



**KENNIS
COALITIE**

Precisielandbouw

inspireren, creëren en waarderen

VAN PRECISIE- LANDBOUW NAAR SMART FARMING TECHNOLOGY

Corné Kempenaar
Corné Kocks



Colofon

Uitgave:
Kenniscentrum Agrofood en ondernemen,
Kenniscentrum Precisielandbouw
Tel 088 - 020 6000
www.kcagro.nl

Tekst
Corné Kempenaar en Corné Kocks

Oplage
200 exemplaren

Bestellingen
Kenniscentrum Agrofood en ondernemen
Siegrid van Dijk (secretariaat)
s.van.dijk@cahvilentum.nl
088 - 020 64 24
Publicatienummer 13-002
Lectoraat Precisielandbouw

© CAH Vilentum Dronten, Kenniscentrum Agrofood en ondernemen.
Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding





Inhoud

Colofon	2
Woord vooraf	7
1 Precisielandbouw, onze helicopterview	8
1.1 Akkerbouw	12
1.2 Melkveehouderij en grasland	16
1.3 Robotisering, automatisering en autonome voertuigen	21
2 Kennisvalorisatie en de Nieuwe Tijdsgeest	22
3 Doelen binnen het lectoraat	28
4 Activiteiten binnen het lectoraat	34
5 Ben er morgen nog	40
Bijlagen	
1 Geraadpleegde literatuur en websites	44



Woord vooraf

In een steeds uitdagender en competitief scenario is precisielandbouw veel meer geworden dan een nuttige optionele techniek. Door de voortdurend stijgende kosten voor o.a. brandstof, grondstoffen en personeel is precisielandbouw feitelijk voorwaardelijk aan het worden voor elk type landbouwer en elke bedrijfsgrootte. Daarnaast is er vanuit de samenleving een sterk groeiende vraag naar meer en kwalitatief hoogwaardig voedsel, echter in combinatie met een minimale milieubelasting en een maximale zorg voor veiligheid en welzijn. Landbouw met een substantieel hoger niveau van precisie, automatisering, technologie en integraal bedrijfsmanagement is daarvoor noodzakelijk. Op lange termijn dient precisielandbouw de landbouw naar *the next level* te brengen. Dan wordt het Smart Farming Technology waarbij een integrale benadering van alle bedrijfsmatige facetten gecombineerd wordt tot een duurzame precisie bedrijfsvoering. Het CAH Vilentum-lectoraat Precisielandbouw is in dat licht een krachtige impuls!

Het lectoraat Precisielandbouw van CAH Vilentum (Dronten, Almere) – in belangrijke mate gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken – zal gedurende 4 jaar door praktijkgericht onderzoek, kennisvalorisatie en onderwijsontwikkeling een belangrijke bijdrage leveren aan de ontwikkeling van precisielandbouw in Nederland en ook in het buitenland. Vanzelfsprekend zal dit uitsluitend kunnen plaatsvinden door intensieve samenwerking met partners in zowel het agrarische bedrijfsleven als het groene kennisnetwerk. Het Kenniscentrum Agrofood & Ondernemen is een belangrijk netwerk om expertise, middelen en communicatie effectief

in te zetten. Het uitbrengen van de onderhavige publicatie is daarvan een prima bewijs.

Hoewel er binnen de precisielandbouw bijna sprake lijkt van onbegrensde technische mogelijkheden, blijven landbouw en ondernemerschap toch altijd mensenwerk. De zorg voor goed opgeleide, competente mensen is minstens zo belangrijk als het ontwerpen en toepassen van technologie en automatisering. Het is dan ook een enorm pluspunt dat het lectoraat volledig ingebed is in het middelbaar en hoger agrarisch onderwijs (opleidingen, CoE en CIV). Door het duo-lectorschap is ook een samenwerking gerealiseerd met het wetenschappelijke onderzoek, in het bijzonder met Wageningen UR – Plant Research International waar veel strategisch onderzoek aan precisielandbouw plaatsvindt. Daar verwachten we veel van.

Niet in de laatste plaats wil ik echter ook de rol van de twee betrokken lectoren Corné Kempenaar en Corné Kocks benadrukken. Hun expertise, inzet en visie zijn uiterst belangrijk om precisielandbouw en *Smart Farming Technology* de gewenste rol en betekenis te laten vervullen in de ontwikkeling naar een duurzamere wereldvoedselvoorziening. Ik wens hun daarbij veel wijsheid.

Wim van de WEG
Hoofd Onderzoek & Ontwikkeling
CAH Vilentum

HOOFDSTUK 1

PRECISIE- LANDBOUW, ONZE HELICOPTER- VIEW

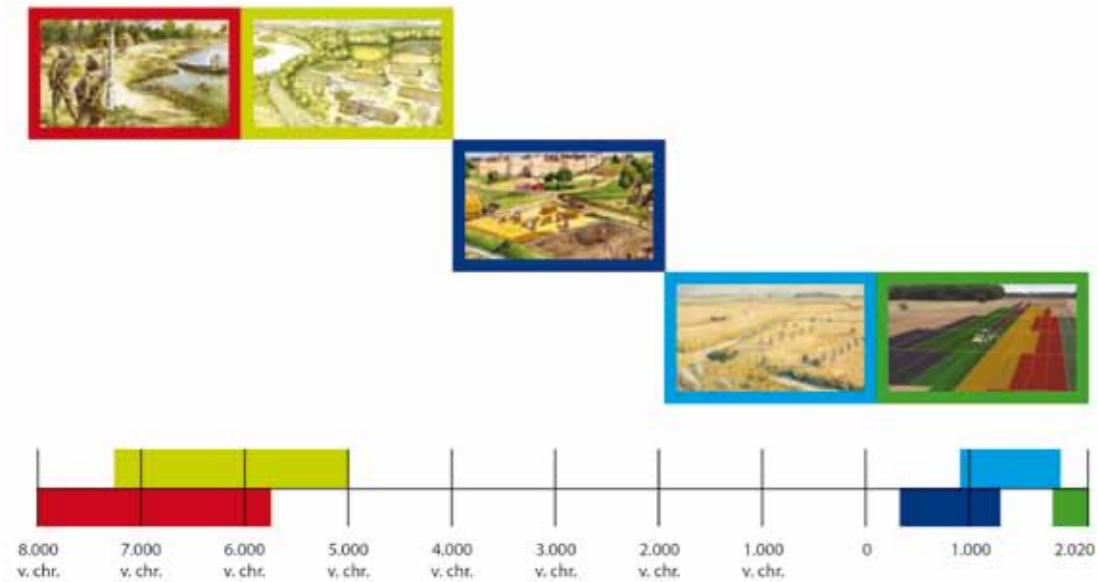


Meestal wordt een lectoraat door één lector ingevuld. In het lectoraat Precisielandbouw zijn twee lectoren actief. De reden is dat we meer toekomstmogelijkheden zien door samen het lectoraat uit te voeren en te komen tot een breed gebruik van de resultaten. We hebben daarbij wel een verdeling in thema's. Corné Kocks richt zich meer op onderwijs, ondernemerschap en melkveehouderij. Corné Kempenaar richt zich meer op onderzoek, netwerken (omgeving) en akkerbouw. Uiteraard zal er een nauwe samenwerking zijn tussen de lectoren.

Precisielandbouw is een vorm van landbouw, waarbij planten en dieren heel nauwkeurig die behandeling krijgen die ze nodig hebben. Deze definitie, geleend van Wikipedia, zegt iets over wat precisielandbouw doet, maar niet hoe zij het doet. Tijdens onze inaugurele rede willen we toelichten hoe precisielandbouw wordt uitgevoerd en in de toekomst uitgevoerd gaat worden en hoe wij met ons lectoraat daar een bijdrage aan willen leveren. We focussen ons op precisielandbouw in akkerbouwmatige teelten en in melkveehouderij. Daarmee is niet gezegd dat er geen perspectief is voor precisielandbouw in andere sectoren, misschien wel integendeel. Dit is echter zorgvuldig afgewogen en besloten om focus aan te brengen in ons lectoraat. Alle agrarische sectoren belichten zou leiden tot een oppervlakkige benadering van precisielandbouw. Daarnaast sluit deze focus goed aan bij de huidige marktontwikkeling, zoals in maart 2012 is vastgesteld in

een landelijke workshop (Startbijeenkomst lectoraat precisielandbouw CAH). Het meest in het oog springende deel van de definitie van precisielandbouw is 'het nauwkeurig behandelen van planten en dieren'. Wat is nauwkeurig behandelen? En, waarom kan het nauwkeurig?

Het antwoord ligt bij recente (lees afgelopen 100 jaar) ontwikkelingen in de landbouw, de techniek en de maatschappij. Landbouw is het geheel van economische activiteiten waarbij het natuurlijke milieu wordt aangepast ten behoeve van de productie van planten en dieren voor menselijk gebruik. De eerste vormen van landbouw zijn zo'n 7.000 tot 10.000 jaar oud, toen mensen ontdekten dat hun voedselzekerheid groter werd wanneer ze bepaalde planten gingen telen op daarvoor vrijgemaakte stukjes grond en gedomesticeerde dieren gingen houden voor productie van melk, vlees, wol, enzovoorts (Figuur 1).



Figuur 1: Visualisatie van de ontwikkeling van de landbouw met vijf beelden van internet. De tijdlijn is circa 10.000 jaar.

De landbouw ontwikkelde zich vervolgens in een langzaam tempo gedurende meerdere eeuwen. Er werden verschillende productiemethoden ontwikkeld en opbrengsten stegen langzaam, maar gestaag, min of meer in de pas met de groei van de wereldbevolking. Tot en met de 18e eeuw bestond de landbouw veelal uit veel en zwaar handwerk. Pas aan het eind van de 19e eeuw, kleine 100 jaar geleden, komt de landbouw op het gebied van technologie en ontwikkeling in een stroomversnelling terecht. We zien schaalvergroting, intensivering, specialisering, ratio-nalisering, globalisering, mechanisatie en automatisering in de landbouw. Hierdoor stegen de opbrengsten van de landbouw in de 20e eeuw relatief gezien veel sterker dan in de eeuwen er voor. Er ontstaat een vorm van moderne landbouw, die ook wel industriële landbouw genoemd wordt. Zonder twijfel heeft deze vorm van landbouw

veel bijgedragen aan de groeisput en welvaartsprong die de wereldbevolking in de 20e eeuw doormaakte.

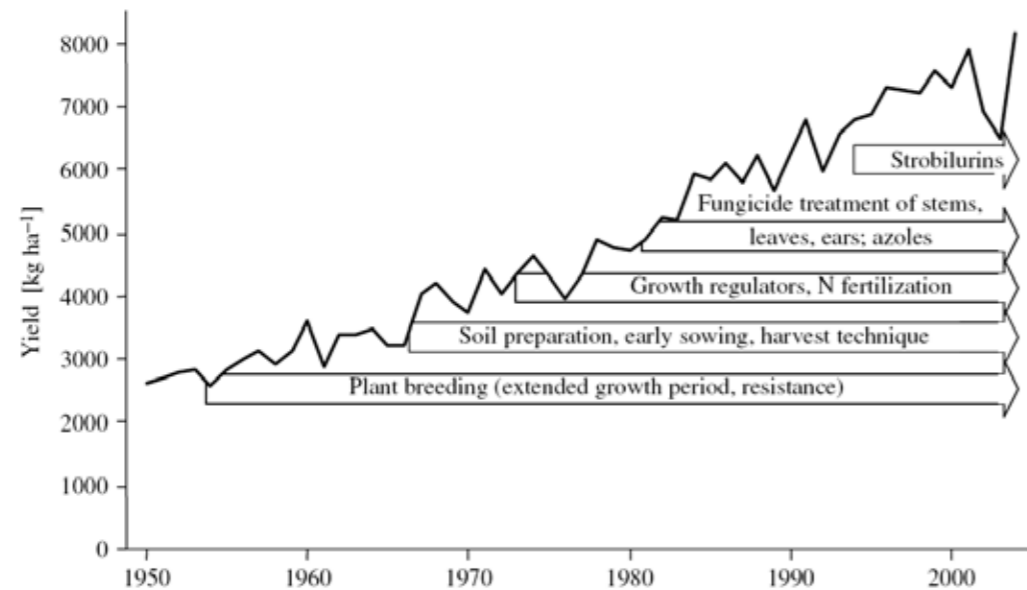
We plaatsen eerst de ontwikkelingsnelheid van precisie-landbouw in tijdsperspectief. De periode waarin de huidige landbouw zich ontwikkelde, ongeveer 10.000 jaar, komt overeen met ongeveer 400 generaties mensen (aangenomen dat een generatie 25 jaar duurt). De stroomversnelling waarin de moderne landbouw is ontstaan (periode van 100 jaar) omvat slechts drie tot vier generaties, ofwel 1 % van de gehele ontwikkelperiode van de landbouw.



1.1. Akkerbouw

We beschouwen eerst de ontwikkelingen in akkerbouwmatige teelten. Rabbinge & van Diepen (2000) concludeerden dat een aantal sleuteltechnologieën de sterke landbouwkundige opbrengststijging in de 20e eeuw mogelijk maakte. Het gaat hier om praktische doorbraken op het gebied van plantenveredeling, bemesting, irrigatie, agronomie, inzet van pesticiden en mechanisatie. Voor de tarweteelt in Duitsland heeft Oerke (2006) de opbrengststijging in de tijd gekoppeld aan de introductie van nieuwe technieken (Figuur 2). Ook hieruit blijkt een grote bijdrage van veredeling, grondbewerking, bemesting en gewasbescherming aan de opbrengststijging in de akkerbouw. Experts, waaronder wij, verwachten verdere stijging van opbrengst en kwaliteit door een integrale aanpak van de teelt via precisielandbouwtechnologie.

Stroomversnellingen brengen niet alleen goede ontwikkelingen te weeg. Als gevolg van eerder genoemde ontwikkelingen, legt de landbouw een steeds grotere druk op het milieu. Benodigde productiefactoren worden schaars en zijn soms zelfs eindig. In de 20e eeuw hebben we diverse voorbeelden van negatieve effecten van de landbouw op het milieu gezien. Daarbij valt te denken aan de emissies van pesticiden en nutriënten naar het milieu, de uitputting van grondstoffen en de verontreiniging van waterbronnen. Intensivering van de veehouderij leidde tot mestoverschotten en dierziekten, met soms ruimingen van zieke dieren op grote schaal. En ondanks het feit dat voedselzekerheid en -veiligheid nog nooit zo hoog was, leidden deze problemen tot een toenemend negatief beeld van de landbouw aan het eind van de 20e eeuw. We zien in deze nadelige effecten een ultieme kans voor precisielandbouw.



Figuur 2: Ontwikkeling van de tarwe-opbrengst in Duitsland als gevolg van diverse verbeteringen in de teelt (Oerke, 2006). In deze periode heeft vervanging van mechanische onkruidbestrijding en handwieden door chemische onkruidbestrijding sterk bijgedragen aan de stijging van productiviteit per persoon.

Het is noodzakelijk voor de landbouw om verder te verduurzamen. En precisielandbouw kan daar significant aan bijdragen. Precisielandbouw heeft het namelijk in zich om opbrengsten en kwaliteit te verhogen, kosten van inzet van middelen en van arbeid te verlagen en tegelijkertijd de nadelige effecten van productie op milieu en dieren te verminderen. Meer met minder, beter met minder, gericht met minder, preciezer met minder en dat alles op een rationele wijze. Op dit moment zijn de benodigde sleuteltechnologieën voor precisielandbouw min of meer beschikbaar: sensoren, plaatsbepalingstechnologie, internet, smartphones, mechanisatie/actuatoren/robotica, bedrijfsmanagementsystemen, GEO-statistiek (Kempenaar, 2010). We moeten het alleen nog *smart* maken.

Waar komt het idee van precisielandbouw eigenlijk vandaan? Onderzoekers van de Universiteiten van Minnesota en Oklahoma in de Verenigde Staten van Amerika vestigden in de tachtiger jaren van de vorige eeuw, voor het eerst de aandacht op de mogelijkheden van precisielandbouw. Zij introduceerden de termen *Site Specific Crop Management* en *Variable Rate Application*, (respectievelijk Plaats-specifiek gewasmanagement en Variabel doseren). De onderzoekers lieten zien dat variatie in bodemeigenschappen en gewasgroei meetbaar is met sensoren, dat deze informatie ruimtelijk weer te geven is met kaarten en dat de inzet van meststoffen geoptimaliseerd kan worden door deze af te stemmen op de variatie. Dit leidde tot voordelen voor de teler (hogere opbrengsten en lagere kosten) en het milieu (minder emissie). Onderzoekers van Wageningen UR, zoals Bouma (1996) en Goense (1998) brachten precisielandbouw naar Nederland in de jaren negentig van de 20e eeuw. Aanvankelijk was de belangstelling vanuit de landbouwpraktijk gering en afwachtend. Tegenargumenten waren dat de teelt in Nederland te kleinschalig was en al sterk geoptimaliseerd was op de vierkante meter. De laatste tien jaar zien we echter toenemende interesse vanuit de praktijk, vooral vanuit akkerbouwmatige teelten. Een voor-

beeld hiervan is het recente publiek-private samenwerkingsprogramma Programma Precisielandbouw (PPL). Maar er waren het afgelopen decennium ook diverse regionale initiatieven ter stimulatie van precisielandbouw in open teelten.

Wat is de kern van precisielandbouw?

De essentie van precisielandbouw is om planten en dieren nauwkeurig die behandeling te geven die ze nodig hebben. Hiervoor is een aantal zaken nodig (Kempenaar, 2010). Op de eerste plaats gaat het om automatische **detectie** via sensoren die variatie in bodem, gewas of diergedrag kunnen meten. Verder is plaatsbepalingstechnologie nodig, ook wel GNSS (*Global Navigation Satellite System*) of GPS (*Global Positioning System*) genoemd, om de gemeten variatie ruimtelijk in kaart te brengen en te geo-refereren. We gebruiken in vervolg de afkorting GPS. Vervolgens zijn beslissingsondersteunende systemen (decision support systems) nodig. Het gaat hier om **beslisregels** en modellen die gemeten variatie vertalen in acties die nauwkeurig afgestemd zijn op bodem, plant of dier en rekening houdend met economie en milieu. De **uitvoering**: hiervoor zijn speciale actuatoren (techniek c.q. mechanisatie op maat en zo autonoom mogelijk) nodig die de acties plaats-, plant- of dier-specifiek kunnen uitvoeren. Tot slot **evaluatie**, bij voorkeur geautomatiseerd en met sensoren.

Als deze kernelementen op slimme wijze bij elkaar gebracht worden, dan is het in principe mogelijk nieuwe concepten te ontwikkelen, nieuwe technologieën in te passen en kennis te genereren. In de open teelten gaat het om plaats-specifieke grondbewerking, variabele plantdichtheid bij zaaien of poten, variabel doseren van meststoffen en pesticiden, beregeningsplanning, opbrengst en kwaliteitsmonitoring en selectief oogsten en bewaren. Een eerste doorbraak met precisielandbouw in de Nederlandse akkerbouw is het variabel doseren van loofdoormiddelen in consumptieaardappelen. Vanaf 2009 is deze toepassing praktijkrijp en wordt op beperkte schaal

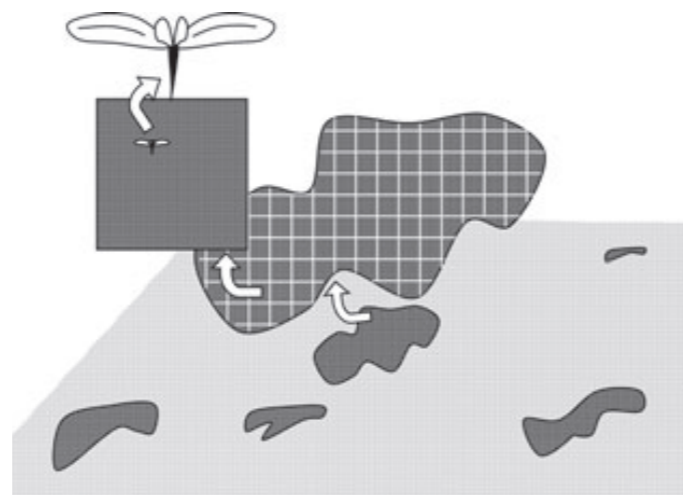
toegepast door telers die werktuigen hebben met de benodigde sensoren. Validatie in de praktijk van deze precisie-landbouwtoepassing toonde 49% besparing op gewas-beschermingsmiddelengebruik ten opzichte van de gangbare praktijk (Kempenaar et al., 2009).

Als naar de huidige akkerbouwpraktijk gekeken wordt, zien we dat de toepassing van sensoren in combinatie met het plaats specifiek inzetten van teeltmaatregelen, nog beperkt is. Er zijn diverse sensoren op de markt gekomen, die allerlei eigenschappen kunnen meten aan bodem of gewas, van dichtbij (near sensing/proximity sensoren) of van veraf (remote sensing vanuit satellieten). De instelling van het satelliet-dataportaal door de Nederlandse overheid verlaagt de drempel tot het gebruik van satellietdata in de landbouw. De resultaten moeten nog wel geogost worden. In Nederland is het gebruik van optische satellietbeelden van gewasgroei nog marginaal, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld Frankrijk waar op meer dan 600.000 ha akkerbouw (tarwe, gerst en koolzaad) monitoring van gewasgroei met satellietbeelden via het Farmstar-systeem gedaan wordt.

We zien de laatste jaren een snelle groei van gebruik van plaatsbepalingstechnologieën en stuursystemen in de Nederlandse akkerbouw (*high tech* onderdelen van precisie-landbouw). Naar schatting wordt al op meer dan 20 % van de bedrijven met dergelijke technieken gewerkt. In 2007 was dit nog minder dan 10 % (Van der Schans et al., 2008). Dit in tegenstelling tot de inzet van sensoren bij aansturing van teeltmaatregelen. Dit gebeurt thans op minder dan 1 % van de bedrijven. Gebruik van GNSS en stuursystemen levert naast arbeidsgemak ook een besparing van 5–10 % in het gebruik van pesticiden en meststoffen. Wanneer dit uitgebreid wordt met sensor gestuurd telen, dan verwachten we dat deze besparingen meer dan verdubbelen. Overigens is de snelle introductie van besturingssystemen in de akkerbouw vooral het gevolg van het gemak en plezier die ze leveren.

Hoe precies kan precisie-landbouw worden?

Het is goed om hier rekening mee te houden bij het plannen van initiatieven. Op welke schaal worden behandelingen straks plaats specifiek uitgevoerd? Een indeling van Christensen et al. (2009) (Figuur 3) is bruikbaar in akkerbouwmatige teelten. Nu is de behandeling van percelen uniform. Een enkele keer wordt op een wendakker of aan de rand van een perceel een teeltmaatregel iets minder/meer intensief uitgevoerd, maar veelal nog handmatig. Steeds meer zal een behandeling per baan, bed of vlak binnen een perceel geoptimaliseerd worden. Zowel de sensoren als de actuatoren zijn beschikbaar. Voor de langere termijn wordt individuele behandeling van planten en plantorganen mogelijk.



Figuur 3: Schaalniveaus waarop precisie-landbouw uitgevoerd kan worden: binnen haarden of vlakken (grids) dan wel individueel per plant (Christensen et al., 2009)



1.2. Melkveehouderij en grasland

Ook de melkveesector is bekend met precisielandbouw. In deze sector worden termen gebruikt als *precision livestock farming*, *precision dairy farming*, sensortechnologie en precisielandbouw. Het brengt ons direct bij de vraag: wat is de precisielandbouw in de veehouderij? Richtten we ons daarbij op het dier, het voer, het gewas of het bedrijf. Kocks & Wezeman (2013) toonden aan dat melkveehouders verschillend denken over precisielandbouw. In een onderzoek onder melkvee-houders in Midden-Nederland bleek dat GPS-toepassingen, plaatsspecifieke bemesting in één adem genoemd worden met antibioticareductie, melkcontrole, melkrobot, stappen-teller en automatisering. De ene groep melkveehouders denkt bij precisielandbouw aan activiteiten op het land terwijl de andere groep vooral denkt aan koemanagement. Vergelijkbare resultaten werden gevonden in onderzoek bij HAS Hogeschool (Roelofs & Wierckx, 2012).

Een melkveehouder kan precisielandbouw toepassen in de stal én op het land. De productie van gras, maïs en andere voedergewassen vraagt om een akkerbouwmatige benadering. De daarbij te onderscheiden activiteiten als grondbewerking, zaaibedbereiding, zaaien, maaien, bemesten, oogsten en inkuilen zijn allen akkerbouwmatige handelingen. Voor het toepassen van precisietechnologie zou de melkveehouder uitstekend gebruik kunnen maken van de ontwikkelingen in de akkerbouw. Ze zouden daar een volgersrol kunnen hebben, of geven hun loonwerker daar expliciet een precieze rol in.

De toepassing van precisielandbouw in de stal is een plek van *high tech* ontwikkeling en innovatie. De melkveehouderij gebruikt al jaren stappentellers en past nauwkeurige melkcontrole per individuele koe toe. Door de komst van sensoren, melkcomputers en melkrobots werd het steeds beter mogelijk om individueel per koe nauwkeurig te meten en te registreren. Door de geavanceerde technologieën werd de melkkwaliteit intensief gecontroleerd en werden kwalitatieve en/of kwantitatieve verbeteringen gerealiseerd van de dierlijke productie

en werd een duurzamere veehouderij mogelijk (Hutala et al., 2007, Ipema et al., 2011, Lokhorst & Berckmans, 2011). Deze verbeteringen hebben voordelen voor het dier (bijvoorbeeld eerdere signalering van gezondheidsproblemen), voor de veehouder (sneller ingrijpen, problemen verergeren niet), voor het milieu (betere benutting van voer) en voor het bedrijf (hogere efficiëntie).

Decennia lang volgen melkveehouders de bewegingen van het melkvee (Hertem et al., 2011). De eerste bewegingstellers werden in de jaren 80 van de vorige eeuw ontwikkeld. Die werkten met een kwikbolletje dat bij iedere stap of halsbeweging even contact maakte met een schakelaartje. Een aantal tellers werkt nog steeds volgens dit principe, waarbij het kwik vervangen is door kogeltjes of waterbolletjes. Andere fabrikanten zijn overgestapt op een nieuwere meettechniek: de accelerometer of G-sensor. Deze meet niet letterlijk de stap, maar het moment dat er een versnelling optreedt ten opzichte van de uitgangssituatie. Zo is men in staat om te bepalen of een beweging voor- of achteruit is. Het is ook mogelijk om drie-dimensionale bewegingen te volgen en zo te weten wanneer en hoe de koe beweegt. Sinds enkele jaren is men ook zeer succesvol met het individueel voeren van koeien (voercomputers) en is de veehouderij actief bezig met het ontwikkelen van GPS in de stal (koeplaatsbepaling).

Hoe bruikbaar of noodzakelijk is precisielandbouw voor de veehouderij?

De bruikbaarheid van precisielandbouw is mede afhankelijk van de omvang van de veestapel. Heeft een veehouder slechts 20 melkkoeien, dan zijn die goed te volgen door de veehouder zelf. Dat lukt al minder bij 60 koeien en als de veestapel nog groter is, dan is individuele controle van koeien door de veehouder bijna onmogelijk. Juist dan fungeert precisielandbouw/sensortechnologie als een extra stel ogen en oren voor de veehouder. De steeds verdergaande schaalvergroting dwingt de veehouder om de koeien als een homogene groep

te behandelen. Terwijl de verschillen tussen individuele koeien juist groot zijn (Lokhorst & Berckmans, 2011). Daarom is het volgen van individuele dieren noodzakelijk.

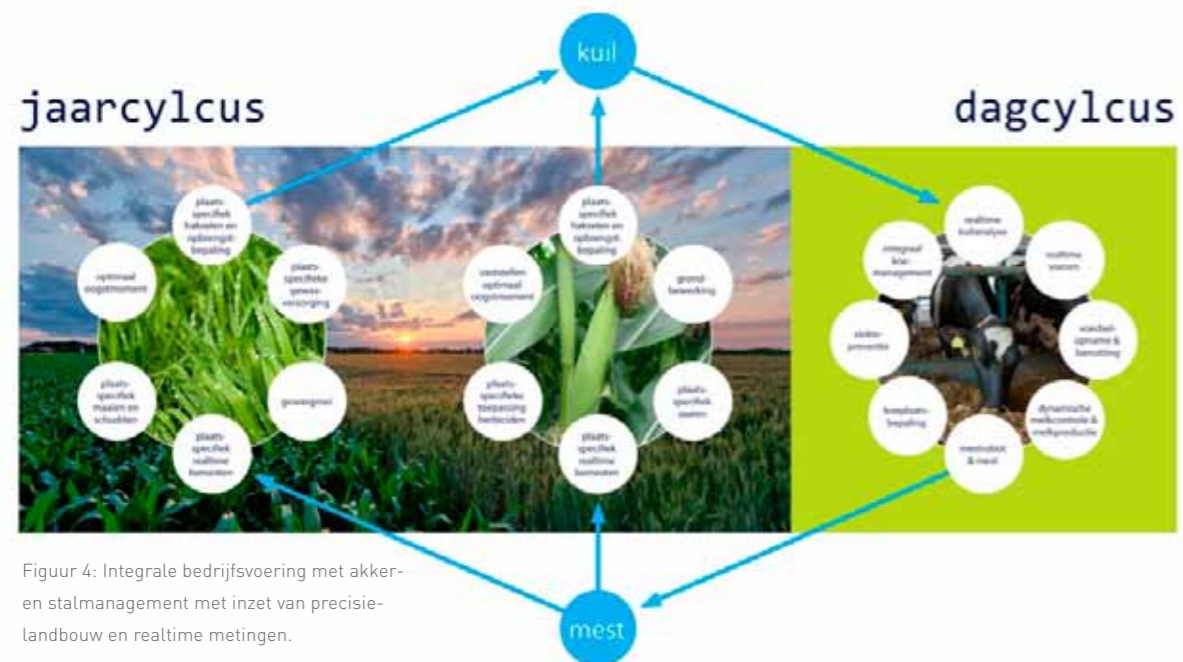
De laatste vijf jaar zien we dat steeds meer wordt nagedacht over de toegevoegde waarde van *real time* data van individuele dieren. We zijn al in staat om een enorme hoeveelheid aan data te verzamelen van waaruit nieuwe vragen ontstaan. Hoe kunnen we toegevoegde waarde creëren in dierlijke productieketens met *real time* gegevens van individuele dieren? Welke methoden voor dieridentificatie, locatiebepaling, en andere sensortechnologieën zijn hierbij effectief? En welke data opslag, -uitwisseling en -verwerking van *real time* gegevens is effectief? Deze vragen worden op dit moment onderzocht op diverse plekken in Nederland, waaronder Wageningen UR – Livestock Research en Dairy Campus. HAS Hogeschool, Van Hall Larenstein en CAH Vilentum werken binnen een KIGO project ook mee aan het oplossen van dergelijke vraagstukken en proberen zo de vernieuwingen in te bedden in het onderwijs.

“Grootschalig boeren en tegelijk elk dier – of elk stukje van je perceel – de kleinschalige aandacht geven die het verdient: dat is de meerwaarde van precisielandbouw”, zegt prof. dr. ir. Wouter Saeys (5 maart 2013, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, KU Leuven). De ultieme uitdaging ligt bij de integratie van diermanagement én akkermanagement om zo te komen tot een totale integrale, precieze bedrijfsvoering. Ons lectoraat wil daarbij ondersteunen en wil daarbij vooral het nog minder ontgonnen gebied van de integrale benadering van koe en akker bestuderen. Bewust kiezen we hier voor de term akker. We zien een toekomst voor ons waarbij de veehouder zijn percelen als een akkerbouwer gaat bewerken en dit daardoor beter onderdeel van de hele bedrijfsvoering maakt. De productie van gras en maïs zal meer en meer beïnvloed worden door de mogelijkheden van precisielandbouw.

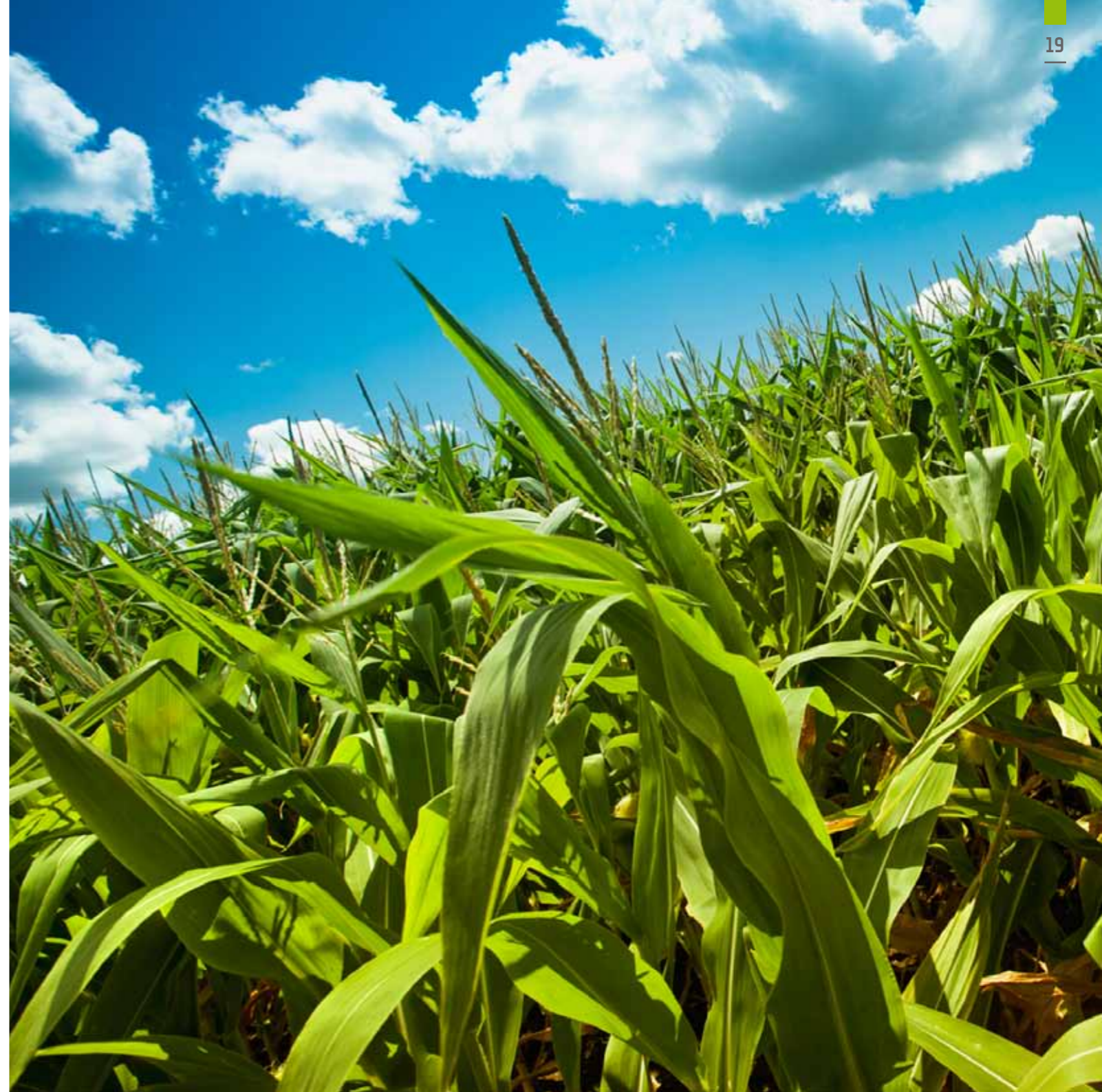


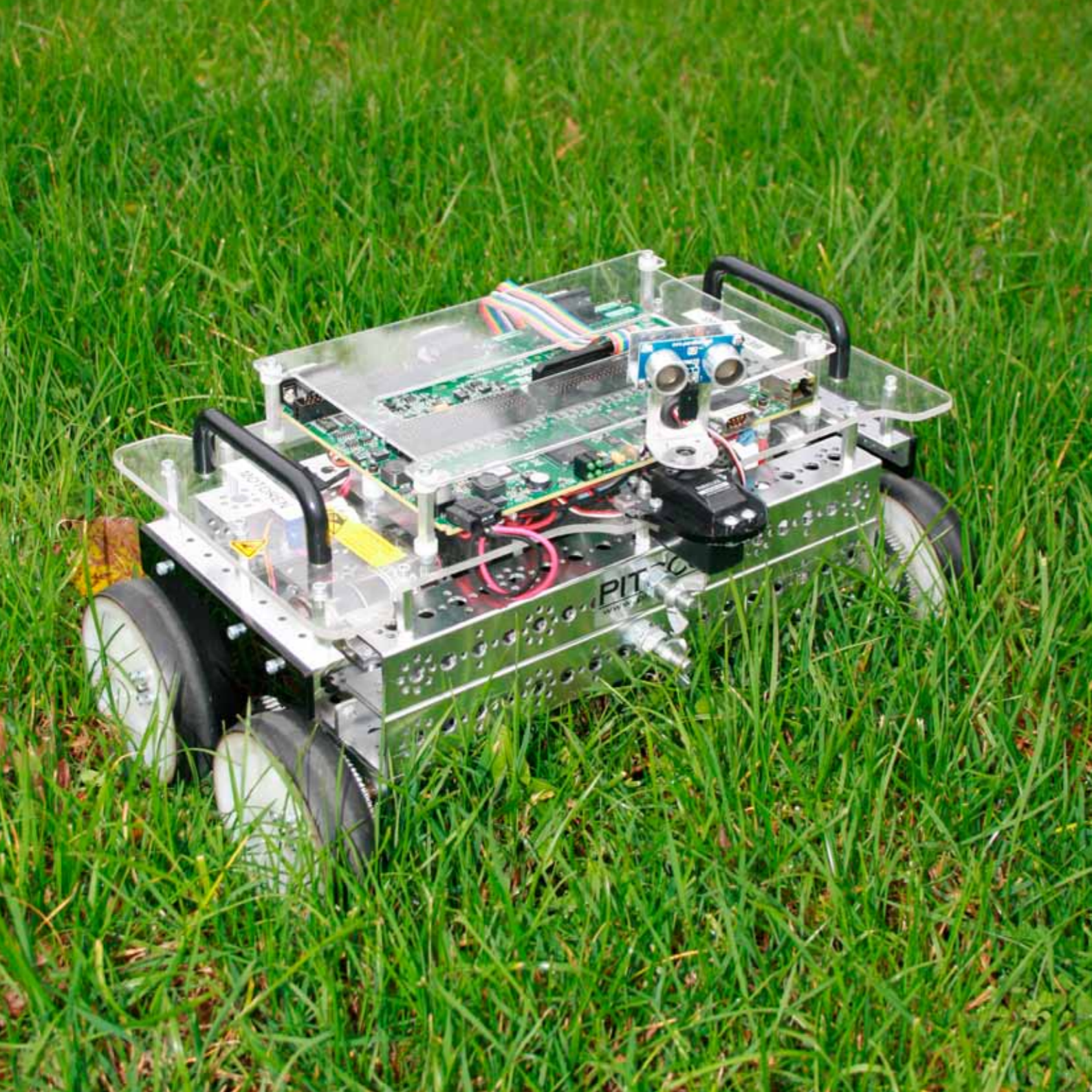
De grootste opdracht met betrekking tot het akkermanagement is de bewustwording bij de veehouder en zijn loonwerker. De steeds strengere milieuwetgeving heeft voor veehouders verstrekende gevolgen. Het mineralenmanagement moet steeds beter op orde zijn. Dit kan onder andere door het maken van een goede rantsoenberekening, maar het is daarnaast ook belangrijk om te bemesten volgens de norm. Belangrijk daarbij is de wijze van het aanwenden van kunstmest. Het Lozingenbesluit Open Teelt en Veehouderij stelt in art. 16 een kantstrooi-inrichting verplicht. Precisiebemesten gaat hierdoor een vlucht krijgen in de veehouderij. Dat betekent ook plaatsspecifiek, op basis van opbrengstpotenties van elke m² van het perceel. Voorbeelden hiervan zijn inzet van (vloeibare) kunstmest in combinatie met drijfmest in één werkgang emissiearm en plaatsspecifiek toedienen, zodat tijd, energie en kunstmest bespaard worden.

We willen nog een stap verder gaan met betrekking tot een integrale, precieze bedrijfsbenadering. Daarbij verbinden we jaar- en dagcycli met elkaar om zo akker en stal aan elkaar te koppelen (Figuur 4). Sleutelwoorden hierbij zijn *real time* metingen aan kuil kwaliteit en voerrantsoen, *real time* metingen melkcontrole, dunne en dikke fractie van de mest (vooruitkijkend naar het afschaffen van het melkquotum in 2015), plaatsspecifiek bemesten, zaaien en gewasverzorging, optimale gewasopbrengsten, dagelijks signalering van gezondheidsproblemen bij koeien en nog slimmer gebruik van datastromen en kengetallen. Het vernieuwende van deze integrale bedrijfsbenadering is dat we hier te maken hebben met een andere conceptuele benadering van de bedrijfsvoering, namelijk actieve koppeling van koe en akker en het *real time* meten en monitoren van koeien.



Figuur 4: Integrale bedrijfsvoering met akker- en stalmanagement met inzet van precisie-landbouw en realtime metingen.





1.3. Robotisering, automatisering en autonome voertuigen

Aangepaste technologie is een vereiste bij precisielandbouw. Als deze technologie in combinatie met sensoren en beslisregels min of meer autonoom uitgevoerd wordt noemen we het robotica. Recent zagen we al voorbeelden van robotisering hun intrede doen in de landbouw (van Henten, 2013). Eén van de sterkste staaltjes *high tech* op boerenbedrijven is misschien wel de melkrobot. Via sensoren, software en lasertechniek werkt hij 24 uur per dag zeer nauwkeurig met een van de meest onvoorspelbare bedrijfsonderdelen: levende dieren met een eigen wil. De melkrobot heeft daarbij ook nog eens de meeste impact op de bedrijfsvoering en het privéleven van een melkveehouder. Ook voor de rest van het bedrijf is er een wereld aan zelfdenkende technieken te krijgen. Zo zijn er ruwvoerrobots, kalverdrinkautomaten, staklimate systemen, mestschep robotjes (mestrobot), voeraanschuifrobotje, oprijfhekken en kuil afdeksystemen.

In de akkerbouw zien we nog relatief weinig robotisering. Een voorbeeld van robotisering is onkruidrobot Ruud, die ongeveer drie jaar geleden ontwikkeld is door Wageningen UR – Plant Research International en een consortium van onder andere biologische melkveehouders en constructeurs (Van Evert et al., 2011). Deze robot kan autonoom door het veld navigeren en zuringplanten detecteren en uitboren. Op het gebied van detectie en bestrijding van aardappelopslag in suikerbieten, detectie en bestrijding van onkruiden in in rijen gezaaide akkerbouw- en groentegewassen, en autonome spuiten in de fruitteelt zijn perspectievolle robotiseringsresultaten geboekt (onder andere Nieuwenhuizen, 2009 en Kempenaar et al., 2013). Op het vlak van robotisering is echter nog veel meer mogelijk in de toekomst. Om dit economisch haalbaar te maken in de akkerbouw, is intrede van autonome navigatie van machinedragers dan wel trekkers min of meer een voorwaarde. Pas dan kunnen teeltmaatregelen selectief op de schaal van individuele planten of plantorganen ingezet worden. De verwachte lagere capaciteit kan dan gecompenseerd worden door lagere arbeidskosten. De akkerbouwer kan met

lichtere en/of kleinere trekkers en machines werken wat voordelen geeft voor de bodem (minder bodemverdichting). Bij de ontwikkeling van autonome voertuigen is het van belang dat er aanvullende slagen gemaakt worden met veiligheidsvoorzieningen op deze voertuigen (Heijting et al., 2013)

Er wordt wereldwijd op diverse plaatsen gewerkt aan autonome voertuigen en robotisering voor de landbouw. Een voorbeeld is het Smartbot project waarin onder andere Rijks Universiteit Groningen en Wageningen University participeren. Vanuit het lectoraat willen we ook aansluiten bij activiteiten van het Robottechniek Lab van het Technocentrum in Almere. In 2010 is het Technocentrum en Het Platform Beroeps- onderwijs gestart met de ontwikkeling van een Robottechniek Lab. Er ligt inmiddels een prachtige kans om een vernieuwend laboratorium in Almere te realiseren, met breed draagvlak, bloeiende activiteiten en een (inter)nationale uitstraling. Bij dit initiatief was ook het hbo onderwijs betrokken: Windesheim Flevoland, Hogeschool van Amsterdam en CAH Vilentum. Dit initiatief past uitstekend bij de ontwikkeling van autonome voertuigen en andere agrarische robots.

De benodigde automatisering (ICT) voor precisielandbouw willen we ook vinden bij aanbieders en consortia in de markt. Het is van groot belang dat er internetplatforms komen met webapplicaties die het mogelijk maken om verschillende geodata te kunnen combineren en te vertalen in adviezen voor precisielandbouwtoepassingen. Op dit moment is de gebrekkige communicatie tussen managementpakketten, webservices/apps, boardcomputers van trekkers en besturingssystemen van machines een rem voor de ontwikkeling van precisielandbouw.

HOOFDSTUK 2

KENNIS-
VALORISATIE
EN DE NIEUWE
TIJDSGEEST

“Kennisvalorisatie is eigenlijk alles wat je kunt doen om de waarde van kennis te laten zien. Kennis zoekt bestemmingen, zoekt nut”, Sijbolt Noorda, 2012, voorzitter van de Vereniging van Universiteiten. Valorisatie is iets dat hoort bij onderwijs en onderzoek. Binnen het hoger onderwijs is kennisvalorisatie omschreven als ‘het proces van waardecreatie uit kennis, door kennis geschikt en/of beschikbaar te maken voor economische en/of maatschappelijke doelen en te vertalen in concurrerende producten, diensten, processen en nieuwe bedrijvigheid’.

Je kunt het eigenlijk niet zo vreemd bedenken of je vindt wel een voorbeeld waar kennis wordt getransformeerd in nieuwe producten, nieuwe toepassingen en nieuwe zienswijzen. Dit doen wij ook met betrekking tot precisielandbouw. We richten ons bewust op de transformatie van een technologische ontwikkeling tot een integrale bedrijfsbenadering, de ontwikkeling van precisielandbouw tot Smart Farming Technology. Dat betekent slim gebruik maken van strategische bedrijfskeuzes met technologische innovaties.

Valorisatie is de gedachte dat losse ingrediënten gecombineerd worden tot een nieuwe conceptuele benadering van de strategische bedrijfsvoering. Voor het lectoraat Precisielandbouw betekent dit het combineren van losse, soms individuele onderdelen van of uit de precisielandbouw. Deze losse onderdelen worden bijeen gebracht, gekoppeld en gericht op operationele en strategische besluitvormingsprocessen (Figuur 5). We koppelen korte en lange termijn (van real time naar zesjarig bouwplan), biologie van de plant en techniek, ICT en advies, arbeidsfilm en machinepark, investeringen en terugverdientijd, diermanagement en datahandling, gewasgroei en kuil kwaliteit, organische mest en bemestingsstrategieën, etc. Na deze integratie en transformatie ontstaat de *Smart Farming Technology*.

Smart: Het combineren van losse onderdelen maakt het slim. We willen meer intelligentie toevoegen door integrale benaderingen.

Farming: Het betreft ook de visie van de ondernemer zelf. Hij zal besluiten nemen en strategische keuzes moeten afwegen tegen operationele keuzes

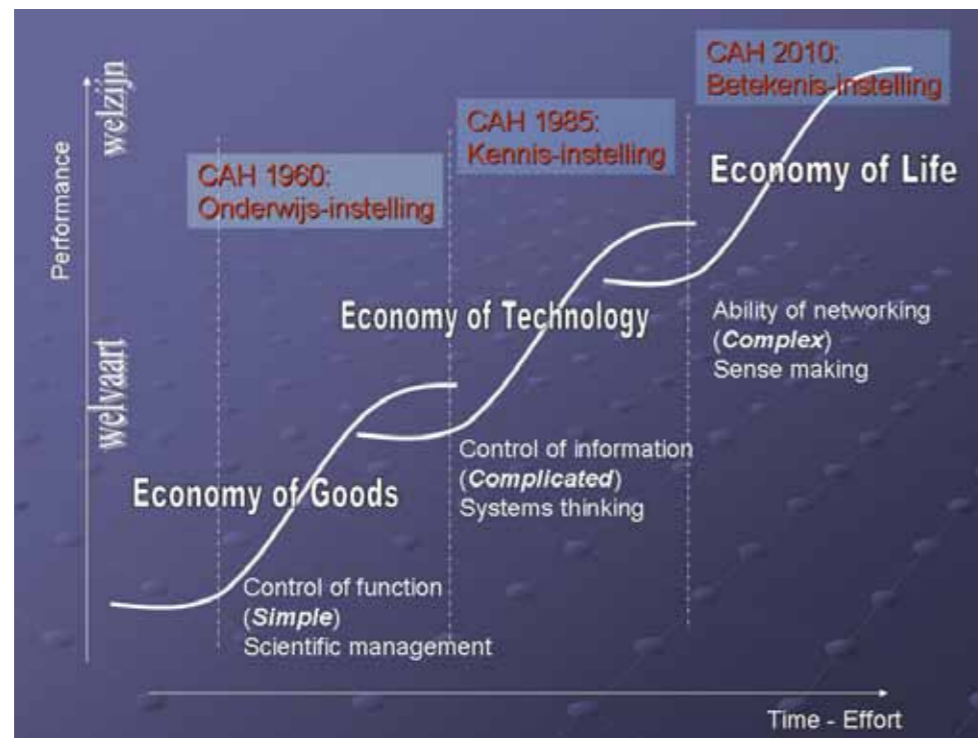
Technology: De combinatie van smartphones, tablets, ICT, satellieten, sensoren, trekkers, etc.



Figuur 5: Transformatie en integratie van losse onderdelen van de precisielandbouw tot Smart Farming Technology.

CAH Vilentum is twee tot drie jaar geleden begonnen met het opnieuw bepalen van de identiteit (zogenoemde Economy of Life). In Figuur 6 is de ontwikkeling over de decennia uitgebeeld. CAH Vilentum beweegt zich momenteel in de tweede en derde curve, in het gedachtegoed van *control of information (systems thinking)* en in *ability of networking (sense making)*. En dat is ook zo met dit lectoraat Precisielandbouw. We zoeken naar optimale inzet van individuele technologische hoogstandjes (*Economy of Technology*) en anderzijds kiezen we voor een conceptuele benadering waarbij *sense making*

en duurzame integrale bedrijfsvoering voorop staan. Deze nieuwe zienswijze van *ability of networking* is ook te herleiden in het ontstaan van CIV's (Centra Innovatieve Vaardigheden) en CoE's (*Centres of Expertise*). Dit is voor het onderwijs duidelijk een nieuwe fase. Het betekent ook een andere rol van het onderwijs in de relaties die zij heeft met maatschappij, het bedrijfsleven en het onderzoek. Het is de tijd van de kennisvalorisatie, de tijd van de valorisatiemix, de tijd van de 6 O's (Figuur 7).



Figuur 6: De ontwikkeling van CAH Vilentum van onderwijsinstelling tot betekenis-instelling.

De 6 O's staan voor: Ondernemers, Onderneming, Onderzoek, Overheid, Omgeving en Onderwijs. Alle zes zijn als een soort matrix (de precisiematrix) uitgebeeld (Figuur 7). Ze hebben allen hun eigen weg, visie en ontwikkelingssnelheid, terwijl ze allen ook aan precisielandbouw werken. Dat doen ze individueel, maar ook samen. Vaak ontstaan dwarsverbindingen, samenwerkingsverbanden, cross-overs en telkens zal ook één van deze partijen als de *leading edge* fungeren. Doelstelling hierbij is dat we een integrale aanpak kiezen die leidt tot een duurzame verbetering bij alle 6 O's. Deze integraliteit komt overeen met de transformatie van precisielandbouw naar *Smart Farming Technology*. In beide situaties gaan we van individuele toepassing naar integrale conceptuele zienswijzen. Binnen ons lectoraat werken we zo aan een aantal gezamenlijke activiteiten, die de regionale, nationale en internationale impact van het onderwijs en het bedrijfsleven kunnen versterken. Zo ontstaan er strengen van coalities tussen innovatie, wetenschap en het midden- en kleinbedrijf (MKB), waar de maatschappij en eindgebruiker (omgeving en ondernemer) uiteindelijk de vruchten van plukken. Dit is wat wij binnen ons lectoraat de precisiematrix noemen. Wij werken aan kenniscreatie en kennistransfer en beogen een coördinerende en stimulerende impuls te geven met de 6 O's. Er is intensieve samenwerking tussen de 6 O's, bijvoorbeeld op het gebied van cont(r)acten met het bedrijfsleven, bevordering van ondernemerschap & ondernemerschap gericht onderwijs en ontwikkeling van innovaties voor het onderwijs. Dat is nodig om *Smart Farming Technology* te laten ontstaan en groeien.

Valorisatie moet geregeld worden. Volgens ons ligt de sleutel van het succes bij één cruciaal onderdeel, namelijk het toepassen van een innovatie-ecosysteem voor de idee-eigenaar (ontwikkelaar van oplossingen). Om ons lectoraat dan ook in een innovatie-ecosysteem te brengen, hebben wij een structuur ontwikkeld die uitgaat van een integrale benadering van



Figuur 7: De 6 O's in het innovatie-ecosysteem.

precisielandbouw waarbij minimaal drie van de 6 O's betrokken zijn. Zo kunnen we in onze coalities vol overtuiging deuren openen, strategische verbindingen leggen, businesscases ontwikkelen en zo telkens de behoefte van de idee-eigenaar en zijn klant bedienen. Omdat precisielandbouw zo *high tech* is, ontwikkelt het zich nog sneller dan we kunnen toepassen en nieuwe ontwikkelingen leiden tot nieuwe vragen. Een idee-eigenaar heeft daarom niet meer alle kennis en vaardigheden in huis om individueel te blijven ontwikkelen. Daarom zien wij in het innovatie-ecosysteem een interdisciplinaire situatie, die bijdraagt aan het verder ontwikkelen van precisielandbouw. Dit zal uiteindelijk leiden tot toegevoegde waarden voor gebruikers en afnemers van precisielandbouwproducten. Als zij de toegevoegde waarde ervaren, is er sprake van innovatie die wordt toegepast in de praktijk.

In het lectoraat is samenwerking tussen de verschillende disciplines de basis van het succes. Wij zijn er van overtuigd dat we met alleen technologie niet alles kunnen oplossen. Technologie is belangrijk, maar we hebben die andere delen van de kennisketen nodig, zodat de dingen elkaar versterken. Wij richten ons op twee modellen:

1. Co-creatie: een situatie waarbij een organisatie waarde-creatie laat plaatsvinden door een samenwerking aan te gaan met een groep consumenten, eindgebruikers of andere belanghebbenden. Het is een vorm van creatieve innovatie. Essentieel bij co-creatie is *concepting*. Bij *concepting* wordt gekeken naar het product om vervolgens samen te onderzoeken hoe je meer waarde kunt toevoegen aan het product. Dat doen we vanuit een kenniscoalitie (of een innovatiecluster). Het zijn de concrete praktijkinnovaties die betrokkenen activeren tot actieve netwerking, *cross-overs* en *crowd sourcing*. Vaak leidt dit ook tot nieuwe coalities met andere ondernemers, hogescholen en onderzoekers uit andere sectoren. Momenteel participeren wij in het traject Smart Farming (Noordoost-polder) waarin onderzoek, bedrijfsleven, technologie en onderwijs met elkaar worden verbonden om zo tot een businesscase te komen die rijp is voor de toekomst. Daarnaast is ons onderzoek aan de Roodbeenweg en Wisentweg ook een voorbeeld van co-creatie.

2. Technologisch één-tweetje: technologische innovatie voor individuele bedrijven waarbij de *Intellectual Property* (IP) van het bedrijf gewaarborgd blijft en studenten en docenten zo participeren in het ontwikkelen van nieuwe technologieën. Voorbeelden waar we al mee bezig zijn, is het onderzoek naar algoritmen koe-plaatsbepaling, ontwikkeling schoffelrobot & optimalisatie van bemonsteringspatronen en het praktijkrijp maken van een agrotechnologische ontwikkeling. Inmiddels zijn de eerste vragen ook binnen gekomen om businesscases

te ontwikkelen voor het verder exploiteren van de technologische ontwikkelingen zoals een nieuwe applicatie, een nieuwe beslisregel of een terugverdienmodel.

Met co-creatie en technologische één-tweetjes willen wij kennis geschikt en/of beschikbaar maken voor economische en/of maatschappelijke benutting en vertalen in concurrerende producten, diensten, processen en nieuwe bedrijvigheid. Onze langetermijndoelstellingen binnen het innovatiecluster Precisielandbouw, richten zich daarbij vooral op:

A Kennisvalorisatie leidend tot aansprekende regionale showcases;

B Kenniscreatie en -valorisatie voor de agrarische sector (ondernemers inclusief periferie), overheden en maatschappij;

C Kennisvalorisatie leidend tot het ontwikkelen van broedplaatsen voor startende ondernemers;

D Ontwikkelen en aanbieden van excellent ondernemend onderwijs.



Valorisatie en duurzaamheid

Econoom Herman Wijffels is oud-voorzitter van de Sociaal Economische Raad en tevens hoogleraar Duurzaamheid en Maatschappelijke Verandering aan de Universiteit van Utrecht. Wijffels: "Kennisvalorisatie gaat wat mij betreft over het ten dienste van de maatschappij brengen van nieuwe kennis, door die kennis te vertalen in praktische toepassingen. Als we kennis niet gaan toepassen, dan heeft het ook geen zin om hem te ontwikkelen", aldus

Wijffels. Wanneer je die inzet om de kwaliteit van leven te verbeteren, dan lever je toegevoegde waarde aan de maatschappij. En op dat moment wordt het interessant voor het MKB. Wijffels: "Doordat je toegevoegde waarde levert aan de maatschappij, ontstaat er ruimte om als ondernemer daar wat aan te verdienen."

HOOFDSTUK 3

DOELEN BINNEN HET LECTORAAT



De eerste plannen voor het lectoraat Precisielandbouw bij CAH Vilentum werden ongeveer drie jaar geleden ontwikkeld. Op dat moment was het Programma Precisielandbouw (PPL) net gestart. De belangstelling voor precisielandbouw vanuit bedrijfsleven, onderwijs, onderzoek en overheid was groeiende. Het gebruik van positiebepalingstechnologie en stuursystemen groeide sterk, maar de ontwikkeling en implementatie van slimme precisielandbouwtoepassingen bleef achter.

Het ontbrak aan kennis en infrastructuur (ICT) om de nieuwe technische mogelijkheden van sensoren, GNSS en actuatoren (specifieke mechanisatie) op kosteneffectieve wijze in te zetten. Er kwam steeds meer vraag naar gevalideerde beslis-regels voor plaatsspecifiek gewasmanagement en/of dier-specifiek dier-management.

Zo'n zes jaar geleden participeerde CAH Vilentum in het F3-project (Future Farming Flevoland). Dit was een project met onderzoek, bedrijfsleven en onderwijs om de mogelijkheden van precisielandbouw te verkennen. Circa vier jaar geleden werd het landelijk platform PPL opgericht. Gedurende de eerste onderzoeksrunde van PPL bleek al hoe dynamisch deze ontwikkelingen met de precisielandbouw waren en welke toekomst er lag voor het onderwijs. Samen met HAS Hogeschool werd actief gebruik gemaakt van de mogelijkheden van PPL. Snel werd duidelijk dat deze technologische ontwikkelingen zo snel gingen, dat het tijd werd voor een nog grotere impuls aan het onderwijs en een nauwe samenwerking met het bedrijfsleven. CAH Vilentum nam het initiatief en schreef, in overleg met stakeholders, de lectoraatsaanvraag. Het hoofddoel van het lectoraat is het tot stand brengen van een integrale benadering van agro-, groene en ICT-techniek, met als doel een efficiënte en duurzame aanpak van precisielandbouw in de agrogoodsector'. Oneliners daarbij zijn 'een grijze revolutie in groene sector' en 'van precisielandbouw naar Smart Farming Technology'. Wij kiezen deze laatste zin als titel van ons lectoraat. Het geeft de richting aan dat de beschikbare technologie nog *smart* gemaakt moet worden voordat telers en veehouders er mee aan de slag gaan en duurzaamheids-sprongen kunnen maken.

De zes subdoelen a tot en met f binnen het lectoraat zijn:

A Standaardisatie van verzamelde data.

In praktijk blijkt het nog niet eenvoudig om data van sensoren en machinebesturingssystemen op te slaan in bedrijfsmanagement-systemen en deze te gebruiken bij de planning en uitvoering van vervolgtacties. In maart 2012 werd in het Kenniscentrum Agrofood en Duurzaam ondernemen met betrekking tot dit thema een workshop gehouden en daar werd deze conclusie ondersteund. Binnen PPL werd regelmatig gesignaleerd dat standaardisatie en uitwisseling van data problemen veroorzaakt. Deels komt dit door gebrek aan standaardisatie van softwarepakketten en programma's, deels door suboptimale samenwerking van aanbieders van platforms en programma's en deels door de nieuwheid van alle technologische vooruitgangen. We willen zo veel mogelijk aansluiten bij de EDI-standaarden vanuit de vereniging Agro-Connect en werken met perspectiefvolle internetplatforms en managementsystemen. We zoeken aansluiting bij perspectiefvolle platforms binnen Nederland en ontwikkelingen op het gebied van Future Internet PPP vanuit de EU.

Inmiddels is er hulp vanuit het bedrijfsleven. Op 28 februari 2013 waren wij aanwezig bij de Open Data Estafette Agro & Food. Dit was een initiatief van HAS Hogeschool, ZLTO en het Ministerie van Economische zaken. Een bijeenkomst waarin agrarisch ondernemers, overheden, ICT-bedrijven, App-bouwers, geobusiness bedrijven, onderwijs, etc., discussieerden over de mogelijkheden van open data. Daar werd tijdens een workshop gesproken met John Deere en Agrometius over standaardisatie. Beide bedrijven accentueerden dat standaardisatie opgelost gaat worden door het bedrijfsleven. Het bedrijfsleven ziet de

grote voordelen van standaardisatie in en heeft daar een actief beleid op. Onlangs participeerden wij in een workshop over het Centra Innovatie Vaardigheden (CIV) PrecisieLandbouw in april 2013. Daar werd door Kverneland eveneens aangegeven dat het bedrijfsleven dit zal oppakken. Op 8 mei 2013 hebben we met het onderwijs daar operationeel al de eerste resultaten van kunnen zien en uitprobeerde tijdens een studiedag bij Kverneland. Dit betekent dat we met ons lectoraat anders zullen omgaan met deze doelstelling dan oorspronkelijk was bedacht. We gaan nu deze ontwikkelingen van het bedrijfsleven versneld implementeren in het onderzoek. Vervolgens brengen we die ervaring weer terug naar het platform. Hier werken we aan standaardisatie.

B Ontwerpen, experimenteren, valideren en gebruik van specifieke software.

Het ontbreekt in de praktijk voor veel toepassingen nog aan gevalideerde beslisregels en modellen die sensorwaarden vertalen in noodzaak en intensiteit van precisie management. We willen bijdragen aan de oplevering van beslisregels voor enkele perspectiefvolle toepassingen als het variabel poten van aardappelen, plaats specifiek bemesten, voorspelling opbrengstmomenten, langetermijnbeleid met bouwplannen en vruchtwisseling, toepassingen sensortechnologie met betrekking tot koemanagement en geogerefererde data met betrekking tot de integrale bedrijfsvoering in de melkvee-houderij. Een bijzonder aspect dat we hierin willen belichten is de kwaliteit van geodata (in de tijd). In 1999 [Kocks et al.] werd al eens aangetoond hoe significant het bemonsteringspatroon is voor interpretaties van overzichten. Als de bemonsteringen herhaaldelijk werden uitgevoerd, dan verstoortte het tijdsaspect vaak de interpretatie van beelden. De validatie van deze bemonsteringen willen we daarom ook nader onderzoeken zowel vanuit het spatiële (ruimtelijke) als het temporele (de tijd in seizoenen en jaren) gezichtsveld. Met bijvoorbeeld Agrometius en Altic zijn al gesprekken gevoerd om hier nader onderzoek naar te doen.

Een bijzonder aandachtsgebied hierbij is de toekomst van schoolboerderij De Drieslag Dronten. In de komende jaren vindt daar een verbouwing plaats gericht op het veehouderij deel. We gaan samen met CAH Vilentum en De Drieslag Dronten onderzoeken welke toepassingen van precisie landbouw daar mogelijk zijn om in een praktijk- en leeromgeving toe te passen. Dit zit nu in de verkenningsfase.

C Integrale aanpak door gericht inpassen van software in werkende prototypes.

Ook hier gaan we aan de slag met perspectiefvolle toepassingen van precisie landbouw. We beschouwen bestaande sensoren en actuatoren als een gegeven en zoeken daar de beslisregels en modellen bij. Het accent ligt op 'laag hangend fruit' en zo veel mogelijk in samenwerking met bedrijfsleven. Een belangrijke rol is weggelegd voor een precisie landbouw databank die we gaan aanleggen. Een databank met geo-informatie over diverse percelen van De Drieslag Dronten. Deze gegevens worden ook beschikbaar gesteld voor anderen.

D Aanpassen van mechanisatie zodat teeltmaatregelen zo autonoom en duurzaam mogelijk uitgevoerd kunnen worden.

Enkele voorbeelden van automatisering en robotisering in de landbouw zijn melkrobots en plukmachines in de glastuinbouw. In open teelten valt nog veel te winnen als het gaat om plant specifieke behandeling. Autonome voertuigen hebben nog geen intrede gedaan in open teelten. Het lectoraat gaat in samenwerking met bedrijfsleven, onderzoek en onderwijs, bijdragen aan enkele perspectiefvolle ontwikkelingslijnen in de praktijk op het gebied van autonome voertuigen en robotica. Momenteel participeert het lectoraat in een studiegroep van Syntens (Green Technology) waarbinnen uitvinders en onderzoekers elkaar ontmoeten en nieuwe initiatieven worden ontwikkelend of bediscussieerd. Eén van de eerste opdrachten daaruit is het realiseren van een autonoom voertuig voor de Keltic fields op het terrein van het Kennis Centrum. Dit prototype kan een bron van inspiratie

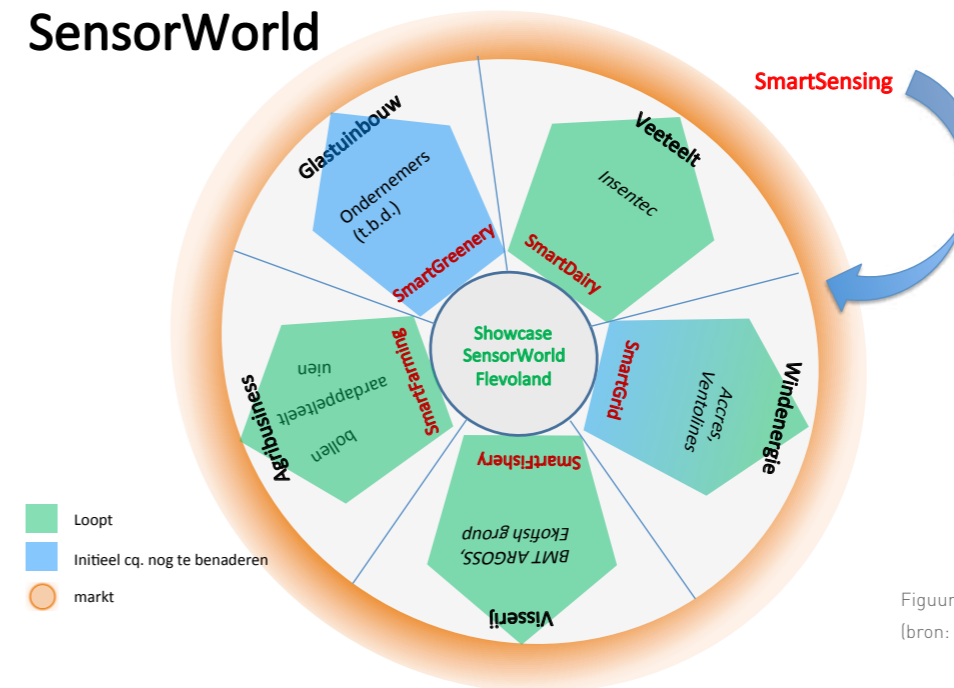
zijn voor anderen. Een ander initiatief is om een robot in te zetten voor het weidebeheer. De robot signaleert de plekken waar de grasgroei groot is als gevolg van mesthopen, legt de coördinaten vast, hanteert vervolgens een kleine weidesleep, komt na drie dagen terug zodra het gras weer hersteld is en maait dan het gras tot op de gewenste hoogte. Door de robot hoeft de melkveehouder minder aandacht te besteden aan beweiding.

E Uitbreiding naar andere sectoren.

De meeste aandacht in het lectoraat gaat uit naar precisie landbouw in akkerbouwmatige teelten en vervolgens de melkveehouderij. De afgelopen maanden hebben we veel

gesproken met overheden en het bedrijfsleven in de regio Zwolle en de Noordoostpolder. De Noordoostpolder is actief bezig met het stimuleren van innovaties op het gebied van precisie landbouw. Daarbij richten zij zich onder andere op precisie landbouw en het meten met sensoren. Dit wordt samengebracht in SensorWorld. Doelstelling van SensorWorld is om een duurzaam ecosysteem van bedrijven, kennisinstellingen en regio-overheden te realiseren (Figuur 8). Dit initiatief binnen de Noordoostpolder is voor ons een ideale gelegenheid om te toetsen welke uitbreidingen mogelijk zijn naar andere sectoren en zo cross-overs te maken. Daarnaast is het contact met Automotive Center of Expertise (het hbo kenniscentrum op het gebied van automotive) waardevol

SensorWorld



Figuur 8: Showcase SensorWorld Flevoland (bron: G.v.d. Burg geomaticapark)

omdat daar diverse technologische ontwikkelingen ontstaan die ook toepasbaar zijn in de landbouw (en andersom). Alle vijf bladen van het 'klaverblad' in Figuur 8 zijn verkend waarbij telkens per cluster de vraag werd gesteld: 'welke toegevoegde waarde heeft het lectoraat?' Precisie landbouw kan ook voor de visserij mogelijk iets betekenen. Door precieze benutting van de natuurlijke stromingen van lucht en water kan het brandstofgebruik gereduceerd worden. Ook kan nog nauwkeuriger geregistreerd worden waar scholen vis zitten en kan in havens op de centimeter nauwkeurig gemanoeuvreed worden door meer-voudige inzet van GPS-gestuurde schoepen en roeren. Als we in staat zijn om de windstromen in kaart te brengen kunnen we dit koppelen aan windenergie. We zouden bijvoorbeeld aan de hand van weersvoorspellingen een nauwkeurige opbrengstvoorspelling voor windmolenparken kunnen maken. De landbouw is zich steeds meer aan het profileren als energieleverancier en dan zou dit ook een vorm van precisie landbouw kunnen zijn. Wanneer je dit doorvertaalt en spreekt over Smart Energy, dan zou daar ook bio-energie, bio-vergisting, biodiesel, zonne-energie aan gekoppeld kunnen worden. Maar mogelijk ligt deze toepassing toch dichterbij de glastuinbouw. Daar is de teelt van gewassen al een high tech toepassing waar klimaat, groei, verzorging en oogst al heel nauwkeurig gestuurd worden. De toepassingen van precisie landbouw daar, richten zich toch wat meer op autonome voertuigen en robots die ondersteuning bieden in het oogst- en verwerkingsproces. Maar we willen ook reëel zijn en focus is in zo'n eerste fase van een lectoraat belangrijk.

Het kabinet heeft negen topsectoren aangewezen waar de komende jaren in wordt geïnvesteerd. Het betreft agro & food, creatieve industrie, energie, tuinbouw en uitgangsmaterialen, life sciences & health, water, high tech, logistiek en chemie. Het is belangrijk om als lectoraat daar rekening mee te houden. Voor de landbouw zijn vooral de topsectoren high tech, agro & food en tuinbouw & uitgangsmaterialen interessant. In het recente ABN AMRO rapport 'Hightech Agrosystems – made in Holland

in het kwadraat' (oktober 2012) wordt gesteld: "Voor duurzame verhoging van volume en kwaliteit van de voedselproductie is de samenwerking tussen twee topsectoren buitengewoon relevant: tussen agro & food en tuinbouw & uitgangsmaterialen enerzijds en high tech anderzijds". Het genoemde rapport beschrijft: "... de perfecte fit tussen deze drie topsectoren: het nieuwe ecosysteem high tech agrosystems". Hier gaan we bij aansluiten en dus laten we de energie en visserij buiten beschouwing in ons lectoraat. Ook de glastuinbouw gaan we niet als onderzoeksgebied gebruiken en zo komt de focus te liggen bij akkerbouw en veehouderij waarbinnen de robotisering de extra uitdaging is.

F Implementatie van de aanpak in onderwijs en kennis voor het werkveld.

Dit hoort expliciet bij de valorisatie doelstelling die het hbo heeft. Met de huidige aanpak hebben we al verschillende onderzoeken lopen die als showcases fungeren. Daarnaast participeren wij in diverse externe initiatieven. Het kenmerk van zowel de externe initiatieven als onze eigen onderzoeksprojecten is dat we bedrijven uit verschillende sectoren bij elkaar brengen en samen werken aan onderzoek en onderwijs. We gaan uit van de kracht van coalitievorming en we betrekken de eindgebruiker als leading edge. Door slimme branding van de coalitie en het realiseren van cross overs krijgen eindgebruikers ook meer inbreng in de participatie van een coalitie die qua innovatie voorop loopt. Voor verdere ontwikkeling en implementatie in precisie landbouw is het noodzakelijk dat we met z'n allen vooraan komen en voorop blijven lopen. Binnen de coalities is het gebruiken van data en die vervolgens verwerken tot omgevingsinformatie en bruikbare management-informatie een belangrijke opdracht. Denk daarbij aan datamining, databasetechnieken en webtechnologie gericht op dynamische toepassing van precisie landbouw. En wat te denken van near realtime dataverwerking als een gemeenschappelijke onderliggende enabling technology die de akkerbouwer/veehouder straks real time informatie geeft voor operationele beslissingen.

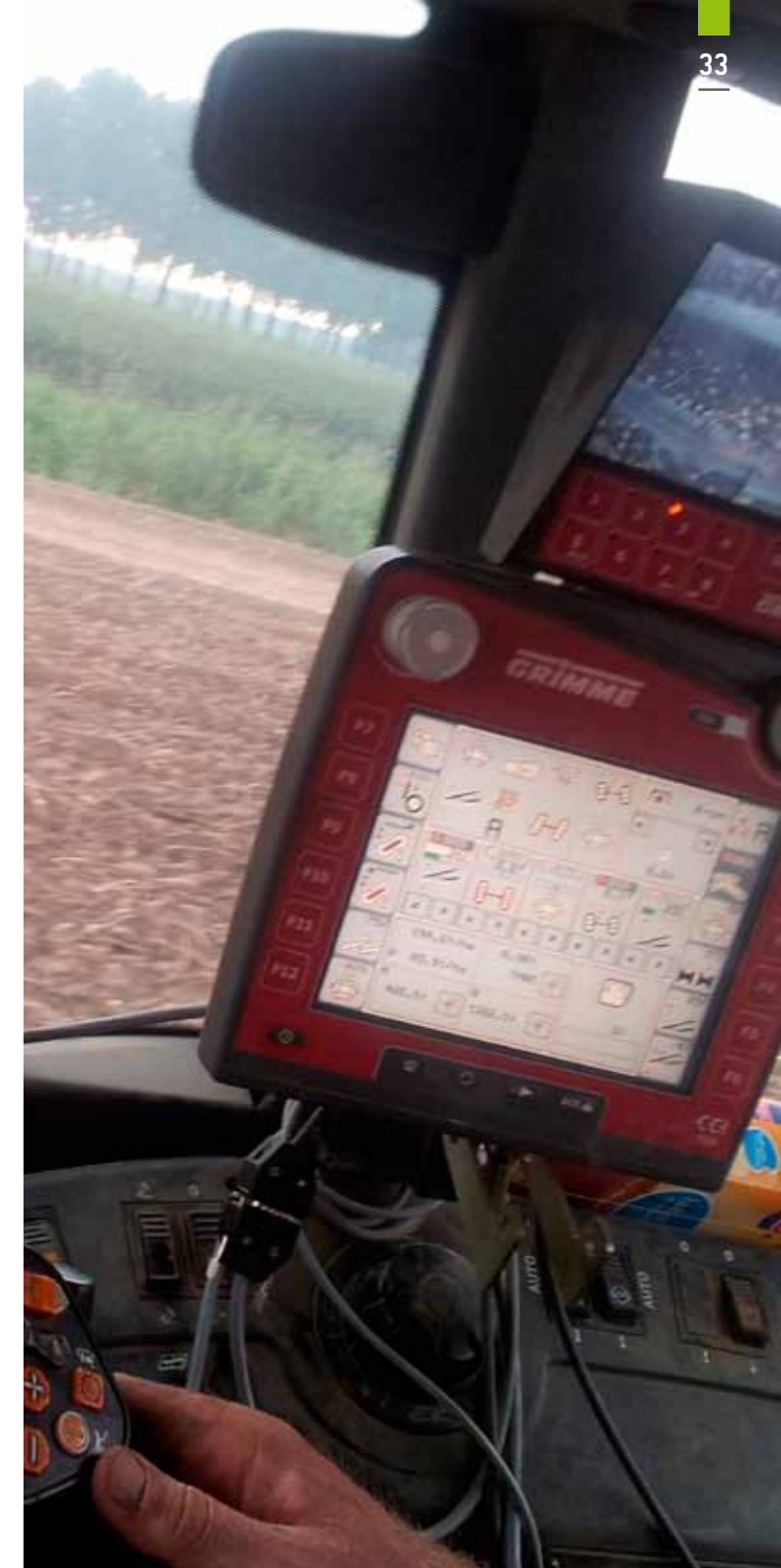
Voor de korte termijn richt het lectoraat Precisie landbouw zich op bewustwordingsprojecten, marktintroducties, marktverkenning, lesmateriaal, practica). Uiteraard wordt er gewerkt aan (inter)nationale innovatieprogramma's op het gebied van precisie landbouw. De internationale uitwisseling helpt zo de innovaties te delen en de resultaten daarvoor breed toe te kunnen passen. Hiermee bereiken we voor dat het innovatievliegwiel ook op middellange termijn nieuwe producten en diensten oplevert voor de 6 O's. Daarbij gaan we uit van twee principes:

I optimaliseren van individuele plantgroei en fysieke opbrengst maximaliseren van de opbrengst) of dier-productie,

en

II integrale benadering van een optimaal bedrijfsresultaat over de seizoenen en de jaren).

Voor het maken van grote stappen, is een duurzame integrale aanpak noodzakelijk.



HOOFDSTUK 4

ACTIVITEITEN BINNEN HET LECTORAAT



Hoe vertalen we het projectplan nu door naar activiteiten en resultaten? Op basis van een stakeholderbijeenkomst in februari 2012, gesprekken met bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden, aanvullende deskstudies en beschikbaarheid van capaciteit, komen we tot zes hoofdactiviteiten in het lectoraat. We willen vooral resultaten gaan opleveren met de volgende zeven kernactiviteiten:

I Realiseren en analyseren van een databank met bodem, gewas- en teeltinformatie van een akkerbouwrotatie;

II Valideren van enkele perspectiefvolle precisielandbouwtoepassingen;

III Ontwikkelen van nieuwe concepten voor plaatsspecifiek gewasmanagement;

IV Bijdragen aan ontwikkeling autonome voertuigen;

V Ontwikkelen van nieuwe concepten voor precisielandbouw in de melkveehouderij met betrekking tot grasland en mais;

VI Ontwikkelen van nieuwe concepten voor precisielandbouw in de melkveehouderij met betrekking tot melkproductie en diergezondheid;

VII Samenwerken met bedrijfsleven, kennisinstellingen en onderwijs (uit de regio).

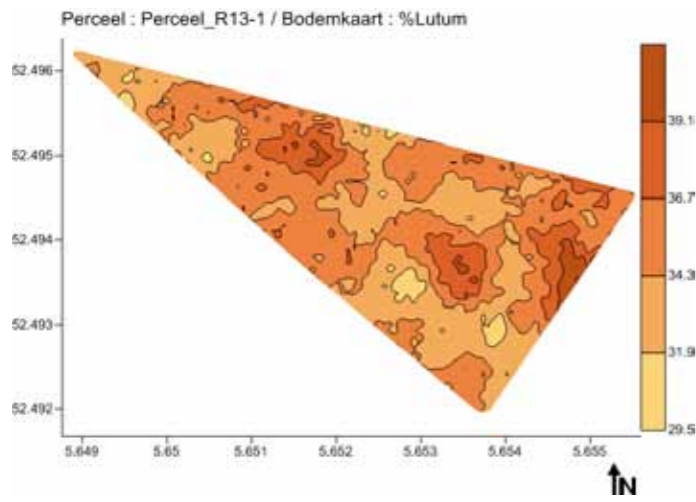
Ad I, Databank.

Precisielandbouw kan alleen gedaan worden met nauwkeurige geodata van bodem, gewas en dier. Er zijn nog maar weinig bedrijven die hun geodata op overzichtelijke wijze gestandaardiseerd opslaan en gebruiken om precisielandbouwtoepassingen te plannen en uit te voeren. Dit komt deels doordat er veel verschillende sensoren op de markt zijn die geodata leveren in eigen formats (standaardisatie is gewenst), deels doordat de softwarepakketten en portalen voor het verwerken van geodata nog volop in ontwikkeling zijn, en deels ook omdat veel telers nog denken dat de tijdsinvestering in het verzamelen van de geodata niet opweegt tegen de baten. We willen de komende twee jaar van een akkerbouwrotatie (Figuur 9) en van enkele graslandpercelen in Dronten, in totaal ruim 50 ha, geodata



Figuur 9; Overzicht via Google Maps van de akkerbouwrotatie waarvan geo-data van bodem en gewas verzameld gaan worden. Rechts een beeld van Formosat satelliet (bewerkt door Alterra).

verzamenen en opslaan in een databank op een wijze dat de data overzichtelijk beschikbaar zijn en dat er precisielandbouw mee gedaan kan worden. Speerpunten bij het verzamelen van geodata zijn bodemgegevens over variatie in klei en organische stof, en biomassagegevens over variatie in gewasgroei en opbrengst. We willen met diverse biomassa-sensoren aan de slag dit jaar, zowel met *remote* sensoren als *near* sensoren. Ook willen we met verschillende typen vliegtuigen en helikoptertjes (UAS, *Unmanned Aerial Systems*) via speciale camera's geodata verzamelen. Daarnaast zal de databank ook teeltregistratiedata bevatten en worden er weer- en bodemvochtwaarnemingen in opgeslagen. We nodigen bedrijven en organisaties uit om, als ze nieuwe sensorsystemen hebben, deze te testen op nauwkeurigheid en te valideren aan gegevens in de databank. We overwegen een vliegshow. De databank heeft raakvlakken met de IJkpercelen databank van de PPS IJkakker. We zoeken nadere afstemming.



Figuur 10: Voorbeeld van een lutum-kaart. Bron: Dacom en Altic.

Ad II, Validatie.

Er is een scala aan precisielandbouwtoepassingen mogelijk op het akkerbouwbedrijf. We willen enkele perspectievolle, praktijkrijpe toepassingen valideren, zoals variabele pootdichtheid bij het potten van aardappelen en variabel doseren van bodemherbiciden. Voor beide toepassingen zijn bodemkaarten met variatie in lutumgehalte vereist (Figuur 10). We testen op praktijkervaring gebaseerde beslisregels voor variabel potten. Ook valideren we op experimenteel onderzoek gebaseerde beslisregels voor variabel doseren van bodemherbiciden (Kempenaar, 2013). Andere toepassingen die gevalideerd zullen worden, zijn variabel doseren van meststoffen en fungiciden en groeiregulatoren. Voor deze toepassingen zijn gewaskaarten met variatie in biomassa vereist, al of niet in combinatie met aanvullende gegevens over bodem of gewas. De beslisregels worden gevalideerd in gangbare praktijk op de schoolboerderij De Drieslag van CAH Vilentum en op andere akkerbouwbedrijven in de omgeving, in samenwerking met toeleverende bedrijven.

Ad III, Nieuwe concepten akkerbouw.

Deze activiteit, de ontwikkeling van nieuwe precisielandbouwconcepten, heeft een hoog innovatiegehalte. Er zijn nog maar weinig praktische precisielandbouwtoepassingen beschreven die meerdere sets van geodata combineren in adviezen (zoals taakkaarten) en die ook nog meerjarige (rotatie)aspecten meewegen. Als we eenmaal de databank uit activiteit I beschikbaar hebben, kunnen we beginnen met ontwerpen en testen van nieuwe concepten. En daarbij de grote hoeveelheid aan (geo)data gebruiken (*Big data* analyse). Veel precisielandbouwtoepassingen hebben nauwkeurige informatie over hoeveelheid en variatie van de bovengrondse biomassa nodig. Het gaat naast historische en actuele data ook om opbrengstverwachtingen. Opbrengstvoorspellingen zijn zeker nodig als de kosteneffectiviteit van de inzet van productiefactoren (bijvoorbeeld stikstof of water) meegewogen moet worden in

het advies. Opbrengstmonitoring en -voorspelling kan door waarnemingen vanuit satellieten of kleine vliegtuigjes (UAS), dan wel waarnemingen met *near* sensoren op machines te combineren met historische gegevens en voorspellingen met gewasgroei modellen. We streven er naar om per vlak binnen een perceel zowel de sensordata als de groei modeldata te kunnen combineren en te gebruiken in adviezen. In samenwerking met kennisinstellingen en bedrijven willen we nieuwe concepten ontwikkelen waarin gewasgroei voorspelling een belangrijke rol speelt en waarin kosteneffectiviteit en meerjarige aspecten meegewogen worden. Hiervoor is ICT nodig die het mogelijk maakt datasets snel te combineren en verwerken tot taakkaarten. We willen hier onder andere met het open source platform van Akkerweb gaan werken. Maar ook gebruik van andere platforms en softwarepakketten wordt overwogen (onder andere Crop-R, Springg, AgroSense, FarmWorks, Crop). Als we de ICT op orde hebben, willen we beginnen met analyseren van de veelheid aan geodata die er is. Analyse en gebruik van zogenaamde *big data* wordt dan mogelijk (Figuur 11). Daarbij willen we ook oog houden voor ontwikkelingen gericht op keten en logistiek, zoals die ontwikkeld worden vanuit de EU in Flspace programma (Figuur 12; Wolfert et al., 2012).



Figuur 11: De uitdaging is precisielandbouw via gebruik van historische data en opbrengstvoorspellingen per vlak binnen een perceel. Plaatje: Wisconsin University.

Figuur 12: Schematische weergave van Future Network Technologies in Agri-Food Ketens.



Future Internet will facilitate:

- ... seamless B2B Collaboration (information exchange, communication, coordination of activities)
- ... rapid & easy development of customized solutions at minimal costs
- ... quick formation & evolution of open business networks

Ad IV, Autonome voertuigen.

Ook deze activiteit heeft een hoog innovatiegehalte. Het gaat hier vooral om de ontwikkeling van autonome voertuigen. Op golfbanen hebben autonome grasmaaiers hun intrede gedaan. Dit kan ook gebeuren in de open teelten. Het zal dan een grote verandering geven in de wijze waarop akkerbouw uitgevoerd wordt. De filmpjes die we laten zien tonen mogelijke ontwikkellijnen: verdere schaalvergroting met grote machines en *master slave* systemen of meerdere kleine, lichte en autonome machines op het veld. In het laatste geval zullen ook actuatoren ontwikkeld moeten worden voor plantgerichte behandeling. We willen studenten van CAH Vilentum en andere scholen, zoals eerder genoemd, stimuleren te experimenteren en innoveren met autonome navigatie in de complexe landbouwomgeving, in samenwerking met bedrijfsleven en kennisinstellingen.

Ad V, Nieuwe concepten grasland en maïs.

We bestuderen ook het management van grasland en maïs. We starten eerst met de monitoring van groei en opbrengst. Vooral bij grasland loopt er al een onderzoeksprogramma. Hierbij wordt gekeken naar de toegevoegde waarde van diverse digitale puntmetingen op opbrengst, geo-gerefereerde opbrengstmetingen en *real time* metingen aan drogestof en kwaliteit. Het eerste deelonderzoek binnen dit project richt zich op de advisering van het oogstmoment door middel van digitale puntbemonstering waarbij ook nagedacht wordt over opbrengst in relatie tot celwandverteerbaarheid van gras. Het doel is om de veehouder (loonwerker) een optimaal advies te geven over het oogstmoment. Het tweede deelonderzoek richt zich op geo-gerefereerde opbrengstmetingen via sensoren op de maaier of hakselaar. Vervolgens wordt op basis van integratie van bodemkaarten en opbrengstkaarten een variabele toediening van drijfmest onderzocht. We valideren nu diverse perspectiefvolle, praktijkrijpe toepassingen voor beide doeleinden. Voor de maïsteelt wordt naast de integratie van bodem-, bemesting- en opbrengstkaarten ook onderzoek

verricht naar de plaats specifieke inzet van herbiciden en de geo-gerefereerde koppeling van zaaien. Ook wordt hierbij onderzocht in hoeverre we met andere zaaimethodieken de bodem beter tot rust kunnen laten komen. Dit kunnen niet-kerende grondbewerkingen zijn, maar ook het inzaaien zonder grondbewerking, direct tijdens het plaats specifiek uitrijden van drijfmest hoort hier toe. Doel is te komen tot een beter bodemleven, betere bodemstructuur, diepere doorworteling, betere water-infiltratie, meer capillaire opstijging, betere draagkracht en berijdbaarheid, minder erosie door wind en water, lager brandstofgebruik, lagere arbeidsbehoefte nodig voor grondbewerking en minder afspoeling van mineralen en gewas-beschermingsmiddelen naar de ondergrond.

Ad VI, Nieuwe concepten melkveehouderij.

De moderne melkveehouderij bestaat uit grote bedrijven die steeds verder geautomatiseerd worden. Via allerlei technologieën en sensoren komt een grote hoeveelheid data beschikbaar voor de veehouder die hij kan gebruiken om zijn bedrijfsvoering verder te optimaliseren. In dit deel van het lectoraat willen we zowel bestaande als nieuwe technologieën uitproberen in praktijksituaties en samen met studenten, bedrijfsleven en met de veehouder een optimale manier vinden om de data die deze technologieën opleveren te gebruiken. Wij zijn er van overtuigd dat deze nieuwe manier van melkvee houden de toekomst is. Deze data zorgen voor een betere en efficiënter management waardoor het welzijn en de productie van koeien geoptimaliseerd kan worden. We willen ons in dit project richten op sensortechnologieën die data verzamelen over plaats/tijd en koegebonden factoren zoals melkgift, lichaamstemperatuur en/of houding.

Ad VII, Samenwerking.

Deze activiteit behoeft geen nadere toelichting. Precisie-landbouw is per definitie een onderwerp waarin samen-gewerkt moet worden vanwege het grote aantal disciplines dat hier samenkomt en de integrale aanpak die nodig is.



HOOFDSTUK 5

BEN ER MORGEN NOG



Een opmerking die vaak wat zorgelijk wordt uitgesproken. We maken ons zorgen over ons milieu, onze grondstoffen, maar ook over de manier waarop we met elkaar omgaan. Vragen die inmiddels gedekt worden door het brede begrip 'duurzaamheid'. Precisie landbouw staat ook in het licht van duurzaamheid. We willen de maatschappij van een gezonde leefomgeving blijven voorzien. Natuurlijk, wij willen dat de landbouw ook zelf een gezonde leef- en werkomgeving behoudt.

'Ben er morgen nog!' slaat ook op de economische duurzaamheid. In alle trajecten van ons onderzoek gaan we de economische kant ook belichten. Er is ontzettend veel mogelijk met precisie landbouw en hoe gaan we dat terugverdienen?

Het lectoraat zal voorzien in voorbeelden, nuttige tips en inspiratie in samenwerking met het bedrijfsleven. Juist in het MKB is die inspiratie volop aanwezig. Niet de winst op korte termijn, maar juist op lange termijn. De MKB-ondernemer bevindt zich met zijn bedrijf vaak midden in de samenleving. Ook daar biedt precisie landbouw voor de maatschappij prachtige kansen. Nieuwe producten, verrassende diensten, een vernieuwde bedrijfsvoering, duurzame innovaties waar het bedrijf en de omgeving beter van wordt, willen we op maat maken voor de omgeving.

We hebben ook een doel voor ogen met betrekking tot schoolboerderij De Drieslag Dronten, het leer- en productiebedrijf van de Aeres groep. Over drie jaar hopen we deze boerderij omgeturnd te hebben tot *Smart Farm* De Drieslag Dronten (zowel voor akkerbouw als veehouderij).

We realiseren ons dat precisie landbouw erg breed is. Het is plantaardig en dierlijk, het gaat om de bodem, bemesting,

verzorgen, opbrengstmapping, integrale benadering van teelten en diermanagement over lange termijn, duurzaamheid, milieu, ICT, technologische innovaties, cross-overs, omgevingsinformatie, management-informatie, datamining, databasetechnieken en webtechnologie. Om dit straks goed bij de agrariër en de agrarische sector te laten floreren, is het belangrijk dat vele innovaties ook via Apps en andere toepassing tot de eindgebruiker komen. Veel mooie woorden. Resultaten zullen er alleen komen door brede en nauwe samenwerking met bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden.

De nieuwe tools binnen de precisie landbouw zijn overigens geen wondermiddelen. De attitude van de gebruiker is even belangrijk als de technologie om de aanpak te differentiëren. Als de agrariër niet de ambitie, het inzicht, de kennis en de kunde heeft om goede landbouwpraktijken toe te passen en werk te maken van eerlijke en duurzame productie, dan zullen technologische hulpmiddelen de landbouw niet helpen. Het komt op het volgende neer: een slechte boer mét GPS en sensoren blijft een slechte boer. Voor wie het wel goed doet, biedt precisie landbouw schitterende bruikbare instrumenten om het nog beter te doen.

We gaan echter uit van het positieve. Er zijn genoeg spelers in het veld te vinden met goede wil en attitude. We verwachten veel van de integrale aanpak en brede en nauwe samenwerking met de spelers in het veld. Het gaat te ver om alle samenwerkingspartners nu hier te noemen. Er is reeds een uitgebreide lijst van bedrijven die zich gemeld hebben voor de akkerbouw en die voor veehouderij ontwikkelt zich gestaag. Er komt nog een bijeenkomst voor bedrijven en instellingen in de melkveehouderij.

Ons credo daarbij is:

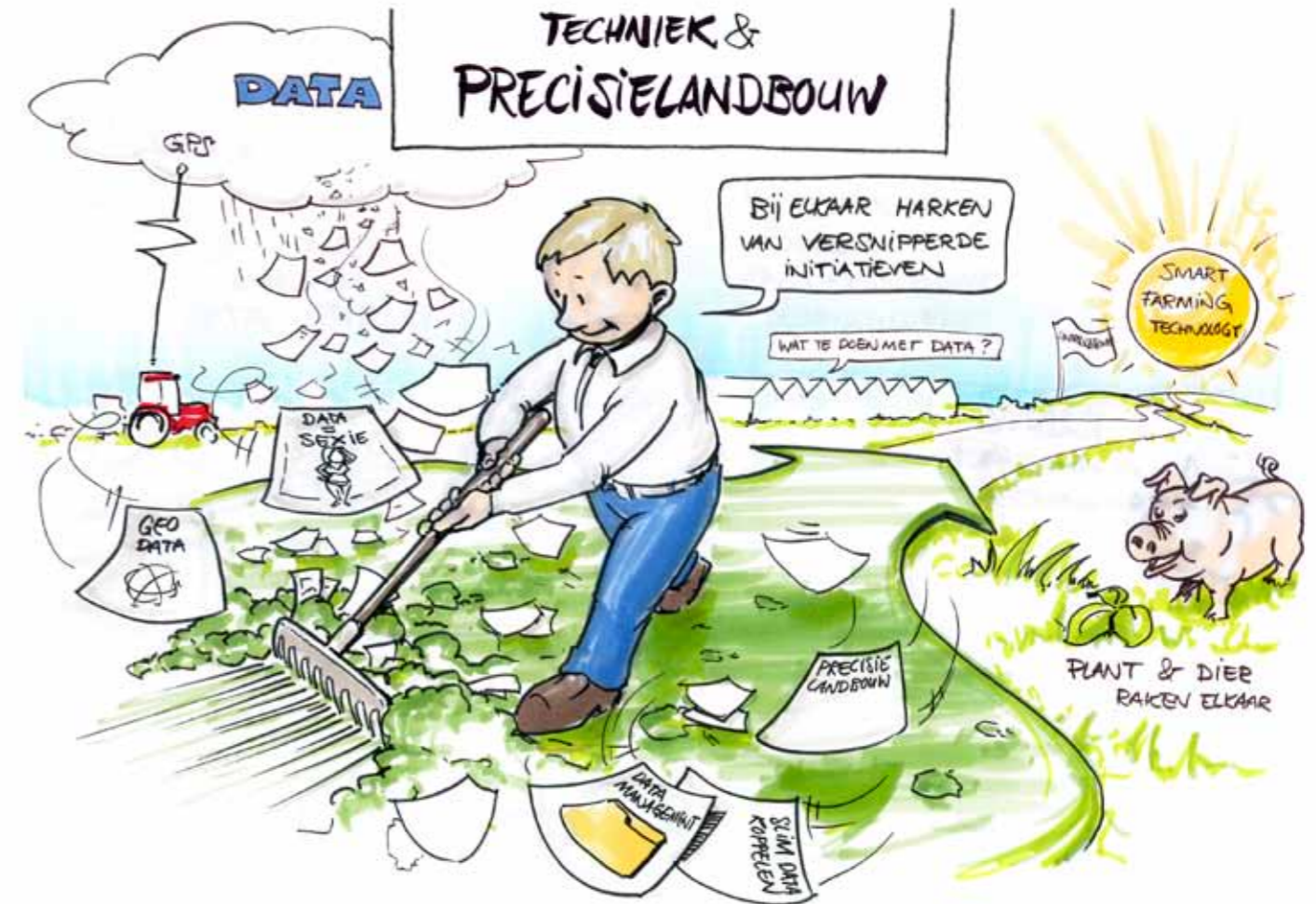
“Precisielandbouw helpt om met kleinschalige precisie grootschalig en duurzaam te (blijven) werken.”

Een belangrijk verbinding dankzij het lectoraat willen we specifiek noemen. Door het duo-lectorschap is er een samenwerking tussen CAH Vilentum en Wageningen

UR Plant Sciences groep, in het bijzonder Plant Research International ontstaan. Mede hierdoor maken we een vliegende start met bepaalde onderwerpen en zijn de eerste resultaten al zichtbaar. We danken beide organisaties voor de ruimte die ze ons bieden om dit lectoraat in te vullen. Zonder verder namen te noemen bedanken we ook alle bedrijven en andere kennisinstellingen die met ons samenwerken of contact hebben. En we bedanken de financiers van het lectoraat, het ministerie van Economische Zaken.

Tot slot bedanken wij onze families voor de ruimte en ondersteuning die ze ons bieden. Het is fijn te zien hoe zij zich betrokken voelen met ons werk en dit lectoraat.

Dank u voor uw aandacht.



Bijlage 1

GERAAD- PLEEGDE LITERATUUR EN WEBSITES



De volgende literatuur is geraadpleegd:

- » ABN AMRO 2012. Hightech Agrosystems – made in Holland in het kwadraat.
- » Anoniem, 200. Lozingenbesluit open teelten en veehouderij. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- » Bakker, J., 2009. An autonomous Robot for Weed Control – Design, Navigation and Control. PhD-thesis, Wageningen University, Wageningen.
- » Blackmore, S., Stout, B., Wang, M., Runov, B., 2005. Robotics agriculture – the future of mechanization? In Stafford, J. (Ed.) 5th Proceedings of European Conference on Precision Agriculture, Wageningen Academic Publishers, Uppsala, Sweden.
- » Bergeijk, J. van, 2001. Design and integration of components for site specific control of fertilizer application. PhD-thesis, Wageningen University, Wageningen.
- » Bouma, J., 1996. Bodemkundige informatie voor precisie landbouw. *Agro informatica* 9-1: 18-20.
- » Christensen, S., Sogaard, H. T., Kudsk, P., Lund, I., Norremark, M., Nadimi, E.S., Jorgensen, R., 2009. Site specific Weed Control Technologies. *Weed Research* 49-3: 233-241.
- » Clevers, J.G.P.W., 1989. The application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating leaf-area index by correcting for soil-moisture. *Remote Sensing of Environment* 29:25-37.
- » Evert, F.K. van, Van der Voet, P., Van Valkengoed, E., Kooistra, L., Kempenaar, C., 2012a. Satellite-based herbicide rate recommendation for potato haulm killing. *European Journal of Agronomy* 43:47-57.
- » Evert, F.K. van, Samsom, J., Polder, G., Vijn, M., van Dooren, H.J., Lamaker, A., van der Heijden, W.A.M., Kempenaar, C., van der Zalm, T. & Lotz, L.A.P., 2011. A robot to detect and control broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) in grassland. *Journal of Field Robotics* 28: 264-277.
- » Goense, D., 1998. Op weg naar precisielandbouw. Een high-tech instrument voor ecologisering? *Spil* 155-156: 35-40.
- » Goense, D., 2012. Unieke Perceelcoördinering. Rapport 667. Wageningen UR - Livestock Research, Wageningen.
- » Henten, E. van, 2013. Matchmaking event high-tech agrosystems ; ontwikkelingen in de land- en tuinbouw. Presentatie ABN AMRO symposium, 13 maart 2013, Wageningen.
- » Janssens, S.R.M., Smit, A.B., 2000. Heeft precisielandbouw (de) toekomst? Rapport 1.00.2, januari 2001, LEI-DLO, Den Haag.
- » Huhtala, A., Suhonen, K., Mäkelä, P., Hakojärvi, M., Ahokas, J., 2007. Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors. *Biosystems Engineering*, Volume 96, March 2007, 399-405.
- » Heiting, S., Kempenaar, C., Nieuwenhuizen, A.T., 2013. Veiligheid van autonome voertuigen in open teelten. Rapport. Wageningen UR – Plant Research International, Wageningen. Programma Precisielandbouw.
- » Heijting, S., de Bruin, S., Bregt, A.K., 2011. The arable farmer as the assessor of within-field soil variation. *Precision Agriculture* 12, 488-507.
- » Hertem, T. van, Alchanatis, V., Antler, A., Maltz, E., Halachmi, I., Schlageter Tello, A.A., Lokhorst, C., Vörös, A., Romanini Bites, E., Bahr, M., Berckmans, D., 2011. Experimental setup for the study of a computer vision based automatic lameness detection system for dairy cows. In: Proceedings of the 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague Czech Republic, 11 - 14 July, 2011.

- » Ipema, A.H. , Bleumer, E.J.B. , Lokhorst, C., 2011. Precision Livestock Farming claims for Sustainable Dairy Production In: 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague Czech Republic, 11 - 14 July, 2011.
- » Kempenaar, C., van der Weide, R.Y., Been, T.H., van de Zande, J.C., Lotz, L.A.P., 2009. Precisielandbouw en gewasbescherming: kansen, witte vlekken en kennisvragen. Nota 588. Plant Research International b.v., Wageningen.
- » Kempenaar, C., 2010. Precisielandbouw: slim combineren van nieuwe technologieën. Syscope Magazine 26: 22 – 26.
- » Kempenaar, C., Michielssen, J.M., van de Zande, J.C., 2012. Algorithms for variable rate application of crop protection products. Aspects of Applied Biology 114: 99-104.
- » Kempenaar, C., Heiting, S., Kessel, G. et al., 2013. Modellen en beslisseregels voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen op basis van variatie in bodem en gewas. Wageningen UR – Plant Research International, PPL, Wageningen. Programma Precisielandbouw.
- » Kempenaar, C., Nieuwenhuizen, A.T., Verwijs, B., 2013. Verbreding basis onder autonome navigatie en fine-tuning van een autonome spuit. Rapport. Wageningen UR – Plant Research International, PPL, Wageningen. Programma Precisielandbouw.
- » Kocks, C.G., Zadoks, J.C., Ruissen, M.A., 1999. Spatio-temporal development of black rot (*X. campestris* pv. *campestris*) in cabbage in relation to initial inoculum levels in field plots in The Netherlands, , Plant Pathology, Volume 48, 176–188
- » Kocks, C.G., Wezeman, B., 2013. Wat is precisielandbouw? Een inventarisatie onder veehouders. Intern rapport CAH Vilentum
- » Lokhorst, C. , 2011. Koeien gaan draadloos. Powerpoint. Wageningen UR Livestock Research, 2011
- » Lokhorst, C. , Berckmans, D., 2011. Precision Livestock Farming '11. Prague Czech Republic : Czech Centre for Science and Society, 2011 - ISBN 9788090483019
- » Lokhorst, C. , Hogewerf, P.H. , Mol, R.M. de , Verhoeven, R. , Steine, M., Lukkien, J. , Bennebroek, M., 2011. Wireless Sensor Application for Dairy Cow Activity Monitoring. In: 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague Czech Republic, 11 - 14 July, 2011.
- » Ministerie van Onderwijs, Cultuur & Wetenschap. 2012. Trends in Beeld. Zicht op onderwijs, cultuur en wetenschap. Publicatie. ISBN 978-90-5910-186-9
- » Mol, R.M. de , Verhoeven, P.H.F.M., Hogewerf, P.H. , Ipema, A.H., 2011. Automated behaviour monitoring in dairy cows. In: 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague, Czech Republic, 11 - 14 July, 2011. - Prague Czech Republic : Czech Centre for Science and Society, 2011.
- » Nieuwenhuizen, A.T., 2009. Automated detection and control of volunteer potato plants. PhD-thesis, Wageningen University, Wageningen.
- » Nieuwenhuizen, A.T., van de Zande, J.C., 2012. Development in sensor guided precision sprayers. Aspects of Applied Biology 114: 121-128.
- » Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science 144: 31-43.
- » Rabbinge, R., van Diepen, C.A., 2000. Changes in agriculture and land use in Europe. European Journal of Agronomy 13 (2/3): 85-99.
- » RLI, 2013. Ruimte voor duurzame landbouw. Publicatie van Raad voor de leefomgeving en infrastructuur. ISBN 978-90-77166-48-2
- » Roelofs, J., Wierckx, S., 2012. Inventarisatie van wensen en eisen van melkveehouders op het gebied van sensortechnologie. Has Hogeschool
- » Romanini, C.E.B. , Bahr, M. , Birk, U. , Demmers, T. , Etteradossi, N. , Garain, P. , Guarino, M. , Halachmi, I., Hartung, J. , Lokhorst, C. , Vranken, E. , Berckmans, D., 2011. BioBusiness project: Research training program on Precision Livestock Farming (PLF). In: Proceedings of the 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague, Czech Republic, 11-14 July, 2011.
- » Schans, D.A. van der, Jukema, J.N., Klooster, A. van der, Molenaar, A., Krebbers, H, Korver, R., Roessel, G.J. van, Meertens, L., Truiman, J., 2008. Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw. Rapport 3250062000, Praktijk onderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.
- » Skotnikov, A., Robert, P., 1996. Site Specific Crop Management; A system approach. In: Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. Madison, USA, p. 1145-1151.
- » Wolfert, S., Kempenaar, C., 2012. The role of ICT for Future Agriculture and the role of Agriculture for Future ICT. Abstract and presentation at 6th International Weed Science Congress, Hangzhou, China, June 17-22, 2012.
- » Wolfert, S., Kruize, J.W., Verdouw, C., Beulens, A., 2011. Agri-food living lab: the virtual meeting place for open innovation on farm information management and ICT development. 18th International Farm Management Congress, Methven, Canterbury, New Zealand.
- Voor dit boekje zijn de volgende websites geraadpleegd:
- » <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl>
- » nl.wikipedia.org/wiki/precisielandbouw
- » nl.wikipedia.org/wiki/Landbouw
- » www.agroconnect.nl
- » www.betekenis.org/sijbolt-noorda/videos#!video/0/
- » www.cahvilentum.nl/nl-nl/praktijkonderzoek/lectoraten.aspx#UaDZTUBU818
- » www.edugroepen.nl/sites/SHO/SitePages/Valorisatie.aspx
- » www.fispace.eu
- » www.helloaquarius.org/achtergrond/vorige-projecten/tijdgeest-3/
- » www.hwodka.nl
- » www.innovatie-magazine.nl/weblog/kennisvalorisatie
- » www.jiac2009.nl
- » www.nplg.nl
- » www.pplnl.nl
- » www.precisielandbouw.eu
- » www.precision.agri.umn.edu
- » www.probotiq.com
- » www.satellietdataportaal.nl
- » www.smartbot.eu
- » www.tyker.com
- » www.vandenborneaardappelen.nl
- » www.wiski.nl



**KENNIS
COALITIE**

Precisielandbouw

Kenniscentrum Agrofood en Ondernemen is onderdeel van de [aeres groep](#)

De Drieslag 2
8251 JZ Dronen
T. 088 - 020 6000

www.cahvilentum.nl
www.kcprecisielandbouw.nl
www.kcagro.nl