

# watersense

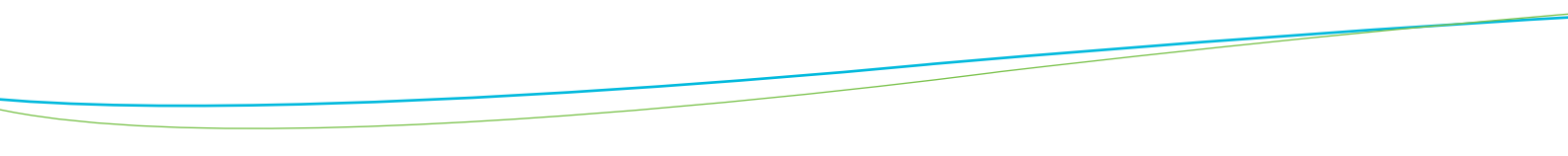
Eindrapport



# WaterSense eindrapport

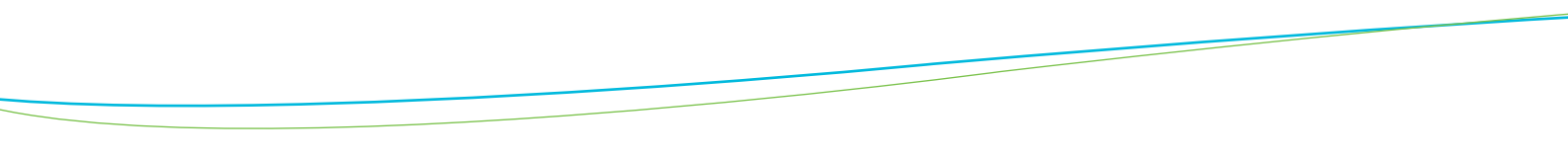
## Colofon

Eindrapport WaterSense  
Postbus 18  
9400 AA Assen  
T (0592) 85 44 45  
E [info@projectwatersense.nl](mailto:info@projectwatersense.nl)  
[www.projectwatersense.nl](http://www.projectwatersense.nl)  
2012



# Inhoudsopgave

Samenvatting	
1. Inleiding	2
2. Beslissingsondersteunend systeem	4
3. BOS kwantiteit	7
4. Kwaliteit	15
5. De landbouwpraktijk	21
6. Conclusies en aanbevelingen	30
7. Tot slot	37
Bijlage 1	38
Bijlage 2	40
Bijlage 3	43
Bijlage 4	44



## Samenvatting

Wat kan sensortechnologie bijdragen aan integraal waterbeheer? Dat was de vraag waarmee het WaterSense project in 2008 in de Drentse Veenkoloniën van start ging. Aan het einde van project, vier jaar later, kan gesteld worden dat sensoren landbouwers en waterbeheerders kunnen helpen om beter met het beschikbare water om te gaan. Met name omdat er nog geen geschikte sensoren zijn die in de bovenste bodemlaag de waterkwaliteit kunnen meten, is de toegevoegde waarde van sensoren voor waterkwantiteitsbeheer is momenteel groter dan voor waterkwaliteitsbeheer.

Deelnemers aan het project WaterSense waren Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD), Waterschap Hunze en Aa's, Dacom, HydroLogic, DySI, de provincie Drenthe, Wetsus en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Waterlaboratorium Noord en ongeveer 50 landbouwers in het projectgebied. Het penvoerderschap was in handen van de WMD. Gedurende het project heeft een externe klankbordgroep kritisch met de aanpak, voortgang en de resultaten meegekeken. De totale projectkosten bedroegen ongeveer 1,5 miljoen euro. De helft van dit bedrag is opgebracht door de deelnemende partijen en de andere helft is gefinancierd uit de subsidieregeling Pieken in de Delta van het Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie en het Operationeel Programma EFRO van de Europese Unie.

Dit rapport beschrijft de opzet van het project en de belangrijkste resultaten. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies. Voor verdere verdieping wordt verwezen naar de projectdocumenten in bijlage 1.

### BOS

In WaterSense is een demonstratiemodel van een beslissingsondersteunend systeem (BOS) gebouwd. Dit BOS wordt o.a. gevoed met real time data van bodemvochtsensoren. Het BOS geeft vlakdekkende informatie over de verwachte ontwikkeling van de grond- en oppervlaktewaterpeilen en over de hoeveelheid bodemvocht in een gebied. Landbouwers en waterbeheerders kunnen op basis van de voorspellingen van het BOS maatregelen nemen om de waterhuishouding in de percelen optimaal te houden. Waterbeheerders kunnen dit systeem gebruiken bij het dagelijks peilbeheer en om de effecten van maatregelen in een gebied door te rekenen. De in WaterSense ontwikkelde BOS technologie is inmiddels bruikbaar voor strategische analyses en om gebruikersvragen rondom grondwater en meteo te kunnen beantwoorden. Voor meer complexe vraagstukken zoals het samenstellen van vlakdekkende bodemvochtinformatie met een hoge resolutie, zijn er nog wat verbeteringen nodig.

### Niet integraal maar modulair

Tijdens het project is duidelijk geworden dat een integraal BOS voor het beantwoorden van vele dagelijkse watervraagstukken eigenlijk niet nodig is. In plaats daarvan kan beter gewerkt worden met een modulair opgebouwd BOS. Per gebruikersvraag wordt dan een specifieke applicatie samengesteld, waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende informatiebronnen.

## Bodemvocht

Gebleken is dat bodemvochtsensoren veel inzicht geven in het gedrag van water in de bodem. Dit inzicht kan gebruikt worden om hydrologische modellen te verbeteren. Uit de analyse van de sensorgegevens is duidelijk geworden dat de vochthoeveelheid in de bodem modelmatig vaak wordt overschat en daarbij onvoldoende recht doet aan de werkelijke ruimtelijke variatie. Dit besef draagt bij aan het verbeteren van de analyses en onderzoeken waarin de hoeveelheid bodemvocht centraal staat.

## Kwaliteit

In WaterSense is ook onderzocht of er een BOS voor waterkwaliteit gemaakt kan worden. Dit BOS moet de landbouwer helpen bij het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en bemesting. Zo'n BOS komt er voorlopig niet, met name omdat het nog erg moeilijk is om het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen en nitraat met een model goed te voorspellen. Bovendien zijn er (nog) geen geschikte sensoren die de waterkwaliteit in de bovenste bodemlaag kunnen meten. Dit is voor DACOM aanleiding geweest om in het kader van WaterSense te starten met de ontwikkeling van een prototype van een stikstofsensor. Deze sensorontwikkeling zal na het WaterSense project voortgezet worden en naar verwachting in 2014 afgerond zijn en op de markt gebracht kunnen worden.

## Landbouwpraktijk

De groep van ongeveer 50 deelnemende landbouwers ondervond dat de extra informatie die zij kregen, nuttig was voor de bedrijfsvoering. De informatie over vocht in de bodem heeft hen geholpen beslissingen te nemen over beregening, bemesting en gewasbescherming. Het systeem bevat echter zo veel informatie, dat het niet mee valt om die optimaal te benutten. In de interpretatie van de informatie is dus nog verbetering mogelijk.

Op het proefbedrijf 't Kompas in Valthermond zijn onderzoeken gedaan naar de meerwaarde van beregening in combinatie met verschillende bemesting strategieën. In één van de onderzochte aard-appelrassen bleek een betere benutting van de mestgift en een hogere opbrengst mogelijk.

## Samenwerking

De samenwerkende partijen binnen WaterSense voldoen aan de kenmerken van de "gouden driehoek" voor innovatie: bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen die samen werken aan innovatie. De ervaring in WaterSense heeft geleerd dat het belangrijk is om vast te houden aan een gezamenlijk doel, rekening houdend met de commerciële belangen, publieke afwegingen en de ontwikkeling van nieuwe kennis.

## Wat na WaterSense

In WaterSense werden real time data met behulp van modellen omgezet worden naar bruikbare adviezen voor de praktijk van het waterbeheer en het project kan dus beschouwd worden als een stap in de ontwikkeling en toepassing van diverse informatiesystemen. De deelnemende partijen zullen de vergaarde kennis in samenwerking en in eigen kring toepassen.

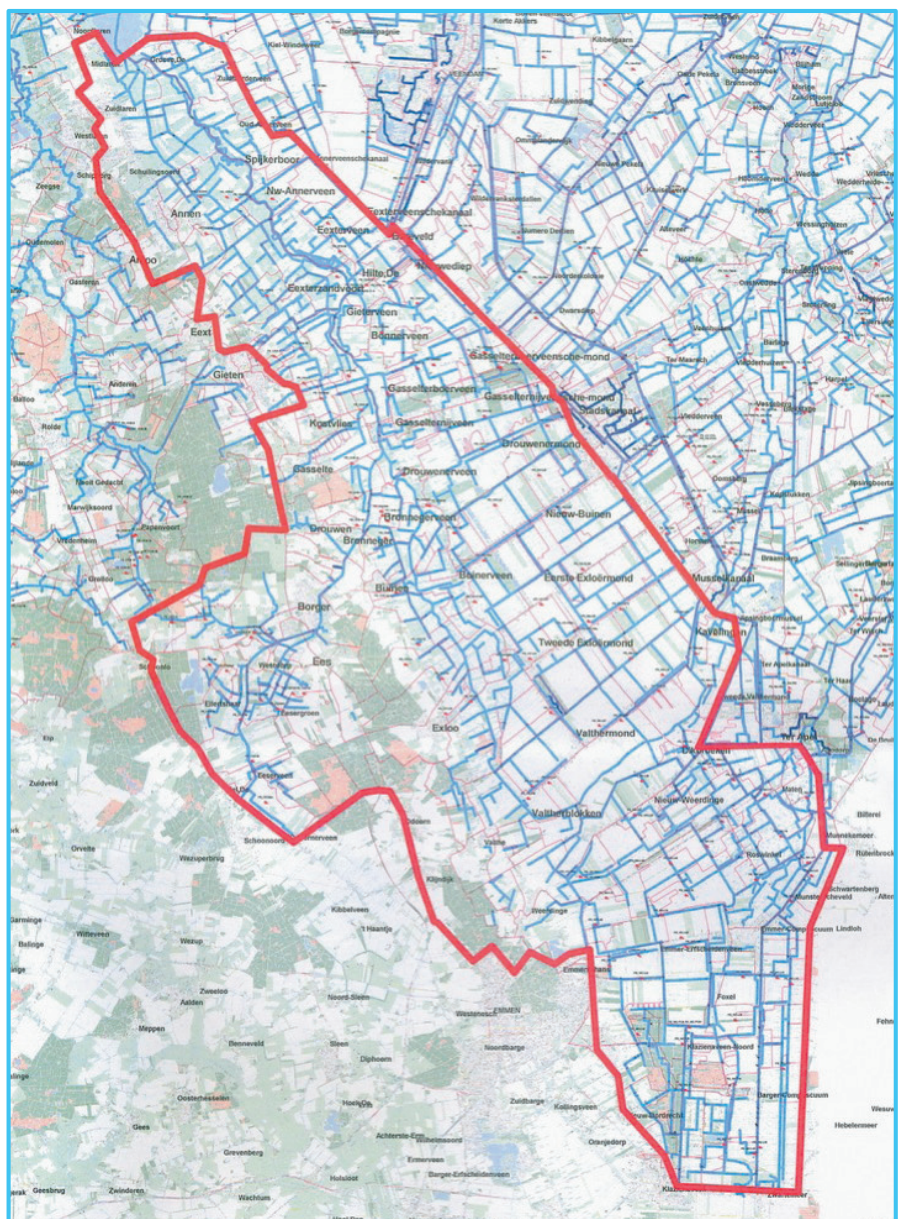
# 1. Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten van het project WaterSense, dat liep van 2008 tot en met 2012. In het project zijn de mogelijkheden van sensortechnologie onderzocht voor waterbeheer door landbouwers, waterschappen en drinkwaterbedrijven.

Het doel van WaterSense was:

- a. het onderzoeken en ontwikkelen van het concept van een beslissingsondersteunend systeem voor waterbeheer met behulp van sensortechnologie;
- b. validatie van het concept aan de hand van een demonstratiesysteem.

In WaterSense zijn diverse aspecten van meten, modelleren en sturen met betrekking tot waterkwantiteit, waterkwaliteit en landbouw onderzocht.



Figuur 1. Projectgebied WaterSense



Het project is uitgevoerd in de Drentse Veenkoloniën en het stroomgebied van de Hunze, op de grens van Groningen en Drenthe.

Deelnemers aan het project WaterSense waren Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD), Waterschap Hunze en Aa's, Dacom, HydroLogic, DySI, de provincie Drenthe, Wetsus en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Waterlaboratorium Noord en ongeveer 50 landbouwers in het projectgebied. Het penvoerderschap was in handen van de WMD. Meer informatie over de partners is opgenomen in bijlage 2. Gedurende het project heeft een externe klankbordgroep kritisch met de aanpak, voortgang en de resultaten meegekeken. Deze klankbordgroep is in totaal vier keer bij elkaar geweest. Bijlage 4 bevat de lijst van klankbordgroep leden.

De totale projectkosten bedroegen ongeveer 1,5 miljoen euro. De helft van dit bedrag is opgebracht door de deelnemende partijen. De andere helft is gefinancierd uit de subsidieregeling Pieken in de Delta van het Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie en het Operationeel Programma EFRO van de Europese Unie.

Dit rapport beschrijft de belangrijkste resultaten van WaterSense. Hoofdstuk drie gaat in op het principe van een beslissingsondersteunend systeem. Hoofdstuk vier beschrijft de resultaten voor kwantiteit, hoofdstuk vijf de resultaten voor waterkwaliteit. Hoofdstuk zes gaat in op de landbouwpraktijk. In hoofdstuk zeven staan de belangrijkste conclusies en aanbevelingen. Het rapport sluit af met een slotbeschouwing hoofdstuk acht.

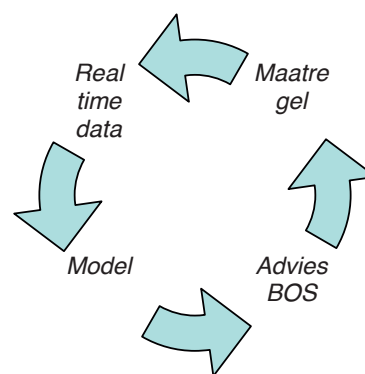
Voor verdere verdieping wordt verwezen naar de opgestelde projectdocumenten (zie bijlage 1) die op verschillende plaatsen in het verslag zijn vermeld.

## 2. Beslissingsondersteunend systeem

### Waarom een BOS

Het doel van een beslissingsondersteunend systeem (BOS) is om te helpen bij beslissingen over operationele maatregelen in het waterbeheer, zoals bijvoorbeeld beregenen, bemesten, gebruik gewasbeschermingsmiddelen en water vasthouden. Het gaat dan om ingrepen met directe effecten bij snel wisselende omstandigheden.

Het BOS wordt gevoed door modellen die voorspellingen doen over de ontwikkelingen van bijvoorbeeld waterpeilen, bodemvocht en hoeveelheid neerslag. De modellen worden steeds geactualiseerd door de koppeling met real time verkregen data, zoals bijvoorbeeld de actuele oppervlaktewaterpeilen. Het BOS kan adviezen geven om bepaalde maatregelen te nemen. De effecten van deze ingrepen zijn vervolgens direct weer meetbaar en leiden weer tot nieuwe invoer in de modellen. Op basis van deze data kunnen de adviezen in het BOS worden aangepast.

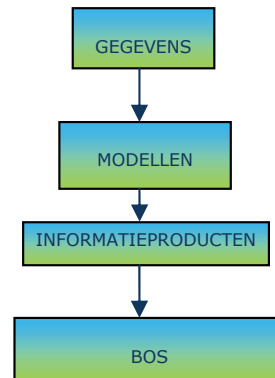


Figuur 2: Plaats van BOS in regelkring

Een BOS met real time data is vooral bruikbaar voor operationele beslissingen. Maar een BOS kan ook gebruikt worden voor het verkrijgen van inzicht in langetermijneffecten, al is real time informatie dan niet noodzakelijk. Gedacht kan worden aan het trage proces van fosfaatuitspoeling naar het grondwater, het verminderen van concentraties van in het verleden toegepaste middelen e.d.. Verder kan de combinatie van de dagelijkse gegevens inzicht geven in lange termijnontwikkelingen, waardoor de voorspellende waarde van modellen kan toenemen.

## Algemene opbouw

De algemene opbouw van een BOS kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Figuur 3: Onderdelen BOS

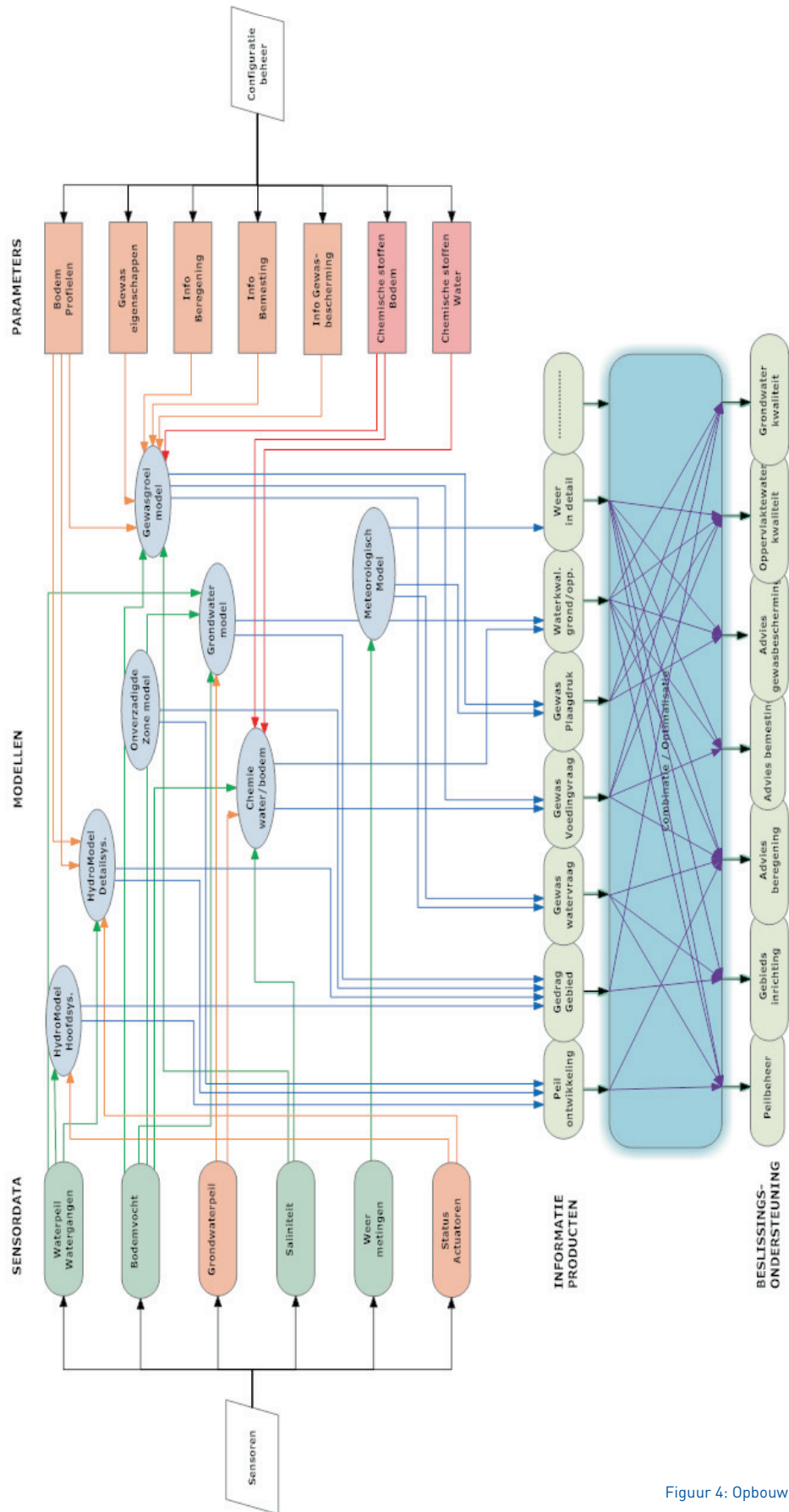
Uitgaande van de adviezen die vanuit het BOS gegeven moeten kunnen worden, kan terug geredeneerd worden. We kunnen bekijken welke informatie nodig is als het BOS bemestingsadviezen moet kunnen geven. Dit is de informatie die in bovenstaande figuur bedoeld wordt met informatieproducten. Het gaat daarbij zowel om kwantiteit- als kwaliteitsaspecten, dus bijvoorbeeld de ontwikkeling van het oppervlaktewaterpeil maar ook de ontwikkeling van aanwezigheid van meststoffen in de onverzadigde wortelzone.

Om deze informatieproducten te kunnen samenstellen zijn modellen nodig, die bijvoorbeeld kunnen voorspellen hoe het waterpeil zich zal ontwikkelen en hoe de mineralenstroom in de bodem zal zijn. Modellen hebben allerlei soorten gegevens nodig, deels afkomstig uit sensoren en deels uit andere bronnen. Zo bieden de sensoren bijvoorbeeld informatie over de aanwezige hoeveelheid vocht in de bodem en de ontwikkeling daarvan. Maar tot die gegevens behoren ook meer vaststaande gegevens zoals het aantal watergangen, stuwten en gemalen.

Bij de start van het project is deze algemene indeling uitgewerkt in een gedetailleerd schema (figuur 4). Op basis van zo'n schema kan in principe een integraal BOS voor waterkwaliteit en waterkwantiteit vraagstukken worden opgebouwd. Het idee was om de verschillende blokjes uit de figuur in de loop van het project te maken en in het BOS aan elkaar te koppelen.

Tijdens het project werd al snel duidelijk dat dit niet zo eenvoudig is. Tijdens het project is zowel aan waterkwaliteit als waterkwantiteit gewerkt, maar het bleek dat de onderdelen voor een BOS waterkwantiteit makkelijker te ontwikkelen zijn dan voor waterkwaliteit. Uiteindelijk heeft dit geleid tot een Proof-of-Principle BOS voor alleen waterkwantiteit.

# WATERSENSE



Figuur 4: Opbouw BOS

## 3. BOS kwantiteit

### 3.1 Algemeen

Binnen WaterSense is een Proof-of-Principle (P-o-P) BOS kwantiteit ontwikkeld en gevalideerd. Het P-o-P BOS levert de volgende vlakdekkende informatieproducten:

- Vlakdekkendinzicht in de huidige en verwachte grondwaterstanden.
- Vlakdekkendinzicht in de huidige en verwachte oppervlaktewaterstanden.
- Vlakdekkendinzicht in de huidige en verwachte hoeveelheid bodemvocht.

Het P-o-P BOS wordt gevoed met gemeten informatie waarmee enerzijds het geïntegreerde grond- en oppervlaktewatermodel is ontwikkeld en anderzijds het model onder operationele omstandigheden wordt ge-updated.

Het P-o-P BOS kan peilbeheerders en telers ondersteunen bij het dagelijks beheer, maar ook in extreme omstandigheden en bij strategische keuzes. Ook geeft het P-o-P BOS informatie over de waterstromen tussen bodem, grond- en oppervlaktewater.

Er is geen kant-en-klaar BOS kwantiteit gebouwd, maar het systeem is wel operationeel. Niet alle gewenste functionaliteiten zijn namelijk online geïmplementeerd, een aantal functionaliteiten is alleen offline geanalyseerd en beperkt online beproefd.

In onderstaande paragrafen wordt beschreven hoe het P-o-P BOS is opgebouwd. Daarnaast wordt in paragraaf 4.5 aangegeven welke inzichten de ontwikkeling van dit BOS heeft opgeleverd en welke resultaten aanleiding zijn voor mogelijke vervolgprijzen.

#### Bodemvochtsensoren bij telers

### 3.2 Gegevens en informatieproducten

Vanaf 2007 zijn er in verschillende projectverbanden bij telers Dacom bodemvochtsensoren ingezet om het bodemvocht te meten en daarmee een bodemvochtbalans op te stellen [46]. Binnen het Innovatief Actieprogramma Drenthe met het projectthema irrigatie en bemesting zijn er in 2007 en 2008 op 19 bedrijven bodemvochtsensoren geplaatst. In het LOFAR project (Low Frequency Array) zijn er in 2007 en 2008 door twee telers bodemvochtsensoren gebruikt. Vanaf 2009 is het gebruik van deze sensoren onder WaterSense geschaard.

	Aantal deelnemende telers	Aantal andere deelnemers	Aantal Sensoren
2007	20	1	21
2008	20	1	21
2009	47	1	98
2010	46	1	89
2011	40	1	76

De sensoren zijn vooral geplaatst op percelen waar in droge situaties een beregening zou kunnen plaatsvinden. Ook bij telers die niet beschikken over beregening zijn sensoren geplaatst. De gewassen waarin de sensoren zijn geplaatst zijn aardappelen, bloembollen, suikerbieten, zaai uien en granen. De keuze van de teler voor de locatie van de sensor was bijna altijd teeltoptimalisatie: opbrengstverhoging met zo weinig mogelijk beregening. Daar waar niet kon worden beregend is een sensor geplaatst om te bezien of er werkelijk te droge teeltomstandigheden waren en of dit mogelijk opbrengst zou kosten.

De sensoren meten op 10, 20, 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht voor gewasgroei in de onverzadigde zone. Bij de sensoren is een regenmeter geplaatst zodat de hoeveelheid neerslag / irrigatie kon worden vastgelegd. Telers moesten zelf aangeven of de 'afgetapte mm vocht' een beregening betrof. De jaaroverzichten per teler zijn opvraagbaar bij Dacom. Voor een zo goed mogelijke werking en betrouwbaarheid van de sensoren heeft Dacom het preventief onderhoud, installatie, validatie, kalibratie en correctief onderhoud van de sensoren uitgevoerd. Kalibratie kan plaats vinden tijdens preventief onderhoud en in een veldsituatie [35]. Validatie betekent dat gecontroleerd wordt of de sensordata op een juiste manier gecommuniceerd worden en de grafieken goed worden ingesteld.

#### Weermetingen

Elf lokale weerstations zijn gebruikt om de parameters van de gasverdamping te meten, te weten: temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, neerslag, straling, windsnelheid en windrichting. Voor verschillende regio's in het gebied zijn een 10-daagse weersverwachting en een 15-daagse trendverwachting door Meteo Consult opgesteld.

#### Bodemprofielen

In 2009 zijn door The Soil Company van 23 percelen van 14 deelnemers uit het gebied 'de Monden' de bodemeigenschappen in beeld gebracht. De bodemeigenschappen betroffen: zandfractie, M50 korreldiameter, pH, organische stof, lutum, bulkdichtheid, waterretentie, veldcapaciteit, hoogte ligging. Deze gegevens zijn digitaal in het Dacom systeem aan de perceelsregistraties gekoppeld [23]. Deze gegevens zijn eveneens als bron gebruikt bij het met behulp van assimilatie verkrijgen van vlakdekkende bodemvochtinformatie.

#### Waterstanden watergangen

De oppervlaktewaterstanden zijn op negen locaties gemeten, bij kunstwerken zoals stuwen en gemalen. Via telemetrie is een continue datastroom vastgelegd in een operationele database van het waterschap. De meetgegevens van het waterschap zijn gevalideerd met behulp van het programma WISKI. Deze database is gekoppeld aan hydrologische modellen.

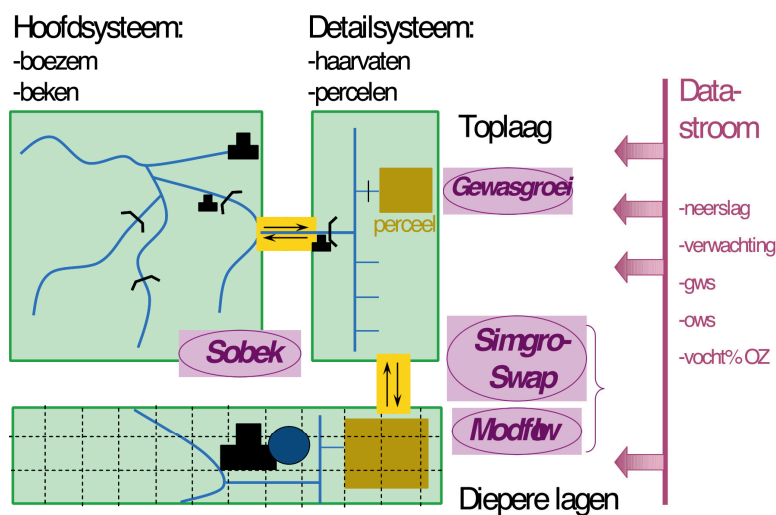
#### Grondwaterstand

Op 27 locaties is het grondwaterpeil gemeten [6,9]. Deels zijn deze data continu via telemetrie verzonden, deels met handmatige uitlezing. Ook deze data zijn gekoppeld aan een operationele database bij het waterschap en aan de hydrologische modellen. De gegevens zijn gevalideerd met het programma WISKI [10].

### 3.3 Modelling waterkwantiteit

Bovenstaande informatieproducten en gegevens zijn op zichzelf al beslissingsondersteunend voor waterbeheerder en telers. Modellen maken deze resultaten gebiedsdekkend, bieden prognoses en kunnen daadwerkelijk ingezet worden om te voorspellen welke maatregelen effectief zijn. Modellen geven inzicht in het functioneren van het systeem, de processen die daarmee gepaard gaan en de bijbehorende knelpunten.

In de schematische weergave in figuur 5 van het hydrologisch systeem is de samenhang tussen het hoofdwatersysteem, het detailsysteem en de diepere lagen aangegeven. De in het schema aangegeven modellen worden gevoed door de WaterSense data. De paarse ovaal geven de modellen aan die gebruikt zijn voor het modelleren van deze systemen. De pijltjes in de gele ovalen geven de gemaakte verbindingen tussen de subsystemen aan.



Figuur 5: Toegepaste modellen

Het Simgro-Swap model is gebruikt voor het modelleren van het detailwatersysteem. Voor de modellering van de ondergrond is gebruik gemaakt van het grondwatermodel Noord Nederland (Mipwa) dat in de modelcode Modflow is ontwikkeld [9,13,14].

In het P-o-P BOS is geen online koppeling gemaakt met het Sobek model van het hoofdsysteem, maar dit is wel mogelijk. Deze koppeling heeft meerwaarde om te kunnen beoordelen of bij hoogwater water vastgehouden moet worden in plaats van versneld afvoeren. Binnen het Simgro model kan gewasgroei met Wofost worden gemodelleerd, maar dat was in WaterSense geen tijd meer voor.

Modellen en (gemeten) informatie versterken elkaar dus. Zo zijn de gemeten grond- en oppervlaktewaterstanden belangrijk voor de kalibratie van het model. Er meten leidt tot een beter model. Tijdens WaterSense zijn ook beperkingen van de gangbare hydrologische modellen naar voren komen. Het op 25x25 m nauwkeurig schatten van bodemvocht bleek niet goed mogelijk. Daarvoor is een alternatieve techniek ontwikkeld waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende informatiebronnen, waaronder hydrologische modelfluxen.

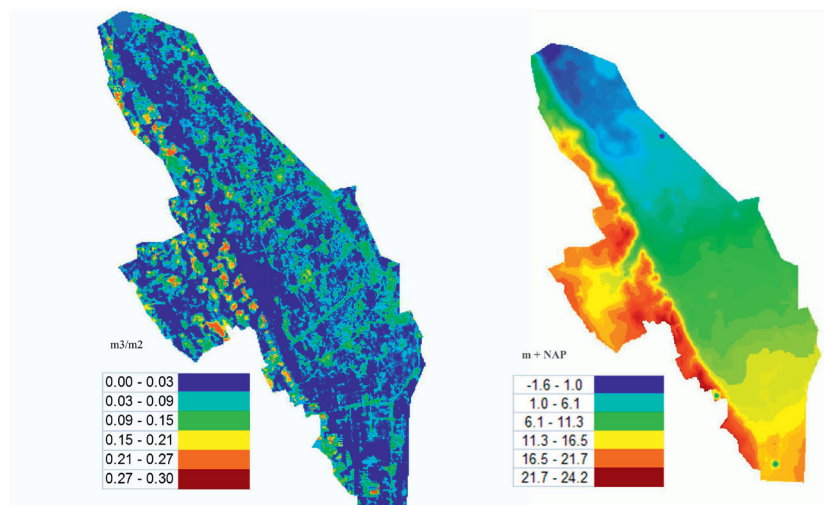
Er is een Proof-of-Principle ontwikkeld van een gedetailleerd, hydrologisch, integraal model als basis voor het BOS op verschillende detailniveaus. Het model levert nauwkeurige afvoeren, grond- en oppervlaktewaterstanden [45].

### 3.4 Beslissingsondersteuning en kennis

Het in het WaterSense ontwikkelde P-o-P BOS ondersteunt de gebruiker op drie manieren:

- Online beschikbare betrouwbare en nauwkeurige informatie
- Online beschikbare modelresultaten en prognoses
- Het leveren van adviezen.

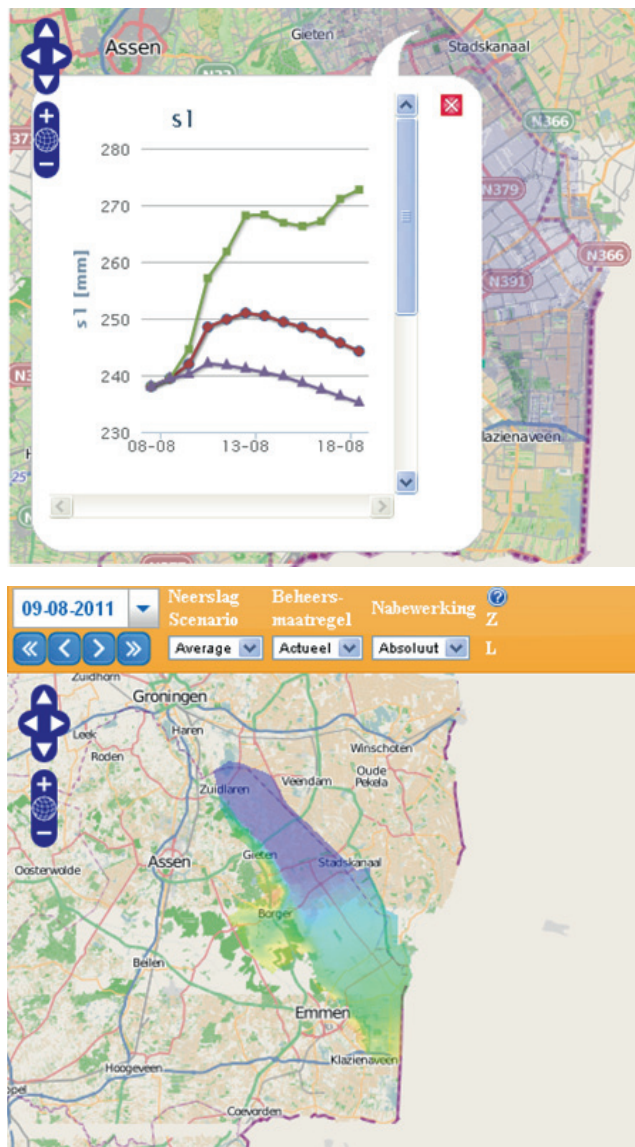
Voor de eerste twee toepassingen zijn in WaterSense de online versies ontwikkeld en in gebruik. Het derde aspect is in WaterSense vooral offline beproefd.



Figuur 6: Vlakdekkende informatie bodemvocht en grondwaterstand



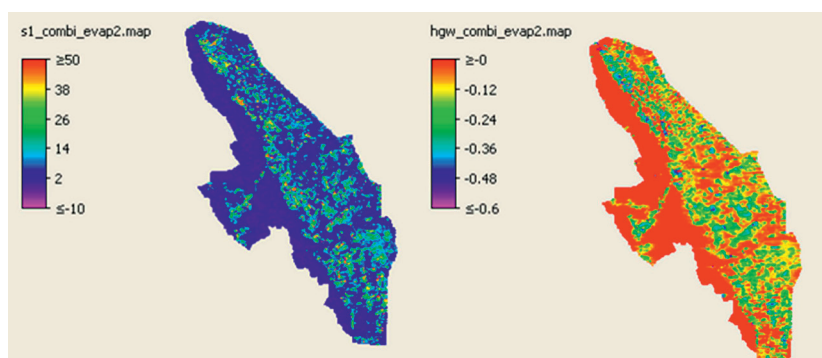
Naast online informatie en modeluitkomsten worden ook standaard effecten van een aantal maatregelen doorgerekend. Daarnaast wordt de beschikbare vochtvoorraad voor de komende 10 dagen aangegeven, waarbij de kleur aangeeft of er voldoende of te weinig water is (figuur 6). Ook wordt automatisch berekend of de verwachte waterstand boven de kritische 10%-maaiveldgrens komt. De grafiek in figuur 7 geeft de totale hoeveelheid bodemvocht aan in mm in wortelzone (op 60 cm diep) en het verloop daarvan in de tijd bij verschillende varianten van beregening, gecombineerd met een neerslagprognose. De blauwe lijn is de verwachte hoeveelheid bodemvocht wanneer er niet wordt beregend, de rode lijn geeft het effect van 10 mm beregening weer en de groene lijn het effect van 20 mm beregening. De onderste figuur is een ruimtelijke weergave van het bodemvocht.



Figuur 7 Gadgets: prognose ontwikkeling bodemvocht bij verschillende maatregelen

Op basis van gedetailleerde bodemfysische eigenschappen, puntmetingen van bodemvochtsensoren, hydrologische fluxen uit modellen en meteorologische input kan vlakdekkende bodemvochtinformatie worden gegenereerd. Deze informatie is echter onvoldoende nauwkeurig om op perceelniveau telers te adviseren. In WaterSense is een concept opgesteld waarmee deze informatie wel kan worden ontwikkeld. Er bleek dat voor de operationele ondersteuning van de teler er een verdere integratie van model en sensorinformatie plaats moet vinden. Hier wordt in vervolg op WaterSense verder aan gewerkt.

Op strategisch niveau kan al wel worden berekend of maatregelen zoals peilgestuurde drainage en schotbalken tot een verbetering van de watervoorziening op percelen zal leiden. Figuur 8 geeft aan welke effecten het opzetten van peilen en het aanvoeren van water hebben op de vocht beschikbaarheid in een gebied. In de linkerfiguur is de toename van het vochtgehalte zichtbaar in vergelijking met de referentiesituatie. Deze toename wordt veroorzaakt door een grotere capillaire nalevering doordat de grondwaterstanden minder ver wegzakken. In de rechterfiguur wordt de toename van de grondwaterstand in meter getoond.



Figuur 8: Effecten maatregelen

Kortom, het P-o-P BOS biedt in eerste instantie inzicht in hoe het systeem functioneert en waar en wanneer er knelpunten optreden voor de verschillende gebruikers. Vervolgens kan dit inzicht worden gebruikt voor het doen van effectieve operationele ingrepen en strategische maatregelen.

### 3.5 Resultaten en vervolg BOS kwantiteit

Een operationeel BOS voor teler en waterbeheerder stelt hoge eisen aan de informatie. Zo dient het BOS regelmatig te worden bijgesteld op basis van de metingen. Hoewel dit goed mogelijk is, vraagt dit wel de nodige inspanning en onderhoud. Het van dag tot dag berekenen en prognosticeren van oppervlakte- en grondwaterstanden, af- en aanvoeren en bodemvocht heeft meerwaarde voor zowel kennis over het systeem en als voor de doelmatige inzet van middelen. Recente technieken uit de aardobservatie kunnen een nuttige toevoeging zijn op de bestaande grondsensoren en modellen.

#### Bodemvocht van belang voor modellen en teler

Bodemvochtinformatie alleen uit bodemvochtsensoren of alleen als modeloutput blijkt de teler onvoldoende informatie te geven om op perceel niveau te kunnen sturen. De ruimtelijke resolutie van de bodemvochtsensoren is een beperkende factor en modeloutput alleen doet onvoldoende recht aan de ruimtelijke variabiliteit van het bodemvocht. De combinatie van bodemvochtsensoren en Simgro modeloutput leidt tot een nauwkeuriger en betrouwbaarder beeld van het bodemvocht. Dit beeld kan nog verder verbeteren door deze informatie te combineren met gedetailleerde informatie over bodem fysische eigenschappen en verdampingsinformatie uit satellieten.

Een belangrijk doel voor de komende tijd is dan ook om (elke dag) zo goed mogelijke bodemvochtinformatie (uit te drukken in beschikbare mm's voor gewasverdamping) te verkrijgen door het assimileren van bodemvochtmetingen, vlak dekkende modelinformatie en (gemeten) bodemeigenschappen. In vervolg op WaterSense wordt dit nader uitgewerkt en beproefd. De ambitie hierbij is om operationeel vlakdekkende bodemvochtinformatie te leveren.

Het integrale model berekent verwachte afvoeren, grond- en oppervlaktewaterstanden. Gebleken is dat goede grondwaterstanden en afvoeren niet automatisch leiden tot de voorspelling van adequate bodemvochtgehalten. Dit is een belangrijke constatering voor veel (zoetwater)onderzoek omdat modellen vrijwel nooit op bodemvocht worden gekalibreerd vanwege ontbrekende metingen. In veel analyses hangt juist veel af van de juistheid van de (modelmatige) bodemvochtontwikkeling. Op basis van de resultaten van WaterSense kan de vraag worden gesteld in hoeverre dit de werkelijkheid representeert.

#### Capillaire nalevering

Uit de modelsimulaties en de bodemvochtsensoren is gebleken dat er in droge perioden sprake is van substantiële capillaire nalevering van orde grootte 2-3 mm. Deze nalevering is van essentieel belang om - in combinatie met wateraanvoer - de gewassen in droge omstandigheden van voldoende vocht te voorzien. Bij sterk dalende grondwaterstanden neemt deze flux af, ongeveer van 1-1.5 m beneden de wortelzone. In het onderzoeksgebied is dit - mede als gevolg van kwel en wateraanvoer - niet voorgevallen in de onderzochte periode. Het afnemen van deze belangrijke flux kan een rol spelen wanneer de wateraanvoer is gestremd en de droge perioden als gevolg van klimaatveranderingen langer duren

Een model geeft inzicht in het systeem en met dit inzicht is het mogelijk de juiste maatregelen te vinden. Verschillende klimaat-scenario's en de effecten van operationele ingrepen kunnen met modellen worden gesimuleerd. Modellen leiden vaak tot een scherper inzicht in bestaande veronderstellingen en soms ook tot het verwerpen van gangbare kennis.

Het in WaterSense ontwikkelde model biedt kennis over de waterstromen ten tijde van droogte en wateroverlast.

De aanwezigheid van drains blijkt van belang te zijn voor het op gang houden van de capillaire nalevering [45]. Het is zinvol meer onderzoek te doen naar de bijdrage van peilgestuurde drainage aan het op gang houden van capillaire nalevering, zonder dat hierdoor wateroverlast wordt vergroot.

#### Bodemvochtsensor biedt aanvullende seizoen specifieke gewas informatie

Hydrologische modellen bevatten veelal generieke informatie over het gewas. Er wordt geen onderscheid gemaakt naar ras, worteldiepte, pootdatum en andere aspecten die van jaar tot jaar kunnen verschillen. In werkelijkheid blijkt dat daar echter een behoorlijke variatie in kan optreden. Zo daalde de grondwaterstand in 2010 eind april/begin mei beduidend sneller in werkelijkheid dan in het model [44]. De verdamping door het gewas was in werkelijkheid groter dan de in het model gebruikte kentallen. Dit soort seizoen specifieke gewasinformatie kan worden afgeleid uit de bodemvochtsensoren (worteldiepte, verdamping, start groei) en gewasregistratie en als zodanig in het operationele model worden gebracht. Het model komt dan beter met de werkelijkheid overeen. Deze opbrengst van WaterSense is essentieel omdat algemene en globale informatie kennelijk niet volstaat voor een nauwkeurig inzicht in de vochtonttrekking per perceel en gewas.

#### Een nieuwe opzet voor het BOS

Met het verkrijgen van nauwkeurige, vlakdekkende bodemvochtinformatie, zou het BOS er deels ook anders uit komen te zien. Simpeler en minder geavanceerd gemodelleerd. De basis zou een waterbalans model van de wortelzone kunnen zijn dat elke dag wordt geactualiseerd met vlakdekkende bodemvochtinformatie. Op basis van de meest waarschijnlijke schattingen van de belangrijke waterbalans componenten (neerslag, verdamping, drainage, kwel) kunnen natte en droge situaties worden geprognosticeerd. Vervolgens kan hierop worden geanticipeerd door het adviseren van maatregelen. De beschikbare berging in bodem en oppervlaktewatersysteem kan in millimeters worden gemonitord, zodat niet onnodig water uit het systeem wegvloeit wanneer een forse bui dreigt. Een dergelijk systeem met een beperkt aantal parameters maar wel gevoed met hoogwaardige, gedetailleerde informatie (en slimme algoritmen) is mogelijk ook meer gebruiksvriendelijk, eenvoudiger bruikbaar en uitlegbaar voor de eindgebruiker.

## 4. Kwaliteit

Bij waterkwaliteit gaat de aandacht uit naar nitraat, fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen. De waterschappen en waterleidingbedrijven hebben er belang bij dat de concentraties van deze stoffen in het oppervlaktewater en grondwater afnemen. Onderzocht is wat er nodig is om voor deze stoffen een BOS te ontwikkelen.

Dit blijkt zeer complexe materie te zijn, zowel wat betreft het toepassen van sensoren als het modelleren. Er zijn nog geen goede sensoren die waterkwaliteit in de onverzadigde zone real time kunnen meten. De traagheid en complexiteit van de processen die de waterkwaliteit in de bodem bepalen, maken het modelleren en dus voorspellen van de waterkwaliteit in de onverzadigde zone moeilijk. Het bouwen van een P-o-P BOS waterkwaliteit is dan ook niet gelukt. Desondanks zijn met het project WaterSense toch enkele stappen in de richting van een BOS waterkwaliteit gezet. De resultaten hiervan zijn beschreven in de volgende paragrafen.

### 4.1 Gegevens en informatieproducten

Al vrij vroeg in het project bleek dat er geen sensoren zijn voor het real time meten van nitraat, fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen in de onverzadigde zone. Er zijn toen de drie volgende lijnen uitgezet:

1. Er is onderzocht wat de toegevoegde waarde van een kwaliteitssensor voor waterbeheer kan zijn
2. Er is nagegaan of andere meetmethoden beschikbaar zijn die in de buurt komen van real time meten van waterkwaliteit in de onverzadigde zone
3. Er is geïnventariseerd in hoeverre er partijen zijn die aan de ontwikkeling van een kwaliteitssensor werken/kunnen werken.

#### 1. De toegevoegde waarde

De potentiële toegevoegde waarde van sensordata blijkt te verschillen per stof. In deze paragraaf wordt aangegeven wat per soort stof de potentiële toegevoegde waarde kan zijn.

#### Stikstofvoorraad in bodem

Toepassing van stikstof als onderdeel van de bemesting is afhankelijk van ras, gewas, bodem, gewasgroei, bodemvocht, weersomstandigheden, mineralisatie en behoefte in de verschillende fasen van de plantgroei. Real time en continue informatie over de beschikbaarheid van stikstof en bodemvocht op verschillende diepten in de onverzadigde zone is als input voor een operationeel en strategisch BOS zeer belangrijk. De landbouwer kan dan beter bepalen hoeveel en wanneer er bemest moet worden. Dit draagt bij aan teeltoptimalisatie en vermindering van uitspoeling. Een nitraatsensor kan in principe in preventieve zin bijdragen aan het verbeteren van de waterkwaliteit.

#### Fosfaat

Op een aanzienlijk deel van de landbouwgronden is een behoorlijke fosfaatbuffer aanwezig. Opname van dat fosfaat door een gewas kan alleen als het fosfaat is opgelost in het bodemvocht. Fosfaat verplaatst zich maar heel langzaam in de bodem en wordt sterk gebufferd. Deze buffer voorkomt gedurende lange tijd uitspoeling naar het grondwater maar als de buffer vol is, is de uitspoeling relatief groot. Het wel of niet optreden van fosfaatuitspoeling hangt af van veel factoren.

Beperking van de fosfaatuitspoeling naar grondwater is een proces dat vooral bepaald wordt door de bodemtoestand. Aanscherping van de mestwetgeving zal er voor zorgen dat niet fixerende gronden voorzichtig in fosfaattoestand zullen dalen. Een landbouwer kan in de dagelijkse praktijk dan ook vrij weinig doen om de historische fosfaatbelasting uit de onverzadigde zone naar het grond- en oppervlaktewater op de korte termijn te beïnvloeden. Mede omdat wetgeving beperkingen oplegt in het gebruik van fosfaat heeft het dan uit oogpunt van preventie geen zin om de totale hoeveelheid beschikbare fosfaat in de onverzadigde zone real time te meten. Daarom is besloten binnen WaterSense niet te veel aandacht aan fosfaat te besteden [22].

Daar waar bodemerosie bij intensieve neerslag een rol speelt, kan fosfaatafspoeling naar het oppervlakte water aan de orde zijn. Dit treedt met name op in perioden vlak na bemesting wanneer het erg nat is. Precieze afspoeling is niet goed te modelleren omdat dit sterk afhankelijk is van de bodemomstandigheden (infiltratiecapaciteit). Wel zijn risicoperioden voor afspoeling aan te wijzen, wanneer gekeken wordt naar vochtgehalten en neerslag.

#### Gewasbeschermingsmiddelen

Inzet van gewasbeschermingsmiddelen is duur en kost tijd. Dit betekent dat in de praktijk de landbouwer afhankelijk van gewas, ras, bodem, plantkenmerken, aanwezigheid van ziekten en plagen in de omgeving, weersomstandigheden en adviezen van landbouwkundige diensten en beslissingsondersteunende systemen (BOS) zal besluiten tot een bespuiting. Omdat veel middelen invloed hebben op het biologische aspect van de bodemvruchtbaarheid en omgekeerd bodembioïecologie en chemie zeer divers interacteert met gebruikte stoffen, is het nagenoeg onmogelijk om stoffentransport door bodemvocht naar de verzadigde zone of oppervlaktewater te traceren. Bovendien verlopen de interacties en afbraakprocessen van de gebruikte middelen in de tijd zeer willekeurig [32]. Sensoren die in bodemvocht algemene stromingen en interacties real time kunnen vastleggen zijn niet voor handen. Ook sensoren die vanuit een buffering concentraties van actieve ingrediënten van gewasbeschermingsmiddelen kunnen aangeven, leveren onvoldoende stuurinformatie op. Dit wordt veroorzaakt door de diversiteit van de bodemvochtstromen in de tijd, dan is namelijk een meting niet altijd terug te leiden is tot een concreet gebruik van middelen op die locatie.

Omdat bodemvocht bij de toepassing van bodem herbicides en nematicides een grote rol speelt, is het zinvoller om voor de toepassing de bodemvochtsituatie gecombineerd met een betrouwbare weersvoorspelling te kennen. In de praktijk wordt een bespuiting/behandeling met 'fingerspitzengefühl' onderbouwd. Voor zowel waterkwaliteit als gewasrendement zou het beter zijn als er richtlijnen voor een aantal middelen worden ontwikkeld waarin de optimale toepassingsomstandigheden worden aangegeven. Een enkele fabrikant van gewasbeschermingsmiddelen doet samen met Dacom hiertoe onderzoek.

## 2. Andere meetmethoden

Om toch iets meer te kunnen doen dan de conventionele kwaliteitsmetingen is in WaterSense gewerkt met de SorbiSense [2]. Dit is een techniek die in dit geval meet in (grond)water op ongeveer 2,5 meter beneden maaiveld. Er wordt een meetbuisje, die een voor het doel, geschikte vaste fase bevat in een peilbuis gehangen. Na een bepaalde periode wordt het meetbuisje opgehaald en kan de inhoud ervan na extractie worden geanalyseerd. Met behulp van een speciale berekening kan bepaald worden wat de concentraties van de stoffen in de gemeten periode zijn geweest. Dit is zeker geen online sensor, maar het geeft ten opzichte van een puntbemonstering wel een veel beter idee van de gemiddelde concentratie in een bepaald tijdvak in een vrij ondiepe bodemlaag.

De SorbiSense metingen van concentraties van stikstof, fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen zijn uitgevoerd in het WaterSense proefveld op PPO-locatie 't Kompas te Valthermond [37]. Gemeten is in acht peilbuizen in het grondwater op twee percelen en 1 meetopstelling in het oppervlakte water gedurende 10 perioden van 5-12 weken. De metingen zijn vergeleken met normen uit de Kaderrichtlijn Water en de MTR (maximaal toelaatbaar risico).

De norm voor de EU-nitraatrichtlijn van 50 mg/l werd op één perceel gedurende het hele jaar overschreden. Op het andere perceel werd deze norm alleen in de winterperiode overschreden. Gemiddeld voor beide percelen lag de stikstofconcentratie op de nitraatnorm. De stikstofconcentratie in het oppervlaktewater lag gemiddeld onder de norm van 50 mg/l. In het voorjaar was deze hoger dan de norm. De fosfaatconcentraties lagen zowel in grond- als oppervlaktewater op beide percelen onder de normen.

Er zijn circa 60 verschillende gewasbeschermingsmiddelen onderzocht [8]. Zeven verschillende stoffen werden in totaal in alle metingen 19 keer aangetroffen. Concentraties varieerden van 0,01 tot 4 µg/l. Vijf middelen werden in het grondwater aangetroffen en twee middelen in oppervlaktewater. De MTR voor oppervlaktewater werd in geen van de gevallen overschreden. De drinkwaternorm werd wel zes maal overschreden voor individuele middelen. Flutolanil is 12 keer aangetroffen waarvan vier keer boven de norm. Dit is vreemd omdat het middel in de afgelopen jaren op één van de twee percelen helemaal niet is gebruikt en op het andere perceel slechts één keer.

De SorbiSense metingen geven een beeld van de stikstofconcentraties in grond- en oppervlaktewater met een patroon volgens de verwachtingen. In mindere mate geldt dit ook voor fosfaat. De gewasbeschermingsmetingen geven een onduidelijk beeld. Er worden stoffen gevonden die niet zijn gebruikt op de percelen en in de concentraties zitten soms grote uitschieters die niet verklaarbaar zijn. Anderzijds worden stoffen niet gemeten die volgens de kengetallen wel een hoog uitspoelingsrisico hebben.

Er zijn geen vergelijkingen gemaakt in de metingen op het proefbedrijf met de standaard meetmethoden. Er kan daarom niets geconcludeerd worden over de waarde van SorbiSense in vergelijking tot de standaard meetmethoden.

Uit deze proeven kan niet geconcludeerd worden dat de SorbiSense een goede meting voor gewasbeschermingsmiddelen in de relatief ondiepe ondergrond kan doen. Uit de meetresultaten kunnen dan ook geen conclusies worden getrokken.

Om meer zicht te krijgen op het uitspoelingsgedrag van gewasbeschermingsmiddelen en de mate waarin dit door de SorbiSense cel wordt opgepikt, is in maart 2011 gemerkt Linuron in het proefveld opgegoten boven een SorbiSense cel. De eerste spoortjes daarvan zijn in de monster van de periode november-december 2011 teruggevonden. Hierover kunnen nog geen conclusies getrokken worden.

### **3. Ontwikkeling van een sensor**

Een fosfaatsensor voor de onverzadigde zone heeft, gezien het gedrag van fosfaat, niet zoveel toegevoegde waarde. Een sensor voor gewasbeschermingsmiddelen in de onverzadigde zone lijkt, gezien de variatie aan stoffen die gemeten moeten kunnen worden, lastig te ontwikkelen. Daarnaast is nog niet helder of zo'n sensor veel toegevoegde waarde voor de praktijk zal hebben.

Voor nitraat ligt dit mogelijk anders. Vanuit WaterSense is contact gezocht met ontwikkelaars en leveranciers. Aan Sensor Universe en de NOM is gevraagd om mee te helpen bij de ontwikkeling van een kwaliteitssensor. In 2010 is door een aantal niet bij WaterSense betrokken partijen gewerkt aan een projectvoorstel voor de ontwikkeling van een nitraatsensor, maar dit is nooit verder gekomen.

Dacom heeft vervolgens in het kader van WaterSense het initiatief genomen om een nitraatsensor te ontwikkelen. Partijen die hebben bijgedragen aan de bouw van twee prototypes zijn Wageningen University Research, Embed Engineering en Faber Electronics. Op basis van testresultaten uit het laboratorium is er door Dacom een order geplaatst voor 10 aangepaste sensoren, waarmee in 2012 verder getest zal worden. De sensor zal naar verwachting medio 2014 op de markt gebracht kunnen worden.

Mogelijk bieden de bestaande bodemvochtsensoren in combinatie met de waterkwantiteitsmodellen wel aanknopingspunten om de inzet van mest en gewasbeschermingsmiddelen te optimaliseren. Dit komt voornamelijk omdat de vochthuishouding grote invloed heeft op de kwaliteit van de bodem, het bodemleven en de mate van



uitspoeling van stoffen. Deze informatie zal gecombineerd moeten worden met beslissingsondersteunende systemen die zich richten op dat wat boven de grond rond de plant gebeurt.

## 4.2 Modelling

Om tot een inzetbaar BOS te kunnen komen, moeten er modellen gebouwd kunnen worden, die het gedrag van de verschillende stoffen adequaat kunnen voorspellen. Onderzocht is in hoeverre die modellen beschikbaar en bruikbaar zijn voor een P-o-P BOS kwaliteit voor nitraat en gewasbeschermingsmiddelen.

### Nitraat

Het rapport "Gebruik NDICEA in WaterSense" [4] vat de beschikbare kennis over de uitspoeling van stikstof uit landbouwgebieden en de modellen die daarvoor zijn samen. Het NDICEA model is een relatief eenvoudig model dat de stikstofstromen in de wortelzone vrij goed beschrijft. Dacom gebruikt in haar systeem NDICEA om het verloop van de stikstofmineralisatie te voorspellen. De bruikbaarheid van NDICEA is echter beperkt door de verouderde architectuur van het programma en een onjuiste weergave van de mineralisatie bij hoge organische stofgehalten. Het Louis Bolk Instituut heeft in het kader van WaterSense gewerkt aan verbeteringen, maar deze lossen de problemen niet op. PPO-WUR heeft gezocht naar alternatieve tools/modellen [36]. PPO-WUR gaat samen met Dacom na WaterSense in combinatie met de te ontwikkelen stikstofsensoren een bruikbare operationele en strategische tool voor stikstoftoediening ontwikkelen.

### Gewasbeschermingsmiddelen

Er is een inventarisatie uitgevoerd van beschikbare modellen die het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen verklaren en voorspellen [32]. Daaruit blijkt dat modellering van transport van gewasbeschermingsmiddelen zeer complex is. Dit heeft te maken met de vele verschillende stoffen, afbraakprocessen, lange transportroutes en grote veranderingen in toegepaste middelen. Direct bruikbare modellen die het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen goed beschrijven zijn niet beschikbaar. Alleen risicoschattingen van emissies naar grond- en oppervlaktewater van gewasbeschermingsmiddelen vanuit de toediening van de middelen zijn mogelijk. Beslissingsondersteunende systemen voor telers zijn al beschikbaar om gewasbeschermingsmiddelen effectief, efficiënt en met minimale emissies toe te dienen. Deze systemen zijn vooral operationeel gericht. Beslissingsondersteunende systemen voor waterbeheerders op het gebied van gewasbeschermingsmiddelen zijn (nog) niet beschikbaar.

In de opgestelde inventarisatie wordt aanbevolen om uit te gaan van de risico inschattingen voor emissies van gewasbescherming naar grond- en oppervlaktewater en niet van het modelleren van daadwerkelijke concentraties. Mocht het lukken om stoffen in de onverzadigde zone te meten, dan zouden deze meetgegevens met de uitkomsten van de risico inschattingen gecombineerd kunnen worden. Voor het WaterSense proefveld op proefbedrijf 't Kompas zijn de risico's voor emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar

het grondwater berekend [8]. De middelen die volgens de berekeningen een hoog risico hebben komen niet terug in de metingen met SorbiSense.

Binnen WaterSense is geconcludeerd dat gezien het ontbreken van goede kwaliteitssensoren en het ontbreken van goede modellen, het onderdeel gewasbeschermingsmiddelen in een P-o-P BOS geen volwaardige plek kan krijgen, althans niet volgens de lijn real time gegevens-modellering-informatieproducten-BOS

### 4.3 Vervolg BOS kwaliteit

Een BOS kwaliteit is er dus niet van gekomen binnen het project WaterSense. Daarnaast is wel duidelijk geworden dat een integraal BOS waterkwaliteit waarschijnlijk ook niet nodig is. Inzicht in het gedrag van stikstof in de bodem lijkt voor de landbouw al veel toegevoegde waarde te kunnen hebben. De nitraatsensor van Dacom is dan ook een veelbelovend resultaat dat naar verwachting over enige tijd tot een commercieel succes zal kunnen leiden. Dit zal gebeuren in combinatie met het verbeteren van het NDICEA model.

Er is te kort en te weinig gemeten met SorbiSense om conclusies te kunnen trekken. De nieuwsgierigheid naar hoe gewasbeschermingsmiddelen zich gedragen in de onverzadigde zone blijft bestaan. Een real time sensor zou kunnen bijdragen aan inzicht in dat gedrag, dat voor de drinkwaterbedrijven buitengewoon interessant kan zijn.

Er is in het project niet uitgebreid gewerkt aan de koppeling van de kwantiteitsinformatie aan de kwaliteit. In deze koppeling zit echter wel perspectief, omdat daardoor beter inzicht kan ontstaan in de gebieden die bijdragen aan afspoeling en uitspoeling van stoffen naar het oppervlaktewater en grondwater. Daarnaast is de verwachting dat ook de landbouwer het moment van spuiten en bemesten effectiever kan maken door rekening te houden met de te verwachten bodemvochthuishouding.

## 5. De landbouwpraktijk

Tijdens het project en in een voorloper van het project heeft een behoorlijk aantal landbouwers gewerkt met een bodemvochtsensor en de informatie die daar vervolgens uit gegenereerd kan worden. De ervaringen van deze groep boeren is van belang om in te schatten in hoeverre deze sensoren voor de landbouwpraktijk betekenis hebben. De ervaringen worden in paragraaf 6.1 beschreven. De inzet van bodemvochtsensoren in combinatie met een beslissingsondersteunend systeem kan landbouwers helpen bij het waterbeheer. Het gaat hierbij om het al dan niet beregenen en het gebruik van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. De vraag die dan wel beantwoord moet worden is of deze vorm van sensortechnologie ook bij kan dragen aan betere resultaten met minder waterverbruik en een lagere milieubelasting. Ook dat is bepalend voor het mogelijke succes van het gebruik van sensoren in de landbouw. Op het proef bedrijf 't Kompas in Valthermond, is gewerkt aan de volgende twee vraagstukken:

1. Leidt beregenen tot opbrengstverbetering?
2. Kan een slimme combinatie van beregening en bemesting leiden tot een hogere opbrengst met minder uitspoeling van nutriënten?

### 5.1 De landbouw deelnemers

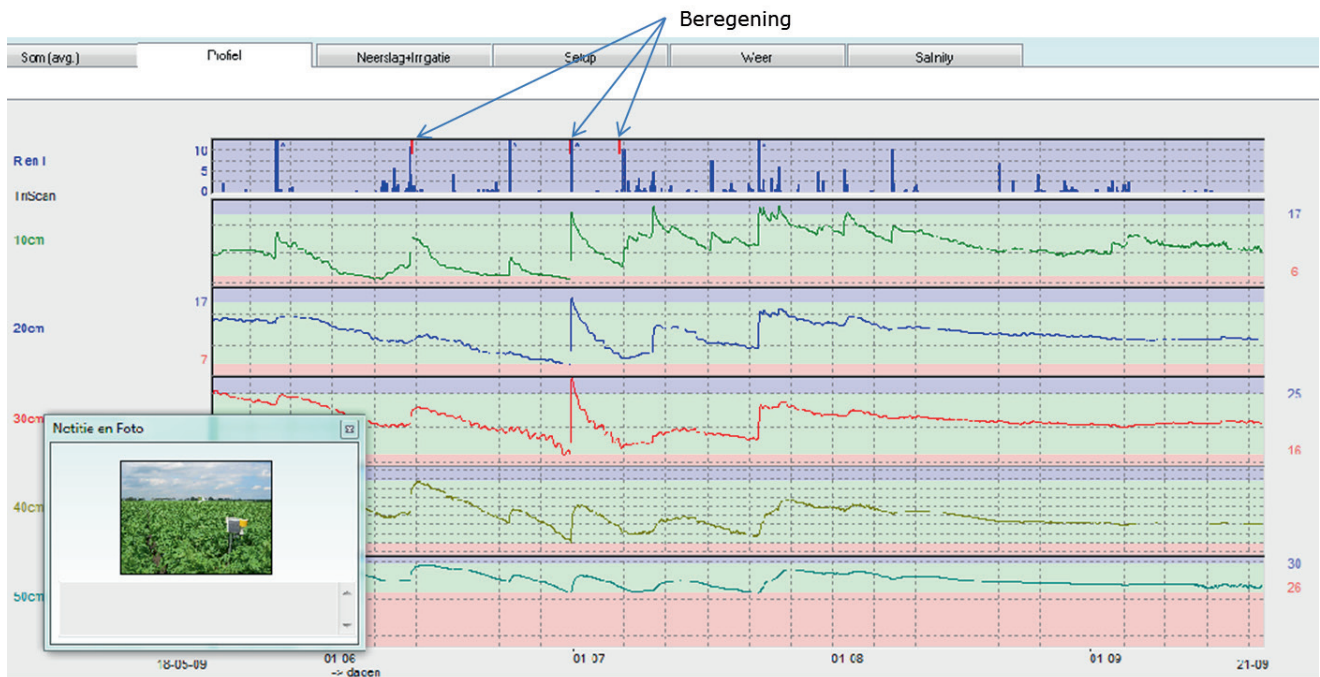
Alle deelnemers hadden tijdens het project de beschikking over de Dacom teeltregistratie module [3], waarin zij allerlei gegevens over de teelt kunnen vastleggen. Waarnemingen zijn door telers ook in kaart gebracht door observaties van het gewas met digitale foto's. Belangrijke parameters zijn gewasstand en de gewasgroei. Deze gewaswaarnemingen vormen ook een belangrijke input voor beslissingsondersteunende systemen (BOS) bij de detectie en bestrijding van ziektes. Daarmee krijgt de teler advies over de noodzaak van maatregelen ter bestrijding van bijvoorbeeld aardappelziekte. In de praktijk wordt steeds meer gewerkt met dit soort BOS systemen, omdat uit onderzoek (o.a. door PPO-WUR) blijkt dat daarmee aanzienlijk bespaard kan worden op middelengebruik en minder risico op aantasting optreedt. Meer dan de helft van de deelnemers had dan ook naast de irrigatiemodule de beschikking over één of meer ziektemodules.

02-07	Waarnemen				Gewaslengte (cm)	110
					Gewasstadium (1-10)	7
					Gewasstand (0-10)	9
					Gewasgroei (0-10)	7
					Z.druk Phyt.infestans (1-10)	1
					Z.druk Altern. solani (1-10)	1
09-07	Ziekte/plaag bestr.	VALBON	2.00 kg/ha		– Veiligheidstermijn (dagen)	7
14-07	Waarnemen				Gewaslengte (cm)	120
					Gewasstadium (1-10)	8
					Alternaria solani	1
					Phytophthora infestans	1
					Gewasstand (0-10)	9
14-07	Advies/Analyse				N-voorraad (bouwvoor kg)	73
16-07	Waarnemen				Gewaslengte (cm)	130
					Gewasstadium (1-10)	8
					Gewasstand (0-10)	9
					Gewasgroei (0-10)	7
					Z.druk Phyt.infestans (1-10)	3
					Z.druk Altern. solani (1-10)	2
17-07	Beregening				Water (mm)	17

Figuur 9: Voorbeeld teeltregistratie

## Berekening

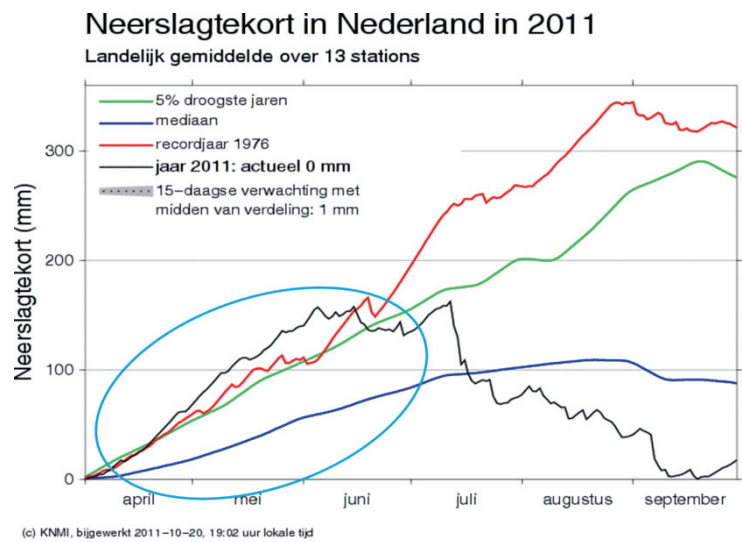
Neerslag werd gemeten met behulp van de regensensoren die bij de bodemvochtsensoren waren geplaatst. Omdat er voor een regensensor geen verschil is tussen regen en beregening, moeten uitgevoerde beregeningen worden geregistreerd. In de grafieken wordt dan bij de neerslag een rood streepje zichtbaar, waardoor duidelijk wordt gemaakt dat de neerslag een beregening betreft.



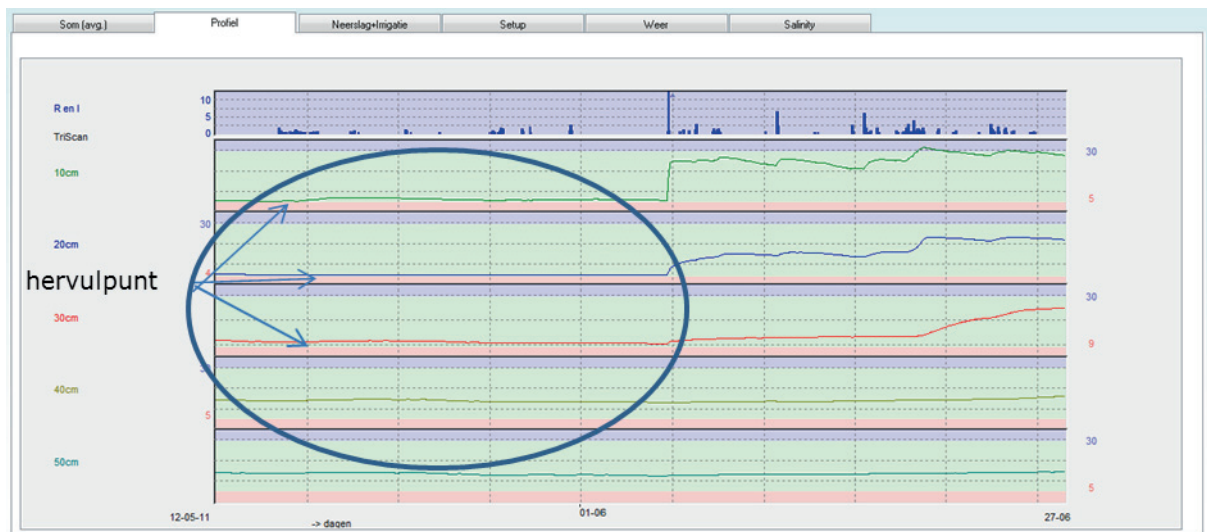
Figuur 10: Voorbeeld vastgelegde beregening 2009

Figuur 10 laat zien dat de tweede en derde beregeningen zijn uitgevoerd op het moment, dat in de lagen met wortelactiviteit het vochtpercentage het zogenaamde hervul niveau nadert. De irrigatiemodule berekent de gewasverdamping voor de komende tijd en geeft aan hoeveel millimeter vocht per laag nodig is om nabij veldcapaciteit te komen. De teler weet dan hoeveel er moet worden beregend. Wanneer niet gewerkt wordt met een bodemvochtsensor, wordt er vaak te laat begonnen met beregenen of wordt er te veel beregend. In regio's met drogere teeltomstandigheden worden vaak besparingen van meer dan 25 % gemeld. Omdat 2009 tot en met 2011 juist tijdens de productiefase van aardappelen, bieten en uien behoorlijk vochtig waren, zijn er binnen het WaterSense geen grote besparingen gerealiseerd.

In Nederland is een trend waar te nemen met grotere neerslagtekorten in het voorjaar. Dit tekort komt niet door te weinig neerslag, maar door een hogere gewasverdamping als gevolg van meer straling en hogere temperaturen. Voorjaarsgewassen (bijvoorbeeld graan) kunnen vooral op zandgronden vocht tekort krijgen. Door beregening kan opbrengst derving worden voorkomen.



Figuur 11: Neerslagtekort 2011 (bron KNMI)

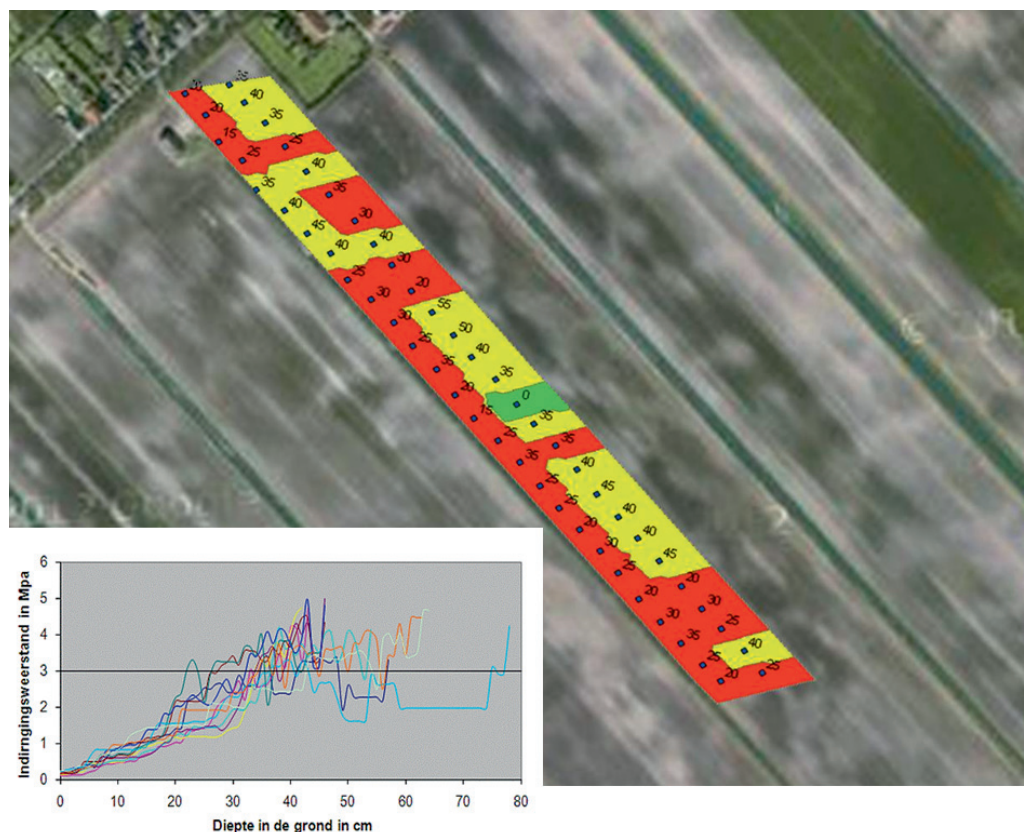


Figuur 12: Tekort bodemvocht zomergerst voorjaar 2011

Figuur 12 geeft de bodemvochtmetingen onder zomergerst weer. Begin juni heeft het gewas een tekort aan vocht. De groene, blauwe en rode lijn lopen vlak tegen het hervulpunt aan en dat betekent dat er weinig wortelactiviteit is. Het hervulpunt is de bodemvochtsituatie waarbij vochttoevoer nodig is om te voorkomen dat de plant geen bodemvocht meer kan opnemen en gaat verwelken. In dit praktijkvoorbeeld is het advies om te beregenen niet opgevolgd. Ten opzichte van wel beregende gerst percelen is hier ca 2.000 kg gerst per ha minder geoogst. Met een gemiddelde opbrengstprijis van € 225,- per ton, betekent dit € 450 minder opbrengst per ha. Omdat de kostprijs van beregenen ca € 5,- per mm/ha bedraagt, zou twee keer beregenen met 25 mm per keer rendabel zijn geweest. Mede door dit soort evaluaties hebben telers aangegeven dat ze met behulp van de bodemvochtsensoren beter in staat zijn om te bepalen of beregening wel of niet noodzakelijk is. Voor een grootschalig gebruik van irrigatiemanagement systeem werd door de deelnemers algemeen opgemerkt dat de module 'makkelijker' moet kunnen werken.

### Grondbewerking

Het beschikbaar bodemvocht wordt sterk bepaald door de diepte van het wortelgestel en de omvang hiervan. Storende lagen in het bodemprofiel kunnen de beschikbaarheid van bodemvocht negatief beïnvloeden. Storende lagen kunnen ontstaan door fysische eigenschappen gecombineerd met grondbewerkingen onder slechte omstandigheden.



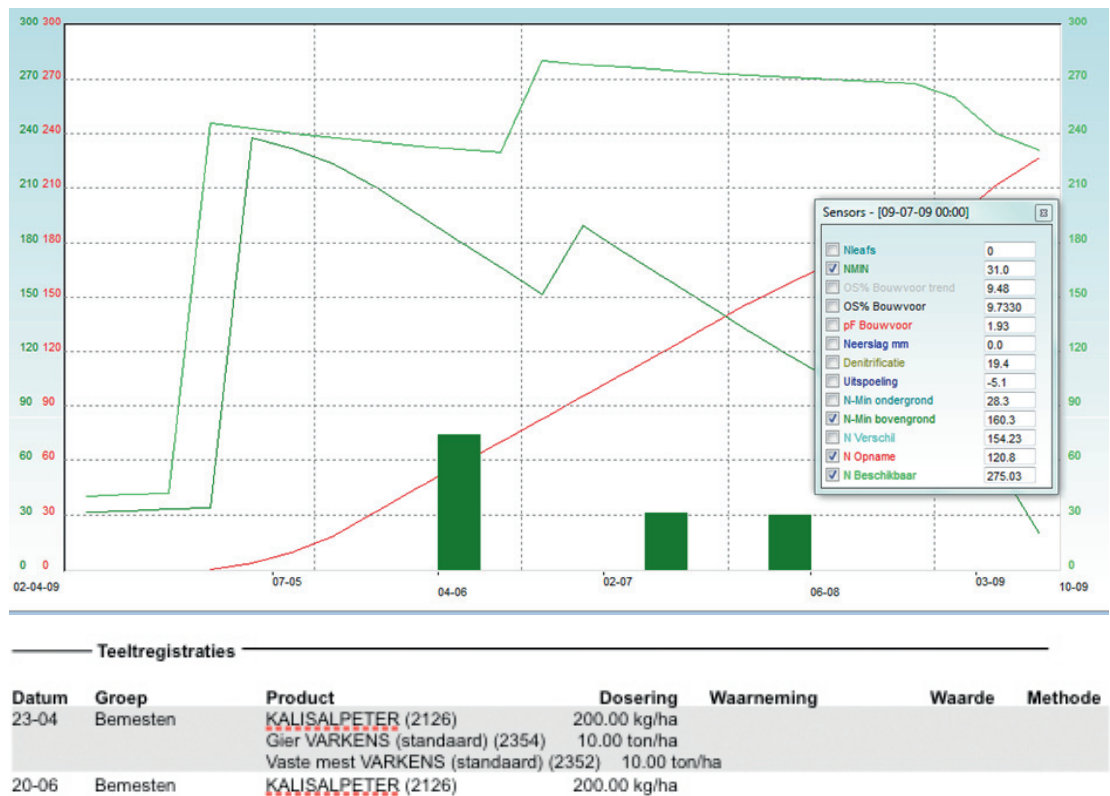
Figuur 13: Soilcompany verdichtingskaart met penetrometing grid

In het gebied de Monden zijn door de Soilcompany bij de telers verschillende soorten bodemkaarten gemaakt, waaronder een verdichtingskaart. Figuur 13 betreft de verdichtingskaart van een perceel in Valthermond. Rood geeft een ernstige verdichting aan, geel een lichte verdichting en groen is geen verdichting. Op het grid is met een penetrologger bepaald op welke diepte de indringingsweerstand groter is dan 3 mPa. Verdichting met deze waarde geeft een sterke beperking voor een goede doorworteling. Bij nagenoeg alle deelnemers uit de Monden bleek de doorworteling van de gemeten percelen niet optimaal te zijn. Met diverse grondbewerkingen, met behulp van bijvoorbeeld een vaste tandcultivator of spitmachine, zijn de verdichtingen doorbroken. Daarmee is de beworteling naar diepere grondlagen mogelijk geworden en meer bodemvochtcapaciteit gerealiseerd. Tijdens telerbijeenkomsten is er met een profielkuil beoordeling specifiek gekeken naar de bodemstructuren en de beworteling. De conclusie voor de telers was dat goed watermanagement hand in hand gaat met een streven naar een optimale bodemvruchtbaarheid en dat hierin voor de telers nog heel wat te verbeteren valt.

#### Meerwaarde berekening en relatie met bemestingsstrategie

Als mineralen opgelost zijn in bodemvocht en opgenomen kunnen worden door wortels van de plant, leidt dit tot een efficiënte opname van voedingsstoffen. Voldoende gewasverdamping zorgt voor transport van de mineralen binnen de plant. Met het waarnemen van wortelactiviteit kan een teler zien dat de plant vocht met daarin opgeloste mineralen opneemt. Het is belangrijk voor telers te weten wat de N-mineraal voorraad (stikstofvoorraad beschikbaar voor de plant) is tijdens de groei. Een tekort aan stikstof beperkt namelijk de groei, te veel stikstof (in de vorm van nitraat) geeft kans op uitspoeling bij veel neerslag.

Een van de instrumenten in het Dacom systeem om inzicht te krijgen in de stikstofvoorraad is de NDICEA stikstofplanner van het Louis Bolk Instituut. Het programma biedt een geïntegreerde benadering van de vraag of de gewassen voldoende stikstof tot hun beschikking zullen hebben. Met het strategisch model kan worden berekend hoeveel stikstof uit afbraak van verschillende soorten organische stof afhankelijk van bodemtype, temperatuur en neerslag in de bodem vrijkomt. Daarbij worden de verliezen door onder andere uitspoeling berekend en meegewogen. De resulterende beschikbare stikstof wordt vergeleken met wat het gewas nodig heeft in de loop van het seizoen.



Figuur 14: NDICEA overzicht aardappelen Aveka 2009

Zoals blijkt uit figuur 14 wordt door de planner een helder overzicht van beschikbare en benodigde stikstof gegeven. Hierdoor zou het mogelijk moeten zijn om op basis van de van de resultaten de N-giften af te stemmen op behoefte en voorraad. Om de berekeningen door het model te onderbouwen zijn bij de deelnemers in 2009, 2010 en 2011 in het groeiseizoen op drie momenten grondmonsters [27] genomen om de N-mineraal te bepalen (zie groene balken in figuur 14). Als een deelnemer in zijn gewas een gedeelde stikstofgift toepaste, werd op basis van de analyseresultaten de tweede stikstof gift aangepast.

De meeste fabrieksaardappeltelers hebben vanwege de gunstige mineralen, de prijs en toediening van organische stof, maximaal gebruik maakt van organische meststoffen. Daarmee was de mogelijkheid om bij te sturen meestal gering. Daarnaast bleek NDICEA in de praktijk voor percelen met hogere organische stof gehalten niet geheel betrouwbaar te zijn. Zo was de berekende N-Min soms meer dan 100 kg N hoger dan de gemeten N-Min. Grote besparingen in stikstofgebruik zijn daarom in het WaterSense traject uitgebleven. Naar de mening van de deelnemers wordt het splitsen van de N-giften pas interessant als er real time betrouwbaar de N-Min kan worden bepaald.



## Aanleiding en doel

### 5.2 Bemestings- en beregeningsproef Valthermond

Voldoende vocht in de bouwvoor is essentieel voor een goede gewasgroei, hoge opbrengsten, een goede kwaliteit en het efficiënt benutten van voedingsstoffen. In droge perioden is berekening essentieel om de vochtvoorraad voldoende op peil te houden. Door gebruik te maken van actuele vochtmetingen en stikstofvoorraden in de grond kan de water- en meststoffengift en daarmee ook de opbrengst worden geoptimaliseerd.

De vraag is of sensortechnologie in combinatie met adviesmodules en modelberekeningen bruikbaar is in de landbouw. Een onderdeel van het project was het aanleggen van veldproeven met zetmeelaardappelen. Doel van de proeven was het testen of het gebruik van vochtsensoren en bijbemestingssystemen leidt tot een lagere beregeningsbehoefte en een lager gebruik aan meststoffen met behoud of verbetering van opbrengst en kwaliteit.

## Onderzoek

De proeven in zetmeelaardappelen zijn in de jaren 2007 t/m 2011 uitgevoerd op de PPO proefboerderij 't Kompas te Valthermond. Berekening van het proefveld gebeurde op basis van metingen van sensoren van de beschikbare hoeveelheid bodemvocht.

De standaard éénmalige adviesgiften zijn vergeleken met 2/3 van de adviesgift voor het poten en bijbemesting op basis van bodem- of gewasanalyses. De onderzochte rassen in de proef, Seresta en Festien, verschillen in vroegheid en herstellingsvermogen. Gemiddeld over de vijf jaren is de conclusie dat beregenen en een andere bemestingsstrategie bij het ras Festien geen voordeel oplevert. Bij het ras Seresta gaf de combinatie van gedeelde bemesting en berekening wel hogere opbrengsten. Dit resultaat is opvallend omdat bij de Seresta op basis van resultaten uit het verleden werd geadviseerd alle stikstof vóór het poten te geven. Seresta rijpt vroeger af dan Festien en wellicht is het groeiseizoen door de berekening en de latere bijbemesting wat gerekt met daarmee een hogere opbrengst. Een kanttekening hierbij is dat in de periode 2007-2011 sprake was van relatief veel neerslag later in de zomer, waardoor er weinig werd beregend. De niet-beregende aardappelen konden zich daardoor goed herstellen van droogteperioden eerder in het seizoen.

## Rasverschillen zorgen voor variatie in bijbemestingsadvies

De adviesgift van het ras Festien was met 150 kg N/ha 75 kg N lager dan van Seresta met een adviesgift van 225 kg N/ha. De bijbemestingen op basis van bodemanalyses resulteerden bij het ras Festien veelal in een hogere N-totaal gift dan de éénmalige adviesbemesting van 150 kg N/ha. Gemiddeld over de vijf proefjaren was de N-totaalgift met de bijbemesting zonder berekening 10 kg N/ha hoger en met berekening 25 kg N/ha hoger dan de éénmalige adviesgift.

Bij het ras Seresta was de N-totaalgift van de bijbemestingen, behalve in 2007 en 2009, lager dan de éénmalige adviesgift van 225 kg N/ha. Tussen de jaren verschilden de geadviseerde bijbemestingshoeveelheden tussen wel en geen berekening vrij sterk, maar gemiddeld over de vijf jaar was er vrijwel geen verschil in de totale N-gift. Een samenvatting van de resultaten staat in tabel 1.

Ras	Berekening	Bemestingsstrategie	Bemesting voor poten (kg N/ha)	Bijbemesting (kg N/ha)	N-totaal gift (kg N/ha)	Onderwatergewicht (verhoudingsgetal)	Basisgewicht (verhoudingsgetal)	N-afvoer in kg/ha (2009-2011)
Festien	Ja	Advies	150		150	104	99	195
	Ja	Bijbemesting	100	75	175	102	97	195
	Nee	Advies	150		150	104	96	185
	Nee	Bijbemesting	100	60	160	102	95	189
Seresta	Ja	Advies	225		225	97	103	230
	Ja	Bijbemesting	150	61	211	97	107	247
	Nee	Advies	225		225	96	101	246
	Nee	Bijbemesting	150	58	208	97	103	239
Onderwatergewicht 100 =								
Basisgewicht 100 =								

Tabel 1. Gemiddelde bemesting, onderwatergewicht, basisgewicht, N-afvoer en N-mineraal in de bodem na de oogst van 5 jaar proeven met zetmeelaardappelen naar berekening en bemesting. Onderwatergewicht 100 = 527 gram, Basisgewicht 100 = 76.2 ton/ha

#### Niet-beregende percelen compenseren groei in natte periode

Niet-beregende percelen compenseren groei in natte periode  
De beregende gewassen bleven beter aan de groei dan de niet-beregende gewassen gedurende de droge periode, maar de veroudering trad ook eerder in en het loof stierf daardoor eerder af. De niet-beregende gewassen konden, als er een nattere periode volgde, in de tweede helft van het groeiseizoen weer herstellen en veelal het verlies nog grotendeels compenseren. Berekening had gemiddeld over de vijf proeven geen effect op de hoogte van het onderwatergewicht.

#### Kosten en baten van berekening en bemesting

Gemiddeld is in de proefjaren twee keer per jaar beregend, variërend van geen tot vier beregeningsbeurten per jaar. Gemiddeld over de vijf proeven was de meeropbrengst van beregenen 2 tot 4% hoger in vergelijking met geen berekening. Deze opbrengstverhoging heeft een waarde van € 60-120/ha. De kosten zijn lastig vast te stellen want deze zijn sterk afhankelijk van de gekozen, apparatuur en de oppervlakte waarop beregenend wordt. De vaste kosten zijn geschat op ca. € 100 per ha per jaar. De brandstofkosten op ca. € 30 per ha per keer en de arbeidskosten op ca. € 120 per ha per keer. Wanneer arbeid in de kosten meegerekend wordt kan berekening niet uit. Wanneer arbeid niet meegerekend wordt kan berekening economisch onder bepaalde omstandigheden mogelijk wel uit. De kosten van bijbe.mesting kunnen bij Seresta wel worden terugverdiend door een hogere opbrengst en lagere stikstofaanvoer. Bij Festien kunnen ze niet worden terugverdiend. Er is een trend bij de verwerkers om te streven naar een constante productaanvoer. Berekening kan bijdragen aan het stabiliseren van de opbrengsten op een hoog niveau. Het is goed voor te stellen dat verwerkers hier op termijn voor gaan betalen. Dan zal berekening eerder rendabel zijn.

## Conclusie en vervolg

Voor sommige zetmeelaardappelrassen lijkt beregening en deling van de stikstofgift bij te dragen aan een hogere opbrengst en vermindering van de verliezen. Voor andere rassen heeft dit geen effect. De effecten, met name in beregening zijn echter onvoldoende om de meerkosten ook terug te verdienen.

De beregende gewassen lijken eerder af te sterven dan de niet-beregende. Hiermee wordt een deel van het effect van beregening in opbrengst dus te niet gedaan. De vraag is of dit voorkomen kan worden. Daarnaast is de vraag of andere toedieningsmethoden, bijvoorbeeld onderdoor watergeven en kleinere giften kunnen zorgen voor een constantere waterbeschikbaarheid en daarmee ook een betere groei en opbrengst.

De proeven zijn beschreven in een overkoepelende rapportage [1]. Van de eerste jaren zijn ook aparte jaarrapportages beschikbaar [28, 29, 30].

## 6. Conclusies en aanbevelingen

WaterSense heeft geleid tot inzichten op het gebied van de ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen, de toepassingsmogelijkheden van sensortechnologie voor landbouw en waterbeheer. Daarnaast heeft WaterSense ook geleid tot nieuwe vragen. In dit hoofdstuk van alle resultaten en aanbevelingen.

### 6.1 Beslissing Ondersteunend Systeem

Het doel van het WaterSense was omschreven als

- Het onderzoeken en ontwikkelen van het concept van een beslissingsondersteunend systeem voor waterbeheer met behulp van sensortechnologie.
- De validatie van het concept aan de hand van een demonstratiesysteem (Proof-of-Principle).

Voor waterkwantiteit is het doel bereikt, Voor waterkwaliteit is het niet gelukt om een concept van een beslissingsondersteunend systeem te ontwikkelen.

#### BOS kwantiteit

De in WaterSense ontwikkelde Proof-of-Principle van een BOS waterkwantiteit biedt:

- ruimtelijk inzicht in waterbeschikbaarheid op basis waarvan de effecten van verschillende maatregelen zijn te onderzoeken;
- ruimtelijk en temporeel inzicht in verschillende hydrologische stromingsprocessen tussen grondwater en oppervlaktewater (oppervlakkig, ondiep, diep);
- mogelijkheid om effecten van andere zoetwater strategieën van wateraanvoer en peilopzet op de vochtbeschikbaarheid voor de gewassen te kwantificeren.

De BOS-technologie en delen van de functionaliteit zijn geschikt voor de dagelijkse praktijk. Voor een ander deel van de gewenste functionaliteit dienen beschikbare informatieproducten (bodemvocht) en/of modellen te worden verbeterd.

#### BOS kwaliteit

Er is geen P-o-P Bos voor waterkwaliteit in de onverzadigde zone. Continue online metingen van de waterkwaliteit in de onverzadigde zone is nog niet mogelijk, geschikte sensoren zijn er namelijk niet. Daarnaast zijn er heel veel verschillende gewasbeschermingsmiddelen en is het gedrag daarvan in de bodem lastig te modelleren. Een BOS waterkwaliteit is dan ook nog ver weg.

#### Benadering van BOS

In het project bleek dat de ontwikkeling van een integraal systeem, veel tijd vraagt en informatietechnisch complex is. Achteraf kan geconcludeerd worden dat een integraal modelinstrumentarium voor een breed scala aan operationele en strategische vraagstukken uiteindelijk niet het meest ideale concept is. Het BOS levert pas adequate resultaten wanneer het complete modelinstrumentarium op alle niveaus bij de werkelijkheid aansluit. Voor advisering op perceelniveau vraagt dit veel van het model en onderliggende gegevens. Daarom is het beter de integrale BOS-benadering te vervangen door een modulair/hybride concept. Dan kunnen met behulp van een specifiek op één bepaalde vraag toegespitste applicatiegegevens uit verschillende informatiebronnen worden gehaald.

Kwantiteitsmodellen voor waterkwaliteit

De applicatie verzamelt de relevante informatie op het benodigde detailniveau, die deels direct wordt gemeten (bijvoorbeeld neerslag, bodemvocht) en deels uit modellen wordt onttrokken (kwel, prognoses). Dit maakt de aanpak flexibeler en eenvoudiger omdat het instrumentarium afgestemd kan worden op de vraag. Het BOS hoeft niet over de hele linie optimaal te functioneren om toch voor een belangrijk deel van de gebruiksvragen adequate beslissingsondersteuning te kunnen leveren. Aanbevolen wordt om BOS systemen gericht op peilbeheer en zoetwater op een dergelijk modulaire wijze op te bouwen uit een set aan doelgerichte applicaties die gezamenlijk het BOS vertegenwoordigen.

Het P-o-P BOS kwantiteit biedt de mogelijkheid om op gebiedsniveau inzicht te krijgen in stromingspatronen van grond- en oppervlaktewater en de wisselwerking daartussen. Dit inzicht kan gebruikt worden om meer te weten te komen over uitspoeling en afspoeling van stoffen. In WaterSense is dit niet verder ontwikkeld, maar het zou zeker interessant zijn om hier mee verder te gaan.

## 6.2 Sensortechnologie

Een belangrijke vraag in het project bleef in hoeverre sensortechnologie ondersteunend kan zijn aan het waterbeheer. Ook op dit punt heeft WaterSense een aantal inzichten opgeleverd.

Bodemvocht

Uit WaterSense analyses lijkt het erop dat de hoeveelheid bodemvocht in de veel in Nederland gebruikte modellen niet adequaat wordt gemodelleerd. Aangezien de hoeveelheid bodemvocht een bepalende factor is voor het zoetwatervraagstuk en de hiermee samenhangende (Delta-)beslissingen is dit inzicht van groot belang om de juiste strategische keuzes te kunnen maken en tot effectieve maatregelen te komen. De in WaterSense gebruikte bodemvochtsensoren geven extra informatie, die gebruikt kan worden om de hydrologische modellen op dit punt te verbeteren of ten minste de uit deze modellen volgende resultaten op verantwoorde wijze te interpreteren.

Sensoren voor waterkwaliteit

Online kwaliteitssensoren kunnen in het kader van monitoring en onderzoek naar bodemprocessen veel bijdragen aan nieuwe inzichten in bodemprocessen. Met de huidige stand van de techniek is de betekenis van sensortechnologie voor het verbeteren van de waterkwaliteit in de onverzadigde zone echter nog niet erg groot. Dit heeft te maken met de complexiteit en traagheid van bodemprocessen. Er zijn nog geen sensoren die adequaat in de onverzadigde zone waterkwaliteitsparameters kunnen meten.

In het project is door Dacom succesvol gewerkt aan de ontwikkeling van een prototype van een stikstofsensor. Inzicht in het gedrag van stikstof in de onverzadigde zone heeft toegevoegde waarde voor het optimaliseren van bemesting in relatie tot uitspoeling en gewasgroei en kan voor het waterbeheer bijdragen aan het minimaliseren van uitspoeling van nitraat naar grond- en oppervlaktewater.

Een sensor voor gewasbeschermingsmiddelen kan meer inzicht

bieden, maar zolang modellen het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen in de onverzadigde zone niet goed kunnen beschrijven en voorspellen, hebben real time data weinig toegevoegde waarde. De SorbiSense metingen hebben helaas niet geleid tot meer begrip van het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen in de onverzadigde zone. Voor fosfaat is de meerwaarde van de inzet van real time sensordata vrijwel afwezig.

### 6.3 Landbouw

De resultaten van WaterSense bevestigen dat sensortechnologie bij kan dragen aan gewasoptimalisatie in combinatie met het zorgvuldig gebruik van water en meststoffen.

#### Informatie bruikbaar voor telers

De deelnemende telers hebben aangegeven dat de extra informatie uit de sensoren en het daaraan gekoppelde adviesstelsel van Dacom nuttig is voor de bedrijfsvoering. Ook het delen van kennis en ervaring met collega landbouwers over het gebruik van de sensoren in relatie tot opbrengstoptimalisatie en berekening werd als zinvol ervaren. Tijdens de telersbijeenkomsten werd overigens wel duidelijk dat het niet iedereen lukte om uit de gegevens alle informatie te halen die er in zit. De conclusie is dan ook dat de toegankelijkheid en presentatie van de gegevens beter moet.

#### Informatie helpt bij optimalisatie gewasgroei en opbrengst

De bodemvochtinformatie geeft inzicht in de mate waarin de wortels in staat zijn om de beschikbare stoffen op te nemen. Het al dan niet beregenen kan bijdragen aan het creëren van de optimale gewasgroei. Vooral voor landbouwers die weinig ervaring met beregening hebben blijkt de informatie een grote steun te zijn. Bodemvochtinformatie is niet alleen voor het beregeningsvraagstuk relevant, maar kan ook bij grondbewerking en de inzet van mest en gewasbeschermingsmiddelen ondersteunend zijn.

#### Meerwaarde berekening beperkt aantoonbaar

Uit het onderzoek is de meerwaarde van berekening voor de landbouwopbrengst alleen aangetoond voor één van de beide aardappelrassen. De meerwaarde was overigens niet zo groot. Het is daarmee dan ook niet gezegd dat in dit deel van Nederland met de actuele klimatologische omstandigheden, berekening uit kan. De meerwaarde van berekening hangt van meer factoren af, waarbij grondslag, gewas- en rassenkeuze, (variërende) meteorologische ontwikkelingen en producteisen allemaal een rol spelen. Deze factoren zijn in WaterSense niet systematisch onderzocht en vragen om nader onderzoek. Het is de moeite waard om dit te onderzoeken, om daarmee beter in op de effecten van klimaatverandering in te kunnen spelen.

#### Bemestingsregimes van belang voor betere benutting meststoffen

Uit de proeven is naar voren gekomen dat de combinatie van nauwkeurig bemesten en gedurende het seizoen bijmesten, leidt bij één van de onderzochte rassen tot een betere benutting van de meststoffen en goede opbrengst. Toch is er nog veel onbekend over de relatie gewasgroei tussen bemesting, deze is namelijk van jaar tot jaar behoorlijk verschillend. Mogelijk dat met de WaterSense aanpak van intensief meten met sensoren en het gebruik van modellen specifiek voor dit vraagstuk kan bijdragen aan het opvullen van deze kennislacune.

## 6.4 Waterbeheer

De inzet van sensortechnologie in combinatie met de ontwikkeling van een beslissingsondersteunend systeem kan een toegevoegde waarde hebben voor het waterbeheer.

Integraal systeem nuttig voor dagelijks peilbeheer

Voor dagelijks peilbeheer wordt momenteel gebruik gemaakt van informatie uit verschillende bronnen. Het gaat dan om grondwaterstanden, oppervlaktewaterstanden, standen van stuwkleppen, meteorologische metingen en meteorologische verwachtingen. Deze informatie komt nu deels uit een database voor metingen, deels wordt ze ad hoc opgehaald op meteorologische websites. Het P-o-P BOS koppelt deze datastromen aan elkaar en presenteert deze data tot beslissingsondersteunende informatie voor het dagelijks waterbeheer. Vooral de door het

P-o-P BOS berekende voorspelling van waterstanden van grond- en oppervlaktewater voegt nieuwe informatie toe aan de bestaande.

De trends daarin geven een indicatie die in principe bruikbaar is voor de peilbeheerder om te bepalen of extra water moet worden vastgehouden of peilen worden opgezet. De toegevoegde waarde van een BOS geldt vooral voor:

1. Het berekenen van waterstand en waterbeschikbaarheid prognoses
2. Het op basis van deze prognoses kunnen anticiperen en het met het BOS kunnen komen tot effectieve ingrepen (trial en error)
3. Het verkrijgen van vlakdekkende informatie waarmee rekening kan worden gehouden met de veelal sterke ruimtelijke variabiliteit wat betreft hydrologische variabelen (zodat bij tekort aan water dit optimaal kan worden verdeeld). Het huidige systeem is hiertoe in staat, mits dit op adequate wijze kan worden geïnitieerd op basis van de beschikbare metingen. Dit laatste aspect is conceptueel uitgewerkt, echter niet online geïmplementeerd.

Waterbeheerders en gebruikers moeten samen de klus klaren

Een positieve "bijvangst" van het project is de bewustwording bij de landbouwers van het belang van goed en voldoende water als productiemiddel. Door het project zijn de relaties tussen waterpartijen en grondeigenaren en het wederzijdse begrip voor elkaars belangen en afwegingen versterkt.

## 6.5 Projectorganisatie

Behalve inhoudelijke resultaten zijn er aan het slot van WaterSense ook inzichten opgedaan die te maken hebben met de organisatie van het project.

Verwachtingen

Bij de start van het project was duidelijk dat WaterSense een zoektocht naar de ontwikkeling van een BOS zou worden. De doelstelling is dan ook ruim geformuleerd. Er zijn daardoor verschillende interpretaties en verwachtingen ontstaan bij de deelnemers en hun projectorganisaties.

Omdat het project vier jaar heeft geduurd, zijn de beelden tijdens het project over de mogelijke uitkomsten verschoven. Ook de opgedane inzichten leidden impliciet tot het bijstellen van verwachtingen.

Aan het eind van WaterSense blijkt dat partners verschillend oordelen over het uitkomen van de gekoesterde verwachtingen, ook al zijn de doelen voor een BOS kwantiteit gerealiseerd. Zo was er de hoop dat het BOS al in de praktijk bij het waterbeheer gebruikt zou kunnen worden. Het tussentijds expliciet bijstellen en aanscherpen van de doelen van het project had deze teleurstelling kunnen voorkomen.

#### Innovatie

Innovatie kost tijd, veel tijd, en gaat met vallen en opstaan. Het ontwikkelen van een P-o-P BOS heeft drie keer zo lang geduurd als van tevoren was ingeschat. De complexiteit was groter dan gedacht. Daardoor is ook een aantal vervolgstappen niet meer uitgevoerd en zijn bepaalde verwachtingen niet uitgekomen. Tegelijkertijd zijn er ook resultaten die niet voorzien waren, zoals de nitraatsensor, het modulaire BOS en de inzichten op het gebied van bodemvocht. De toepassing in het waterbeheer van beslissingsondersteunende systemen, die gebruik maken van diverse (real time) data, is onstuitbaar. Aan deze ontwikkeling heeft WaterSense met relevante inzichten bijgedragen. De deelnemende partijen zijn er van overtuigd dat deze inzichten wel degelijk tot nieuwe ontwikkelingen zullen leiden.

#### Projectduur

Voor een onderzoeksproject waarbij het klimaat een rol speelt, is vier jaar te kort om alle variatie goed mee te kunnen nemen. Tegelijkertijd is vier jaar te lang, omdat er in zo'n tijdsbestek een hoop gebeurt. Organisaties veranderen, technologie en wetenschap ontwikkelen en de omgeving staat niet stil. Daarom is in zo'n langjarig project flexibiliteit gewenst ten aanzien van in- en uitstappen van organisaties, aanbrengen van fasering, verschuivingen in budgetten, aanpassen van onderzoeksdoelen e.d.. De subsidieregeling waaronder WaterSense viel, biedt die flexibiliteit in beperkte mate. Echt bijstellen is dan ook heel lastig.

#### Publiek versus commercieel belang

In WaterSense hebben drie commerciële partijen, een kennisinstituut en drie organisaties met een publieke taak geparticipeerd. Het kennisinstituut en de publieke organisaties zijn sterker georiënteerd op de ontwikkeling van fundamentele kennis en het opdoen van inzichten voor de langere termijn. De commerciële partijen willen graag dat het project bijdraagt aan concrete productontwikkeling. Dit verschil moest bij de te kiezen aanpak en waardering van de resultaten steeds overbrugd worden en leidde soms tot suboptimale oplossingen, omdat bepaalde onderzoeksvragen niet werden beantwoord.

Commerciële bedrijven moeten voor de eigen continuïteit soms kiezen om de beschikbare menskracht in te zetten voor commerciële opdrachten. Dit is wel eens (tijdelijk) ten koste gegaan van de inzet in het project.



## Samenwerken op inhoud

De partners in WaterSense zijn inhoudelijk complementair, door intensief samen te werken is zeker meerwaarde ontstaan. De keerzijde is dat alle partijen op hun eigen expertise weinig tegenspel hadden van een tweede deskundige partij, wat een risico is voor de inhoudelijke kwaliteit. Dit is in WaterSense enigszins ondervangen door te werken met een klankbordgroep van externe deskundigen, die met een kritische blik de vorderingen heeft gevolgd.

Toch is wat betreft mogelijke synergie niet alles er uit gehaald wat er in zat. Er had meer tijd gestoken kunnen worden in het gezamenlijk grondig doordenken en bespreken van de resultaten. Dit geldt bijvoorbeeld voor de analyse van de velddata van alle deelnemende landbouwers. Als daar tijdig gezamenlijk meer aandacht aan was gegeven, had dat meer opgeleverd.

## Subsidie

WaterSense is voor de helft gesubsidieerd met middelen van de Europese Unie en het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie. Ook Waterleidingmaatschappij Drenthe en de provincie Drenthe hebben flink bijgedragen. Ten opzichte daarvan was de bijdrage - uitgedrukt in geld - van de resterende bedrijven klein. Hoe meer eigen inbreng in geld gevraagd wordt, des te scherper zullen potentiële deelnemers de toegevoegde waarde van deelname afwegen. Waarschijnlijk waren bij de start de gewenste eindproducten dan ook scherper gedefinieerd. Of het project dan ook van de grond gekomen was, is echter de vraag.

## 6.6 Aanbevelingen voor vervolg

Er is veel kennis verzameld in WaterSense. Bij nieuwe kennis horen nieuwe vragen en uitdagingen, waarvan in de volgende paragraaf een overzicht volgt.

## Modulair BOS

Integrale beslissingsondersteunende systemen hoeven geen integrale modellen te zijn. Het zou goed zijn om te onderzoeken of het mogelijk is een modulair BOS te bouwen. De uitdaging is om daarmee vraaggerichte applicaties te ontwikkelen die de best beschikbare en benodigde informatie plukken uit een grote database aan meet- en modelgegevens. Deze applicaties spitsen zich dan toe op het beantwoorden van een specifieke vraag. Een gebruiker kan zijn eigen BOS personaliseren door verschillende applicaties in een dashboard te verzamelen. Een voorbeeld: het BOS Droogte voor een peilbeheerder bestaat uit vijf applicaties die verschillende operationele vraagstukken beantwoorden door het leveren van meer informatie. Een dergelijke benadering vergt een vraag gestuurde aanpak, waarbij bijvoorbeeld ook de inzet van remote sensing meegenomen kan worden. Dit kan vooral voor het dagelijks peilbeheer tot relatief eenvoudige systemen leiden, die sneller, beter en met minder kosten in een behoefte kunnen voorzien.

### Waterbeheer vraagstukken

Het integrale P-o-P BOS is geschikt om in te zetten voor de strategische vraagstukken, zoals:

- Is het mogelijk om wateroverlast in het groeiseizoen te prognosticeren en tijdig maatregelen te treffen om schade te voorkomen?
  - Wat is de meerwaarde van intelligent peilbeheer voor de landbouwopbrengsten?
  - Wat is de meerwaarde van peil gestuurde drainage voor de waterbeschikbaarheid voor gewassen in de Veenkoloniën?
  - Is het verstandiger om uit grond- en of oppervlaktewater te beregenen?
  - Welke zoetwaterstrategieën kunnen het beste gekozen worden?
- Deze vragen konden in het project niet meer aan de orde komen, hoewel de potentiële toegevoegde waarde van het BOS er wel beter door in beeld zou komen. Het zou zeer de moeite waard zijn om dit verder uit te werken.

### Landbouwvraagstukken

Ook op landbouwgebied zijn er diverse openstaande vragen, die geschikt zijn voor vervolgonderzoek, zoals:

- De (economische) meerwaarde van beregenen en de factoren die daarbij een rol spelen.
- De effecten van beregening op versneld afsterven/ herstelvermogen van een gewas na droogte.
- Het effect van het oogststijdstip op opbrengsten bij wel/niet beregenen.
- Het voor de dagelijkse landbouwpraktijk toegankelijker maken van de informatie uit de modellen en systemen.

### Kwantiteitsmodellen voor kwaliteitsvraagstukken

Op landelijk niveau wordt onder andere door het Nederlands Hydrologie Instituut gewerkt aan de inzet van waterkwantiteitsmodellen voor het genereren van kennis over ruimtelijke en temporele variatie van af- en uitspoeling van stoffen naar grond- en oppervlaktewater. Het is ook op regionaal niveau bijzonder interessant om kwantiteitsmodellen te gebruiken voor kwaliteitsvraagstukken, waarbij kwaliteitsdata gekoppeld kunnen worden aan kwantiteitsmodellen.

### Meetreeksen

In de afgelopen vijf jaar zijn er meetreeksen van sensordata opgebouwd in het projectgebied. Deze meetreeksen geven veel informatie en zouden langjarig moeten worden doorgezet om ook statistisch verantwoorde conclusies te kunnen trekken. Dit pleit voor het in standhouden van het sensornetwerk zoals dat de afgelopen jaren heeft gefunctioneerd.

## 7. Tot slot

WaterSense stopt als project. Dit onderzoeksproject heeft inzicht opgeleverd in de mogelijkheden en beperkingen van een beslissingsondersteunend systeem voor het waterbeheer met inzet van sensortechnologie.

WaterSense moet beschouwd worden als een stap in de ontwikkeling en toepassing van diverse informatiesystemen, waarbij real time data met behulp van modellen omgezet worden naar bruikbare adviezen voor de praktijk. Zoals alle nieuwe ontwikkelingen, blijkt ook deze ontwikkeling last te hebben van beperkingen van de stand van de wetenschap en de techniek, en vragen op te roepen naar de kosten versus de baten, de haalbaarheid en uitvoerbaarheid en het nut voor praktijk.

De projectgroep WaterSense is er echter van overtuigd dat het concept van WaterSense in de praktijk van het waterbeheer en de landbouw haar plekje zal vinden. De verwachting is dat met klimaatveranderingen de beschikbaarheid van voldoende en schoon water steeds belangrijker zal worden. Alle mogelijkheden om in de landbouw met deze belangrijke productiefactor zorgvuldig om te gaan, zullen moeten worden aangegrepen. Inzicht in relevante processen en mogelijkheden om daarin bij te sturen zijn daarbij van groot belang. Ook voor de waterbeheerder zal de uitdaging zijn om het waterbeheer op een doelmatige en doeltreffende manier te blijven organiseren. Beslissingsondersteunende systemen, optimale benutting van data zijn daarin belangrijke hulpmiddelen.

De partners van WaterSense vinden het dan ook belangrijk dat de opgedane inzichten niet in de vergetelheid raken. Dat zal ook niet gebeuren, want inmiddels zijn er verschillende samenwerkingsverbanden tussen partners ontstaan met het oogmerk de resultaten verder te brengen. Een overzicht:

- Dacom ontwikkelt het prototype van de nitraatsensor tot een commercieel product.
- DySI ondersteunt Dacom bij het aanpassen van de bodemvochtsoftware.
- PPO en Dacom gaan de stikstof modellering verbeteren.
- Dacom en HydroLogic gaan de advisering aan de telers en waterbeheerders verbeteren.

De STOWA is benaderd mee te denken over de meer strategische resultaten van het WaterSense project, gericht op de verder ontwikkelingen van BOS-systemen voor dagelijkse en strategische watervraagstukken.

De provincie Drenthe maakt zich sterk voor sensortechnologie en is als beheerder van het grondwater gericht op het realiseren van duurzaam bodembeheer. De provincie zal samen met WMD en KANON bijdragen aan het inbrengen van de landbouwinzichten en de toepassing van sensortechnologie in de daarvoor zich aandienende projecten. De nadruk komt te liggen op het werken in de landbouwpraktijk met kennisgroepen.

De samenwerkende partijen binnen WaterSense voldoen aan de kenmerken van de "gouden driehoek" voor innovatie: bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen die samen werken aan innovatie. De ervaring in WaterSense heeft geleerd dat het belangrijk is om vast te houden aan een gezamenlijk doel, rekening houdend met de commerciële belangen, publieke afwegingen en de ontwikkeling van nieuwe kennis.

## Bijlage 1 Projectdocumenten

Voor het opvragen van onderstaande documenten kan contact worden opgenomen met de betreffende organisatie.

1. Schoot, J.R. van der, K.H. Wijnholds en J.J. de Haan. 2012. Berekening en bemesting zetmeelaardappelen. Meerjarenanalyse veldproeven op PPO-locatie 't Kompas 2007-2011 binnen het project WaterSense. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten. PPO nr. 479. Rapport. <http://edepot.wur.nl/205927>
2. Beschrijving SorbiSense en geschiktheid voor WaterSense, WMD 2010
3. Dacom handleiding Agri Yield Managementsysteem. Intern document, Dacom
4. DySI achtergrond kennis.pdf DySI-water-014
5. Schoot, J.R. van der en J.J. de Haan. 2009. Gebruik NDICEA in WaterSense, Literatuurstudie stikstof t.b.v. Beslissingsondersteunend systeem in WaterSense. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Lelystad. Intern rapport.
6. Keuze grondwatermodel: P172 WaterSense Brainstorm Hunze en Aa's 08072009 C02.ppt
7. Keuze sensorlocaties 2009-2010, Dacom
8. Spruijt, Joanneke en Janjo de Haan. 2011. Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en risico op uitspoeling naar grondwater op de percelen met SorbiSense metingen op proefbedrijf 't Kompas in de periode 2007-2010. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR. Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten. PPO nr. 441. Interne notitie
9. Onderbouwing modelkeuze WaterSense, HydroLogic 2009
10. DySI-water-012 - Opbouw WISKI database.pdf van 27/11/2009, beschrijving van de opbouw van de WISKI database van WSHA
11. Opzet promotieonderzoeken Wetsus, WLN, intern document
12. Overzicht metingen sensoren 2009, intern document Dacom.
13. P172 Modelkeuze BOS D01 090526.ppt, HydroLogic
14. P172 Modelkeuze BOS D01 090526.ppt, HydroLogic 2009
15. P172 Overleg kwantiteitsgroep 090528 D01.doc, HydroLogic 2009
16. P172 Waterkwantiteit 28102009.ppt, HydroLogic
17. P172 WaterSense Brainstorm Hunze en Aa's 08072009 C02.ppt(1).ppt, HydroLogic
18. P172 WaterSense Brainstorm Hunze en Aa's 08072009 C02.ppt, HydroLogic
19. Poster 2010 (Engels en Nederlands), WMD
20. Poster WaterSense ENG LOWRES.pdf, 2010, WMD
21. Poster WaterSense NL LOWRES.pdf, 2010, WMD
22. Dekker, Peter. 2009. Preciezer bemesten en effect op fosforgehalte in oppervlaktewater. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Lelystad. Interne notitie.
23. Rapportage bodemscans, The Soil Company 2009. Intern document, Dacom
24. Referentie architectuur en software Requirements.pdf, DySI-water-011, 2009
25. Resultaten analyse bodemonsters op residuen gewasbeschermingsmiddelen, 2008, WLN
26. Software Requirements, DySI-water-011
27. Uitslagen stikstofonderzoek 2009, 2010, 2011, Intern document, PPO
28. Wijnholds, K.H. 2009. Berekening en bemesting in zetmeelaardappelen. Onderzoek i.h.k.v. WaterSense voorstudie. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector AGV. Lelystad. PPO nr. 3250115400. Intern rapport.
29. Wijnholds, K.H. 2010. WaterSense 2009. Berekening en bemesting in zetmeelaardappelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector AGV. Lelystad. PPO nr. 3250139600. Rapport. <http://edepot.wur.nl/3464>
30. Wijnholds, K.H. 2007. Irrigatie en bemesting in zetmeelaardappelen. Wireless beregeningsnetwerk Dacom. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector AGV. Lelystad. PPO nr. 3250071500. Intern rapport.
31. WaterSense BOS Componenten, DySI-water-011
32. Spruijt, Joanneke en Janjo de Haan. 2010. WaterSense en gewasbescherming, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Lelystad. Projectnummer 3250139600. Intern Rapport.
33. WaterSense Post, Nieuwsbrief najaar 2009 (Engels en Nederlands), WMD
34. WaterSense Post, Nieuwsbrief najaar 2010 (Engels en Nederlands), WMD

## Bijlage 1 Projectdocumenten vervolg

35. In situ kalibratie Dacom TerraSen. Intern document, Dacom.
36. Haan, Janjo de & Louis Nannes. 2012. Bruikbaarheid van NDICEA binnen WaterSense. Interne notitie Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Dacom.
37. Haan, Janjo de, Klaas Wijnholds en Jan van der Kooij. 2012. Analyse SorbiSense metingen WaterSense op proefbedrijf 't Kompas. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector AGV. Lelystad. PPO nr. 3250139600. Rapport.
38. DySI-water-010 - WaterSense BOScomponenten.pdf van 22/05/2009, Uitgangspunten van het BOS
39. WaterSense systeemplaatje.pdf van 11/23/2009, pdf BOS model en presentatie 23 juni. ppt van 1/7/2010, Hydrologic
40. DySI-water-011 - Referentie architectuur en software Requirements.pdf van 21/06/2010, vertaling naar de benodigde software architectuur
41. DySI-water-015 - Performance evaluatie PostgreSQL.pdf van 14/06/2010, evaluatie van bruikbaarheid van postgresql in de WaterSense setting
42. DySI-water-016 - AnalyseWeersvoorspelling.pdf van 22 juni 2011 analyse van de betrouwbaarheid van weersvoorspellingen tot 10 dagen van tevoren
43. DySI-water-017 - AnalyseBodemSensorMetingen.pdf van 03/08/2011, analyse en gedeeltelijke modellering van de Dacom bodemsensor data
44. Modellering WaterSense, HydroLogic 2012
45. BOS kwantiteit WaterSense (inclusief evaluaties), HydroLogic, 2012
46. Dacom TerraSen: Wat kan ik daarmee? Dacom, 2012

## Bijlage 2 Informatie partners

### Dacom

Dacom is een innovatief hightech bedrijf dat gespecialiseerde hardware, software en online adviesdiensten ontwikkelt en levert aan akkerbouwbedrijven over de hele wereld. Het Dacom systeem geeft telers over de hele wereld praktisch bruikbare oplossingen bij de teelt van hun gewassen. Door sensortechnologie en internet te combineren kunnen de telers gedurende het groeiseizoen hun teelt continu volgen en bijsturen.

Dacom wil telers van gewassen met kwalitatief hoogwaardige systemen en diensten ondersteunen bij het optimaliseren van hun opbrengsten. Dacom wil hiermee tevens een maatschappelijke bijdrage leveren in de vorm van kosten efficiënte en duurzame voedselproductie. Hierin is Dacom een toonaangevende wereldspeler. Dacom beschikt over een netwerk van weerstations over de hele wereld, die ieder uur het actuele weer registreren. Daarnaast wordt het systeem gevoed met een zeer nauwkeurige 10-daagse weersvoorspelling. De modellen in het systeem zijn ontwikkeld in samenwerking met wetenschappelijke experts en telers uit de praktijk. Via een geïntegreerd registratiepakket voert de teler zelf gewasgegevens in. Op basis van deze gegevens kan de teler via zijn PC continu zijn teelt volgen en bijsturen op zijn veld indien nodig. De teler krijgt een waarschuwing zodat hij op het juiste moment met de juiste hoeveelheid hulpstof tot actie kan overgaan. Het Dacom systeem assisteert en adviseert o.a. bij ziektebestrijding, insectenbestrijding, irrigatie, bemesting en effectiviteit van de gebruikte bestrijdingsmiddelen.

Dacom is in juni 2011 uitgroepen tot het meest innovatieve (agro-) MKB bedrijf van Nederland.

Website: [www.Dacom.nl](http://www.Dacom.nl)

### DySI

DySI richt zich op het ontwikkelen van intelligente (sensor) systemen voor het beheer van dynamische, informatierijke processen.

Website: [www.DySI.nl](http://www.DySI.nl)

### HydroLogic

HydroLogic heeft een toonaangevende positie op het gebied van beslissingsondersteunende systemen voor operationeel waterbeheer en voor strategisch onderzoek.

Website: [www.HydroLogic.nl](http://www.HydroLogic.nl)

### Praktijkonderzoek voor Plant & Omgeving

Praktijkonderzoek voor Plant & Omgeving – Wageningen UR: Praktijkonderzoek Plant & (PPO) is dé Nederlandse kennisinstelling voor praktijkonderzoek aan akkerbouw, groene ruimte en vollegrondsgroenten, bloembollen, bomen en fruit. PPO richt zich op co-innovaties met partners uit de verschillende landbouwsectoren, wetenschap, bedrijfsleven en overheid. PPO analyseert samen met opdrachtgevers vragen over bedrijfsvoering en teelt, en vertalen deze in toepassingsgericht onderzoek en ontwikkeltrajecten. De PPO-locatie 't Kompas in Valthermond is de proeflocatie voor WaterSense. Hier zijn gedurende het project proeven uitgevoerd naar effecten van beregening en bemesting op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Daarnaast heeft PPO de beschikbare kennis geïnventariseerd rond kennis en modellen voor beslissingsondersteuning rond waterkwaliteit, zowel op gebied van nutriënten als gewasbeschermingsmiddelen.

Website: [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

## Bijlage 2 Informatie partners vervolg

### Provincie Drenthe

De provincie Drenthe is beleidsmatig verantwoordelijk voor de kwaliteit en kwantiteit van het oppervlaktewater en grondwater in de provincie Drenthe. Voor de provincie Drenthe zijn de antwoorden op de onderzoeksvragen zoals die in WaterSense worden gesteld onderdeel van het provinciaal beleid op het gebied van waterkwaliteit en waterkwantiteit. De provincie heeft als doel om op proactieve wijze deel te nemen in projecten die de kennis op deze beleidsvelden systematisch vergroten, zodat dit direct toe te passen is bij nieuwe ontwikkelingen die zich voordoen en waar de provincie haar beleid op moet afstemmen. Voor de provincie Drenthe is dit dan ook de reden om te participeren in dit project.

Ook de kennisontwikkeling van sensorsysteemtechnologie zoals momenteel bij het LOFAR project plaatsvindt, wordt door de provincie sterk ondersteund. Met name de verwachting dat het BOS kan bijdragen aan een beter beheer van het watersysteem maakt dat de provincie Drenthe bij dit project betrokken is.

Website: [www.drenthe.nl](http://www.drenthe.nl)

### Wetsus

Wetsus richt zich op de ontwikkeling van nieuwe technologieën op het gebied van duurzaam water. De meerwaarde van het instituut ligt in de multidisciplinaire aanpak van biotechnologie en scheidingstechnologie. De krachten van het bedrijfsleven en vooraanstaande kennisinstellingen worden in opzet en uitvoering van onderzoek gebundeld.

Website: [www.wetsus.nl](http://www.wetsus.nl)

### Waterleidingmaatschappij Drenthe

Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD) levert betrouwbaar en schoon drinkwater aan bijna een half miljoen inwoners van twaalf Drentse gemeenten. WMD wil zich nationaal en internationaal profileren op de watermarkt met andere en vernieuwende wateractiviteiten. Bij al deze activiteiten staat de zorg voor natuur en omgeving centraal.

Website: [www.wmd.nl](http://www.wmd.nl)

### Waterschap Hunze en Aa's

Waterschap Hunze en Aa's zorgt in Noordoost-Drenthe en Oost-Groningen voor de juiste hoeveelheid water van goede kwaliteit in oppervlaktewater, voor de zuivering van afvalwater, voor veilige waterkeringen en toegankelijke vaarwegen. Kortom: alle taken voor het beheer van oppervlaktewater en het ondiepe grondwater.

Binnen WaterSense zijn bodemsensoren gebruikt door een groot aantal boeren. Dit is een uitstekende manier om boeren bewust te maken van hun mogelijkheden om efficiënt watergebruik op hun bedrijf te realiseren. Daarnaast is de kennisontwikkeling op het gebied van optimale nutriënten benutting en daarmee minimale uitspoeling een belangrijk onderwerp dat binnen WaterSense is opgepakt. Het waterschap verwacht dat een BOS-kwantiteit in de toekomst direct bij kan dragen aan de verbetering van het eigen waterkwantiteitbeheer. Om deze redenen heeft het waterschap er voor gekozen actief te participeren in dit project.

Website: [www.hunzeenaas.nl](http://www.hunzeenaas.nl)

## WLN

WLN biedt een breed pakket aan diensten aan op het gebied van waterkwaliteit en watertechnologie. Het laboratorium van WLN is geaccrediteerd door de RvA voor monsterneming en een breed spectrum aan chemische en microbiologische analyses. WLN toetst daarbij eveneens op overschrijdingen van normen en informeert indien nodig daarover direct.

WLN is huisadviseur van waterleidingbedrijven, recreatieve bedrijven, chemische industrie, levensmiddelenindustrie, zuivelindustrie, aardappelverwerkende industrie, zorginstellingen, zwembaden, overheden, tuincentra en andere grootverbruikers. WLN reikt innovatieve oplossingen aan voor effectief en verantwoord watermanagement.

Website: [www.wln.nl](http://www.wln.nl)



## Bijlage 3 Overzicht Publiciteit

Er is een website [www.projectWaterSense.nl](http://www.projectWaterSense.nl), Op het beveiligde gedeelte van de website staan alle projectdocumenten. Er zijn drie nieuwsbrieven verschenen, de WaterSense Post, zowel Engels als Nederlandstalig.

Daarnaast is er twee keer een projectblad gemaakt, waarin kort samengevat de belangrijkste resultaten van WaterSense zijn beschreven.

Voor de jaren 2009 en 2010 zijn er jaarverslagen gemaakt.

Overige activiteiten zijn:

- Presentatie WaterSense tijdens bezoek deltacommissaris Wim Kuijken aan Drenthe 16 februari 2010
- Presentatie congres Drenthe Grounds for change, 23 april 2010
- Presentatie AAMG London, congres over sensoren en water, 14 oktober 2010
- Presentatie op start KANON Valthermond op 11 juni 2010 (Valthermond)
- Presentatie Sensor Universe bijeenkomst april 2010
- Presentatie Sensor Universe bijeenkomst 24 en 25 november 2010.
- Presentatie afdeling Water Provincie Drenthe 14 september 2010 (Valthermond)
- Presentatie delegatie Zuid-Afrika Dacom 17 september 2010 (Valthermond)
- Presentatie regiobezoek zoet water 3 november 2010 (Valthermond)
- Onderdeel van winterlezingen "Resultaten onderzoek" door PPO bij verschillende vereniging voor bedrijfsvoorlichting.
- Telersbijeenkomsten plaatsgevonden op 3 februari 2010, 14 juli 2010, 17 januari 2012
- Presentatie Aquarius seminar over nieuwe kansen nieuwe technologie, 9 maart 2011 (Zeegse)
- Workshop WaterSense Sensorendag akkerbouw, 17 februari 2011 (Westerbork)
- Stand op graandagen en relatiedagen van Agrifirm, 23 en 24 juni 2011
- Stand op aardappel zetmeeldagen van Avebe op 1 en 2 september 2011 (Valthermond)
- Posterpresentatie in Wageningen, 19 september 2011
- Posterpresentatie Aquarius, 12 en 13 oktober 2011 in Denemarken
- Posterpresentatie 19 oktober 2011 AAMG Londen
- Presentatie WaterSense op plattelandsdagen 24 en 25 november (Valthermond)
- Presentatie WaterSense op workshop STOWA en SKB 2 maart 2012 Utrecht

## Bijlage 4 Leden klankbordgroep

J. van Bakel	De Bakelse Stroom
J. Bartelds	Teler en Bestuur Waterschap Hunze en Aa's
J. van Enst	Waterschapshuis
G.J. Euverink/ Henk Miedema	Wetsus
B. van der Gaag	KWR
H. Koopmans	Sensor Universe
P. Leenderse	CLM
G. Nijhof	Waterschap Hunze en Aa's
H. Post	Waterschap Reest en Wieden
P. Roelfsema	Suiker Unie
H. Roerink	Agrarische Unie
A. de Rooy	Avebe
H. Sinnema	LTO
M. Talsma	STOWA
M. de Vos	ASTRON/LOFAR
T. Vlaar	Waterbedrijf Groningen
M. Westerhuis	SNN



**SAMENWERKINGSVERBAND NOORD-NEDERLAND**  
DIT PROJECT WORDT MEDEGEFINANCIERD DOOR  
HET EUROPEES FONDS VOOR REGIONALE ONTWIKKELING  
EN DOOR HET MINISTERIE VAN EZ, PIEKEN IN DE DELTA



Ministerie van Economische Zaken,  
Landbouw en Innovatie

