

S1 Smart Technologies in Agri-Horti-Water-Food

Samenvatting

Doel

'Smart Technology' is technologie die via digitalisering bijdraagt aan oplossingen voor diverse maatschappelijke opgaven in het Agri-Horti-Water-Food domein. Dit MMIP beoogt het agri-horti-water-food-systeem efficiënter, intelligenter, transparanter, veiliger, adaptiever en weerbaarder te maken door inzet van 'Smart Technology'.

Deelprogramma's en prioriteiten

Het MMIP voor Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food richt zich op het benutten van Smart Technology in de betreffende domeinen. Zwaartepunten liggen op twee deelprogramma's:

1. Smart Technology voor meten, beslissen en handelen op meer gedetailleerde schaal: van veld naar plot, van kas naar plant, van groep naar dier, van batch naar product, van watervoorziening naar leidingsegment, van bevolkingsgroep naar individu. Hiervoor moeten kennis- en innovatieopgaven op de gebieden sensoren, niet-destructieve en niet-invasieve meetmethoden, decision support systemen, autonome robots en digital twins worden opgepakt.
2. Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen: de essentie van dit deelprogramma is dat er nieuwe kennis nodig is om mens-machine-ecosystemen op te zetten, waarin de sterke punten van mensen (creativiteit, flexibiliteit, context-awareness) en machines (logisch redeneren, 24/7 online, mogelijkheid om veel data te behappen) met elkaar gecombineerd worden voor het maken van optimale beslissingen ten behoeve van de LWV-missies.

De beide deelprogramma's gaan uit van een samenhangende kennis- en innovatie-agenda die in een aantal deelonderwerpen is opgeschreven, maar waarvoor het advies is deze integraal uit te voeren.

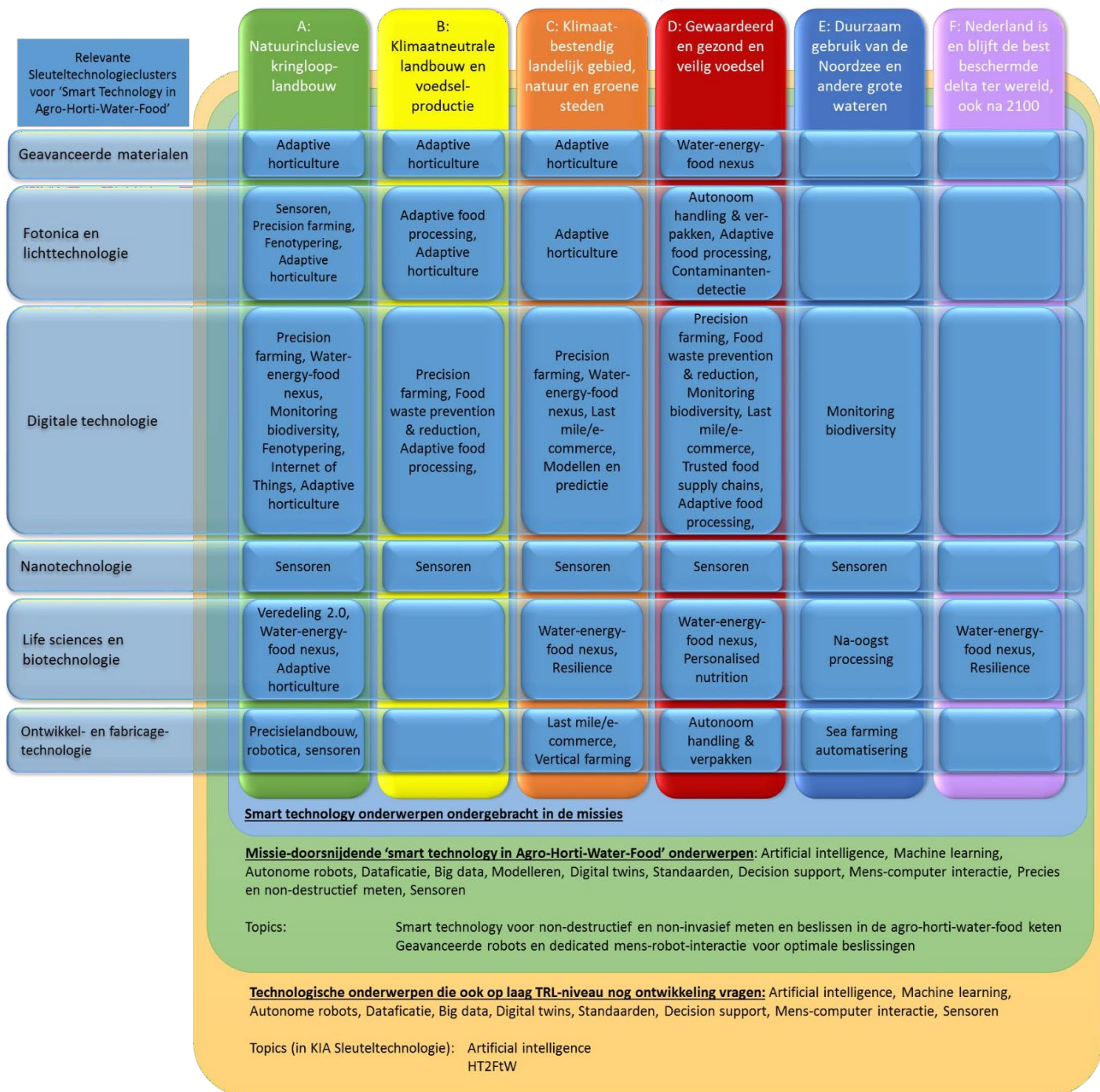
Afbakening

Smart technology in Agri-Horti-Water-Food is een onderwerp dat op drie niveaus speelt: enerzijds zijn er onderwerpen die één op één aan een of meer missie gekoppeld zijn, zoals bijv. Precision farming, Trusted food supply chains of Water-energy-food nexus (zie de blauwe cellen in Figuur 1). Anderzijds zijn er missie-doorsnijdende smart technology onderwerpen die in alle missies een belangrijke rol kunnen spelen en waar ontwikkeling op zit op TRL-niveaus 3 t/m 6, zoals bijv. robots, artificial intelligence, digital twins. Op dat niveau hebben we twee topics gedefinieerd die in dit MMIP beschreven staan (groene blok in Figuur 1). Tot slot zijn er ook op lager TRL niveau 1 t/m 3 op dezelfde smart technology onderwerpen ontwikkelingen nodig. Deze onderwerpen zijn in de KIA van HTSM ondergebracht (gele blok in Figuur 1). Dit MMIP behandelt de topics uit het groene blok en richt zich dus nadrukkelijk op de

missie-doorsnijdende onderwerpen. De onderwerpen uit het blauwe blok zijn in de MMIPs van de missies ondergebracht.

Inleiding

In de gehele agro-horti-water-food sector komt steeds meer data geautomatiseerd beschikbaar door de ontwikkeling van sensoren, data-acquisitie technieken en netwerken. Daarnaast zijn er veel historische data beschikbaar in documenten, spreadsheets en databases. Idealiter worden deze data geautomatiseerd geanalyseerd en geïnterpreteerd. Algoritmes kunnen verbanden blootleggen, beslissingen onderbouwen, risico's inschatten, en redeneertaken uitvoeren voor de mens. Machines en robots kunnen – vaak autonoom – acties uitvoeren in de keten, waarbij de kennis verkregen uit data en modellen gecombineerd met expertkennis en menselijke intuïtie een belangrijke rol speelt. De interfaces tussen machines en mensen, en tussen machines onderling worden steeds effectiever. Dit geheel vatten we samen onder de noemer 'Smart Technology'. 'Smart Technology' omvat de sleuteltechnologie Digitale Technologie, en delen van de sleuteltechnologieën Fotonica & Lichttechnologie, Ontwikkel- & Fabricagetechnologie, Nanotechnologie, Life sciences en biotechnologie en Ontwikkel- en fabricagetechnologie.



Figuur 1: de drie niveaus van Smart Technology in Agro-Horti-Water-Food: (i) onderwerpen ondergebracht in de missies, (ii) missie-doorsnijdende onderwerpen ondergebracht in dit MMIP, (iii) smart technology in Agro-Horti-Water-Food op laag TRL niveau, ondergebracht in de KIA Sleuteltechnologie. NB: van de 8 sleuteltechnologieclusters zijn chemie en quantumtechnologie wegge laten omdat zij geen raakvlak hebben met Smart Technoogy zoals in deze studie gedefinieerd. De indeling op TRL-niveau wordt schijnbaar gepresenteerd als zwart-wit-indeling. In de werkelijkheid is hier een glijdende schaal van toepassing en zullen onderwerpen op verschillende plekken geprogrammeerd kunnen worden.

'Smart Techology in Agri-Horti-Water-Food' omvat een aantal technologische pilaren (sensoren, data analyse, modellering, interpretatie, beslissingen, standaarden, robots, sociale en economische impact). De komende jaren raken deze pilaren steeds meer vervlochten; ze worden op nieuwe wijzen gecombineerd en samengevoegd en inge-

bed in maatschappij en industrie. Autonome en AI-gebaseerde analyse en beslissystemen zullen leren omgaan met expert kennis, intuïtie en logica om zo nieuwe data in nieuwe situaties te kunnen interpreteren en behandelen en te leren van bestaande data. Deze technologische ontwikkelingen dragen bij aan oplossingen voor het agri-horti-food-water domein.

Aandacht voor societal en economic concerns (privacy, security, business modellen etc.) is daarbij onmisbaar.

Wat beoogt het MMIP?

Het MMIP beoogt door toegepast onderzoek op het gebied van 'Smart Technology' de LWV-missies verder te brengen. Hierin is een systeembenadering op basis van sense-think-act cruciaal: door context-gevoelige informatie te benutten in context-relevante beslissingen, waarbij mens en machine samenwerken vanuit hun eigen kracht, worden grensoverschrijdende transitie mogelijk op het domein van Landbouw, Water en Voedsel.

De kracht van dit MMIP zit in het combineren van technologische (ICT) kennis, analytische kennis en domein-specifieke agro-horti-water-food kennis in relevante innovaties. De essentiële bijdrage van het MMIP ligt dan ook op de cross-over tussen smart technology en het agro-horti-water-food toepassingsgebied.

Doelstellingen MMIP

Dit MMIP is geformuleerd vanuit 'Smart Technologies in Agro-Horti-Water-Food' en draagt bij aan alle missies. Waar 'Smart Technologies' sterk missie-gerelateerd zijn, is de bijdrage van 'Smart Technologies' opgenomen bij de MMIPs van de specifieke missies. In dit MMIP ligt de focus op missie-overschrijdende bijdragen van Smart Technologies ten behoeve van de Agro-Horti-Water-Food sector.

Inzet van dit MMIP is om het agro-horti-water-food-systeem efficiënter, intelligenter, transparanter, veiliger, adaptiever en weerbaarder te maken door inzet van 'Smart Technology'. Dit MMIP richt zich op het voorzien van het agro-horti-water-food systeem van de digitale tools die essentieel zijn voor het realiseren van de LWV-missies. De zwaartepunten liggen op twee deelprogramma's:

1. Smart Technology voor meten, beslissen en handelen op meer gedetailleerde schaal: van veld naar plot ("pixel farming"), van kas naar plant, van groep naar dier, van batch naar product, van watervoorziening naar leidingsegment, van bevolkingsgroep naar individu. De essentie van dit deelprogramma is dat er nieuwe kennis nodig is om op het niveau van de individuele plant, dier, mens, product en/of het individuele onderdeel van een watersysteem te kunnen meten, beslissingen te kunnen nemen en deze beslissingen te kunnen uitvoeren. Dit deelprogramma omvat een aantal kennis- en innovatieopgaven op TRL-niveau 4-6, die op een termijn van een tot vijf jaar kunnen worden gerealiseerd. De kennis- en innovatieopgaven vragen om ontwikkelingen in verschillende "Smart Technology"-pilaren: sensoren, data en modellen op het gebied van non-destructief en niet-invasief me-

ten, decision support systemen, autonome robots en digital twins. Door dit deelprogramma te financieren wordt het in het gehele agro-horti-water-food domein mogelijk om real-time te meten aan en beslissingen te maken over individuele producten/dieren/planten/mensen/ watersysteemonderdelen en om te komen tot autonome processen met minimale menselijke interactie. Voorbeelden van potentiële impact liggen op het reduceren van voedselverspilling door een betere inschatting van productkwaliteit (missie A), het verduurzamen van de veehouderij door betere metingen aan het individuele dier (missie B), het beter inrichten van de water-food-energie-nexus door actuele metingen aan waterkwaliteit (missie C), het verstrekken van transparante informatie aan consumenten over het gekochte product (missie D), en het correct uitvoeren van vangstanalyse aan boord van vissersschepen (missie E).

2. Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen.

De essentie van dit deelprogramma is dat er nieuwe kennis nodig is om mens-machine-ecosystemen op te zetten, waarin de sterke punten van mensen (creativiteit, flexibiliteit, context-awareness) en machines (logisch redeneren, 24/7 online, mogelijkheid om veel data te behappen) gecombineerd worden voor optimale beslissingen ten behoeve van de LWV-missies. Dit deelprogramma geeft een aantal kennis- en innovatieopgaven weer op TRL-niveau 4-6 die binnen een tot tien jaar kunnen worden gerealiseerd. De kennis- en innovatieopgaven vragen om ontwikkelingen in verschillende “Smart Technology”-pilaren: decision support systemen, dataficatie en big data, artificial intelligence en mens-machine-interactie. Door dit deelprogramma te financieren wordt het mogelijk om optimale beslissingen te maken door menselijke expertise en kunstmatige intelligentie met elkaar te combineren en integreren. Voorbeelden van potentiële impact liggen op het benutten en automatisch interpreteren van bestaande data. Voorbeelden zijn het beter begrijpen van biodiversiteitsveranderingen (missie A), het autonoom aansturen van de kas (missie B), het doorrekenen en begrijpen van effecten van klimaatverandering op de waterhuishouding en watervoorziening, primaire productie en de versketen (missie C), het maken van gepersonaliseerde gezonde en duurzame beslissingen m.b.t. voedsel (missie D), en het omgaan van energie- en watervraagstukken in geval van schaarste of overvloed (missie E).

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's: Voor deelprogramma 1 zijn de PPS- en EU-projecten gekozen die te maken hebben met metingen op individueel niveau (plant, dier, mens, product). Voor deelprogramma 2 zijn de PPS- en EU-projecten gekozen die te maken hebben met mens-machine interactie. Voor een nadere analyse van het lopend onderzoek wordt de lezer verwezen naar de programmeringsstudie “Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food”.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Smart Technology voor non-destructief meten en beslissen in de agro-horti-water-food-keten				
	MIT-16011 Geautomatiseerd oogsten en transporteren van chrysanten	TU18009 Prediction of seed vigour	KV 1406-031 Green-CHAINge Groente & Fruit	AF-EU-16013 Smart AKIS
	HT17222 Exploitation of high-tech plant phenotyping tools	TU18098 Fresh on Demand	KV1406-060 Mechanische aspergeogst	NPPL
	TU1509-087 Patterns for Profit	EU SWEEPER	EU IoF2020	
	TU18084 Waterkwaliteit snel in beeld	STOOP Sensortechnologie voor ondergrondse pijpleidingen		
	EU EPPN	AIR Ontwikkeling Autonome Inspectie Robots voor het drinkwaterdistributienet		
	EU HOMED	AF-16067 Smart Tools voor Vitale Varkens		
		AF-16190 SMARAGD		
		AF-16191 DISAC		
Deelprogramma 2: Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen				
	TU1509-087 Patterns for Profit		MIIP 004 Toepassing van zwerm algoritmen	
	EU NEXTGEOSS		MIIP 023 Haptic control for small ships	
			EU VALERIE	
			EU Smartagrifood 2	
			EU IoF2020	

Kennis- en innovatieopgaven

De beide deelprogramma's gaan uit van een samenhangende kennis- en innovatie-agenda die in een aantal onderwerpen (de rijen in onderstaande tabel) is opgeschreven, maar waarvoor het advies is deze integraal uit te voeren.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase	Implementatiefase
Deelprogramma 1: Smart Technology voor non-destructief meten en beslissen in de agro-horti-water-food-keten				
Sensoren		Ontwikkeling en toepassing van sensorsystemen die on-site en autonoom metingen kunnen doen, ook in praktijkomstandigheden die technologisch uitdagend zijn (nat, koud/heet, vies, ...). Aandacht nodig om het proces minimaal te verstoren.		
Non-destructieve metingen		Onderzoeken welke (combinatie van) niet-destructieve en niet-invasieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, volatiles, ...) een specifieke product/plant/dier/mens/systeemonderdeel-eigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/dier/mens/systeemonderdeel-eigenschappen.		
Decision support systemen		Combineren van de beschikbare data in de keten van primaire sector tot retail om tot optimale besluiten te komen van producenten en consumenten. Systemen ontwikkelen voor data- en kennisgebaseerde beslissingsondersteuning met als speerpunt: Hoe kun je data over processen vroeg in de keten (veredeling, teelt, houderij, waterkwaliteit) en later in de keten gebruiken voor voorspellingen en beslissingen?		

Autonome robots voor handelingen in het primaire proces		Ontwikkeling van autonoom opererende en lerende robots voor automatische handelingen in open teelten, kassen, dierhouderijsystemen en in de verwerkende industrie. Uitdaging ligt in het juist herkennen en interpreteren van situaties en producten, het voldoende snel en nauwkeurig werken, het voeden van het beslissingsondersteunende systeem met nieuwe data.		
Autonome robots voor diagnostiek		Ontwikkeling van manieren om expertkennis met AI te integreren voor het monitoren van plant, dier, mens, watersysteem, geoogst product of verwerkingsproces: wanneer gaat het goed, wanneer moet er worden ingegrepen. Dit vraagt om context-specifieke interpretatie van beschikbare data.		
Digital twins		Ontwikkelen van model om plant, dier, watersysteem, geoogst product, of verwerkingsproces digitaal te modelleren om effecten van handelingen (bijv. op het gebied van smart farming of smart factory) te simuleren en zo snel en efficiënt het effect van beslissingen te kunnen doorrekenen.		
Deelprogramma 2: Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen				
Sensoren		Ontwikkeling en toepassing van sensorsystemen die optimaal gebruik maken van augmented en virtual reality.		
Decision support systemen		Ontwikkeling van modulaire beslissingsondersteunende systemen die op basis van (combinaties van) eerder onbenutte data nieuwe inzichten genereren. Zwaartepunt ligt op integraal beeld, real-time monitoring, early warning.		
Datafificatie / Big Data		(Geautomatiseerd) meten, verzamelen en koppelen van meer en meer gedetailleerde data over producten, grondstoffen, processen en context en die benutten om geavanceerdere modellen te maken en te voeden die nauwkeurig en robuust zijn t.a.v. onzekere inputdata. Aandacht voor datakwaliteit en standaardisatie.		
Artificial intelligence & autonome robots		Investeren in de volgende generatie AI voor betere beslissingen in de Agro-Horti-Water-Food sector: semantisch-verrijkte AI (combinatie van expertkennis met machine learning), explainable AI (waarom maakt het AI systeem de beslissing), hybride AI (reinforcement learning, learning by imitation), en ethical AI (is de toepassing van het AI systeem in deze context wenselijk, onder welke omstandigheden kan het wel/niet (denk bijv. aan dierenwelzijn in animal-computer interacties)). Robots opereren autonoom in de praktijk en maken gebruik van de optimale redeneer- en besliskracht.		
Mens-computer interactie		Ontwikkeling van 'smart spaces': systemen waarin mens en machine gezamenlijk observeren, beslissen en handelen met speciale aandacht voor samenwerking met vele actoren, optimale taakverdeling, integrale afweging voor het bereiken van optimale beslissingen in elke relevante context. Hieronder valt zowel systeemontwerp als ontwikkeling van de bouwstenen voor de smart spaces. Aandacht voor vraagstukken rond implementatie in de beroepspraktijk (bijv. user interactie, sociale aspecten, organisatie, wetgeving en economische aspecten)		

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met alle andere MMIP's via de missie-gedreven technologische ontwikkelingen, waarbij smart technologies direct gekoppeld zijn aan missiegedreven toepassing. Beide type ontwikkelingen lopen in parallel: de kennis- en innovatie-agenda uit dit MMIP en de missiegedreven toepassingen in de MMIPs die gekoppeld zijn aan de missies A t/m F met veel onderlinge interactie.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Sterktes: Ondernemerszin: Er is volop ondernemerszin in Nederland om op basis van nieuwe beschikbare technologieën de kansen te zien en te benutten om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen in de verschillende sectoren.

Organisatiegraad: Bedrijfsleven heeft in Nederland een hoge organisatiegraad met brancheverenigingen, producenten-organisaties en andere koepelorganisaties om

sector-breed zaken als kennisontwikkeling, kennisuitwisseling en innovatie te organiseren en te stimuleren. Deze organisaties weten voor de bij hen aangesloten bedrijven goed de weg naar de kennisinstellingen te vinden om de technologische ontwikkeling richting praktijk te brengen.

Digitale infrastructuur: We beschikken in Nederland over een uitstekende digitale infrastructuur die, met o.a. de komst van 5G, op een nog hoger niveau gebracht zal worden qua capaciteit en snelheid. Deze infrastructuur is cruciaal als drager van de nieuwe digitale technologieën en toepassingen die in dit MMIP beschreven zijn.

Kennispositie: Op de beschreven gebieden Landbouw, Voedsel, Water hebben we een ijzersterke kennispositie die wereldwijd uitstraling heeft. Deze voorsprong moeten we niet alleen behouden, maar ook verder uitbouwen om te kunnen blijven bijdragen aan de verschillende transitie- en duurzaamheidsdoelstellingen waar we in de wereld voor staan.

Zwaktes: Legacy: Zeker waar systeemsprongen noodzakelijk zijn om nieuwe (digitale) technologie in bedrijven in te zetten, zullen behoorlijke investeringen nodig zijn om die sprong te kunnen maken. Dit zal zeker voor MKB niet altijd binnen bereik zijn. Er moet vaak eerst afgeschreven worden op eerdere investeringen of er moet door snelle technologieontwikkeling zelfs versneld afgeschreven of gedesinvesteerd worden. Hier zal voor veel bedrijven de wet van de remmende voorsprong z'n werk doen. Nieuwe bedrijven / startups hebben het voordeel te kunnen starten met 'state of the art' technologie en kunnen daar meteen de vruchten van plukken zonder 'de last van het verleden'.

Technologisch absorptievermogen / kennispositie bedrijven: Technologische ontwikkelingen gaan zo snel de laatste jaren, dat het voor bedrijven steeds moeilijker wordt om de mensen hierin voldoende mee te ontwikkelen en voldoende kennis op te bouwen (en te onderhouden) om optimaal gebruik te kunnen maken van deze nieuwe technologieën. Hier ligt o.a. een opgave voor het technisch en groen onderwijs om voldoende mensen met de juiste kwalificaties af te leveren om aan de groeiende vraag vanuit bedrijfsleven te voldoen.

Doorvertaling kennis: Bedrijven zijn soms terughoudend in het laten uitvoeren van onderzoek i.v.m. de lange weg die vaak afgelegd moet worden om tot een (eerste) praktijkimplementatie te komen. Anderzijds kunnen ook onderzoeksresultaten nog actiever 'aan de man' gebracht worden. Er dient daarom voldoende aandacht besteed worden aan de doorvertaling van onderzoek naar de praktijk om te kunnen blijven zorgen voor de benodigde impact en innovatie in de beschouwde sectoren.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

De nationale agenda op dit onderwerp wordt gezet door de 6 LWV-missies. Dit MMIP draagt daaraan bij juist door de cross-over van technologie met het LWV-domein af te dekken en hierdoor digitale oplossingen voor alle zes de missies aan te dragen. Ook internationaal is de samenhang er. Vijf belangrijke transitie- en innovatievragen in de komende jaren zijn

de eiwittransitie (de overgang naar meer plantaardige eiwitten), de transitie naar gezonde voeding (meer groente, fruit, noten, minder vlees en suiker), een transitie naar efficiënt grondstof- en energiegebruik in de water en food industry, minder voedselverspilling in de gehele keten, en de energietransitie van fossiel naar duurzaam. De 193 lidstaten van de Verenigde Naties (VN) hebben een ontwikkelingsagenda voor 2015 – 2030 vastgesteld, bestaande uit 17 zogenaamde werelddoelen voor duurzame ontwikkeling (Sustainable Development Goals, SDG's). Voor deze programmeringsstudie zijn de volgende SDG's het meest van toepassing: SDG 2, 6, 7, 11, 12, 13, 14 en 15. Dit MMIP draagt bij aan de nationale en mondiale agenda door in te zetten op het slimmer maken van het agro-horti-water-food systeem met behulp van 'Smart Technology' en daarmee bij te dragen aan de nationale en internationale thema's.

Strategie internationaal

Dit MMIP is goed ingebed in de internationale onderzoeksagenda. Er zijn dwarsverbanden met de EU-projecten Internet of Food & Farms (IoF2020), Smart AgriHub, AgROBOFood, ERANET ICT AGri, EU-PLF, Gentore, en vele andere. Uitgangspunt is dat met dit MMIP de kennis- en innovatieagenda op het gebied van Smart Technologies in de Agri-Horti-Water-Food toekomstbestendig wordt ingevuld. Dit leidt ertoe dat Nederland haar positie behoudt en uitbouwt als innovatie-motor op het gebied van digitale mogelijkheden in het Agro-Horti-Water-Food systeem.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Om de interesse voor de verschillende deelonderwerpen binnen 'Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food' te peilen bij het bedrijfsleven, is een enquête uitgezet bij 18 koepelorganisaties en 32 bedrijven. Deze partijen komen uit het gehele domein. In de enquête is voor verschillende technologieën gevraagd of de partijen de genoemde technologie al gebruikten en er in investeerden, en of ze er potentie in zagen voor toekomstig gebruik, en dat ze daarmee investering in de technologie van belang vonden:

- A. Welke van de volgende technologieën gebruikt of ontwikkelt uw branche / organisatie / bedrijf?
- B. In welke van de volgende technologieën of toepassingen bent u geïnteresseerd en wilt u dit realiseren in pre-competitief onderzoek met derden (Publiek-Private-Samenwerking)?

Een samenvatting van de resultaten uit de enquête is weergegeven in de tabel hieronder. Voor beide deelprogramma's uit dit MMIP is veel animo vanuit het bedrijfsleven.

	Benodigd voor DP 1	Benodigd voor DP 2	Gebruik	Onderzoek
Artificial intelligence / machine learning		X	***	****
(Autonome) robots	X		***	***
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins	X	X	***	****
Datamodelering en standaarden		X	****	****
Decision support / simulaties / scenario-studies / monitoring & control	X	X	****	*****
Mens-computer interactie		X	**	**
Non-destructieve kwaliteitsmetingen	X		****	****
Sensoren	X	X	***	***

Bijlage: Nieuwe kennis en innovatieopgaven ‘Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food’ ondergebracht bij de afzonderlijke Missies.

Missie-gedreven ‘smart technologies in agro-horti-water-food’ zijn ondergebracht bij de MMIPs van de verschillende missies. Voor de volledigheid is de koppeling tussen de smart technologies en de missies ook in deze bijlage opgenomen.

	Missie A. Kringloplandbouw	Missie B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie	Missie C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied	Missie D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel	Missie E. Duurzame en veilige Noordzee, oceanen en binnenwateren	Missie F. Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld
Precision farming	X	X	X	X		
Food waste prevention & reduction		X		X		
Water-Energy-Food nexus/Smart water systems	X		X	X		X
Monitoring Biodiversiteit	X			X	X	
Personalised nutrition				X		
Last mile /e-commerce			X	X		
Trusted food supply chains				X		
Autonomous handling & packaging		X		X		
Adaptive food processing		X		X		
Fenotypering	X					
Adaptive horticulture	X	X	X			

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Precision farming / smart farming				
Sensoren		Ontwikkeling van nieuwe lichte en pervasive sensorsystemen - waaronder micro- en nanobots - gericht op indoor-navigatie, energiegebruik, emissies en koolstof-opslag ten behoeve van precisielandbouw, precisiedierhouderij en precisieverwerking.		
Datafictie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van methodes voor het meetbaar maken en managen van dierwelzijn, diergezondheid en biodiversiteit in verschillende omgevingen met aandacht voor productdifferentiatie en kringloop denken.		
Autonome robots		Ontwikkeling van autonome landbouwvoertuigen, drones: precisielandbouw heeft de laatste jaren een enorme vlucht genomen. de belangrijkste uitdagingen liggen op het beter afstemmen van vraag en aanbod, en het natuur-inclusief en energiezuinig produceren met oog voor biodiversiteit.		
Food waste prevention & reduction				
Datafictie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van computer vision algoritmen voor het nauwkeurig automatisch meten van voedselverspilling in de keten.		
Smart water systems / water-energy-food nexus				
Non-destructieve meetmethode		Ontwikkeling van geavanceerde 'on site' en 'real time' meettechnologieën voor waterkwaliteit en waterzekerheid: slimme en snelle detectiemethoden,		
Decision support		Ontwikkelen van modellen die opbrengst van zuiveringsinstallaties voorspellen met aandacht voor natuur-gebaseerde technologieën (green liver), membraanvervuilingen, zandfilters, tweede generatie korrelslib reactoren, etc.		
Sensoren		Ontwikkeling van zelflerende netwerken van sensors en soft sensors, alarmeringssystemen op basis van data mining algoritmes (zowel fore-casting als back-casting)		
Monitoring biodiversiteit				
Sensoren		Ontwikkelen methodiek voor automatische detectie en tellingen van indicator soorten		
Artificial intelligence		Ontwikkelen van de combinatie van Artificial Intelligence technieken, beeld herkenning en citizen science voor de interactieve ontsluiting van biodiversiteits-prestaties (van de landbouw)		
Datafictie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van methoden voor datafusie van in situ en verschillende remote sensing databronnen (Sentinel 1, Sentinel 2, Landsat) voor biodiversiteitsmonitoring		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Personalised nutrition				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Onderzoeken hoe onafhankelijk en wetenschappelijk valide Digital Dietary Advice kan worden gegeven op basis van verzamelde gezondheidsinformatie / levensstijl (o.a. door steeds geavanceerde human sensing) en modellen van kennis over interactie tussen voeding en gezondheid.		
Sensoren		Ontwikkeling nieuwe principes voor het niet-invasief meten van gezondheidsstatus (bijvoorbeeld via het 'slimme toilet').		
Non-destructieve metingen		Ontwikkeling nieuwe principes voor het niet-invasief meten van voedselinname, zowel via gedragsobservatie als biomarkers in het lichaam.		
3D food printing		Ontwikkelen van methodes voor het printen van gepersonaliseerde voeding met complexe structuren en functionele producteigenschappen.		
Last mile /e-commerce				
Decision support		Ontwikkeling van universeel concept waarbij last mile van alle aanbieders van online (vers en vries) bestellingen gezamenlijk en emissieloos bezorgd kunnen worden.		
Sensoren		Ontwikkelen van adaptieve zero emissie geconditioneerde bezorgwagen/fietsaanhanger, die de specifieke transportvolume en koudevraag van de bestellingen minimaliseert.		
Trusted food supply chains				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van privacy-veilige en concurrentie-veilige ketentransparantie door linked data standaarden en blockchains en blockchain-gelijke technieken toe te passen in de supply chain (Linked Food Data).		
Decision support		Ontwikkeling van het concept 'true transparency' op basis van data-uitwisseling in combinatie met beslissingsondersteuning, als alternatief voor certificering.		
Autonomous handling & packaging				
Autonome robots		Ontwikkelen van slimme camera-systemen die op een robuuste manier de vorm, kwaliteit en aangrijpingspunten van producten met hoge nauwkeurigheid en snelheid kunnen herkennen om producten met variabele vorm en gewicht autonoom te kunnen grijpen en verplaatsen voor sorteer-, verwerkings- en verpakkings-toepassingen		
Non-destructieve meetmethoden		Onderzoeken welke (combinatie van) non-destructieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, ...) een specifieke product/plant/diereigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/diereigenschappen.		
Adaptive food processing				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		- Ontwikkelen van productietechnologieën die het maken van kleinere productseries mogelijk maken (quick change-overs) en die beter met variatie van grondstoffen kunnen omgaan (reststroomverwaarding).		
Sensoren		Toepassen van nieuwe sensoren die directe kwaliteitsparameters kunnen meten (bijv. concentratie, uniformiteit, vervuiling) ipv zuiverheid. Dit leidt tot minder water, energie-input in het food processing proces.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Fenotypering				
Sensoren		Ontwikkeling van multi-sensor fenotyperings•technieken om gewas- en diereigenschappen, ziekten en plagen non-invasief en kwaliteit van voedsel geautomatiseerd kwantitatief te kunnen beoordelen.		
Non-destructieve meetmethoden		Onderzoeken welke (combinatie van) non-destructieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, ...) een specifieke product/plant/diereigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/diereigenschappen.		
Datafaticie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van modellen en AI technieken om autonoom opererende en lerende machines en/of robots voor fenotyperende handelingen in open teelten, kassen en in dierhouderij systemen te realiseren voor gebruik in de praktijk (high speed throughput, heldere classificatie, toetsbare resultaten)		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Adaptive horticulture				
Autonome robots		Ontwikkeling van indoor autonome robots (zie autonome robots).		
Datafaticie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Onderzoek naar verbeterde simulatiemodellen voor kasklimaat, energie- en waterverbruik in verschillende buitenomstandigheden, doorontwikkeling van bestaande klimaat en gewasproductiemodellen, en integratie van verschillende modellen, uitbreiding met nieuwe kennis (bijv. LED belichting, 3D gewasgroei etc.)		
Non-destructieve meetmethoden		Ontwikkeling van nieuwe vroegtijdige detectiemethodes voor gewasweerbaarheid, ziektes, plagen en biologische bestrijders.		
Sensoren		Ontwikkeling van nieuwe sensoren gericht op het begrijpen en monitoren van gewasfysiologie, groei, ontwikkeling,		