonitoringssysteem en garantiestelling voor voorinvestering die ondernemers in staat stelt te gaan produceren. De stimuleringsinstrumenten worden zo ingericht dat de zeewiersector wordt "uitgedaagd" om de investerings- en operationele kosten te reduceren Publieksinformatie over producten en diensten van de Noordzee. Ontwikkeling van maatschappelijk draagvlak.
---	---	---	---	---

3.3 Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven

Een groot deel van de Noordzee zal tot 2050 worden ingericht voor windmolenparken. Dit is 14.000 km². Deskundigen suggereren op basis van schattingen van de natuurlijke ecologische draagkracht van de Noordzee dat een maximale zeewierproductie van enkele honderden vierkante kilometers binnen het Nederlands deel van de Noordzee mogelijk is (Van Duuren et al., 2019). Dit komt overeen met het uitgangspunt van de zeewiersector zelf. Zij streven naar 500 km² Noordzee voor multifunctionele zeewierproductie. Dit is een oppervlak ter grootte van ongeveer 25% van het Nederlandse landbouwareaal. Het ruimtelijk potentieel is dus enorm. Dr Sander van den Burg (Wageningen Economic Research) heeft berekend dat een zeewierproductieveld van 400 km² in theorie een opbrengst kan leveren van circa 800 miljoen kg droge stof zeewier per jaar. Hij laat ook zien wat dit kan betekenen: het bedrijf Umameats produceert een hybride hamburger waarin 15% zeewier verwerkt wordt. Bij een hamburger van 100g betekent dat 15 gram zeewier. Indien de theoretische zeewieropbrengst van 400 km² jaarlijks volledig gebruikt wordt voor de productie van dergelijke hybride hamburgers dan levert dit 53 miljoen burgers op. Dat zijn respectievelijk 5 hamburgers per persoon per jaar in Nederland. Als dat zeewier 1-op-1 rundvlees vervangt, is er substantieel minder rundvlees nodig.

Op dit moment vindt er nog geen grootschalige zeewierteelt (> 10 ha) plaats op de Noordzee. De keten dient nog grotendeels ontwikkeld te worden. Dit is een enorme innovatieopgave. Het benoemen van

zeewierproductie in de Noordzee als nationale doelstelling in het klimaatakkoord is een belangrijke stap om dit mogelijk te maken. Een volgende stap is het ontwikkelen van het juiste innovatiebeleid en een doeltreffend stimuleringsinstrumentarium.

3.4 Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie

Samenwerking en afstemming met andere Noordzeelanden is wenselijk, o.a. bij de positiebepaling van toekomstige zeewiervelden in de Noordzee grenzend aan territoriale wateren van omliggende landen. Internationaal kan er samengewerkt worden op het gebied van onderzoek, pilots, ondernemerschap en marktontwikkeling.

Relevante nationale en internationale agenda's zijn:

- Innoveren met een missie. Integrale kennis- en innovatieagenda voor klimaat en energie. Taakgroep innovatie Klimaatakkoord (maart 2019)
- De toekomst van de Noordzee. De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie. Planbureau voor de Leefomgeving
- Strategische Agenda Noordzee 2030 en het daaraan gekoppelde traject rond het Noordzee Akkoord door het Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving (OFL)
- Europese Blue Growth Strategie 2020
- Noordzeewier 2030, sectorplan voor de zeewierketen en boerderijen op zee. Stichting Noordzeeboerderij

De belangrijkste internationale strategie die relevant is voor dit MMIP is de Europese Blue Growth Strategy 2020, als onderdeel van de Europese strategie voor slimme, duurzame en inclusieve blauwe groei. Daarnaast zijn er diverse Europese richtlijnen die de kaders stellen voor medegebruik van het Noordzee ecosysteem, waaronder verplichtingen voor natuurbescherming (inclusief het aanwijzen van beschermde gebieden) en de duurzame exploitatie van visbestanden. Voor de exploitatie van wind is er geen Europese strategie of regelgeving, met dien verstande dat de aanleg van windparken (en andere vormen van energie- en grondstoffenwinning) moeten voldoen aan de Natura2000 regelgeving.

In Nederland wordt vanuit het OFL (overlegorgaan Fysieke Leefomgeving) gewerkt aan het Noordzee Akkoord, waarbij het vooral gaat om ruimtelijke afspraken over energie, voedsel en natuur op de Noordzee. Dit Noordzee Akkoord moet in de zomer 2019 gereed zijn. De uitkomsten hiervan hebben mogelijk gevolgen voor de focus van het voorliggende MMIP en de daaraan gekoppelde MMIPs voor Noordzee en Visserij

3.5 Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering

Het ontwikkelen van een volwaardige zeewierketen op de Noordzee, die zichzelf economisch in stand kan houden in combinatie met natuurontwikkeling en commerciële schelpdierteelt, vergt een multidisciplinaire ketenaanpak. Zeewierondernemers, kennisinstellingen en overheden werken hierbij nauw samen in grootschalige demo-projecten (binnen en buiten windparken) inclusief aanlandingsplekken in specifieke havens. Door hiervoor specifieke locaties centraal te stellen kunnen daar stappen gezet worden om de keten te ontwikkelen.

Overheden zorgen voor het noodzakelijke wettelijke kader en creëren de juiste beleidsinstrumenten. Kennisinstellingen (TO2-instituten, universiteiten, KNAW-instituten, Hogescholen) dragen bij in de vorm van (nieuwe) kennis die nodig is om innovaties te realiseren. Fundamentele onderzoekprogramma's worden gefinancierd door NWO en/of middelen voor kennisbasisonderzoek van de TO2-instituten. Het meer toegepaste en praktijkonderzoek wordt o.a. gefinancierd in de vorm van publiek-private samenwerking waarbij o.a. TKI-Maritiem, TKI-Agri & Food en TKI-Wind op Zee een faciliterende rol vervullen. Onderzoeksvragen en resultaten worden gecoördineerd door een nationaal kenniscentrum Zeewier dat o.a. fungeert als kennismakelaar. Met hulp van stimuleringsinstrumenten kunnen zeewierondernemers voorinvesteringen doen in nieuwe grootschalige productievelden, die deels ook ingezet kunnen worden voor onderzoek en monitoring. Young professionals die in de zeewiersector willen werken worden gefaciliteerd met training en opleiding via het beroepsonderwijs.

4 Schelpdierproductie in Noordzee, Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa en biograndstoffen

4.1 Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen

In reactie op klimaatsverandering zijn er ambitieuze doelstellingen gesteld voor het vastleggen van koolstof. Marine systemen hebben een grote potentie om bij te dragen aan een actieve opname van CO₂ uit de atmosfeer. Hiervoor zijn verschillende methodes voorgesteld (Williamson 2016) waarbij de productie én oogst van zeewier en schelpdieren wordt gezien als een efficiënte 'ocean-based CO₂-removal' techniek. Innovaties voor ontwikkeling van zeewierproductie zijn in voorgaand deelprogramma (hoofdstuk 3) uiteengezet. Een gecombineerde teelt van zeewier en schelpdieren is daarbij ook een specifieke kans voor ontwikkeling van aquacultuur in nieuwe productie gebieden (zoals de Noordzee).

Schelpdierproductie is reeds een belangrijke aquacultuursector in Nederland, Europa en wereldwijd. Het voornaamste product op dit moment is de directe humane consumptie (food), maar ook voor productie van voer (feed) en bio-grondstoffen uit schelpdieren ontstaat steeds meer interesse. Koolstof wordt zowel in het schelpdiervlees (het deel dat doorgaans gegeten wordt) maar ook in de schelp vastgelegd.

Schelpmateriaal (voornamelijk bestaande uit calciumcarbonaat) is een nevenproduct dat gebruikt kan worden voor oa bouw materiaal, cement, isolatie materialen en/of bioplastics. Wanneer schelpmateriaal gebruikt wordt in bijvoorbeeld de cementindustrie zal dit deels gelden als substitutie van kalksteen uit mergelgrotten, dit geeft aan dat er hiermee een verschuiving van fossiele grondstoffen naar hernieuwbare grondstoffen plaats vindt. Door opschaling van de productie en valorisatie van schelpmateriaal kan schelpdieraquacultuur een significante bijdrage leveren aan de circulaire bio-economie. Het voordeel van schelpdieren ten opzicht van zeewier is dat het koolstof vast kan leggen in materialen die een relatief lange halfwaardetijd hebben; door de productie van schelpdieren kunnen koolstof-stromen dus (deels) omgezet worden van de korte naar de lange cyclus met als gevolg dat het geen directe bijdrage meer levert aan het broeikas effect.

Een cruciale component in de haalbaarheid van grootschalige koolstofvastlegging door mariene productie zijn de niet-klimaat gerelateerde effecten van CO₂ removal op ecosysteem functioneren (het natuurlijk kapitaal, zoals bijvoorbeeld biodiversiteit). Schelpdierteelt is een relatief extensieve vorm van marine productie (bijvoorbeeld in tegenstelling tot visteelt). Dit betekent dat er geen externe voedselbronnen of medicijnen toegevoegd worden, en de activiteiten op de percelen gering zijn. De bodempercelen voor mosselkweek zijn daarom in grote mate vergelijkbaar met natuurlijke banken, met als verschil dat er iedere 2-3 jaar geoogst wordt. De kweekpercelen leveren daarom ook natuurwaarden (ecosysteem diensten) aan het omringende mariene ecosysteem in termen van biodiversiteit, waterkwaliteit, en als voedselbron voor bepaalde vogels en vissen. Daarmee is er een koppeling tussen natuurbeheer en schelpdierteelt mogelijk. In eerste instantie lijkt het wellicht niet voor de hand te liggend, maar in dat opzicht zijn er veel gelijkenissen met de doelstellingen zoals uiteengezet voor 'klimaatbestendige bos- en natuurbeheer' (zie ook hoofdstuk 6). Ook voor schelpdierteelt kan CO₂ vastgelegd worden via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa en bio-grondstoffen met behoud en verbetering van biodiversiteit.

Naast productie van schelpdieren (mosselen) op kweekpercelen en hangcultures, is er recent ook geruime aandacht voor het herstel van (platte)oesterbanken om de natuurwaarden te herstellen in de Noordzee, en voor de aanleg van oesterriffen als kustverdediging. Via de groei van oesterriffen wordt koolstof vastgelegd. Dit kent echter een andere dynamiek in koolstofvastlegging omdat er bij aanleg niet geoogst zal worden. Wanneer er een rif van significante omvang ontstaan is kan wel nagedacht worden over slim en duurzame oogstmethodes, vergelijkbaar aan situaties voor bosbouw.

Specifieke doelstellingen:

- Klimaat-robust en duurzaam beheer van schelpdierkweek en ontwikkeling van schelpdierriffen waarbij CO₂ actief vastgelegd wordt, en de keten verder ontwikkeld wordt voor verdere valorisatie van schelmateriaal (biograndstoffen).
- Bijdrage een grootschalige, rendabele en duurzame schelpdierproductie op de Noordzee vanaf 2030 in combinatie met zeewierproductie en natuurontwikkeling.

- Verhogen van biomassa en grondstoffen productie met behoud en/of verbetering van biodiversiteit

4.2 Indeling in deelprogramma's

A Offshore Noordzee

B Kustzones Delta en Waddenzee

Het huidige deelprogramma richt zich op de innovaties voor bestaande (Waddenzee en Deltawateren) en toekomstige (Noordzee) productiegebieden voor schelpdieraquacultuur. Voor beide gebieden gelden andere productie methodes, interacties met natuurlijk milieu, stakeholders en potentie voor opschaling, en daarmee ook verschillen ook de innovatievragen en doelstellingen.

Ontwikkelingen van offshore kweek in de Noordzee kent veel uitdagingen die gelijk zijn aan de ontwikkeling van grootschalige productie van zeewier. De ontwikkelingen in de bestaande kweekgebieden (B) zijn gericht op het verbeteren van de productie efficiëntie en interacties met biodiversiteit. Ontwikkeling van de keten geldt voor producten uit beide productiegebieden.

4.3 Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken

4.3.1 Lopend en afgerond onderzoek

Onderzoek dat loopt wordt opgesomd in Tabel 4.1. Het meeste onderzoek zit in de onderzoeksfase en de ontwikkelfase tot TRL 7.

Tabel 4.1 Lopend en recent afgerond onderzoek

Deelprogramma	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.)
KOMPRO – Kennis en Onderzoek Mossel Productie		Onderzoek en advisering ten behoeve van duurzame kweek van mosselen in Nature 2000 natuurgebieden (Waddenzee, Oosterschede). Focus op kwantificering van impacts van kweek maar ook specifiek de kansen voor natuurontwikkeling (ecosysteem diensten) gekoppeld aan biomassa productie (humane consumptie schelpdieren).		
PRODUS - Project onderzoek duurzame schelpdiercultuur		Onderzoek naar de effecten van visserij en kweek op natuurwaarden in schelpdierkweekgebieden.		
Haalbaarheid offshore productie mosselteelt	KB-30-002-011- Developing ecological modelling tools to determine production potential for aquaculture and fisheries in offshore wind farms	Blauwdruk : ecologische, economische en technische overwegingen MARIBE : Economische haalbaarheid, model studie. Ook combinatie met andere maritieme sectoren geëvalueerd		

Deelprogramma	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.)
KB NGH emission and Carbon fixation through new biobased products	Eerste aanzet om de potentie van C-fixatie door productie en winning van schelpdieren te bepalen en gestandaardiseerde methodes te ontwikkelen voor evaluatie van C-fixatie potentieel			

4.3.2 Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken

Tabel 4.2 Kennis- en innovatieopgaven (witte vlekken) voor Noordzee (A)

Deelprogramma	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.)
1. Geschikte locaties op de Noordzee				
Identificeren geschikte gebieden qua beschutting, voedselcondities en draagkracht Noordzee; Onderzoeken of combinatie met windmolenparken, natuurontwikkeling en/of zeewierproductie mogelijk is (medegebruik)	Literatuur onderzoek en ontwikkeling van modellen (mosselgroei, ecosysteem, nutriëntstromen) Metingen op zee (nutriënten en stroming) Opstellen kansen kaart	Veldexperimenten op de Noordzee: testen mosselgroei, monitoring zaadval en overleving van mosselen, monitoring voedselomstandigheden, aanwezigheid toxische stoffen, parasieten etc.	Monitoring binnen demovelden, valideren van modelstudies	Vergunningen voor meest geschikte gebieden op basis van kweek-technische en ecologische randvoorwaarden Uitkomsten onderzoek meenemen in programma van eisen voor nieuwe windmolenparken (kavelbesluiten)
2. Ontwikkelen offshore hardware				
Robuuste en lichte teeltconstructies met lage teeltkosten. Ontwikkeling zeewaardige schepen voor gemechaniseerde oogstmethodes. Oogst en verwerking integreren met andere activiteiten op de Noordzee (installaties windenergie, vaarbewegingen) Robuuste en intelligente	Opstellen identificaties eisen en parameters installaties. Opstellen en testen van farm scale modellen. Ontwerp en testen van constructie(onderdelen) en sensoren. Cost-benefit analyse en risico-analyse bij medegebruik met windmolenparken, zeewierproductie etc.	Testen van ontwikkelde installaties in demovelden in de Noordzee inclusief het testen van schepen. Monitoring en verfijnen van constructie en ontwerp.	grootschalige demovelden in combinatie met zeewierproductie en natuurontwikkeling (100-500 ha). Offshore incubator waarbij ondernemers, kennisinstellingen en overheid verdere multi-use innovaties kunnen onderzoeken	Certificering van productiesysteemdelen bij oplevering zodat ondernemers zeker zijn dat zij robuuste installaties kopen.

Deelprogramma	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.)	Implementatie- fase (subsidies, investerings, regelgeving, kennisverspreidin g, netwerken, campagnes etc.)
monitoring en forecasting technologie				
3. Teelt: management en maximalisatie van opbrengst				
Optimale kwekerij design en management strategieën. Vaststellen settlement succes van mosselzaad. Groeikarakteristieken op geselecteerde locaties. Opstellen bio-economisch model en business case voor offshore kweek.	Ontwerp kwekerij inrichting (materialen, kweekdiepte) Literatuur- en modelstudies (groei, economische opbrengst etc)	Veldexperimenten om specifieke hypothesen te testen inclusief metingen van voedselcondities en harmful algal blooms. Op basis van eerste opbrengst bepaling her-evaluatie van economische analyse	Opschaling naar grotere pilots/experimentele farms i.s.m. commerciële partijen. Monitoren productie gerelateerde parameters (groei, kwaliteit) in relatie tot biotische en abiotische factoren om modellen te optimaliseren.	Opschaling naar grote commerciële kwekerijen, gekoppeld aan onderzoekprogramma's t.b.v. optimalisatie en evaluatie ecologische risico's.
4. Ecologische kansen en risico's				
Kan middels grootschalige schelpdierkweek CO2 worden gebonden en daarmee een bijdrage geleverd worden aan de klimaatambitie? Wat zijn de effecten van grootschalige teelt op het ecosysteem: fytoplankton, vissen, krabben, garnalen, vogels, bodem, stroming? Wat zijn de meeste geschikte locaties vanuit het ecosysteem gereedeneerd?	Opstellen framework van mogelijke effecten, koppelen aan bestaande modellen voor visserij-effecten in de Noordzee (DPSIR) Literatuur en modelstudies (bijv. ecosysteemmodellen) Risico identificatie.	Veldexperimenten om specifieke hypothesen t.a.v. sensitiviteit biodiversiteit te testen. Verzamelen data voor validatie van modellen. Vaststellen van carbon fluxen (opname, excretie).	Monitoren biodiversiteitsontwikkeling in grote pilots/experimentele farms i.s.m. commerciële partijen.	Opschaling naar grote commerciële kwekerijen, gekoppeld aan onderzoekprogramma's t.b.v. optimalisatie en evaluatie ecologische risico's.
5. Wet- en regelgeving / internationale verdragen				
Regelgevend kader voor grootschalige aquacultuur (zeewier- en mosselproductie) in de Noordzee Wet- en regelgeving m.b.t. toegang en medegebruik binnen windmolenparken. Bescherming van het mariene ecosysteem. Certificering van verwerking van biomassa en	Ontwikkeling van regelgevend kader voor grootschalige aquacultuur (zeewier- en mosselproductie) in de Noordzee. Analyse van risico's en aansprakelijkheden bij medegebruik binnen windmolenparken.	Ontwikkeling van wetgeving voor medegebruik binnen windmolenparken en aansprakelijkheden. Ontwikkeling van een richtinggevend kader voor het aanwijzen van productiegebieden i.s.m. deelprogramma 2 Ontwikkeling van vergunningsprocedures.	Toetsen van ontwikkelde wetgeving binnen windmolenparken en grootschalige demovelden.	Implementatie van ontwikkelde wetgeving Aanwijzen van productiegebieden. Implementatie van een milieumonitoringssysteem bij grootschalige productievelen Stimuleringsinstrumenten en garantiestelling voor voorinvestering die ondernemers in staat stelt te gaan produceren.

Deelprogramma	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.)
toepassingen hiervan in veilige en duurzame producten				

Tabel 4.3 Kennis- en innovatieopgaven (witte vlekken) voor Kustzones, Delta en Waddenzee

Deelprogramma	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.)
1. Rendement Verbetering productie				
Verbeterde zaai-, kweek- en oogstmethodes	Verbeteren inzicht in relatie tussen groei en voedselbeschikbaarheid, ontwikkelen en verbeteren groei modellen	Lab en veldexperimenten, verzamelen data voor validatie modellen	Grootschalige veldexperimenten, vaststellen seizoen effecten	Vergunningen voor meest geschikte gebieden op basis van kweek-technische en ecologische randvoorwaarden
2. Ecologische kansen en risico's				
Evaluatie van productie scenario's (soorten, productie methodes en gebieden) voor mariene biomassa (schelpdieren) winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)	Onderzoek naar de relatie tussen koolstofvastlegging (biomassa productie) en biodiversiteit voor verschillende management strategieën, productie-methodes en soorten. Onderzoek of en hoe ecosysteem diensten (biodiversiteit) verder versterkt kan worden door productie van mariene biomassa (win-win) Onderzoek naar de effecten van klimaatsverandering (temp, verzuring, zeespiegelstijging) op de productie van mariene biomassa en gerelateerde ecosysteem diensten Ontwikkeling indicatoren		Inzicht in maatregelen die ontwikkeld kunnen worden om duurzame productie in natuurgebieden beter te integreren met beleid van deze kustgebieden. Demo-projecten waarbij de effecten van verschillende management beslissingen getest worden op C-fixatie en biodiversiteitsdoelstellingen Inzicht in maatregelen (beleid) die nodig zijn om mariene productie en gerelateerde ecosysteem diensten bestendig te maken voor toekomstige klimaatsveranderingen.	
Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs mariene		Overzicht genereren van mogelijke trade-offs en/of kansen (ecosysteem	Integraal framework ontwikkelen om cumulatieve effecten	

Deelprogramma	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, investerings, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
biomassa winning- natuur en klimaatdoelstellingen		diensten) van mariene biomassa productie in huidige (oosterschelde en Waddenzee) en toekomstige productiegebieden	(positief en negatief) van biomassa productie op natuurwaarden te evalueren	
3. Toxinen				
Identificeren (nieuwe) toxinen en risico's	Ontwikkelen multi-toxin screening tools en sensoren, mapping risicoprofiel	Veldexperimenten om screening tools en sensoren te testen, monitoring toxine concentraties.	Opschaling metingen op gebied van hele waterkomberging	Integratie nieuwe screening technieken in monitoringsprogramma's.
4. Ketenverbeteringen en maatschappelijke acceptatie				
Reductie van verliezen tijdens oogst, opslag en verwerking Nieuwe afzetmarkten	QA transparantie ontwikkelen Sociologische evaluatie kweek in natuurgebieden	Ontwikkelen methode reductie verliezen		
Maatschappelijke acceptatie	interviews	Actief beleid		
Ontwikkeling nieuwe producten uit schelpmateriaal	Inventarisatie productkwaliteit en mogelijke producten	Testen toepassing schelpmateriaal als bio- grondstof in nieuwe bio- based applicaties Benchmarking, en substitutie waarde bepalen	Grootschalige demo- projecten	Opschaling op bedrijfsniveau

4.4 Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven

Schelpdierproductie is momenteel de belangrijkste aquacultuur sector in Nederland. Dit betekent dat logistieke en marktketen ontwikkeld zijn. Grootschalige productie zal echter ook inhouden dat niet alle biomassa voor humane consumptie geschikt zal zijn (verzadiging van de nationale markt). Daarom moet onderzoek verricht worden naar alternatieve producten die uit biomassa en biograndstoffen gemaakt kan worden (denk daarbij bijv aan feed, bouwmaterialen en bioplastics). Verwaarding van deze bio-grandstoffen moet vervolgens bedrijfsmatig worden opgewerkt, en meest klimaatbestendige producten moeten ontwikkeld worden (waarbij koolstof vastlegging zo lang mogelijk is).

Ondanks dat de schelpdiersector al tientallen decennia aanwezig is in Nederland (in tegenstelling tot zeewierteelt) zijn de huidige bedrijven niet ingericht om productie op de Noordzee te realiseren. De technische know-how en technieken zijn niet voorhanden (de huidige boten zijn bijvoorbeeld niet zeewaardig).

Momenteel vindt schelpdierkweek veelal plaats in Natura2000 gebieden (Waddenzee en Deltawateren) en daarom is er veel aandacht voor de mogelijke trade-offs tussen biomassa productie/CO2 vastlegging door schelpdierteelt en andere ecosysteem functies (oa biodiversiteit). Hoe deze trade-offs werken in nieuwe productie gebieden is onbekend. Wel is bekend dat biomassaproductie niet per definitie leidt tot negatieve effecten op het ecosysteem functioneren. Hierbij is schaalgrootte een belangrijke parameter. Een gedegen ecologisch afwegingskader is daarom van belang. Interactie met stakeholders (incl NGOs) is bij de ontwikkeling van grootschalige productie en bij optimalisatie van huidige kweek van groot belang.

4.5 Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie

SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies) heeft in 2017 een rapport gepubliceerd (Food from the oceans) waarbij sterk gepleit wordt voor de productie van laag trofische soorten, waaronder schelpdieren en zeewieren.

H2020 Blue Growth agenda zet in op de ontwikkeling van maritieme ontwikkeling, waaronder kweek van aquatische organismen (vis, schelpdieren, zeewier). Duurzame ontwikkeling met oog voor natuurwaarden is daarbij een belangrijke pijler (ecosystem based management for aquaculture production, eco-intensification).

Nationale agenda's zijn vaak gebied gerelateerd, zo wordt onderzoek in de Waddenzee veelal geclusterd door PRW (Programma Rijke Waddenzee) en zijn er in het kader van het Mosselconvenant afspraken tussen NGO's de schelpdiersector en de overheid aangaande verduurzaming van de schelpdierproductie.

4.6 Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering

Voor de mariene productie/natuurgebieden is de koppeling tussen de onderzoeksgroepen, sector, beheerders (nationaal en regionaal versnipperd), maar ook de betrokkenheid van NGO's van belang om de meerwaarde van schelpdierproductie in te zetten voor behoud en verbetering van de onderwater natuur.

Overheden zorgen voor het noodzakelijke wettelijke kader en creëren de juiste beleidsinstrumenten. Kennisinstellingen (TO2-instituten, universiteiten, KNAW-instituten, Hogescholen) dragen bij in de vorm van (nieuwe) kennis die nodig is om innovaties te realiseren met name in het meer fundamentele en toegepaste onderzoek. Fundamentele onderzoekprogramma's worden gefinancierd door NWO en/of middelen voor kennisbasisonderzoek van de TO2-instituten. Het meer toegepaste en praktijkonderzoek wordt o.a. gefinancierd in de vorm van publiek-private samenwerking waarbij o.a. TKI-Maritiem en TKI-Agri & Food een faciliterende rol vervullen.

5 Kennis en innovatieopgaven voor eiwitvoorziening voor humane consumptie

5.1 Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen

Inzet van dit deelthema is om maximaal bij te dragen aan het verhogen van het aandeel plantaardig eiwit in het humane voedselpatroon. Het streven is om de verhouding dierlijke/plantaardige eiwitten in het humane dieet te veranderen in de richting van 40/60. Het uitgangspunt is een gezonde balans tussen dierlijke en plantaardige eiwitten conform de aanbevelingen van de Gezondheidsraad, die voor de burger praktisch terug te vinden zijn in de Schijf van Vijf. De betere balans biedt bovendien veel kansen voor een meer duurzame landbouw en draagt bij aan het vergroten van het aandeel eiwit van het eigen bedrijf/uit Europa voor melkvee.

Doelstelling van dit MMIP is om in 2030 de verhouding dierlijke/plantaardige eiwitten in het humane dieet te veranderen in de richting van 40/60, en de het aandeel regionaal geproduceerd eiwit voor melkvee te verhogen door de ontwikkeling en verbetering van plantaardige en nieuwe eiwitbronnen en het ontwikkelen van duurzame, gezonde en door de consument geaccepteerde plantaardige producten.

Inzet van dit deelprogramma (tevens MMIP) is:

- Het voedselaanbod aan consumenten is substantieel duurzamer & gezonder (verbeterde balans plantaardig/dierlijk etc.).
- De verhouding dierlijke/ plantaardige eiwitten in het dieet verandert in de richting van 40/60.
- Het eiwit voor melkvee komt voor 65% van het eigen bedrijf.
- Minimaal 50% van eiwitrijke grondstoffen komt uit Europa
- Eiwitrijke grondstoffen van buiten Europa zijn gegarandeerd duurzaam;
- Optimaal gebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten en andere grond- en bouwstoffen.

Dit deelprogramma (Tevens MMIP) omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie, kennisverspreiding en maximale implementatie in de praktijk voor:

- Diversificatie in plantaardige eiwitten zodat een betere en grotere variëteit van gewassen beschikbaar komt voor teelt in Nederland, die eiwitten leveren met de juiste functionaliteit, met voldoende opbrengst
- Nieuwe, duurzame eiwitbronnen, geschikt voor humane consumptie
- Innovaties in nieuwe plantaardige producten die het gebruik van dierlijke eiwitten zoals vlees-, vis-, melk- en ei-eiwitten verminderen
- In kaart brengen van de gevolgen voor de voedselketen van de voorziene eiwittransitie (landbouw, industrie en consumenten)
- Kwantificering van effecten op duurzaamheid in gehele keten (grondstoffen, halffabricaten, consumentenproducten)
- Verhogen van inzicht in de nutritionele waarde en voedselveiligheidsaspecten van plantaardige en nieuwe eiwitalternatieven.

5.2 Indeling in deelprogramma's

Dit deelprogramma (tevens MMIP) kan ingedeeld worden in de volgende lijnen aan de hand waarvan de lopende en nieuwe kennis en innovatieopgaven kunnen worden geschetst:

- Plantaardige eiwitbronnen: verbeteren, verhogen en diversificatie van agrarische productie
- Nieuwe eiwitbronnen zoals algen, zeewier, zoetwaterplanten en insecten
- Circulaire aanpak voor eiwitten: gebruik biomassa voor (nieuwe) eiwitten (food en feed) en biobased toepassingen (biomaterialen, brandstoffen en energie) volgens bioraffinage-principes (in het verlengde van de huidige food/feed valorisatie)
- Procesketen van gewas tot product
- Consumentengedrag en gezondheid

Plantaardige eiwitbronnen: verbeteren, verhogen en diversificatie van agrarische productie van eiwitrijke gewassen zoals peulvruchten is nodig om de ambitie te bereiken. Begrip is nodig over welke gewassen geschikt

zijn om in Nederland te telen, met voldoende opbrengst, bij veranderend klimaat, en met de gewenste functionaliteit voor verwerking tot diervoeding en voedselproducten. Hierbij is veredeling en diversificatie belangrijk. Verwerking van deze gewassen is een integraal onderdeel om te zorgen voor een ontwikkelde supply chain waarmee de eiwitbronnen duurzaam beschikbaar komen.

Nieuwe eiwitbronnen zoals algen, zeewier, zoetwaterplanten en insecten: deze nieuwe eiwitbronnen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het verhogen van het aandeel plantaardig eiwit. Meer recent zijn er ook ontwikkelingen om eiwitten via bacteriële processen te produceren. Productie, verwerking en toepassing zijn belangrijke onderwerpen, waarbij de duurzaamheid en de economische aspecten belangrijk zijn. Daarnaast is borging van de veiligheid essentieel en consumentenacceptatie van deze nieuwe eiwitbronnen.

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 energie keten. Door bewustzijn over broeikasgasimpact en andere duurzaamheidseffecten kunnen ketenpartijen en consumenten bewustere keuzes maken.

Procesketen van gewas tot product: voor het bevorderen van de consumptie van plantaardige producten, is het belangrijk dat er goede processen en producten ontwikkeld worden met de gewenste eigenschappen. Innovaties zijn nodig ten aanzien van na-oogst behandelingen (fractionering, winning, stabilisatie/houdbaarheid), nieuwe verwerkingsprocessen (o.a. structureren, gebruik verschillende eiwitbronnen en -fracties, verbeteren productkwaliteit), waarbij consumentenacceptatie en duurzaamheid essentieel zijn.

Consumentengedrag en gezondheid: consumentenwaardering van (nieuwe) eiwitbronnen en plantaardige eiwitalternatieven is belangrijk om de gewenste verschuiving in het voedselpatroon te bereiken. Kennis van consumentengedrag (o.a. acceptatie, voorkeuren) is nodig ten aanzien van nieuwe eiwitbronnen en de gewenste producteigenschappen. Belangrijk is dat de gezondheid van de plantaardige eiwitalternatieven onderzocht wordt.

Deze MMIP heeft directe verbanden met de MMIP Zeewier.

5.3 Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken

5.3.1 Lopend en afgerond onderzoek

Lopend onderzoek wordt gepresenteerd in Tabel 5.1 hieronder.

Tabel 5.1 Lopend en recent afgerond onderzoek

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 (TRL 10-12) (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Plantaardige eiwitbronnen				
	KB-26-008-001 - Aquatic biomass for the circular & biobased economy	AF-18037 Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij		
Deelprogramma 2: Nieuwe eiwitbronnen				
	AF-EU-16002 Micro Algae Biorefinery	AF-15220 Borgen veiligheid insecten		EAAP Study Commission Insects

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 (TRL 10-12) (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	KB1-2B.1 Role of insects in novel production cycles NWA Insects as sustainable feed for a circular economy: interdisciplinary approach to value chain development (INSECTFEED)	AF-16178 Insectenproducten als innovatieve veevoerconcepten: functionele eigenschappen en voedselveiligheid KB-30-003-011 - Protein Transition (InsectParc+)Trends towards 2050 predict an increased demand for animal-derived protein sources for human foods KB-34-006-001 Insects & novel production cycles		
Deelprogramma 3: Circulaire aanpak voor eiwitten				
	AF-EU-16005 NoAW	AF18017 Protein Compass AF-18050 Protein valorisation from brewers' spent grain		
Deelprogramma 4: Procesketen van gewas tot product				
Verbeterd gebruik van houtvezels , lignine en cellulose in biochemie		Agriforvalor: nieuw toepassingen van houtonderdelen: lgnine en cellulose KB-26-008-002 Improvement of maize biomass for a circular and Biobased Economy	3 case regio's met demo plants	
		AF16011 Plant Meat Matters AF17002 Plant4Texture AF18057 Replacing dairy protein in cheese		
Deelprogramma 5: Consumentengedrag en gezondheid				
	AF15269 Future Proteins	AF-16504 Plant protein & muscle AF 18012 Protein processing, digestion and immunogenicity		

Er lopen dus al redelijk wat onderzoeken in de onderzoeks- en ontwikkelingsfase, maar toch nog weinig in de praktijk fase. Dit is ook niet verassend want het onderzoeksveld is op veel aspecten relatief nieuw.

5.3.2 Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken

Inde tabel 5.2 worden de kennis en innovatie uitdagingen geschetst die voor de komende jaren nodig zijn om eiwitonderzoek uit plantaardige en andere niet conventionele bronnen verder te brengen naar meer praktijk implementatie.

Tabel 5.2 Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikke fase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleids ondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie- fase TRL 10-12 (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreidin g, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Plantaardige eiwitbronnen				
<p>Diversificatie en aanpassen bestaande (en nieuwe) gewassen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - veredelen, selectie van rassen en sturen via agronomie op: <ol style="list-style-type: none"> (1) functionaliteit en eigenschappen eiwitten (voor processing, nutritionele waarde, functionaliteit in producten; (2) verhogen opbrengst, (3) verhogen eiwitgehalte - exotische gewassen aanpassen aan teelt in NL en Europa - N fixatie - gebruik maken van genetische modificatie (zoals CRISPR-Cas) voor bovenstaande doelen - Synthetische biologie (en plant 'bouwen') - Impact op het microbioom van de mens en van de bodem (teelt) - Interactie tussen veredelingsdoelen en processeringswensen in een vroeg stadium - koppeling van teelt met bodemgezondheid, - vruchtbaarheid en biodiversiteit 	<ul style="list-style-type: none"> - opbrengst en eiwitkwaliteit in Nederlandse omstandigheden - productkwaliteit en off-flavours - gewassen met betere eiwit extractie en processing - food-feed interactie - financiering voor 'field-labs' en uitbreiding 'Green Deals' om MKB ook te ondersteunen bij de ontwikkelingen. - fermentatie van eiwitextracten om ANFs en off-flavours kwijt te raken - meerdere eiwitgewassen in relatie tot biodiversiteit en bodemgezondheid (no tilage) - (Biologische) gewasbeschermingsonderzoek synchroon laten lopen met veredeling eiwitgewassen 	<ul style="list-style-type: none"> - praktijk experimenten opbrengst, kwaliteit - verdienmodel - waardecreatie in de keten is belangrijk - stikstofbinding omzetten naar hoogwaardig eiwit - eiwitproductie moet in de KRINGLOOP passen: bv nutriënten uit mest/ urine omzetten in kroos of algen - praktijkproeven en grootschalige teelt om de extractie op grote schaal te kunnen uitvoeren 	<ul style="list-style-type: none"> - bevorderen teelt plantaardige eiwitrijke rassen

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 TRL 10-12 (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
-----------	--	---	--	--

Deelprogramma 2: Nieuwe eiwitbronnen

Nieuwe eiwitbronnen: zeewier, algen, zoetwaterplanten (eendenkroos, Azolla), blad, insecten	<ul style="list-style-type: none"> - teelt, kweek en veredeling van nieuwe eiwitgewassen - focus selectie en veredeling op opbrengst verhoging en duurzame teelt - focus op P (fosfaat) en systemen waar herwinbaarheid mogelijk is (aquatische teelt) - eiwit via bacteriële processen (fermentatie) - eiwitproductie via biotechnologie - swill (dierlijke eiwitten) 	<ul style="list-style-type: none"> -ontwikkeling robuuste teelt/productie systemen voor nieuwe eiwitbronnen - consumenten acceptatie en randvoorwaarden - circulaire landbouwconcepten (teelt op verdunde mest/ afvalwater) - onderzoek van downstream processen van bacterieel eiwit 	<ul style="list-style-type: none"> -praktijk experimenten opbrengst en kwaliteit -ketenintegratie (grondstoffen, meervoudig gebruik) -duurzaamheid nieuwe eiwit (LCAs, link met circulariteit, kosten-baten) -communicatie met consumenten over duurzaamheid. -scenario ontwikkeling voor inpassing/opschaling nieuwe eiwitbronnen en doorrekening van effecten op duurzaamheid (m.n. klimaat, landgebruik, inkomen) 	<ul style="list-style-type: none"> - hoe zorgen we er voor dat er meer betaald wordt voor nieuwe eiwitten? - economische opbrengst/ ha is bepalend voor wat de boer zal telen - primaire productie stimuleren (verdienmodel voor de boer) - stimuleren expertisecentra met demo- en trainingsfunctie en experimenteer ruimte op grotere schaal
Verwerking nieuwe eiwitbronnen	<ul style="list-style-type: none"> -inzicht in verbetermogelijkheden verwerking nieuwe eiwitbronnen: efficiëntie, duurzaamheid, productkwaliteit. -openbreken van algen onder mildere, niet toxische condities 	<ul style="list-style-type: none"> -fractionering en eiwitwinning -kleur, geur, smaak nieuwe eiwitten - productkwaliteit en off-flavours na verwerking -ontwikkeling efficiënte verwerkingsmethoden (functionaliteit, zuiverheid) 	<ul style="list-style-type: none"> - optimaliseren verwerking en transport: ontwateren, houdbaarheid, (levende) insecten. 	<ul style="list-style-type: none"> -wet- en regelgeving voor gebruik nieuwe eiwitbronnen
Borging veiligheid nieuwe eiwitbronnen	<ul style="list-style-type: none"> - toxische stoffen, anti-nutritionele factoren, contaminanten -kennisontwikkeling metabole componenten en potentiële toxiciteit -bodempathogenen en bederfmicroorganismen en nieuwe eiwitbronnen - insecten: veiligheid/overdracht van ziektekiemen, toxische stoffen en pathogenen - insecten: dierenwelzijn insecten teelt i.r.t. EU wetgeving 	<ul style="list-style-type: none"> - veiligheid reststromen als kweekmedium - verwerking en veiligheid eiwitfracties - afwegingskader en kennis EFSA dossier 	<ul style="list-style-type: none"> - demonstratie in praktijk 	<ul style="list-style-type: none"> - protocollen en richtlijnen - wet- en regelgeving tav veiligheid nieuwe eiwitbronnen

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkefase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase TRL 10-12 (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
-----------	--	--	--	--

Deelprogramma 3: Circulaire aanpak voor eiwitten

Reststromen, food waste en eiwitten	<ul style="list-style-type: none"> -eiwitten in reststromen (welke, hoeveel?) - ontzouten - eiwit extractie en verwerking (groot- en kleinschalig) - fermentatie als methode om restromen op te waarderen - fractionering tot deel geschikt voor humane en deel voor diervoeding - inzicht in methodiek van bepalen (eiwit-) conversie bij insecten - laagwaardige (nog niet toegelaten) substraten voor insectenkweek waaronder mest 	<ul style="list-style-type: none"> - in vitro en in vivo verteerbaarheid/ conversie nieuwe eiwitbronnen bij landbouwhuisdieren en insecten. - non-food toepassingen - benutting N en mineralen (P, K) - volledige verwaarding (bioraffinage), welke functionaliteit is economisch te maken? - Kapitaal-extensieve processen (veelal: milde) technologieën voor omzetting van reststromen in feed of food(-ingrediënt), passend bij de vaak relatief kleine schaal. 	<ul style="list-style-type: none"> -evaluatie kansrijke concepten met stakeholders -consumenten-acceptatie in binnen- en buitenland 	<ul style="list-style-type: none"> - adviezen voor nieuwe circulaire voedselsystemen
Borging veiligheid en wetgeving	<ul style="list-style-type: none"> - toxische stoffen, anti-nutritionele factoren, contaminanten, allergenen - risicoanalyse pathogenen (o.a. varkenspest) 	<ul style="list-style-type: none"> - veiligheid reststromen - houdbaarheid en productveiligheid - wat moet er veranderen in wetgeving om reststromen hoogwaardiger te kunnen verwaarden? Leidt dit tot een veilige keten? Wat zijn bij-effecten? Wat is mogelijke effectiviteit? 	<ul style="list-style-type: none"> - demonstratie veilige diervoeders op basis van swill - remmende wetgeving: verstoring door SDE+ - experimenteerruimte (buiten wettelijke beperkingen om; wel aantoonbaar veilig) 	<ul style="list-style-type: none"> - protocollen en richtlijnen
Ketenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - afweging van extractie opgezuiverde ingrediënten vs. totaal product. - afweging grootschalig gecentraliseerd (met intensieve processing) en kleinschalig decentraal (low-tech) - valorisatie van nevenstromen. - kosteneffectieve methoden - balans eiwitproductie en -verbruik per regio 	<ul style="list-style-type: none"> - efficiënte logistieke systemen (verzamelen reststromen, extractie centraal-decentraal) - voedselsystemen voor duurzame eiwitten - regionale concepten - valorisatie swill voor diervoeders - opzetten van living-labs 	<ul style="list-style-type: none"> - praktijkconcepten: fieldlabs (boer/mkb/onderwijs met verdienmodel) - praktijkconcepten: microschaal (boerderij) en macroschaal (ketenniveau) - consortia met diervoeder bedrijven - praktijk-experimenten 	

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 TRL 10-12 (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
-----------	--	---	--	--

Deelprogramma 4: Procesketen van gewas tot product

Na-oogst behandeling en fractionering	<ul style="list-style-type: none"> - scheidingsmethoden eiwitten - na-oogst behandeling en eiwitgehalte en - kwaliteit - functioneel fractioneren: Technische functionaliteit, aminozuursamenstelling 	<ul style="list-style-type: none"> -- mildere en energiezuinige scheidingstechnologieën -evaluatie van niet-zuivere fracties -hergebruik water (rest mineralen, veiligheid) -behoud van functionaliteit bij processing (voorkomen van denaturatie) - minimal processing met behoud van functionaliteit -verdienmodellen, ook in relatie tot wereldmarkt -natuurlijke conservering van eiwitfracties 	<ul style="list-style-type: none"> -demonstratie in praktijk op pilotschaal (100 kg schaal, 1000 kg schaal, food grade) - kleinschalige methoden voor lokale verwerking: deelverwerking, ontwateren, wat kan terug naar het land - fieldlabs 	<ul style="list-style-type: none"> - wet- en regelgeving voor lokale verwerking - steun voor rol MKB in fieldlabs
Nieuwe verwerkingsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> - eiwitfunctionaliteit en processing - grondstofkwaliteit, processing, producteigenschappen - nieuwe functionaliteit eiwitten door processing of enzymatische behandeling 	<ul style="list-style-type: none"> - innovatieve verwerkingstechnieken - ingrediënten en processing i.r.t. gezondheid, veiligheid en productkwaliteit - niet/weinig geraffineerde grondstoffen - enzymen en fermentatie -textureerbaarheid van verschillende plantaardige eiwitten 	<ul style="list-style-type: none"> -keten experimenten op realistische schaal -duurzaamheid -integratie met dierlijke eiwitketen (kwaliteit, toepassingen op boerderij) - field labs, kleinschalige verwerking, lokale verwerking - demonstratie in praktijk op pilotschaal (100 kg schaal, 1000 kg schaal, food grade, baby grade) 	<ul style="list-style-type: none"> - stimuleren start ups en bedrijven tot ontwikkeling goede consumenten-producten - steun voor rol MKB in fieldlabs
Productkennis en verbetering eiwitalternatieven	<ul style="list-style-type: none"> - interactie ingrediënten - smaak en off-flavour - functionaliteit ingrediënten en combinaties -heterogeniteit plantaardige eiwitten m.b.t. functionaliteit 	<ul style="list-style-type: none"> - interactie ingrediënten voorspellen op functionaliteit - nieuwe ingrediënten, additieven, enzymen, fermentatie - producteigenschappen: smaak, textuur, off flavour - houdbaarheid en productveiligheid - weinig gefractioneerde eiwitfracties - producteigenschappen combinaties dierlijke en plantaardige eiwitten 	<ul style="list-style-type: none"> - modelconcepten voor plantaardige eiwitproducten - verwerking en gebruik eiwitalternatieven bij consument en out-of-home - kosteneffectieve methoden: waardecreatie en verdienmodellen - food grade verwerking 	<ul style="list-style-type: none"> - stimuleren start ups en bedrijven tot ontwikkeling goede consumenten-producten -richtlijnen voor houdbaarheid en voedselveiligheid

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.)	Implementatie- fase TRL 10-12 (subsidies, investerings, regelgeving, kennisverspreidin g, netwerken, campagnes etc.)
-----------	---	--	---	---

Deelprogramma 5: Consumentengedrag en gezondheid

Consumentenwaar dering	<ul style="list-style-type: none"> - consumenten acceptatie van alternatieve eiwitbronnen en plantaardige eiwitalternatieven 	<ul style="list-style-type: none"> - consumenten-wensen ten aanzien van productkwaliteit en verwerking - concepten en methoden ter bevordering van consumptie, ook via scholen - vraag creëren met aantrekkelijke producten 	<ul style="list-style-type: none"> - demonstratie en toetsen van modelconcepten en consumentengedrag - inschakelen multi-media 	<ul style="list-style-type: none"> - adviezen ter bevordering consumptie plantaardige eiwitten - nationale, science-based, campagne - stimulering duurzame consumptie van bijv. fiscale maatregelen
Gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> - vertering en nutritionele waarde nieuwe eiwitten - fysiologische effecten, w.o. immunologische effecten en allergeniciteit - perspectief van totale (over)consumptie van eiwit, dus niet alleen verhouding dierlijk/plantaardig 	<ul style="list-style-type: none"> - impact verwerking en processing op nutritionele waarde en fysiologische effecten van nieuwe eiwitten - anti-nutritionele componenten, ook t.a.v. darmfunctioneren en – immuniteit - effecten van de voedingsmatrix consumptie - kwantificeren nutritionele impact bijv. via PDCAAS/DIAAS - koppeling aan personalised nutrition - anabole potentie van niet-dierlijk eiwit - aandacht voor micronutriënten 	<ul style="list-style-type: none"> - positie van plantaardige eiwitalternatieven in een gezond voedingspatroon - integratie wet- en regelgevingseisen in productontwikkeling: 'reversed thinking' 	<ul style="list-style-type: none"> - adviezen gezondheid en plantaardige eiwitalternatieven -richtlijnen voor voedselveiligheid

5.4 Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven

Dit deelprogramma heeft interactie met de programmeringsstudie Circulair en is sterk verbonden met de sectoren Landbouw, Tuinbouw, Voedingsindustrie en Water en Gebouwde omgeving en beoogt een verschuiving van het voedingspatroon naar een groter aandeel plantaardig eiwit, waarbij de eiwitten bij voorkeur regionaal geteeld worden. Zo'n verandering kan ook bijdragen aan een grotere mate van zelfvoorziening, wat in de huidige instabiele wereld van groot belang kan worden. Nederland wordt bij een verschuiving minder afhankelijk van eiwitimporten, met als gevolg minder grote mestoverschotten. Een verschuiving in dieet is een voorwaarde voor een meer duurzame landbouw.

De gewenste verandering is alleen mogelijk als een ketenbrede aanpak gekozen wordt waarin alle betrokken sectoren samenwerken zodat eiwitgewassen duurzaam geteeld worden, met de juiste eiwitfunctionaliteit voor verwerking en toepassing in plantaardige eiwitalternatieven en deze alternatieven geaccepteerd worden door de consument en passen in een gezond voedselpatroon. Op deze manier kunnen de gewenste ambities bereikt worden en innovaties daadwerkelijk geïmplementeerd worden.

Momenteel worden plantaardige eiwitalternatieven voor een groot deel geproduceerd met (geïmporteerde) soja, die gefractioneerd wordt tot eiwitisolaat en –concentreert. Deze eiwittransitie biedt een kans voor de Nederlandse agrifoodsector om lokale en regionale eiwitbronnen te ontwikkelen en met een integrale bioraffinage-aanpak duurzaam te verwerken tot gezonde, duurzame en lekkere producten. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiënte logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen zijn world class en de publiek-private samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden werkt goed. De ambitie in deze MMIP is om deze kennispositie en de positie van het bedrijfsleven te verbeteren en in te zetten voor een verhoging van het aandeel plantaardig eiwit in het voedingspatroon.

5.5 Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie

De kennis en innovatieopgaven kunnen goed ontwikkeld worden in samenhang met andere lopende initiatieven als:

- Missie Landbouw, Water, Voedsel
- LNV visie
- NWA
- Nationaal Preventieakkoord
- KIA's Topsectoren AF, TU, Water en LSH
- HighTech2FeedtheWorld

Internationaal is Nederland goed ingebed in R&D netwerken (ETP's, JPI's en onderliggende instrumenten via zowel DG RTD als DG Agri en in het H2020 programma. Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming en gezondheid moet leiden tot een betere concurrentiepositie.

5.6 Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering

Publiek-Private Samenwerking is een kernbegrip in het Agridomein, in en met een wereldwijd leidende kennisinfrastructuur, een actief MKB, en een fors aantal R&D locaties van grote bedrijven. In dit MMIP wordt ingezet op stimulering van brede samenwerkingsvormen tussen partijen, kennisdisseminatie van de ontwikkelde kennis en toepassing van de resultaten. Verschillende bedrijven zijn actief in dit domein, in de verschillende onderdelen van de keten (teelt, verwerking, ingrediënten, technologie, consumentenproducten). De Green Protein Alliance is een samenwerkingsverband van 25 bedrijven die zich richt op het bevorderen van de eiwittransitie.

Kennisinstellingen (TO2-instituten, universiteiten, KNAW-instituten, Hogescholen) dragen bij in de vorm van (nieuwe) kennis die nodig is om innovaties te realiseren met name in het meer fundamentele en toegepaste onderzoek. Fundamentele onderzoekprogramma's worden gefinancierd door NWO en/of middelen voor kennisbasisonderzoek van de TO2-instituten. Het meer toegepaste en praktijkonderzoek wordt o.a. gefinancierd in de vorm van publiek-private samenwerking waarbij o.a. TKI-Agri & Food en TKI- BBE een faciliterende rol vervullen. Een van de investeringsthema's van Wageningen University & Research is eiwit transitie, wat direct aansluit bij het onderwerp van deze programmeringsstudie.

Van belang is ook samenwerking op nationaal niveau met betrokkenheid van de provincies. Zo is de provincie Flevoland een programma gestart 'Growing Green proteins'^[1] wat moet resulteren in nieuwe kennis, innovaties en verdienmodellen die binnen de provincie, nationaal en internationaal toepasbaar zijn. Ook de provincies Gelderland en Overijssel zijn het zogenaamde 'Protein Cluster'^[2] gestart. De bedoeling is dat dit Cluster de export van in Nederland ontwikkelde 'groene eiwit' ingrediënten, producten, concepten, kennis en technieken profileert en ook zorgt voor bekendheid hiervan internationaal. Hiervoor wordt het internationale netwerk van Food-valley NL ingezet. Wageningen is al intensief betrokken bij dit Protein Cluster en Food Valleij en kan daardoor goede samenwerking realiseren met de bedrijven die hierbij betrokken zijn. Dit geldt overigens ook voor meer kennisinstellingen in Nederland

Ook zijn er op EU niveau al veel mogelijkheden voor samenwerking. De EC heeft in 2018 een rapport gepubliceerd (COM (2018) 575 final)^[3] waarin ze haar ambities uiteen zet om de productie van plantaardige eiwitten in Europa te laten toenemen. Ook onderzoeksgelden in de huidige H2020 programma zijn op kennisontwikkeling voor deze ambities gericht en dit zal ook zeker voortzetting krijgen in het volgende Framework Programma Horizon Europe. Nederlandse kennis en innovatie wordt al uitgebreid ingebracht in lopende H2020 projecten op nieuwe eiwitbronnen en zal zeker vanuit de EC verder ge-cofinancierd kunnen worden.

[1] <https://www.flevoland.nl/Dossier/Detail/Growing-green-proteins>

[2] <https://www.foodvalley.nl/oost-nederland-voorop-de-eiwittransitie/>

[3] https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/plants_and_plant_products/documents/report-plant-proteins-com2018-757-final_en.pdf

6 Kennis en innovatieopgaven voor klimaatbehendige natuur, bos en landschap

6.1 Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen

In dit deelprogramma ligt de nadruk op de K&I opgaven voor het vastleggen van CO₂ in natuur, bos, landschap en stedelijk groen via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa met behoud en verbetering van biodiversiteit.

De 2030 en 2050 doelstellingen zijn gericht op:

- 1 Een klimaatbehendige natuur: legt jaarlijks meer CO₂ vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050:
- 2 maatregelen in bos- en natuurterreinen moeten bijdragen aan klimaatdoelstellingen. Slim bos- en natuurbeheer is belangrijk voor de biodiversiteit, grondstoffen voor de bio-economie, en waterberging. Dit moet zich richten op mitigatie door de hele keten: Bos-hout-materialen-bio-energie-, en dit combineren met adaptatie aan klimaatverandering. Voorwaarde is uitgaan van de lokale omstandigheden en de maatregelen daarop aanpassen.
- 3 Om de CO₂- emissie uit gebruik van fossiele brandstoffen in de landbouw tot nul terug te brengen en in het landelijk gebied 100 PJ aan energie op te wekken uit niet-fossiele brandstoffen, inpasbaar in de bedrijfsvoering.

In dit deelprogramma wordt aangegeven welke kennis en innovatie er recent in ontwikkeling is gekomen en wat er aan K&I nodig is voor het bereiken van de beschreven 2030 en 2050 doelstellingen. Reeds nu is het rurale gebied een netto opwekker van elektriciteit. Er is behoefte aan onderzoek en uitrol gericht op het realiseren van integrale energieneutrale agrarische bedrijven, plattelandsgebieden en voedselproducenten. De onderzoeksbehoefte op het gebied van de energietransitie in de agrifoodketen is daarmee niet gericht op individuele besparings- of opwekkingstechnieken. Tegelijkertijd kan energieopwekking bijdragen aan een goede businesscase voor de boer en andere landschapsbeherende instanties en ondernemers. De primaire sector is al lange tijd bezig met het opwekken van hernieuwbare energie en het besparen van energieverbruik. Inmiddels is het finaal energieverbruik van de landbouwsector exclusief de glastuinbouw voor ongeveer 80% afkomstig uit hernieuwbare bron. Een deel van de toekomstige energiebehoefte van Nederland kan door de primaire sector worden geproduceerd. Een energieneutrale primaire sector in 2030 is daarmee haalbaar.

Gebruik van houtige en andere lignocellulose biomassa als een hernieuwbare grondstof kan ook een belangrijke bijdrage leveren aan verduurzamen van producten en energie-processen. Vervangen van grondstoffen in bijvoorbeeld de bouw die veel (fossiele) energie vragen of een hoge emissie van broeikasgassen hebben door hout kan potentieel klimaatwinst betekenen.

6.2 Indeling in deelprogramma's

Vanuit het hier voorgaande overzicht is het logisch de K&I opgaven in te delen in de volgende 2 groepen:

1. Ontwerp en inpassing van nieuwe landgebruik-systemen voor biomassa winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)
2. Ketenontwikkeling en toepassingen
3. Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs biomassa winning-natuur en landschap-klimaat

6.3 Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken

6.3.1 Lopend en afgerond onderzoek

Er in de laatste jaren al relevant onderzoek gedaan en een overzicht daarvan wordt in Tabel 6.1 gepresenteerd.

Tabel 6.1 Lopend en afgerond onderzoek t.a.v. vastleggen van CO2 in natuur, bos, landschap en stedelijk groen via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa met behoud en verbetering van biodiversiteit

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.)
1. Ontwerp en inpassing van nieuwe landgebruik-systemen voor biomassa winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)				
Gemeentelijk groenbeheer		Eerste doorrekeningen van vastlegging C in gemeentelijk openbaar groen (als onderdeel van Benchmark Gemeentelijk Groen)	Brochure uitgebracht voor stakeholders over vastlegging CO ₂ ;	
Biomassa uit beheer bos en landschap	EU FORMIT project ontwikkelt kerncriteria, knowhow en methodologieën voor het beoordelen van bosbeheerstrategieën die expliciet gericht zijn op het mitigatiepotentieel van Europese bossen, rekening houdend met regionale verschillen.	<ul style="list-style-type: none"> - Onderzoek naar potenties (biomassa uit bos en natuur, en biomassa uit landschap in EU-TKI projecten Biomass Policies & S2BIOM) - Ook onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van berm- en natuurgras (voor LNV, diverse projecten voor Rijkswaterstaat) 	-Het project ALTERFOR onderzoekt momenteel gebruikte bosbeheermodellen (FMM) en het potentieel om deze te optimaliseren voor gebruik in verschillende Europese landen. Het werk wordt uitgevoerd in case studies waaronder Nederland	
		<p>LNV Klimaatakkoord gelden: onderzoek en pilots op het gebied van Klimaat slim bos en natuur beheer. Gericht op testen van pilots voor het versterken van de mitigatie functies, en tevens de adaptatie van het Nederlandse bos en natuur.</p> <p>KB-30-003014 Rubberpaardenbloem als multi-purpose gewas voor rubber en furan-based polymeren DRIVE4EU gestart, een demonstratieproject dat gericht is op de ontwikkeling van de productieketen van natuurrubber en inuline uit Russische paardenbloem</p>	<p>LNV Klimaatakkoord gelden: -fieldlabs gericht op demo en communicatie over klimaatslim bosbeheer. -Gereedchapskist gericht op informatie voor praktijk¹</p>	Klimaatenvlop Bos, Natuur, Hout
2. Ketenontwikkeling en toepassingen				
	AF16104 Cocoashell biorefinery' objective of is to increase the added value by refining the cocoashell into a cellulose fibre and a lignin fraction.	<p>COST actions on forest, forest products, and wood. EU project gericht op betere houtproductie en verwerking</p> <p>Projecten uit de H2020: Simwood: mobilisatie van</p>	LignoCOST doel is om een goed netwerk op te zetten waarin de gehele waardeketen aanwezig is om relevante informatie te genereren die gericht	

¹ <https://vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/>

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.)
		duurzame houtproductie in Europa. KB-30-003-018- doel al gekwantificeerde biomassa stromen in termen van ton droge stof verder te karakteriseren en te kwantificeren in relatie tot nuttige componenten als lignine, cellulose, hemicellulose C5 & C6 suikers, eiwitten, vetten.	is op de ontwikkeling en stimulatie van lignine valorisatie in duurzame industriële toepassingen BO-44-001-008 - AGROinLOG, Demonstration of innovative integrated biomass logistics centres for the Agro-industry sector in Europe	

3.Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs biomassa winning-natuur en landschap-klimaat

	<p>-Adviessysteem oogstniveau irt nutriënten- beschikbaarheid: Ca, K, Mg en P). Eerste versie 1.1 is afgerond in 2018. Lopend onderzoek naar verbeteren onderbouwing (KB)</p> <p>VERIFY: EU H2020 project: verbetering van inzichten in de huidige GHG balans van het landgebruik in Europa, incl ontwikkeling onafhankelijk systeem voor verificatie</p>	<p>- Jaarlijkse rapportage naar de VN van de broeikasgasrapportage van het landgebruik in Nederland: bos, landbouw. LULUCF rapportage (jaarlijks)</p> <p>- EU project MOTIVE onderzoekt de effecten met betrekking tot de verstoringregimes die de bosdynamiek bepalen. Strategieën worden ontwikkeld en geevalueerd die bosbeheerpraktijken kunnen aanpassen om meerdere doelen in evenwicht te brengen onder veranderende omgevingscondities (klimaatverandering).</p> <p>-EU-Forclimit project bestudeert strategieën in bos beheer die optimaal aan CO₂ mitigatie bijdragen. Bossen worden gezien als instrumenten om klimaatbeleidskaderdoelen te halen.</p>	EU- Forclimit bestudeerd/presenteert stimuleringsstelsels voor het aanmoedigen van koolstofvriendelijke acties van boseigenaren en consumenten van geoogste houtproducten	
--	---	--	---	--

Over het algemeen kan geconstateerd worden dat bij beheer van bos en landschap er al wel beginnend onderzoek loopt naar effecten van biomassa-oogst op bodem en nutriënten huishouding. Ook wordt er aan monitoring van de broeikasgasemissie en CO₂ opslag gewerkt volgens bestaande systemen in LULUCF kader. De nieuwe K&I opgaven kunnen hier op voortbouwen.

6.3.2 Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken

De nieuwe K&I opgaven kunnen op beperkt recent uitgevoerd onderzoek voortbouwen, maar er is ook vooral nieuwe kennisopbouw nodig ten aanzien van ontwikkeling van nieuwe landgebruiks en beheer systemen die CO₂ helpen vastleggen, zoals multifunctioneel bosbeheer en ook agrobosystemen. Daarbij is met name inzicht in de trade-offs nodig ten aanzien van CO₂ vastlegging en verbetering van de biodiversiteit. Dit moet geplaatst in de context van de gehele keten, dus met inbegrip van verwerking en toepassing van de biomassa

geogst uit verschillende landschappen. Allen in deze context kan bepaald worden welke meerwaarde nieuwe beheer systemen opleveren in termen van verbetering van CO2 opslag, verbetering biodiversiteit en opleveren van nieuwe verdienmodellen.

Tabel 6.2: Nieuwe K&I opgaven (witte vlekken) t.a.v. vastleggen van CO2 in natuur, bos, landschap en stedelijk groen via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa met behoud en verbetering van biodiversiteit

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkefase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunen d onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisversprei ding, netwerken, campagnes etc.)
1. Ontwerp en inpassing van nieuwe landgebruik-systemen voor biomassa winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)				
	<ul style="list-style-type: none"> -Onderzoek naar boomsoorten en planten die aangepast zijn aan veranderend klimaat met maximale koolstofvastlegging en hoge biodiversiteit -Onderzoek naar specifieke boom-natuur-combinaties, passend bij bodem -Inpassing van biomassaproductie activiteiten in NL landschap die biodiversiteit en ecosysteemdiensten versterken (win-win) -Opties voor beheer van dijken, waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, overloopgebieden met winning biomassa en versterking koolstofvastlegging -Onderzoek naar relatie bodembiodiversiteit en productievermogen bossen (in aanvulling op lopend nutriëntenonderzoek) -Systeemonderzoek naar productiesysteem bos met als doel goede functievervulling in combinatie met hogere productie en goede vastlegging C 	<ul style="list-style-type: none"> -Overzicht van gebieden en bodems in NL met grootste potenties voor opslag CO2 (natuur en bossen, landschappelijke beplantingen) en mogelijkheden voor optimaler beheer. - Voedselbossen: Systeem met zwaartepunt op verduurzaming voedselproductie NL -Ontwerp agro-bomen (agroforestry) systemen die beter aangepast zijn aan klimaatverandering, goed voor biodiversiteit en CO2 vastlegging met productie van food en non-food Onderzoek naar nieuwe oogstsystemen en - machines voor gebruik inlands hout (bossen en landschappelijke beplantingen in stedelijk en landelijk groen) -Beheer bossen gericht op kwaliteitshout -Landschappelijke beplantingen: Systeem: hoe kunnen landschappelijke beplantingen teruggebracht worden in landschap (cultuurhistorie (landschap) en wat is de meerwaarde voor biodiversiteit, landbouw (schaduw voor vee, additionele inkomsten); oogstbaarheid. 	<ul style="list-style-type: none"> -Hoe in de stad functiecombinaties te realiseren met bomen/groen die bijdragen aan opslag C in bodem /wateropvang/ infiltratie water in bodem/ /tegengaan hittestress/ biodiversiteit en gezondheid, en tevens bron is van biograndstoffen voor biobased economy -Inzicht in maatregelen die ontwikkeld kunnen worden om bos, natuur, recreatiegebieden te beschermen, herstellen en reactiveren. -Praktijkonderzoek inzet en beheer van landschapselementen voor verbetering biodiversiteit en mitigatie van broeikasgassystemen (win-win toepassingen) -Praktijkonderzoek/ demo projecten inzet agro-bosystemen (agroforestry) -Inventarisatie typen ongebruikte gronden en opties voor gebruik voor biograndstoffen productie 	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunen d onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investerings, regelgeving, kennisversprei ding, netwerken, campagnes etc.)
		<ul style="list-style-type: none"> -Bottom-up inventarisatie beschikbare gronden voor biograndstoffen productie (gemeenten, vliegvelden, provincies, waterschappen etc.) -Ontwikkelen van een systeem van zonering van gronden naar functiecombinaties die wel en niet duurzaam gecombineerd kunnen worden. -Ontwerp en inpassing landbouw-bos systeem(agroforestry) bomen op kippenuitloop, varkens in bos, strokenverbouw gewas-bomen combinaties etc. 	<ul style="list-style-type: none"> -Pilots dijkenbeheer met biomassaproductie -Pilots overloopgebieden -Pilots beheer gronden rond Schiphol en andere vliegvelden, militaire oefenterreinen -Pilots bos-klimaat: Voedselbossen 	

2. Ketenontwikkeling en toepassingen

	<ul style="list-style-type: none"> -Biothermische en biochemische toepassingen van diverse en gemengde biomassa stromen uit landschap 	<ul style="list-style-type: none"> -Analyse van biomassa samenstelling in waardevolle componenten van biomassa uit bos en landschap en ontwerp optimale bioraffinage toepassingen -Ontwerp van logistieke ketens & principes voor verzameling en economisch haalbaar gebruik van biomassa uit landschap, (inclusief biomass yards) -Optimalisering van huidige composteringstoepassingen waarbij alle waardevolle componenten in biomassa nuttig worden aangewend -Voorbewerkingen ontwikkelen van biomassa die sterk gemend en vervuild is (hoge as niveau's) 	<ul style="list-style-type: none"> -Voorbeeldbedrijven: ervaring opdoen o.a. technische en economische haalbaarheid; dit ten behoeve van grotere uitrol komende jaren -Demonstratieprojecten biomassaverwaarding uit landschap&bos/ ontwikkelen van intermediates & commodities die marktontwikkeling helpt -Nieuwe businessmodellen voor biomassa uit landschap die vraag en aanbod bij elkaar brengen en security of supply garanderen BO-44-001-013 - BECOOLHet BECOOL project draagt bij aan: <ul style="list-style-type: none"> i) decarbonisatie van de transportsector in Europa en Brazilië via de mobilisatie van lignocellulose biomassa 	<ul style="list-style-type: none"> -Proeftuinen met bos, landschaps-beherende organisaties en biomassa verwerkende industrie -Voorbeeldprojecten beheer gronden met biomassa oogst (e.g. vliegvelden, dijken, overloopgebieden etc.) en andere functies
--	--	--	--	---

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunen d onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investerings, regelgeving, kennisversprei ding, netwerken, campagnes etc.)
3. Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs biomassa winning-natuur en landschap-klimaat				
	<p>-Onderzoek aan nutriëntenbalans van bestaande en nieuwe beheersystemen: rol van bodemleven (opname nutriënten)/ aanvullende data uitspoeling/ gehalten in bodem en biomassa)</p> <p>-Effecten op biodiversiteit van oogst en beheeractiviteiten in bossen en landschap gericht op biomassa productie en oogst.</p> <p>-Landschappelijke beplantingen en wateropvang : hoe kunnen beplantingen in (nood)overloopgebieden bijdragen aan C-vastlegging, productie biomassa en biodiversiteit; kan dit met oude concepten (grienden) of kunnen er nieuwe concepten worden ontwikkeld</p> <p>- Ontwerp en evaluatie landbouwsysteem e.g. gewascombinatie en landbouw (olifants- en switchgrass); b.v. bomen op kippenuitloop, varkens in bos, strokenverbouw gewas-bomen combinaties etc.</p>	<p>-Nutriëntenbalans: mitigerende maatregelen testen in praktijk in Klimaatlim bosbeheer</p> <p>-Optimaliseren bijgroei en C-opslag in bos en landschapselementen</p> <p>- Ontwerp en BKG en economische evaluatie van logistieke ketens voor verzameling en gebruik van biomassa uit landschap, (inclusief biomassa yards)</p> <p>- Meenemen van effecten op bodem C opslag en broeikasgasemissies in levenscyclus analyses bij nieuwe landschapsbeheer en biomassa oogstsystemen</p> <p>- Bijdrage aan UNECE Timber committee outlook studies voor de bos en hout sector, ook gericht op biodiversiteit, CO2 vastlegging en klimaat.</p> <p>- Monitoringskader ontwikkeling voor meten van effecten op natuur, landschap en CO2 vastlegging in nieuwe en bestaande landbouwsystemen</p> <p>- Ontwikkeling toolbox voor economisch, milieutechnisch en maatschappelijk afwegingskaders voor producenten en gebruikers van biomassa uit natuur en landschap</p>	<p>Testen van toolbox afwegingskader in de praktijk van bos, landschapsbeheer</p>	

Er is echter een gebrekkige kennis van de keten van bronnen van hout en andere lignocellulose biomassa uit landschap, natuur en stedelijk groen enerzijds en de toepassingen anderzijds. We weten bijvoorbeeld niet goed hoe en waar de biomassa wordt gebruikt die uit bos, landschap en (stedelijk en landelijk) groen wordt geoogst. Omgekeerd weten we niet wat de precieze oorsprong is van biomassa dat in de houtindustrie en andere industrieën wordt gebruikt. In het geval van de houtketen en het gebruik van bewerkt hout weten we

ook niet welke boomfractie (top, tak, stam) de bron is. Voor andere typen biomassa uit landschap en (stedelijk en landelijk) groen weten we dit nog minder goed.

Naast dat deze onduidelijkheid reden blijft voor maatschappelijke discussie met uitgesproken voor- en tegenstanders van het gebruik van hout als bio-grondstof en energiebron is verbeterde informatie ook gewenst voor verschillende internationale rapportage verplichtingen. Het gaat hierbij over de jaarlijkse rapportages van nationale cijfers aan de FAO, en de klimaatrapportages (UNFCCC, Kyoto Protocol, EU LULUCF verordeningen).

Er is meer kennis nodig over de binnenlandse biomassaketten. Waar komt biomassa vandaan (bos, landschapsonderhoud, stedelijk en landelijk groen), hoe zijn de ketens georganiseerd (rol beheerder, uitvoerder onderhoud [bosaannemer, groenvoorziener, hovenier, ANV, etc], afnemers van houtige biomassa) en waar worden de verschillende biomassastromen nu voor gebruikt en hoe kan gebruik geoptimaliseerd worden vanuit duurzaamheidsperspectief. De huidige aannames voldoen niet meer en moeten met cijfers worden onderbouwd. Hiervoor moet een nieuwe methode met monitoring en eventueel registratie worden ontwikkeld en vervolgens zal de effectiviteit hiervan moeten worden onderzocht.

Afwegingskaders dienen degelijk ontwikkeld te worden voor het beheer van bos en landschap in termen van kosten en welke beheer, oogstsystemen en gebruik de grootste CO₂ vastlegging opleveren. Hierbij moeten inzichten zoveel mogelijk in de context van de gehele keten bekeken worden.

Om de klimaateffecten van vastgelegde koolstof in houtproducten te bepalen worden nu standaardwaardes voor de halfwaardetijd dat de koolstof in producten (de tijd waarin de helft van vastgelegde koolstof weer als CO₂ vrijkomt) vastligt voor een aantal standaard houtgrondstoffen (pulp en papier; gezaagd hout; houten panelen) gebruikt in internationale rapportages (FAO, UNFCCC, Kyoto Protocol en EU LULUCF verordening)

Bij toenemend gebruik van hout in duurzame toepassingen, zoals in de bouw en stimulering van cascadering van het gebruik van hout (eerst zo duurzaam mogelijk toepassen, en zoveel mogelijk up- en recyclen en pas in laatste instantie storten of verbranden) zoals wordt voorgesteld in het klimaatakkoord zullen die standaardwaardes niet meer voldoen. Beter inzicht in die halfwaarde tijden en hoe die veranderen bij veranderende toepassingen en cascadering zijn nodig om klimaateffecten van houtoogst en houtgebruik op een juiste manier te beoordelen en af te wegen. Verbeterde informatie over geoogste houtproducten is ook nodig om de effecten van beleid in de afrekening van de klimaatprestaties in de LULUCF sector mee te nemen. Hetzelfde geldt overigens voor een verbeterde berekening van de broeikasgas emissies van de fossiele referenties. Vaak wordt gerekend met default values die niet erg betrouwbaar zijn, zeker in de nationale context.

Houtige biomassa in levenscyclusanalyses: Een stap verder gaat het gebruik van levenscyclus analyses (LCA) waarmee bedrijven de milieu-impact en voetafdruk van hun producten en bedrijfsvoering inzichtelijk kunnen maken. Het meenemen van zowel de negatieve als positieve klimaat- en andere milieu-effecten van houtoogst en gebruik van hout als bio-grondstof kent nog veel uitdagingen voor toepassing in LCA. Hoewel deze uitdagingen al langer onderkend worden, krijgen ze vooralsnog weinig aandacht in de methode-ontwikkeling voor LCA's. Vanuit de houtsector zijn er ook grote bezwaren tegen de huidige LCA's en afwegingsmethoden die gebruikt worden in de Product Environmental Footprints systematiek die door de Europese Commissie ontwikkeld wordt om de beoordeling van producten te harmoniseren. Daarom dienen, om goede afwegingen tussen gebruik van houtige biomassa of andere biograndstoffen mogelijk te maken, de methodes en systematiek in LCA's verbeterd te worden. Goede handvatten (guidelines) zouden ontwikkeld moeten worden voor welke methoden van LCA's geschikt zijn voor welk type biomassa en toepassing in ketens. Daarnaast is het wenselijk de invloed van bodem op CO₂-vastlegging en emissie van broeikasgas beter te begrijpen en mee te nemen in LCA methoden. Veel internationaal relevant onderzoek wordt op dit vlak gedaan, maar er is nog veel onderzoek nodig om een geharmoniseerd inzicht te krijgen en mee te nemen in LCA analyses.

Trade-offs biomassa winning-natuur en landschap-klimaat: Over het algemeen betekent intensievere biomassa productie een grotere impact op biodiversiteit en landschapskwaliteit. In het ontwerp

klimaatakkoord staan verschillende maatregelen voor klimaatslim bos- en natuurbeheer genoemd. Ook worden maatregelen aangedragen die zich specifiek richten op intensieve houtproductie of lignocellulose gewassen op tijdelijk beschikbare terreinen en laagwaardige landbouw percelen. Ook houtproductie uit lijnvormige landschapselementen en stedelijk groen moet worden meegenomen.

De trade-offs tussen biomassa-productie en effecten voor klimaat en natuur en landschap zijn (nog) niet voor alle maatregelen helder, met name tussen bijdragen aan biodiversiteit en bijdragen aan CO₂ mitigatie. Die trade-offs moeten inzichtelijk gemaakt worden om de juiste afwegingen voor inrichting van het landschap te kunnen maken.

Er bestaat maatschappelijke weerstand tegen hoog-intensieve biomassa productie, maar tegelijkertijd kan hoge productie in het ene gebied ervoor zorgen dat productie in andere gebieden overbodig is en extensiever kan. Daarom moeten de trade-offs niet alleen op landschapsniveau onderzocht worden, maar ook per eenheid geproduceerde biomassa. Bovendien geeft dit ook handvaten voor het inrichten van gebieden in zones waar verschillende functies duurzaam gecombineerd kunnen worden.

6.4 Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven

Afwegingskaders voor bio-grondstoffen uit bos en houtindustrie: Gebruik van hout en houtige biomassa als een hernieuwbare grondstof kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verduurzamen van producten en energie-processen. Vervangen van grondstoffen in bijvoorbeeld de bouw die veel (fossiele) energie vragen of een hoge emissie van broeikasgassen hebben door hout kan potentieel klimaatwinst betekenen. Hoe kunnen inhoudsstoffen uit houtige en grassige biomassa verwaard worden en hoogwaardig toegepast worden, en hoe kunnen bedrijfsmatig worden opgewerkt. De logistiek en keten zijn belangrijk, naast de techniek van oogsten waarbij bij de winning scheiding van bodemdeeltjes en zwerfafval een praktisch aandachtspunt is.

Kennis over biomassa/houtbronnen en toepassing: Er is een gebrekkige kennis van de keten van bronnen van hout en biomassa enerzijds en de toepassingen anderzijds. We weten niet goed hoe en waar het hout wordt gebruikt dat uit bos, landschap en stedelijk groen wordt geoogst. Omgekeerd weten we niet wat de precieze oorsprong is van hout dat in de houtindustrie wordt gebruikt, en in het geval van bewerkt hout weten we ook niet welke boomfractie (top, tak, stam) de bron is.

Naast deze onduidelijkheid blijft er een maatschappelijke discussie met uitgesproken voor- en tegenstanders van het gebruik van hout als bio-grondstof en energiebron een uitdaging. Deze discussie moet gevoed worden met verbeterde en toegankelijke informatie. Deze informatie is overigens ook gewenst voor verschillende internationale rapportage verplichtingen, zoals de jaarlijkse rapportages van nationale cijfers aan de FAO, en de klimaatrapportages (UNFCCC, Kyoto Protocol, EU LULUCF verordening).

6.5 Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie (iets zeggen over de inhoud van deze programma's, titels zeggen iet veel en welke partijen zijn betrokken?)

Er zijn veel internationale agenda's en samenwerkingsverbanden waarin bedrijfsleven en onderzoeksinstituten in EU verband samenwerken op het gebied van biobased activiteiten kennis en innovatie ontwikkeling op het gebied. Veel geld gaat hier in om en kennisinstituten als WUR participeren actief in al deze netwerken samen met bedrijven. Belangrijke voorbeelden zijn het Biobased Industries Consortium (onder H2020)², Biobased Business Joint Undertaking (BBI-JU). Deze twee zijn gemeenschappelijke ondernemingen van Biobased Industries die samenwerken op innovatie en kennisontwikkeling met medefinanciering van de EU. Het totaal budget van BBI-JU bedraagt 3,7 miljard euro gefinancierd door de EU en de participerende bedrijven voor biobased innovatie tussen 2014-2020.

² <https://biconsortium.eu/bio-based-industries-consortium>
Biograndstoffen

IEA Bioenergy is een organisatie (bestaat sinds 1978) die werd opgericht door het International Energy Agency (IEA) met als doel de samenwerking en informatie-uitwisseling te verbeteren tussen landen die nationale programma's hebben op het gebied van bio-energieonderzoek, -ontwikkeling en -implementatie. In de laatste 10 jaar is er veel toegepast onderzoek uitgevoerd in IEA verband door onderzoekers uit verschillende kennisinstellingen in Nederland, met name Wageningen en Utrecht Universiteit (Copernicus instituut) en ECN en TNO.

Verder vormt het Forest Technology Platform, de samenwerking tussen eigenaren van bos en verwerkende industrie dat lobbyt voor onderzoek in H2020³. Zij hebben recent hun visie 2040 gepubliceerd. Veel van de onderzoeksadviezen van dit platform komen overeen met de witte vlekken hier gepresenteerd en komen in H2020 en de opvolger Horizon Europe in aanmerking voor gedeeltelijke financiering door EU geld.

SCAR (standing committee on agricultural research)⁴ heeft een agenda zettende rol voor onderzoek in H2020 en in ERA-Nets en het toekomstige Horizon Europe programma. Verder is het European Forest Institute⁵, waar Wageningen intensief mee samenwerkt, steeds sterker gericht op beleidsondersteuning en beleidszettend o.a. op bio-economie gebied.

De EU bevordert ook de verdere vergroening van urbane gebieden, met name gericht op gezondheid en klimaatadaptatie⁶. Dit biedt ook kansen voor de productie van meer houtige biomassa.

Nederlandse agri-food en bos en hout sectoren zijn uitermate internationaal gericht. De export van voedsel en import van hout en andere grondstoffen is evident. Ontwikkelingen elders zijn dus niet los te zien van ontwikkelingen hier. Daarom zullen de witte vlekken in dit onderzoek een sterke internationale inbedding moeten hebben. Vooral samenwerking in de EU zal nog verder versterkt moeten worden. Op dit moment gebeurt dit meestal d.m.v H2020 projecten, ERA-NET en IEA projecten. Een stabielere en langdurigere samenwerking is echter vereist. Het Bioconsortium is een goed voorbeeld en kan dienen als rolmodel.

Nederland heeft ook veel ervaring juist in de Publiek-Private Samenwerking die elders vaak nog zwakker is ontwikkeld. Dit kan ook een rol model zijn. Een voorbeeld zijn verder de Klimaatslim bosbeheer pilots waarin onderzoek en uitvoering samenwerken d.m.v 38 partners uit de Nederlandse bossector. Dit voorbeeld wordt nu al in veel lidstaten gepresenteerd en wordt elders ook al besproken en over na gedacht (bijv in Roemenie, Zweden, Noorwegen , Spanje).

Dit model van klimaatslim bosbeheer zou ook voor beheer van andere landgebruikssectoren kunnen worden toegepast, bijvoorbeeld voor beheer van agrarische landschappen met veel landschapselementen, nieuwe agrobosystemen en gebieden beheerd door grotere organisaties als waterschappen, natuurbeheerders, rijkswaterstaat, gemeentes en provincies.

6.6 Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering

In dit deelthema zou een sterkere samenwerking ingebracht moeten worden om zowel kennis als demo als implementatie te bundelen. Alleen op die manier kunnen de relatief klein onderzoeks- en uitvoeringsgroepen strategisch samenwerken. Betrokkenen zijn onderzoeks- en uitvoerings instanties uit landbouw, natuur, stedelijk groen-, infrastructuur- en bosbeheer zoals staatbosbeheer, provinciale landschappen, terreinbeheerders, en andere grond beherende instanties als ministerie I&W, Rijkswaterstaat, Ministerie van Defensie, provincies, gemeenten, waterschappen. Ook koepel- en branche-organisaties, zoals de VBNE, VHG, Stadswerk, VNG, Unie van Waterschappen, IPO, Unie van Bosgroepen, BVOR kunnen hierbij betrokken worden. Tevens speelt de verwerkende industrie een belangrijke rol; die is nu zeker in de bos- en houtwereld erg versnipperd. Mede door geringe verwerkingscapaciteit wordt een deel van het Nederlandse hout als

³ <http://www.forestplatform.org/#/>.

⁴ <https://scar-europe.org/>

⁵ <https://www.efi.int/articles/thinkforest>

⁶ Zie bijv. <https://uk.thegreencity.eu/>.

rondhout uitgevoerd. Dit geldt ook voor bedrijven die zich bezig houden met verwerking van organische reststoffen als composteerders.

7 Kennis en innovatieopgaven voor biograndstoffenwinning gecombineerd met CO2 vastlegging

7.1 Maatschappelijke opgaven en missie doelstellingen

Dit deelthema gaat over koolstofvastlegging in bodems en de uitdaging om dit te combineren met de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy.

Koolstofvastlegging in bodems is één van de bijdrages aan de missiedoelstelling dat de food- en non-foodproductie bijdraagt aan de emissiereductie met 80% - 95% in 2050. Specifieke doelstellingen zijn:

- 2030: een extra vastlegging van 0,5 Mton CO2/jaar
- 2050: een extra vastlegging van ca. 2,0 Mton CO2/jaar.

Daarnaast draagt dit onderwerp bij aan de Bodemstrategie van LNV die als doelstelling heeft dat in 2030 alle Nederlandse bodems duurzaam beheerd worden (t.a.v. organische stof, bodemvruchtbaarheid, weerbaarheid, bodemleven, nutriënten, verdichting, waterbuffering).

Vanuit klimaat oogpunt en het streven naar klimaatneutraliteit in 2050, moet landgebruik netto CO2 vastleggen, een sink zijn, om resterende emissies uit de landbouw te kunnen compenseren. C vastlegging in bodems draagt daar aan bij, naast C vastlegging in vegetatie, met name bossen. In landbouwbodems kan met goed bodembeheer extra organische stof worden opgebouwd, met name door verhogen van de aanvoer vanuit gewasresten, en het tegengaan van de afbraak van organische stof. Verhogen van organische stof in de bodem draagt daarnaast bij aan een betere bodemkwaliteit en door een betere bodemstructuur ook aan klimaatadaptatie (betere watervasthoudend vermogen).

7.2 Indeling in deelprogramma's

Dit deelprogramma heeft K&I opgaven in de verschillende deelaspecten:

1. Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren, zowel in de plantaardige producten als in de bodem
2. Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems en gebruik van gewasresiduen bij instandhouding C & nutriënten in bodem

7.3 Kennis en innovatie opgaven/witte vlekken

7.3.1 Lopend en afgerond onderzoek

In onderstaande tabel (Tabel 7.1) worden eerst de lopende of recent afgesloten onderzoekprojecten gepresenteerd.

Tabel 7.1 K&I uit lopend en recent onderzoek t.a.v. koolstofvastlegging in bodems en planten te combineren met voldoen aan de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie (niet uitputtend)

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteun end onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren, zowel in de plantaardige producten als in de bodem				
Opwaarderen & verbeteren van gewassen voor volledig gebruik biomassa, zowel voor voedsel als voor niet-voedingsdoeleinden	In het verleden was er binnen CCC een project over maïs met de nadruk op "het gebruik van biomassa voor maïs voor voedsel, veevoer en bio-ethanol". KB-26-008-002 - Verbetering van de biomassa van maïs voor een circulaire en een biobased economy	BECOOOL KB-30-002-007 - Ontwikkeling van hulpbronnengebruik in efficiënte ketens None		
Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren	Er zijn enkele EU-projecten gericht op het testen en ontwikkelen van hoogrenderende gewassen, waaronder miscanthus (SUNLIBB, OPTIMISC) en hennep (MultiHemp en FIBRA) KB-34-006-004 -	Bij WUR Plant Breeding lopen fokprogramma's voor hoogproductieve gewassen in samenwerking met verschillende veredelingsbedrijven. Dat zijn miscanthus en hennep		
Ontwikkeling van gewassen en gewasproductiesystemen met een verbeterde totale gewasrotatie C-fixatie	KB-34-008-001 - Bodembioologie als basiselement voor veerkrachtige bijsnijsystemen en C-vastlegging KB-26-008-001 - Aquatische biomassa voor de circulaire en biobased economy BO-44-001-001 - COSMOS dit project ontwikkeld voor Europa nieuwe olieplanten om minder afhankelijk te worden van geïmporteerde kokos- en palm- en castorolie	KB-34-008-004 - SoilCare is om veelbelovende bodem-verbeterende teeltsystemen te identificeren en te evalueren wat betreft winstgevendheid en duurzaamheid over verschillende schaalniveaus in Europa		
Gewassen geschikt voor marginale omstandigheden	Momenteel lopen er twee EU-projecten: MAGIC en GRACE die gericht zijn op de ontwikkeling van meerdere gewassen voor marginale bodems.			

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning en onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems en gebruik van gewasresiduen bij instandhouding C & nutriënten in bodem				
Reststromen uit biobased economy naar de bodem	KB-34-012-002 - Closing the technocycle & circular houshold - sustainable lignocellulosic biomass supply for the circular bio-based economy with the international setting considering the local possibilities and traded lignocellulosic biomass.	H2020 Nutri2Cycle, (verbeteren van CNP kringlopen)	H2020 Systemic (biobased fertilizers) AF14263 - Non Food toepassingen van pectine uit suikerbietenpulp	
Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems	KB-34-008-001 - Soil biology as basic element for resilient cropping systems and C-sequestration	BO landbouwbodems (kennis ontwikkeling maatregelen C vastlegging), Slim landgebruik programma (model-ontwikkeling, monitoring, metingen)	Slim landgebruik programma (pilots, incentives, onderwijs)	Carbon Valley, Koolstofboeren, Interreg Carbon farming
Nieuwe gewassen in veenweidegebieden die veenoxidatie tegengaan	KB-34-005-001 – Veenweiden in nieuwe circulaire en klimaatpositieve productiesystemen	KB-34-005-001 - Veengebieden in de nieuwe circulaire en klimaatpositieve productiesystemen	Innovatieprogramma Veen; CINDERELLA – De kansen van vernatting van veengebieden op het gebied van paludicultuur en Ecosysteemdiensten (ERANET)	

Uit lopend onderzoeksinventarisatie blijkt er redelijk wat onderzoek te worden gedaan op verbetering van gewassen, teeltsystemen voor productie van biomassa voor de biobased economie. Ook wordt er ook wat onderzoek gedaan naar biobased toepassingen van de geteelde biomassa en ook van reststromen. Onderzoek naar vastleggingsprocessen van bodem C loopt ook op laag en hoog TRL niveau.

7.3.2 Kennis en innovatieopgaven – witte vlekken

Vanuit dit overzicht en de missiedoelstellingen en het overzicht van al lopend onderzoek zijn de witte vlekken in K&I opgaven uitgewerkt die gepresenteerd worden in tabel 7.2.

Binnen een circulaire economie zouden de reststromen die overblijven weer terug moeten gaan naar de bodem, maar vanuit de behoefte aan voedsel, bio-energie en biomaterialen kunnen deze reststromen ook voor food en non-food doeleinden worden ingezet. Echter niet alle restmaterialen zijn nodig om de bodemvruchtbaarheid en koolstof opslag in de bodem op peil te houden, b.v. door de rol van de verspreiding van pathogenen. De uitdaging is om het evenwicht te vinden tussen het voeden van de bodem met organische stof en andere nutriënten, waarbij behoud van de huidige koolstof voorraad de minimum voorwaarde is, en het voldoen aan de vraag naar biomassa.

Tabel 7.2 Nieuwe K&I opgaven (witte vlekken) t.a.v. koolstofvastlegging in bodems en planten te combineren met voldoen aan de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteun end onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren, zowel in de plantaardige producten als in de bodem				
Opwaarderen & verbeteren van gewassen voor volledig gebruik biomassa, zowel voor voedsel als voor niet-voedingsdoeleinden	<ul style="list-style-type: none"> -Kenmerk in kaart brengen van de verschillende componenten van biomassa uit verschillende gewassen, met focus op de zijstromen -Inzicht ontwikkelen wat de belangrijkste knelpunten zijn in het gebruik van volledige biomassa -Fundamentele kennis verbeteren van biomassafunctionaliteiten en extraheerbaarheid van componenten. Afwegingen van het afstemmen van verschillende plantcomponenten in het <i>partitioning</i> process - Begrijpen wat de beste gewassen zijn om de verschillende nuttig te gebruiken plantcomponenten te produceren (koolhydraten, eiwitten, lipiden) 	<ul style="list-style-type: none"> -Identificeren van de belangrijkste kenmerken om door te stromen naar gewassen voor volledige biomassa, met name voor de extractie van de verschillende componenten -Identificeren van belangrijkste knelpunten in de opwaardering/ aanpassing van gewassen voor het gebruik van gehele (bovengrondse)biomassa, met name gevolgen voor de architectuur van de plant en robuustheid / veerkracht. -Kosten-baten en broeikasgas –analyse (LCA) van gehele keten gebaseerd op nieuwe gewassen die volledig nuttig gebruikt worden 	<ul style="list-style-type: none"> -Evalueren prestaties van gewassen voor volledige biomassa in veldproeven -Evalueren van de opties voor verwerking van biomassa op een demonstratieschaal, inclusief oogstsystemen -Evalueer de veiligheid van de verschillende componenten voor voedseltoepassingen 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificeer de grote stappen naar acceptatie door de consument
Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren	<p>Hoog efficiënte biomassagewassen / meerjarige planten;</p> <p>Eenjarigen: oliegewassen voor oleochemie: verbeterde opbrengst, hogere fractie van product tot oogstrestanten energiegewassen voor C-neutrale bio-energie</p>	<p>Identificeren sleuteleigenschappen om de productiviteit van planten te verbeteren (koppeling met dubbele fotosynthese)</p> <p>Identificeer sleuteleigenschappen in planten die de petitionering naar eindproducten beïnvloeden (bijvoorbeeld om een</p>	<p>Evalueer verbeterde variëteiten / genotypen in het veld om de opbrengst van product en C-sequestering in de bodem te bepalen</p>	<p>Praktische demonstraties opzetten met boeren en eindgebruikers</p>

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.)	Implementatie fase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		<p>hoger oliegehalte te bereiken)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Identificeren van factoren die de verhoogde opslag van C in de bodem bepalen (bijvoorbeeld lagere mineralisatino-snelheid van gewasresten) -Gebruik nieuwe technieken voor het kweken van planten om verbeterde CO2-fixatie in producten en in de bodem te creëren 		
Ontwikkeling van gewassen en gewasproductiesystemen met een verbeterde totale gewasrotatie C-fixatie	ontwikkelen van methoden om vruchtwisselingssystemen te evalueren in termen van productiviteit en C- en N-dynamiek	<p>Analyseer de C- en N-dynamica van de bodem</p> <p>Ontwikkel gewasrotaties "Klimaatveranderingbestendig"</p> <p>Studie-effect van bredere rotaties inclusief gewassen voor C-fixatie en biobased producten op biodiversiteit / natuur.</p>	Demonstreer de prestaties van nieuwe gewassen en hun rotaties in de praktijk om de economische en ecologische duurzaamheid te bepalen	Praktische implementatie om met systemen te experimenteren met gemotiveerde ondernemers om nieuwe productiesystemen te adopteren en de producten te gebruiken
Gewassen geschikt voor marginale omstandigheden	<p>Ontwikkelen van verbeterde veredelings technologie voor de ontwikkeling van nieuwe gewassen voor marginale gronden</p> <ul style="list-style-type: none"> - genetische hulpmiddelen voor DNA-markerselectie - kennis van eigenschappenbepalende genen (bijvoorbeeld celwandkwaliteit, verdeling van de droge stof, aangepaste bloeitijd, tolerantie voor droogte en zoutgehalte, kwaliteit van de zaadolie, fotosynthese en verdeling van de droge stof tussen product, scheut en wortel) -technologie om eigenschappen te verbeteren (bijvoorbeeld 	<p>Ontwikkeling oliehoudende gewassen voor oleochemie: verbeterde opbrengst, hogere fractie van product tot oogstrestanten energiegewassen voor C-neutrale bio-energie; veengronden biodiversiteit / natuur / landschap</p> <p>Ontwikkel nieuwe gewassen met betere prestaties op marginale gronden (bijvoorbeeld grassen, oliegewassen, peulvruchten die tolerant zijn voor marginale omstandigheden zoals hoog zoutgehalte, zandige bodems met</p>	Evalueren verbeterde rassen in het veld om de geschiktheid en prestaties in verschillende omgevingen (marginaal en niet-marginaal land) te laten zien	Een praktische demonstratie opzetten met boeren en eindgebruikers

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteun end onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie fase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	CRISP-CAS9, mutatiefokkerij)	beperkt waterhoudend vermogen / droogte), ondiepe bodems.		
Deelprogramma: Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems en gebruik van gewasresiduen bij instandhouding C & nutriënten in bodem				
Reststromen uit biobased economy naar de bodem	Inzicht in effecten op bodemleven en bodemstructuur bij terugbrengen restproducten uit biobased economy (digestaat, mestverwerkingsproducten, biochar, ...)	Oogst van gewasresten zonder negatieve effecten op bodem C voorraad Circulaire ketenontwerp voor gewasrestengebruik met behoud van nutriënten in bodem	Optimaal gebruik van gewasresten in de praktijk, logistiek en passend bij duurzaam bodembeheer	
Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems	Manipuleren C-N dynamiek in landbouwsystemen: fundamentele kennis opbouw over opbouw en afbraak van C en N in plant, mest en bodem Veredeling gericht op gewassen met meer (ondergrondse) biomassa voor C vastlegging	Kennisopbouw CO2 vastlegging in grotere teelten (optimalisatie bouwplan, dieper wortelende gewassen) Zoeken naar mogelijkheden om de relatie tussen landgebruik en koolstofvastlegging te veranderen en mogelijk ontwikkeling nieuwe combinaties landgebruik (b.v. agroforestry)	Ontwikkeling gevalideerde technieken voor monitoring CO2 vastlegging in bodems Welke concrete maatregelen (effectief en efficiënt) zijn nodig om de CO2 vastlegging in de bovenste bouwvoor van landbouwbodems te vergroten	Wat is nodig om meer blijvend grasland en/of landschapselement en te realiseren vanuit perspectief stakeholders
Nieuwe gewassen in veenweidegebieden die veenoxidatie tegengaan	Fundamentele kennis over broeikasgas- en nutriëntenemissies en mogelijke afwenteling bij omschakeling naar natte landbouw (paludicultuur) in veenweidegebieden	Ontwikkeling oogstmethoden om nieuwe gewassen met minimale bodemverstoring te oogsten Kansenkaart voor nieuwe gewassen op basis van lokale omstandigheden (bodem, ontwatering), waterbeschikbaarheid, marktpotentie, etc. Verbetering en ontwikkeling van methoden om emissies uit bodems te meten	Pilots voor testen en demonstreren van de nieuwe gewassen en oogsttechnieken	Opzetten keten en verdienmodellen voor nieuwe gewassen in veenweide

CO2-vastlegging in teelten, effecten van (diep wortelende) gewassen, mechanisatie, hoe strategisch om te gaan met bodemlagen: veel is nog onbekend. Op korte termijn voor de 2030 doelstelling is onderzoek nodig

naar: gevalideerde technieken om CO₂-vastlegging in bodems te monitoren en toe te wijzen aan maatregelen. Daarbij dient nagegaan te worden of er mogelijkheden bestaan deze systemen zodanig te ontwerpen dat eventuele verwaarding (o.a. carbon credits) tot de mogelijkheden zouden kunnen horen.

Er is kennisopbouw nodig t.a.v. CO₂-vastlegging in grotere teelten, het effect van bijvoorbeeld diep wortelende gewassen, hout onder en boven de grond en hoe om strategisch om te gaan met bodemlagen. Tevens is inzicht nodig over de effecten van rotatie en bouwlandplanning en verschillende soorten mechanisatie t.a.v. de langere termijneffecten op CO₂-vastlegging, effect van koolstofvastlegging op bodemkwaliteit zoals biodiversiteit en bodemleven, waterkwaliteit, omvang voedselproductie en vochtleverend en waterbergend vermogen, de mogelijkheden om minerale processen betreffende C (koolstof), N (stikstof) (en P (fosfaat)) te ontkoppelen, zodat een hogere bodem-C niet gepaard gaat met mineraalverliezen.

Ook eigenschappen in planten die zorgen dat alle componenten van de geoogste biomassa nuttig en hoogwaardig gebruikt kunnen worden moeten door innovatie ontwikkeld worden. Hierbij gaat het dus niet alleen om het verhogen van het rendement via verdubbelde fotosynthese, maar het gaat vooral om het verbeteren van bepaalde eigenschappen van plantencomponenten die verwerking ervan in eindproducten optimaler maakt, e.g. celwandkwaliteit, verdeling van de droge stof, aangepaste bloeitijd, tolerantie voor droogte en zoutgehalte, kwaliteit van de zaadolie, fotosynthese en verdeling van de droge stof tussen product, scheut en wortel wat vastlegging van C bepaalt.

Verhoging van de koolstofvastlegging in biomassa en in de bodem is van groot belang. Echter, additionele biomassaproductie ten behoeve van emissiereductie van andere sectoren vergroot de emissie in de landbouw. Logischerwijs wentelt dit af op de landbouwambitie, waardoor de 2,0 Mton ambitie ter discussie komt te staan. De ambitie van extra vastleggen kan plaatsvinden middels vormen die flexibiliteit in landgebruik mogelijk maken, en die voorbij de huidige potenties gaan, middels:

- a) Manipuleren van de C-N-dynamiek in landbouwsystemen; het gaat om het verkrijgen van fundamentele kennis over opbouw en afbraak van C en N in plant, dier, mest en bodem. Dat betreft ook kennis over de processen van lachgasvorming (invloed van bodembiologie, -fysica en -chemie).
- b) Kennis over de ont koppeling van C, N (en P), zodat hogere bodem-C niet gepaard gaat met hogere N emissies en mogelijke verliezen van bodemvoorraden van P.
- c) Het zoeken naar mogelijkheden om de relatie tussen landgebruik en koolstofvastlegging te veranderen en mogelijk nieuwe gewascombinaties en ontwerp van nieuwe landgebruikssystemen te ontwikkelen.

7.4 Sterktes en zwaktes kennispositie Nederland en positie van bedrijfsleven

De teelt van hoogrenderende gewassen maakt zowel de reductie van koolstof in de atmosfeer mogelijk, het voorkomen van de bijbehorende milieu-impact, en de productie van biomassa die kan worden gebruikt voor toepassingen in voeding, diervoeders en biobased, waaronder bio-energie. De vervanging van fossiele hulpbronnen door biomassa vereist maatschappelijke en technologische overgangen en dit impliceert innovaties, het creëren van nieuwe sociaal-economische modellen, maar ook nieuwe technologieën, waaronder nieuwe gewassen en verwerkingstechnologieën. Deze transitie vereist een multi-actor benadering waarbij de (fossiele) chemische industrie moet samenwerken met biomassa-fokkers, producenten en (bio) chemie om hun grondstoffen te vervangen en deze om te zetten in duurzame producten. De ontwikkeling van die nieuwe technologieën vergt grote investeringen en er zijn grote risico's aan verbonden, die samen met de huidige lage olieprijs niet de ontwikkeling van een bio-economie stimuleren.

Voor de veredelingsbedrijven is dit een nieuw gebied waarvoor een onzekere markt bestaat. Voor de chemische industrie zijn fabrieken een nieuwe en meer complexe grondstof, waarvoor de ontwikkeling van nieuwe technologieën voor omzetting / verwerking / katalyse vereist is.

7.5 Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's en strategie

Op dit deelprogramma kunnen de K& I opgaven aangegaan worden in samenhang met:

- Transitieagenda biomassa en voedsel
- LNV visie kringlooplandbouw
- Kernthema Circulair, topsector Agri&Food
- Onderzoeksagenda TKI Biobased Economy 2015-2027
- Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord)
- Nationale wetenschapsagenda's: Duurzame productie van gezond en veilig voedsel, Circulaire economie, Kwaliteit van de omgeving, Materialen
- A sustainable bioeconomy for Europe (2018 update)

Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (H2020 projecten, JPI's en onderliggende instrumenten via zowel DG RTD als DG Agri in de EU). Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming moet leiden tot een betere concurrentiepositie.

7.6 Betrokken sectoren en opties voor consortia en financiering

K& I uitdagingen moeten uitgevoerd in interactie met de Chemische Industrie, Landbouw en de Veredeling. De reductie van broeikasgassen en vastlegging van C in de bodem bij de productie van food en non-food is een enorme opgave. Het gaat namelijk om biologische processen die onvermijdbare verliezen kennen en deels moeilijk te sturen zijn. Aan de andere kant zijn er in de agrarische productie ook mogelijkheden om extra koolstof vast te leggen. De NL Landbouw gaat uit van de hoge ambitie om te komen tot disruptieve innovaties en maximale bijdragen aan het realiseren van de gewenste reductie.

Gezien de aard van dit thema, waarin maatschappelijke veranderingen en veranderingen in consumentenvoorkeuren belangrijk zijn, zou het goed passen in internationale programma's en nationaal, meestal door de overheid gesubsidieerd of PPSen. Vooral om fundamentele onderzoeksvragen, zoals te beantwoorden, zou NWO-financiering goed geschikt zijn. Voor toegepast onderzoek vanaf TRL4 tot implementatie TRL12 is nationale financiering heel goed te koppelen aan EU financiering uit H2020 en Horizon Europe en de verschillende internationale agenda's en samenwerkingsverbanden waarin bedrijfsleven en onderzoeksinstituten in EU verband samenwerken op het gebied van biobased activiteiten zoals Biobased Industries Consortium (onder H2020)⁷, Biobased Business Joint Undertaking (BBI-JU).

⁷ <https://biconsortium.eu/bio-based-industries-consortium>
Biograndstoffen

8 Referenties

IPCC 2018. Special Report on Global Warming of 1.5°C. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press. Available at: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

Smith, S., Bos, O.G., van Rijn, J., Schadeberg, A., Tamis, J., Steins, N.A., Zaalmink, W., 2019a. Programmeringsstudie Landbouw, Water en Voedsel: Visserij, Wageningen Marine Research. IJmuiden: Wageningen Marine Research, rapport nummer 1928088

Steins, N.A., Van den Boogaart, L., Maarse, M., Smith, S., Tamis, J., & Tatman, Sh. 2019. Duurzame Noordzee – Programmeringsstudie landbouw, Water en Voedsel. IJmuiden: Wageningen Marine Research, rapport nummer 1928089

Van Duuren, L., Poelman, M., Jansen, H., Timmermans, K. (2019). Een realistische kijk op zeewierproductie in de Noordzee. Uitgevoerd binnen Beleidsondersteunend Onderzoek Natuurinclusieve Energie, BO-43-023.03-005.

9 Bijlagen

Stakeholderconsultatiebijeenkomst 'Eiwitvoorziening voor humane consumptie uit nieuwe (plantaardige) bronnen

Gehouden op 24 mei 2019 in Wageningen

Om de Kennisagenda en het zogenaamde Meerjarig Missiegedreven Innovatie- Programma (MMIP) te helpen vormgeven, is deze stakeholderbijeenkomst georganiseerd. De bijeenkomst richtte zich op Eiwitvoorziening voor humane consumptie uit nieuwe (plantaardige) bronnen. Voor de bijeenkomst zijn verschillende experts uitgenodigd. Deze experts zijn actief in het bedrijfsleven, de overheid, maatschappelijke organisaties en de wetenschap. De lijst van participanten staat hieronder.

Organisatie	Naam
Cosun	Paulus Coster
Danone	Bastiaan Schouten
DSM	Rob Beudeker
Duynie Diervoeders	Derk van Manen
Friesland Campina	Cecile Singh-Povel
HAS Den Bosch	Fred van de Velde
Ministerie van Landbouw Natuur en Voedsel	Jan de Wilt
Ministerie van Landbouw Natuur en Voedsel	Sjaak Mesu
Ministerie van Landbouw Natuur en Voedsel	Stefan Breukel
NEVEDI (Nederlandse Vereniging Diervoederbedrijven)	Frank Gort
Nijssen-Granico	Karel van der Velden
NIZO	Nel Zoon
Phycom	Erwin Houtzager
Provincie Flevoland	Brigitte de la Cousine
Topsector Agri & Food en Tuinbouw en Uitgangsmaterialen	Wijnie van Eck
Van Hall Larenstein	Koos Oosterhaven
WUR	Berien Elbersen
WUR	Ingrid van der Meer
WUR	Jan Broeze
WUR	Ariette Matser
WUR	Stacy Pyett
WUR	Marinus van Krimpen
WUR	Harry Wichers

