

# Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw

Nut en rendement van toepassingen op het gebied van geolandbouw

David van der Schans, Jan Nammen Jukema, Arjan van der Klooster,  
Karin Molenaar (PPO-Agv)  
Herman Krebbers, Richard Korver, Geert-Jan van Roessel, Lucas Meertens,  
Jos Truiman (DLV Plant)

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 3250062000;



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Productschap Akkerbouw.

Projectnummer: 3250062000

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**

Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 291111

Fax : 0320 - 230479

E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)

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

# Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING .....	4
2	GNSS TECHNIEK EN TOEPASSINGEN .....	5
2.1	GPS plaatsbepaling .....	5
2.2	Management cyclus voor iedere plek .....	7
3	ACTUEEL AANBOD GNSS TOEPASSINGEN EN SERVICES .....	9
3.1	Trekker- en machinegeleiding .....	9
3.1.1	Stuurhulpen .....	10
3.1.2	Automatische besturing; opbouwsystemen .....	10
3.1.3	Geïntegreerde automatische stuursystemen .....	10
3.1.4	Gecontroleerd berijden, vaste rijpaden .....	11
3.1.5	Mechanische onkruidbestrijding .....	11
3.1.6	Precisie bij plaatsen drijfmest .....	11
3.2	Sensing en plaatsspecifieke advisering .....	12
3.2.1	Bodem .....	12
3.2.2	Gewasreflectie (biomassa) .....	12
3.2.3	Opbrengstbepaling .....	14
3.2.4	Kwaliteitsbepaling .....	15
3.3	Variabel doseren .....	15
3.3.1	Variabel zaaien, poten en planten .....	16
3.3.2	Variabel doseren vaste meststoffen en kalk .....	16
3.3.3	Variabel doseren organische mest .....	17
3.3.4	GPS bediening landbouwsputten .....	18
3.3.5	Variëren diepte van grondbewerking .....	19
3.3.6	Management informatie in het veld .....	19
4	STANDAARDISATIE .....	21
4.1	Bedrijfs Management systemen .....	21
4.2	Isobus uitwisseling data met landbouwmachines .....	21
5	RENDEMENT UIT GPS .....	23
5.1	Uitgangspunten bij berekening .....	23
5.2	Rendement .....	24
5.2.1	Bedrijfstype op heterogene zand/dalgrond .....	24
5.2.2	Bedrijfstype op homogene kleigrond .....	26
5.2.3	Conclusie economische evaluatie .....	27
6	TELERSADVIES .....	28
6.1	Stappenplan voor een potentiële gebruiker .....	28
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	31
	BIJLAGE 1 VERKLARING VAN TERMEN EN AFKORTINGEN .....	33
	BIJLAGE 2 TOEPASSINGEN GEOLANDBOUW .....	35
	BIJLAGE 3A UITGANGSPUNTEN SALDOVERGELIJKING ZAND .....	36
	BIJLAGE 3B UITGANGSPUNTEN SALDOVERGELIJKING KLEI .....	38

# 1 Inleiding

Het beschikbaar komen van systemen voor satelliet plaatsbepaling en navigatie, Global Navigation Satellite System (GNSS) kan grote invloed hebben op de bedrijfsvoering en rendement van het akkerbouwbedrijf. Landbouw is in Nederland een grote en intensieve gebruiker van de open ruimte en kan daarmee profiteren van de mogelijkheden die GNSS biedt. Bijlage 1 bevat een lijst met verklaringen van termen en afkortingen, die in het rapport in relatie tot geolandbouw worden gebruikt.

Meestal wordt er over GPS (Global Positioning System) gesproken. GPS is de naam van het Amerikaanse defensie systeem waar we op dit moment meestal gebruik van maken. Naast GPS is er ook een Russische satellietconstellatie voor plaatsbepaling Glonass en werkt de Europese unie aan een burger systeem Galileo dat nauwkeuriger en betrouwbaarder wordt dan GPS of Glonass. GNSS ontvangers worden voorbereid op de ontvangst van zowel signalen van GPS als van Galileo satellieten. Als we in dit rapport over satelliet plaatsbepaling in het algemeen spreken gebruiken we de afkorting GNSS, wordt de huidige techniek behandeld, dan wordt de naam van het meest gebruikte systeem GPS gebruikt.

Voor landbouwkundige toepassingen worden in snel tempo aan GNSS gerelateerde toepassingen en diensten ontwikkeld en aangeboden. Vaak is niet duidelijk welke waarde en betekenis deze toepassingen hebben voor de bedrijfsvoering. Een actueel overzicht van beschikbare toepassingen en diensten met een indicatie van de gevolgen voor het rendement is gewenst.

Hoofdstuk 2 van het rapport beschrijft in algemene zin wat GNSS plaatsbepaling is en welke mogelijkheden GNSS techniek biedt voor landbouwkundige toepassingen.

De belangrijkste GNSS toepassingen, die momenteel beschikbaar zijn voor praktisch gebruik zijn in Bijlage 2, beschreven en beoordeeld. De informatie per toepassing bestaat uit:

- algemene omschrijving
- technische omschrijving
- markt omschrijving
- praktijkervaring

In hoofdstuk 3 worden producten en toepassingen per groep behandeld met verwijzing naar de beschrijvingen in de bijlage.

Naast de ontwikkeling van de toepassingen, is ook de stand van zaken op het gebied van standaardisatie belangrijk. De mogelijkheden verschillende systemen te koppelen en te combineren en gegevens uit te wisselen valt of staat met standaardisatie. Ontwikkelingen op dit gebied komen in hoofdstuk 4 aan de orde. In hoofdstuk 5 zijn voor twee bedrijfstypen de bedrijfseconomische gevolgen van GNSS en geolandbouwtoepassingen doorgerekend voor vier scenario's per bedrijfstype: deze verschillen in de mate van integratie van GNSS en geolandbouw op het bedrijf en de bedrijfsomvang. Veel ondernemers wachten nog met investeringen tot dat "de prijs naar beneden gaat". Wat levert een investering in GPS en geolandbouw op, vragen veel agrariërs zich af wanneer ze worden geconfronteerd met deze nieuwe technologieën. Voor elke bedrijfssituatie is de rendementsverwachting anders. In dit hoofdstuk staat in hoofdlijnen wanneer geolandbouw rendement oplevert.

In hoofdstuk 6 komen technische informatie en economie bij elkaar in het telersadvies.

## 2 GNSS techniek en toepassingen

### 2.1 GPS plaatsbepaling

Plaatsbepaling en navigatie met GPS is mogelijk dankzij minimaal 24 GPS satellieten die op een hoogte van ca 20 kilometer in vier banen om de aarde draaien. Deze satellieten zenden radiosignalen uit. Via een zogenaamde GPS-ontvanger kun je deze signalen op de grond ontvangen. De GPS ontvanger kan positie bepalen als het van meer dan drie satellieten een signaal ontvangt. Door het aantal satellieten en de grote hoogte waarop ze zich bevinden, zijn er op elke plaats op aarde altijd minstens vier satellieten 'in beeld'. Meestal ontvangt de GPS ontvanger meer satellieten. Sommige ontvangers kunnen zowel signalen van GPS als van Glonass satellieten ontvangen. De Europese Unie financiert de bouw van een Europese GNSS systeem, Galileo. In 2012 zal het systeem naar verwachting operationeel zijn met 27 satellieten. GNSS ontvangers kunnen dan zowel de GPS als de Galileo signalen ontvangen.

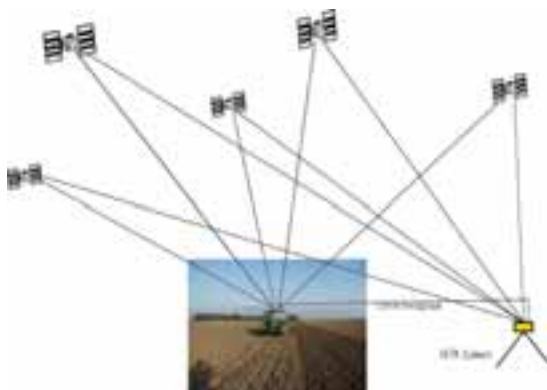


Afb 2.1 Satelliet constellatie GPS

Tijdens hun reis door de atmosfeer worden de satelliet signalen beïnvloed waardoor de precisie afneemt. Bovendien varieert de precisie afhankelijk van de positie van de bewegende satellieten en het aantal satellieten dat wordt ontvangen. Plaatsbepaling alleen op basis van de satellieten heeft een nauwkeurigheid van 5 meter – 10 meter over een perioden van 72 uur. Meer uitleg over GPS plaatsbepaling is te vinden op onder andere internetadres: [http://www.sbg.nl/nl/over\\_gps.htm](http://www.sbg.nl/nl/over_gps.htm)

Naast de GNSS satellieten die in banen om de aarde draaien zijn er ook geo-stationaire satellieten die met de aarde meedraaien en zich boven een vaste plek op aarde bevinden. Deze geo-stationaire satellieten zijn gerelateerd aan grondstations (Egnos), die correctie signalen uitzenden. Als de signalen van de GNSS satellieten worden gecorrigeerd met signalen van Egnos heet het DGPS of differentieel GNSS. Met de Egnos correctie bedraagt de nauwkeurigheid 1 meter – 3 meter. Voor auto navigatie (bijvoorbeeld tomtom) en om plekken in het perceel vast te leggen is het gratis GPSSignaal met Egnos correctie meestal nauwkeurig genoeg. Voor precies rechtrijden in de landbouw is het onvoldoende nauwkeurig. Voor een grotere nauwkeurigheid moeten betere correcties beschikbaar zijn. Deze worden door commerciële partijen tegen betaling geleverd. De nauwkeurigheid is afhankelijk van het type

correctiesignaal, DGPS. Commerciële systemen zijn Omnistar VBS en Starfire 1 hebben een vergelijkbare nauwkeurigheid van +/- 15 à 30 cm. Omnistar HP (High-Precision) en Starfire 2 zijn nog nauwkeuriger en hebben een vergelijkbare nauwkeurigheid van +/- 5 à 10 cm. Bij deze systemen betaal je via een jaarabonnement voor een hogere nauwkeurigheid.



Afb correctie van GPS lokatie et RTK referentie station

Een precisie van enkele centimeters is haalbaar als je gebruik kunt maken van een basisstation op korte, max 10 km, afstand (RTK GPS). RTK staat voor Real-Time Kinematic. Met deze nauwkeurigheid is op ieder moment

exact dezelfde posities terug te vinden. Het basisstation zendt via een FM-radioverbinding correcties door naar de mobiele RTK-GPS ontvangers. Vanwege het wettelijk

toegestane zendvermogen bedraagt de maximale afstand tussen basisstation en ontvanger maximaal 10 km. Het basisstation wordt door de gebruiker(s) zelf aangeschaft of men kan zich inkopen in deelname aan een bestaand basisstation. Er is dus geen abonnement meer nodig naast deze eenmalige investering. Ook Via een GSM telefoon kan gebruik worden gemaakt van agropin een landelijk netwerk met RTK correcties.

Systeem	Correctiesignaal	Nauwkeurigheid (cm)	Prijs ontvanger (€)	Prijs incl stuursysteem
GPS	geen	300 – 1000	300 – 2000	nvt
GPS	Egnos	100 – 300	300 – 2000	nvt
GPS + Galileo (na 2012)	Egnos	50 – 90	300 – 2000	nvt
DGPS	Omnistar VBS, Starfire 1	10 – 30	1750 – 3500 +abonnement	stuurhulp 3500
DGPS	Omnistar XP	8 – 12	1750 – 3500 +abonnement	15.000 – 35.000
DGPS	Omnistar HP, Starfire 2	5 – 10	1750 – 3500 +abonnement	15.000 – 35.000
RTK-GPS	eigen lokaal baken	2	7000. + RTK baken	15.000 – 35.000

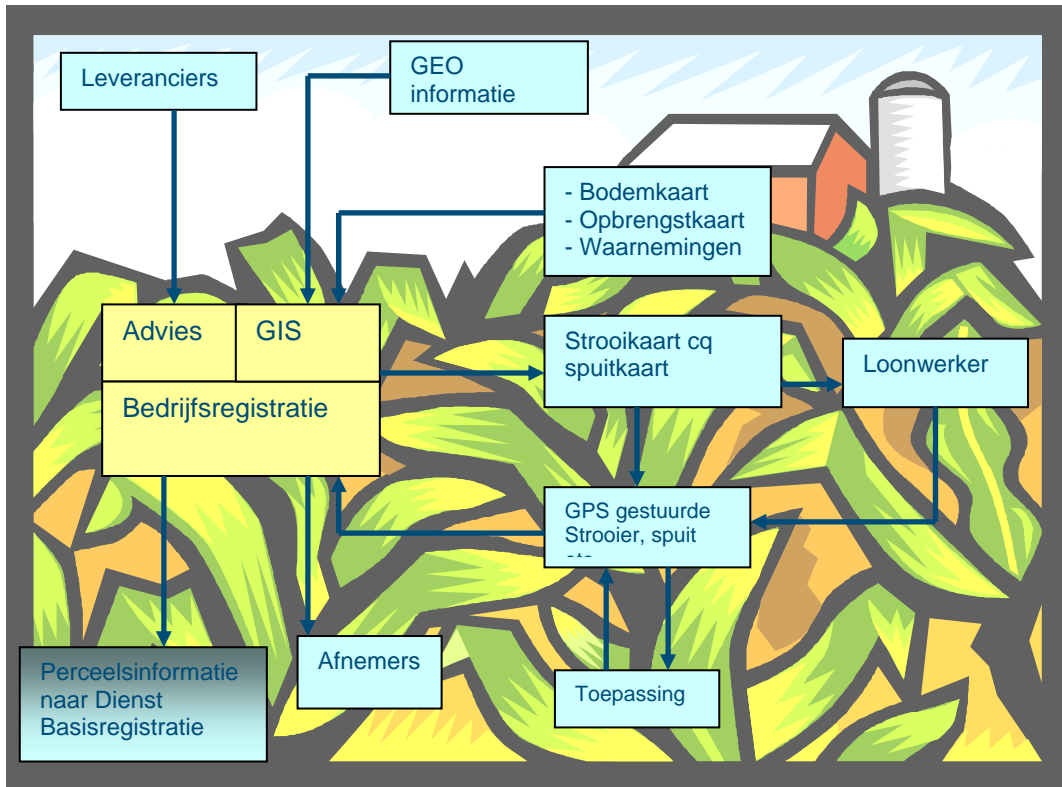
Tabel 2.1 GPS ontvangers, correctiesignalen en nauwkeurigheid

#### GPS en geolandbouw

Naast het besturen van trekkers en werktuigen biedt GPS technologie mogelijkheden om geo-informatie te gebruiken en op basis daarvan plaatsspecifiek de groeiomstandigheden voor een gewas te optimaliseren. Binnen een perceel verschillen grondsoort, waterhuishouding, bodemvruchtbaarheid en varieert de besmetting met bodemgebonden ziekten, plagen en onkruiden voor. Deze verschillen uiten zich in verschillen in ontwikkeling van het gewas. Met sensoren kunnen variaties binnen een perceel worden vastgesteld. Bedrijven spelen daarop in door sensoren, sensorgegevens of diensten aan te bieden, waarmee de variatie binnen een perceel in kaart wordt gebracht. Aan coördinaten gekoppelde informatie uit bodemkaarten en van sensoren of informatie die de ondernemer zelf met een GPS ontvanger registreert wordt geo-informatie genoemd. Geo-informatie kan met een geo-informatiesysteem (GIS) zichtbaar worden gemaakt en worden bewerkt. Hoofdstuk 4 gaat in op de integratie van GIS in een bedrijfsmanagementsysteem en de mogelijkheden die dat biedt voor geolandbouw. Om geo-informatie te gebruiken voor het sturen van de gewasgroei moet op basis van de informatie een advies worden gegenereerd. Hiervoor is soms aanvullende informatie nodig omdat de sensor wel aangeeft dat er variatie optreedt, maar niet precies bekend is waardoor ze wordt veroorzaakt. Een bemonstering van bodem en/of gewas is dan nodig. Als er voldoende informatie is om een advies te geven op het gebied van bemesting of gewasbescherming kan met rekenregels een toepassingskaart worden gemaakt. De toepassingskaart wordt in de controller (computer) van het werktuig ingevoerd en stuurt de strooier of spuit aan. De doseringen op de toepassingskaart en de koppeling van de controller met een GPS ontvanger zorgen er voor dat de afgifte van het werktuig wordt aangepast aan de hoeveelheden die op de toepassingskaart staan. De werktuigcomputer slaat tijdens de bewerking op wat er feitelijk is afgegeven aan zaaizaad, kunstmest of spuitmiddel en waar de tractor heeft gereden. Deze informatie kan dan weer worden overgebracht van werktuigcomputer naar het bedrijfsmanagement programma. In paragraaf 3.2 wordt verder ingegaan op manieren om geodata te verzamelen. En in paragraaf 3.4 staan de mogelijkheden van variabel toedienen van zaaizaad, pootgoed, kunstmest en dierlijke mest en

gewasbeschermingsmiddelen.

In figuur 2.1 staan de verschillende onderdelen en datastromen die nodig zijn voor geolandbouw.



Figuur 2.1 datastromen voor geolandbouw

## 2.2 Management cyclus voor iedere plek.

Teeltmaatregelen worden per gewas en perceel genomen. In de vorige paragraaf is gesproken over variatie in gewasontwikkeling binnen één perceel. Het meest sterk komt die tot uitdrukking in verschillen in opbrengst en kwaliteit van het geoogste product. Tot voor kort was het niet mogelijk plekgewijs opbrengst en kwaliteit tijdens het oogsten te bepalen. Opbrengstmeting tijdens de oogst is op maaidorsers al ongeveer tien jaar mogelijk. In combinatie met een GPS ontvanger kan de variatie van het geoogste product op een perceel in kaart worden gebracht. Opbrengstvariëaties van 50%-100% binnen een perceel komen veel voor. Uit onderzoek en praktijkmetingen blijkt dat op een perceel wintertarwe met een gemiddelde opbrengst van 9 ton per hectare opbrengsten kunnen variëren tussen 6 ton per hectare en 12 ton per hectare. Vaak zijn die verschillen niet direct met het oog zichtbaar.

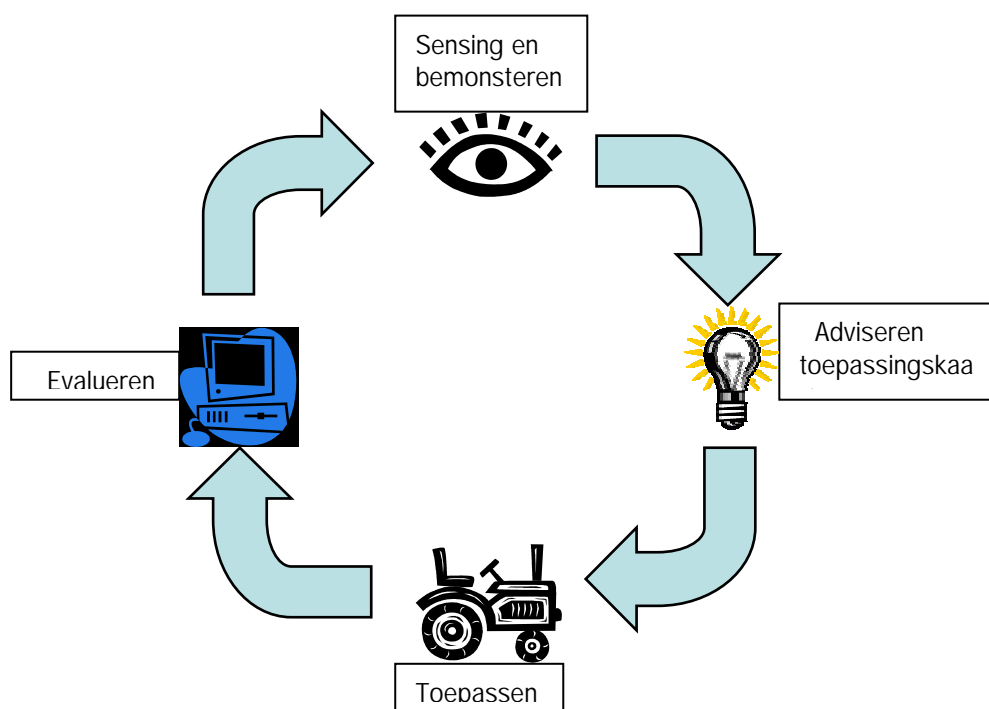
De hoeveelheid input van bijvoorbeeld meststoffen is, zonder geolandbouw, homogeen verdeeld over het hele perceel en gericht op de gemiddelde opbrengst. Dit betekent dat op de ene plek per ton geoogst product twee maal zoveel is bemest en bespoten dan op de andere plek.

Het gaat er bij geolandbouw om de efficiëntie te verbeteren, door beter in te spelen op de plaatselijke omstandigheden. Op plekken waar de gewasgroei lager is of waar de opbrengsten sterk fluctueren vanwege droogtegevoeligheid kunnen bemesting en eventueel ook de vochtvoorziening worden aangepast aan de omstandigheden. Of deze maatregel uiteindelijk iets oplevert kan alleen worden vastgesteld als er na de oogst een verband wordt gelegd tussen de input van meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen enerzijds en de opbrengst anderzijds. Blijkt bij de oogst dat ondanks de maatregel de variatie in efficiëntie van de benutting van inputfactoren niet is afgenomen dan moet verder worden gezocht naar oorzaken van

variatie. Met geolandbouw is het mogelijk door het volgen van de managementcyclus te leren van ervaringen.

Op het gebied van advisering voor aaltjesbeheersing is men ver gevorderd met het koppelen van locatie aan monsteruitslagen. Hierdoor kunnen haarden worden gelokaliseerd en maatregelen pleksgewijs worden toegepast. Doordat effecten van gewassen en controle maatregelen op de vermeerdering bekend zijn kunnen effecten ook worden voorspeld en door nieuwe bemonsteringen worden gecontroleerd. Voor geotoepassing op het gebied van aaltjesbeheersing zijn Digitaal en Nemadecide ontwikkeld.

Ook op het gebied van stikstofbemesting op gronden met een grote variatie in stikstofmineralisatie kunnen door pleksgewijs bemonsteren van de bodem en analyse van organische stof en N-min gedurende een aantal jaren de stikstofbeschikbaarheid binnen een perceel in beeld worden gebracht. Deze informatie maakt het mogelijk de stikstofvoorziening af te stemmen op plaatselijke omstandigheden. Onder anderen Agrifirm en Blgg werken aan een systeem van een pleksgewijze advisering op dit punt. In figuur 2.2 geeft de managementcyclus aan dat steeds weer de cyclus van sensing en bemonsteren – plannen – toepassen – evalueren moet worden doorlopen om te leren inspelen op de perceelsomstandigheden.



figuur 2.2 management cyclus teeltmaatregelen

Om de management cyclus goed te kunnen volgen is een betrouwbare en goedkope opbrengstmeting bij alle gewassen nodig. Bij rooivruchten blijkt dit in de praktijk echter nog moeizaam te verlopen, vooral op kleigronden waar de hoeveelheid grondtarra sterk kan variëren.

Ondernemers die werk willen maken van geolandbouw en plaatsspecifiek management van gewassen moeten bij leveranciers op zoek naar deze systemen. Er wordt bij onderzoek en ontwikkelafdelingen gewerkt aan het verbeteren van oogstmeetsystemen. Zonder betrouwbare opbrengstmeting kunnen de gevolgen van geolandbouw niet worden geëvalueerd. De waarde van beslisregels voor variabel doseren blijft dan onduidelijk en verbetering van het systeem verloopt moeizaam.



## 3 Actueel aanbod GNSS toepassingen en services

Het aanbod van GNSS toepassingen en services groeit in Nederland. Het aantal gebruikers ook. Zo is het aantal tractoren met GPS ontvangers in Nederland meer dan vertienvoudigd in de afgelopen 3 jaar van ongeveer 50 naar ongeveer 600. Aanvankelijk was er vraag naar eenvoudige stuurhulpsystemen. Nu richt de vraag zich vooral op nauwkeurige systemen met minder dan 10 cm afwijking over een periode van 3 dagen. Dit kan alleen met een betaald correctiesignaal de zogenaamde DGPS of RTK GPS. Leveranciers springen in op de vraag van de praktijk naar de hoogst mogelijke precisie, 1 - 2 cm, door een RTK signaal aan te bieden. In de belangrijke akkerbouwgebieden in Nederland zijn door verschillende leveranciers netwerken van RTK basisstations opgezet. Bij het GPS stuursysteem hoort software en een beeldscherm in de trekker. De rijbanen worden in de computer opgeslagen en kunnen bij een vervolgbewerking weer worden gebruikt om trekker en werktuig over dezelfde sporen te laten rijden.

Omdat de prijs van geavanceerde automatische rechtrij-systemen voor veel ondernemers nog een belemmering is brengen leveranciers ook veel goedkopere stuurhulpen op de markt. Met een stuurhulp moet de chauffeur zelf sturen maar krijgt hij op een scherm of door een lichtbalkje indicaties voor het rijden van parallelle banen.

De toepassing is technisch gezien klaar voor brede implementatie in de landbouwpraktijk. Toch komen er steeds weer nieuwe producten en diensten bij. Op de weblog <http://precisielandbouw.weblog.nl/precisielandbouw> wordt veel informatie over en ervaringen met GNSS en geolandbouw vergaard.

### 3.1 Trekker- en machinegeleiding

Stuurhulp- en automatische stuursystemen maken het werk van een tractorbestuurder eenvoudiger. Hij kan zich concentreren op de werkzaamheden van de machines tijdens zaaien, poten schoffelen, frezen, oogsten etc. Zo kunnen ook minder bekwame bestuurders in rechte banen rijden. Verder bespaart GNSS geleiding tijd doordat rijsporen bij kunstmeststrooien en spuiten niet van te voren hoeven te worden uitgezet. Ook worden tijd en brandstof bespaard doordat bij het draaien op de kopakker voor een volgende werkgang werkgangen kunnen worden overgeslagen zodat niet meer hoeft te worden gestoken om recht voor de nieuwe werkgang te komen. Belangrijke voordelen zijn besparing op brandstofkosten en werkuren, en een verlichting van het werk. (Zie ook bijlage 2 - 1.1)

Voor een zeer precieze aansturing plaatsen een aantal leveranciers (onder andere Trimble en SBG) GPS ontvangers op het werktuig in plaats van of naast een GPS ontvanger op de tractor en koppelen dit met directe aansturing van het werktuig door een stuurschijf of een side shift.

Zeer nauwkeurige aansturing van werktuigen met GPS levert voordelen op bij bijvoorbeeld schoffelen. Traag kiemende gewassen zoals zaaiui kunnen al voor opkomst worden geschoffeld als de zaaisporen met GPS zijn vastgelegd, de schoffelmachine de zaaisporen kan volgen en de schoffelbalk synchroon is afgesteld met de zaaimachine. Met machine-aansturing en een RTK-signaal kan tot 1 cm langs de gewasrij worden geschoffeld. Ook bij het afstemmen van het poten van aardappels met ruggen frezen en aanaarden, biedt nauwkeurige machinesturing voordelen. Zo zijn er geen problemen met aansluitrijen en de poters bevinden zich in het midden van de rug, wat minder groene knollen bij de oogst geeft. Dit zijn slechts enkele voorbeelden van toepassingen van RTK GPS die voordelen bieden. Hoewel vaak een minder precies GNSS systeem nodig is, is het toch verstandig een systeem aan te schaffen met de nauwkeurigheid die vereist is bij de toepassing waarvan men het meeste rendement verwacht.

Een rechtrijstelsysteem kan alleen functioneren als de rijrichting kan worden bepaald. Staat de GPS ontvanger stil dan weet het systeem niet in welke richting de neus van de tractor staat. Als de GPS-ontvanger beweegt rekent het systeem de richting tussen de opeenvolgende locaties. Elk systeem heeft een minimale voorwaartse snelheid waarbij de richting kan worden bepaald. Dit varieert van 100 meter tot 4 kilometer per uur.

### 3.1.1 Stuurhulpen



Afbeelding 3.1 Stuurhulpsysteem

De chauffeur stuurt zelf maar wordt geholpen door een stuurhulp om het juiste rijspoor te volgen. De prijzen van een eenvoudige stuurhulp in de vorm van een lichtbalk of scherm met richting indicator voor het stuur, is beschikbaar voor €1700 - €3500. De nauwkeurigheid van het GPS signaal met correctie is 10 – 30 cm, afhankelijk van het soort correctiesignaal (DGPS) dat wordt gebruikt. Doordat de chauffeur zelf moet sturen is een grotere nauwkeurigheid niet haalbaar. Voordeel van een stuurhulp is dat de rijbanen bij kunstmeststrooien of spuiten niet hoeven te worden uitgezet en dat de kans op overlap gering is. Ook kan bij slechte omstandigheden waardoor uitgezette rijspoormarkering niet meer zichtbaar is, toch voldoende nauwkeurig worden gewerkt.

Voor meer informatie zie bijlage 2 – 1.1

### 3.1.2 Automatische besturing; opbouwssystemen

Diverse fabrikanten brengen opbouwssystemen op de markt voor automatische besturing van trekkers of machines. De chauffeur hoeft dus niet meer zelf te sturen en kan zijn aandacht richten op zaken die direct te maken hebben om het werk optimaal uit te voeren. Producten zijn bijvoorbeeld New Holland easy steer, JD autotractor universeel en Trimble EZ steer in combinatie met easy guide 500. Deze producten sturen het stuur naar links of rechts om de trekker in het rechte spoor te houden. De aansturing werkt direct via het stuurwiel of de stuurstang en neemt de besturing over. Er is geen ingreep nodig in het hydraulisch systeem van de stuurinrichting van de tractor. De kosten van een opbouwstelsel bedragen €6.000 - €14000. De nauwkeurigheid van een dergelijk systeem is afhankelijk van de nauwkeurigheid van het DGPS signaal en kan variëren van enkele centimeters bij RTK correctie tot ongeveer 20 cm bij een eenvoudig DGPS signaal. Het systeem is minder nauwkeurig dan directe aansturing via de hydraulische aansturing van de wielen. (bijlage 2- 1.2)



Afbeelding 3.2 Automatisch sturen met opbouw systeem

### 3.1.3 Geïntegreerde automatische stuursystemen

Via stuurhydrauliek van de trekker wordt de trekker automatisch in parallelle banen geleid op een onderlinge afstand van de werkbreedte. Veel systemen kunnen zowel parallelle rechte als kromme banen rijden. De meeste systemen geven een signaal bij het naderen van de kopakker. Op de kopakker moet handmatig worden gekeerd. Fabrikanten ontwikkelen ook zaken als het maken van bochten op de kopakker en het optimaliseren van een het aantal sporen afhankelijk van de perceelsvorm om het aantal keerpunten zo klein mogelijk te maken, een systeem voor kopakkermanagement. Geïntegreerde stuursystemen variëren in prijs van €15.000 - €40.000. Ook bij deze systemen hangt de nauwkeurigheid van het rechtrijden af van de DGPS of RTK ontvanger, de hellingscorrectie en de software. Handige functies zoals, het markeren van wendakkers, opmeten van percelen, volgen van kromme sporen zijn bij een aantal leveranciers nog in ontwikkeling. De minimale snelheid voor automatisch sturen verschilt per systeem en varieert van 16 meter per uur



Afbeelding 3.3 mobiel RTK baken

tot 2 km per uur. Bij aanschaf van een automatisch stuursysteem is het belangrijk hierop te letten. Voor sommige werkzaamheden gelden rijsnelheden van honderden meters per uur. Sommige systemen zijn voor deze lage rijsnelheden niet geschikt.

(bijlage 2 – 1.3)

### 3.1.4 Gecontroleerd berijden, vaste rijpaden.

Combinaties van tractoren, landbouwwerktuigen en kiepwagens worden steeds groter en hun laadvermogen neemt toe. Dit vraagt een grotere draagkracht van de bodem. Een grotere draagkracht ontstaat door verdichting van de (onder)grond. Bij ongecontroleerd berijden van de grond zal de dichtheid van de ondergrond op het hele perceel voldoende groot worden om het landbouwverkeer te kunnen dragen. De bodemdichtheid onder de bouwvoor kan hierdoor zo hoog worden dat beworteling van gewassen wordt gehinderd of zelfs onmogelijk wordt. Een oplossing voor dit probleem is



gecontroleerd berijden van de percelen met (semi) vaste rijpaden.

Afbeelding 3.4 Vaste rijbanen met RTK gps

Door het rijden over vaste rijpaden ontstaan verdichtingen op een klein deel van het perceel en wordt het grootste deel van een perceel gespaard. Afhankelijk van grondsoort, ontwatering en groeiomstandigheden levert dit voordelen op. Bij een minder verdichte grond neemt de periode waarin het perceel bewerkbaar is toe. De ontwikkeling van gewassen verloopt voorspoediger en vocht en nutriënten is makkelijk beschikbaar voor het gewas. Een aantal, met name biologische landbouwbedrijven is er, door het beschikbaar komen van automatische RTK-GPS besturing en standaardisatie van spoor- en werkbreedtes, toe overgegaan gewassen te telen met vaste rijbanen. Het resultaat van deze teeltwijze is dat er meer werkbare dagen zijn voor gewasverzorging de opbrengsten 0 – 10% hoger zijn en bij de oogst van rooivruchten minder grondtarra wordt meegenomen. Aan de betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en beschikbaarheid van het GPS signaal worden bij een dergelijk teeltsysteem hoge eisen gesteld. RTK-GPS met een langdurige precisie < 2 cm is vereist. 10 cm afwijking van de vaste rijbaan kan tot gevolg hebben dat de tractor - werktuig - combinatie diep inspoort of wegzakt.

Het blijkt in de praktijk nog niet mogelijk om ook bij de oogst en het ploegen de vaste rijbanen te volgen. Om verdichting tijdens de oogst te voorkomen, moet gelet worden op beperking van de aslast en het kiezen van de juiste bandenmaat en bandenspanning.

### 3.1.5 Mechanische onkruidbestrijding

De effectiviteit van mechanische onkruidbestrijding kan sterk verbeteren als de schoffelapparatuur vlak langs de gewasrijen kan lopen. Elke centimeter dicht bij de planten schoffelen zonder schade aan het gewas verkleint de noodzaak van handmatig wieden. Met nauwkeurige GPS plaatsbepaling (RTK correctie) wordt tijdens het zaaien het rijspoor vastgelegd. De tractor kan bij alle vervolgbewerkingen precies over hetzelfde spoor worden gestuurd. Als de schoffels op de schoffelbalk synchroon met de elementen op de zaaimachine of de plantmachine zijn afgesteld kan ongeveer 2 cm langs de gewasplanten worden geschoffeld. In combinatie met vinger- en torsiewieders of aanaardijzers kan met minimale inzet van handwerk het gewas onkruidvrij worden gehouden zonder gewasschade. Dit biedt vooral voordelen in gewassen met een trage beginontwikkeling zoals peen en zaaiui.

### 3.1.6 Precisie bij plaatsen drijfmest

Op kleigrond, waar mesttoediening in het voorjaar vanwege rijschade risico problematisch is, kan toediening in het gewas later in het seizoen duidelijk voordelen bieden. Voorwaarde is dan wel dat de mest nabij de

gewasrijen nauwkeurig gedoseerd wordt toegediend. Toedieningsapparatuur die gebruik maakt van de gegevens van het zaaien van bijvoorbeeld mais en met RTK precisie door het gewas wordt gestuurd is beschikbaar. In praktijktesten functioneert het systeem goed (Vredo).

## 3.2 Sensing en plaatsspecifieke advisering

Onder sensing wordt verstaan: toepassingen en diensten die gewas en/of bodem plaatsspecifiek in beeld brengen. Dit kan inhouden opbrengstbepaling, maar ook het monitoren van gewasgroei of bodemomstandigheden met satellietbeelden, luchtfoto's of sensoren op landbouwvoertuigen.

Sensinggegevens geven inzicht in de variatie in plaatsspecifieke processen op het perceel die van invloed zijn op het gewas. Door jaar na jaar gegevens te verzamelen, vergaart men veel informatie over wat er speelt op een perceel en hoe dit de teelt beïnvloedt. De volgende stap is hoe hier op in te spelen; een voorbeeld van een toepassing is variabel doseren van meststoffen(paragraaf 3.3.2).

Bedrijven die diensten aanbieden op het gebied van bodem- en biomassasensing verwerken deze data tot bodem- of biomassakaarten, en soms ook tot toepassingskaarten voor plaatsspecifieke toepassingen. Deze kaarten worden dan als plaatje (bijv. pdf formaat) aan de klant verstrekt. Bewerken van de gegevens, om bijvoorbeeld een vergelijking te maken van de gegevens met andere (plaatsspecifieke) perceelsgegevens, is dan niet mogelijk. De sensorkaarten krijgen meer nut als er relaties kunnen worden gelegd met groeiomstandigheden en opbrengstkaarten.

### 3.2.1 Bodem

In Nederland worden op dit moment drie methoden voor het bepalen van bodemeigenschappen met GPS aangeboden:

1. Electro Magnetische Inductie (EMI) van DDF Gemini, aangeboden door onder andere Altic.(bijlage 2 – 2.1)
2. Meting van natuurlijke radioactieve straling met De Mol, van de Soil Company (bijlage2 – 2.2)
3. Meting van de trekweerstand tijdens grondbewerking. (bijlage2 – 2.3)

Methode 1 en 2 zijn non destructieve methoden, waarbij de bodem niet wordt verstoord. De metingen met de sensoren vragen weinig tijd en leveren veel waarnemingen op. De EMI scan geeft een indicatie van variatie in bodemvocht, zoutgehalte en bodemtextuur. Meting met de "Mol" geeft een indicatie van variatie in het lutum- en organischestofgehalte en koppelt daaraan de variatie van verschillende nutriënten en mineralen. In beide gevallen worden ook enkele bodemmonsters genomen om de meetwaarden te ijken. In praktijkprojecten is deze sensor toegepast voor variabel bemesten en aardappels poten. Een vereiste daarvoor is dat er een betrouwbare relatie is tussen sensorwaarde en dosering. Deze zijn in veel situaties nog onvoldoende bekend of nauwkeurig. Praltijkervaringen met de kwaliteit en mogelijkheden van de kaarten zijn wisselend. Zie ervaringen beschreven in de bijlage.

Bij weerstandsmeting tijdens de grondbewerking wordt de variatie in trekkracht door een sensor op de ploeg gemeten. Variatie in trekkracht vlak onder de bouwvoor kan veel oorzaken hebben, onder andere verdichting. Een direct verband tussen trekkracht verschillen en groeiomstandigheden is niet bekend en het is moeilijk dit vast te stellen.

Om de variatie van de bodemtoestand op een perceel goed in kaart te brengen is intensieve bemonstering de meest betrouwbare methode. Een aantal bedrijven maakt bodemkaarten op basis monsters op delen van het perceel. Het Limburgse bedrijf Agritip baseert het bemestingsadvies op perceelsbemonstering met GPS plaatsbepaling in gedeelten van ongeveer 1 hectare. Het inzicht van variaties binnen een perceel neemt hierdoor toe. Maar met de hulp van andere perceelsinformatie, zoals een kaart van een bodemsensor, kan het aantal monsters en dus ook de monsterkosten worden geoptimaliseerd

### 3.2.2 Gewasreflectie (biomassa)

Tijdens het groeiseizoen zijn er verschillende methoden om de groei van het gewas bij te houden en een beeld te krijgen van de variatie in gewasontwikkeling binnen een perceel. Deze methoden worden meestal in de vorm van services aangeboden.

De systemen zijn:

- Sensoropname vanaf een trekker, onder anderen Yara N-sensor, Weedseeker of de CropCircle die in de hand wordt gehouden .
- Een sensor vanuit een vliegtuig bijvoorbeeld LORIS (Kemira) geleverd door Agrifirm.
- Sensing vanuit een satelliet, zoals Cropview van Blgg en Microsoft en Waterwatch.



Afbeelding 3.5 Yara N sensor voor bepaalt bladmassa index en regelt stikstof dosering

In bijlage 2 – 2.5 staat informatie over gewasreflectie metingen en leveranciers.

Gebruikers hoeven de systemen niet zelf aan te schaffen, de services bestaan meestal uit een pakket waarin de klant een basisbedrag betaalt en daar bovenop een bedrag per hectare per opname.

Uit de opnamen worden biomassa kaarten afgeleid die een goed beeld geven van de variatie in gewasontwikkeling binnen een perceel. Doorgaans is er een goede relatie tussen verschillen in biomassa en verschillen in opbrengst. Het vertalen van deze relatieve verschillen naar absolute gewasontwikkeling, en daarmee naar gerichte teeltmaatregelen, kan alleen wanneer de gewassensing gecombineerd wordt met aanvullende monsternamen. Dit gebeurt in het geval van Cropview.

Financiële meerwaarde ontstaat als er, op basis van de

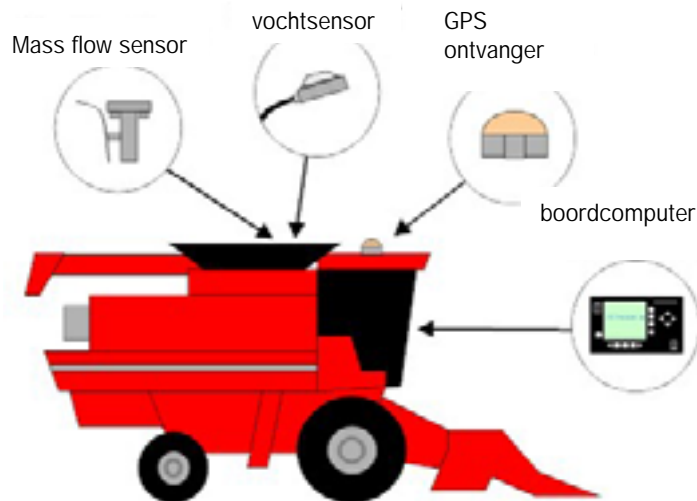
informatie, maatregelen worden genomen in het veld. Bijvoorbeeld variabele bijbemesting waardoor het gewas homogener wordt, doordat de opbrengst op “slechte” plekken verbetert of leidt tot een lager gebruik van kunstmest of gewasbeschermingsmiddelen. Voorwaarde is dan wel dat de meetresultaten op het juiste moment beschikbaar zijn. Dit is nog niet altijd het geval.

*Een voorbeeld: Cropview heeft in een perceel verschillende plekken met slechte gewasontwikkeling aan het licht gebracht. Bodem- en gewasbemonstering tonen aan dat dit wordt veroorzaakt door een lager stikstofgehalte, er wordt tijdig plaats specifiek bijbemest.*

Binnen het project Perceel Centraal (Agrifirm, HLB, IRS en PPO) wordt een checklist ontwikkeld waarmee stap voor stap een perceelsanalyse wordt gedaan op basis van de gewassensing. De checklist dient als handvat om de oorzaak van verschillen in biomassa binnen percelen te achterhalen zodat gerichte maatregelen kunnen worden genomen.

Gezien de relatief lage kosten per hectare kan deze toepassing interessant zijn om verbeterpunten van percelen op te sporen. Bijvoorbeeld verschillen veroorzaakt door verdichte lagen in de bodem, afwijkende bodemstructuur. Vooral als er een goed verband is van de biomassa gegevens met gewasopbrengst of bodem variabelen.

### 3.2.3 Opbrengstbepaling

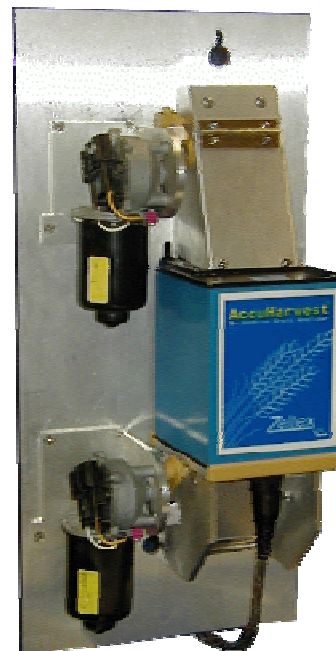


Afbeelding 3.6 Maaidorser met componenten voor

Om een indruk te krijgen van opbrengstvariatie binnen een perceel moet tijdens de oogst continue de opbrengst worden gemeten. In verschillende gewassen is opbrengstmeting op oogstmachines in real time, tijdens het werk, mogelijk. In graan en voeder gewassen worden de systemen in de praktijk gebruikt. Voor toepassing op een veldhakselaar zijn sensoren beschikbaar waarmee droge stof gehalte of mate van afrijping van mais kan worden gemeten. Deze gegevens geven informatie over werkelijke opbrengsten, maar worden ook benut om bijvoorbeeld de haksellengte van de hakselaar bij te stellen en te optimaliseren. De sensoren zijn momenteel in de praktijk in gebruik en functioneren technisch redelijk betrouwbaar. Met opbrengstmeting op aardappelrooiers wordt in praktijkprojecten ervaring opgedaan. Bij rooivruchten verstoort grondtarra de meting van de gewasopbrengst. De systemen van opbrengstbepaling bestaan uit de combinatie van een GPS-ontvanger, een opbrengstsensor in de oogstmachine, een 'jobcomputer' en een gebruikersterminal in de cabine. De GPS-ontvanger registreert de locatie van de machine, sensoren registreren de kwantitatieve en, in geval van graan en voeder gewassen, soms ook de kwaliteit van het geoogste product, bijvoorbeeld droge stofgehalte en eiwitgehalte. De jobcomputer verwerkt de ruwe data die binnenkomen vanuit de sensoren en koppelt de opbrengsten aan de GPS locatie en het tijdstip. In de gebruikersterminal worden de data opgeslagen op een datacard en kan de gebruiker informatie toevoegen, zoals de naam van het perceel. De meetresultaten zijn meestal direct op een display in de cabine af te lezen, zodat een chauffeur direct gericht actie kan ondernemen bij eventuele afwijkingen. Buiten deze onderdelen op de machine hoort software op een bureau PC bij de toepassing om de datacard uit de gebruikersterminal te lezen en kaarten te maken van de data. Deze software wordt meegeleverd met het meetsysteem, een voorbeeld is GreenStar™ Apex van John Deere. Het wordt geïnstalleerd op de bureau PC. Voor het verwerken van de data is soms merkspecifieke software nodig. Dit betekent dat de data die uit een job computer van het ene merk komen alleen kunnen worden verwerkt met één bepaald software pakket. De gebruiksvriendelijkheid van software kan nogal uiteen lopen. Let er daarom op of data uitwisseling volgens een open standaard verloopt. Als software merkspecifiek en software protocollen niet openbaar zijn kan uitwisseling van data met bijvoorbeeld het bedrijfsmanagementsysteem moeilijk zijn. Standaardisatie van data uitwisseling wordt in hoofdstuk 4 behandeld.

### 3.2.4 Kwaliteitsbepaling

Voor granen is de bepaling van het eiwitgehalte op de combien tijdens het oogsten mogelijk. (Bijlage 2 - 2.8). Er is één fabrikant die dit product verkoopt. Het systeem bestaat uit een GPS ontvanger, een monsterapparaat en een analyse sensor die met NIR technologie (Nabij Infrarood) vocht- en eiwitgehalte van diverse granen meet. De GPS ontvanger geeft de positie weer van de dorsmachine, deze positie wordt gekoppeld aan de sensorwaarden. Vier tot vijf keer per minuut (ongeveer elke 20 meter) vindt een kwaliteitsanalyse plaats. De kwaliteitsbepaling kan het beste in combinatie met een opbrengstbepaling worden uitgevoerd. Een combinatie van die twee is namelijk de basis voor een nauwkeurige afvoerbalans van stikstof. Daarnaast biedt het de mogelijkheid gericht perceelsdelen te oogsten om een zo groot mogelijk areaal binnen de maximale kwaliteitsstaffel te kunnen leveren. De Zeltex AccuHarvest met NIT sensor (Near infrared transmission) wordt standaard geleverd met ZDA (soort PDA) GPS, data collectiesoftware en mapping software en kan op alle merken en types dorsmachine worden geïnstalleerd. Ook in een hakselaar kan in de afvoerpijp een sensor worden gemonteerd die drogestof gehalte meet (John Deere). Bij hakselaars is een sensor leverbaar die aan de invoer de mate van afrijping meet (Krone). Op basis van deze gegevens kan de haksellengte worden bijgesteld. Het is nodig voor verschillende praktijksituaties de sensor te ijken. Over de betrouwbaarheid van de metingen zijn nog maar zeer beperkt gegevens beschikbaar.



Afbeelding 3.7 Zeltex accu

## 3.3 Variabel doseren

Variabel bemesten, gewasbeschermingsmiddelen spuiten of het variëren van zaai en plantdichtheid is nuttig als daardoor de variatie van opbrengst en kwaliteit van een gewas of emissie risico's van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen afnemen. Omstandigheden kunnen plaatselijk zodanig verschillen dat binnen een perceel grote variaties in gewasontwikkeling optreden. Om met succes door variabel doseren een meer homogene opbrengst en kwaliteit te krijgen moeten de belangrijkste groeifactoren die de opbrengstvariabiliteit veroorzaken bekend zijn. Verschillen in gewasontwikkeling kunnen worden veroorzaakt door variatie in bodemfysische omstandigheden zoals: storende lagen, organische stof gehalte of lutum gehalte. Meestal hebben deze omstandigheden een goed verband met vochtvoorziening en stikstof beschikbaarheid en leiden tot opbrengstvariaties. Storende lagen beperken de bewortelingsdiepte en daarmee de vochtvoorraad die voor de productie beschikbaar is. Lutum en organische stof hebben een direct verband met het waterbergend vermogen en stikstofmineralisatie in de bewortelbare laag. Ook kunnen variaties optreden in bodemchemische factoren en processen: Ph, fosfaat- en kali- gehalten en stikstof mineralisatie beïnvloeden de gewasontwikkeling. Andere factoren die plaatselijk een sterke invloed op opbrengst kunnen hebben zijn grondgebonden ziekten, plagen en meerjarige onkruiden. Een goede analyse van de oorzaken van variaties in opbrengst is nodig om zinvol variabel te doseren. Voor een goede analyse is het nodig om allereerst een indruk te hebben van de variatie in gewasontwikkeling binnen een perceel. Hiervoor hebben we een opname nodig van een gewas in de loop van het groeiseizoen of een recente opbrengstkaart. Als uit de opname blijkt dat er variaties optreden en hoe groot de verschillen zijn, kan het perceel worden verdeeld in zones met gelijke groeiomstandigheden. Per zone worden bodem of gewas bemonsterd en na onderzoek wordt een advies van teeltmaatregelen opgesteld. De zones worden dan volgens dit advies behandeld. Plaatsspecifiek management houdt rekening met variatie binnen een perceel en opbrengstpotentie. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op variabel poten en zaaien, variabel doseren van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen (gbm), en een variabele ploegdiepte. Variabele irrigatie is wereldwijd ook een belangrijke toepassing. Voor Nederlandse omstandigheden is het echter van minder belang. Bij variabel doseren is niet altijd een GNSS ontvanger

nodig. Voor een real time toepassing waarbij een sensormeting van het gewas vanaf de trekker of spuit direct wordt vertaald in een dosering is koppeling aan een GNSS locatie niet noodzakelijk. Om de sensor gegevens en plaatsspecifieke behandeling op te slaan en later te kunnen gebruiken, is ook bij real time toepassingen een GNSS ontvanger nodig. Bijlage 2 – 3

### 3.3.1 Variabel zaaien, poten en planten



Afbeelding 3.8 Pootafstand variëren op basis van taakkaart mogelijk met Miedema structural

Bij variabel poten en zaaien wordt de ruimte die elke plant krijgt geoptimaliseerd. De afstand tussen het Poot- of plantgoed of de zaaidichtheid wordt aangepast aan bijvoorbeeld het lutumgehalte van de grond of de bewortelingsdiepte. Bij de teelt van aardappelpootgoed wordt op zwaardere, kleiige grond dichter bij elkaar gepoot dan op lichtere grond omdat er op zwaardere grond gemiddeld minder stengels per knol worden gevormd. De variaties per ras en teeltdoel zijn echter groot. Ook tussen jaren verschilt het aantal gevormde stengels per knol. Bij verschillen in beschikbare hoeveelheid vocht en risico van verdroging moet bij een groter droogterisico een ruimere pootafstand of lagere zaaidichtheid worden aangehouden. Dit om zo een optimale individuele plantontwikkeling te krijgen. Een systeem voor variabel poten of planten bevat de volgende onderdelen: een adviesmodule om op basis van bodemfactoren en potermaat per ras een pootafstand te adviseren, een pootafstandenkaart, een GNSS ontvanger, een pootmachine met aansturing die advieskaart kan inlezen en een gebruikersterminal. Variabel poten is mogelijk met de Miedema structural snarenbed pootmachine en met de Grimme GL40T.

In het praktijkproject Spinof is geëxperimenteerd met variabel poten van aardappelen, hierbij is een pootmachine van Miedema gebruikt. De resultaten van variabel poten wisselen afhankelijk van perceel en jaar. Dit is logisch omdat er niet één factor is die de vorming van stengels en knollen beïnvloedt maar er altijd een wisselwerking is tussen grond en weersomstandigheden in kritieke perioden van stengelontwikkeling en knolzetting. Wel zijn er per ras en afhankelijk van de potermaat trends en tendensen. Data ontbreken om deze betrouwbaar te beschrijven en advieskaarten te genereren voor een optimale pootdichtheid. (bijlage 2 – 3.1)

De resultaten geven echter wel een algemene tendens te zien dat er voordelen zijn te behalen door toepassing van poot systemen met GPS gestuurde variabel pootafstand. Voor een betrouwbaar praktijkadvies en bepaling van het rendement, gerelateerd aan de weers- en perceelsomstandigheden, is onderbouwend onderzoek nodig.

### 3.3.2 Variabel doseren vaste meststoffen en kalk

Moderne kunstmeststrooiers kunnen via een terminal in de tractor worden bediend. Deze terminals zijn vaak ook geschikt om een van te voren gemaakte digitale strooikaart van het perceel te lezen. De strooikaart wordt op een SD kaart of andere medium voor data transport ingelezen door de strooier. De terminal wordt met een GNSS ontvanger verbonden die op de tractor of de kunstmeststrooier staat. De positie van de tractor op de strooikaart wordt zo bijgehouden en de doseerschuij van de strooier wordt geregeld zodat de op de strooikaart ingestelde hoeveelheid wordt gegeven.

Voor variabel kunstmeststrooien zijn voor de bijbemesting van granen en aardappelen methoden ontwikkeld. Gebruikmakend van sensoren (zie paragraaf 3.2.2) kan de variatie binnen een perceel worden bepaald. Het



niveau van de gift en de gewenste variatie tussen hoogste en laagste gift worden door de teler vastgesteld, eventueel ondersteund door de analyse van monsters. Met rekenregels wordt een strooikaart gegenereerd. Het gevolg van variabele stikstof bijbemesting is een efficiëntere en effectievere bemesting. Minder gevaar voor plekken waar legering optreedt of te schrale stand en een homogenere kwaliteit. Onderzoek bij brouwergerst heeft ook uitgewezen dat met plaats specifieke bemesting de kwaliteit beter kan worden gestuurd.

Het opslaan van perceelsgegevens over de ontwikkeling van gewassen leidt tot een beter inzicht in de variatie binnen het perceel. Voor Agrovision/Opticrop bedrijfsmanagement software is een systeem ontwikkeld waarbij verschillende kaartjes, bijvoorbeeld: biomassa, gewasopbrengst en eigen waarnemingen van valplekken, gecombineerd kan worden in een strooikaart. De strooikaart kan via een ISObus terminal een strooier aansturen. De techniek werkt. Maar het genereren van strooikaarten vanuit basisinformatie vraagt voor veel situaties nog verdere ontwikkeling. (bijlage 2 – 3.3)

### 3.3.3 Variabel doseren organische mest

Variabel doseren van organische mest is mogelijk als het doseringsmechanisme van de strooier of drijfmest injecteur door een computer (controller) wordt aangestuurd. De hoeveelheid mest die de strooier of drijfmesttank verlaat wordt aangepast aan de rijsnelheid. In die zin zijn moderne verspreiders van organische mest in staat tot variabele afgifte. Koppelen van de controller met een GNSS ontvanger en een afgifte kaart is technisch mogelijk maar wordt met drijfmestverspreiders (injecteurs of zodebemesters) nog niet toegepast.

Het nut van variabel doseren van niet homogene meststoffen is twijfelachtig. Variatie van de gehalten stikstof, fosfaat en kali in drijfmest kan tientallen procenten bedragen zelfs binnen een partij met dezelfde herkomst. Een snelle analyse van nitraat in de mest tijdens het uitbrengen bestaat nog niet. Daardoor is variabel bemesten met drijfmest nog weinig zinvol.

Voor de verspreiding van vaste mest, kalk of schuimaarde kan variabel bemesten wel zinvol zijn. In paragraaf 3.3.3.2 wordt deze toepassing beschreven.

#### 3.3.3.1 Vloeibare organische mest

Verbetering van de benutting van meststoffen uit drijfmest wordt steeds belangrijker. Een nauwkeurige dosering en verdeling is voor een goede benutting belangrijk. Hiervoor wordt de toedieningsapparatuur uitgerust met een doseringssysteem dat op basis van plaats en rijsnelheid van de machine de dosering aanpast. Machines voor emissiearme toediening van vloeibare organische meststoffen hebben een vaste werkbreedte. De werkgangen moeten nauwkeurig op elkaar aansluiten. Apparatuur voor GNSS gestuurde plaats specifieke dosering van vloeibare organische mest wordt nog nauwelijks toegepast. De techniek is wel beschikbaar. De investeringen variëren van € 15.000 tot € 30.000 afhankelijk van de toegepaste bemestingsapparatuur. (bijlage 2 – 3.4)

#### 3.3.3.2 Vaste organische mest

Nauwkeurig doseren en verdelen van vaste organische meststoffen (vaste dierlijke mest, compost, schuimaarde) is belangrijk voor een evenwichtige bodemkwaliteit en optimale benutting van de meststoffen. Een belangrijke voorwaarde is de relatie tussen plaats specifieke perceelssituatie en dosering. Daarvoor moet de variatie van de bodemkwaliteit in kaart zijn gebracht en de relatie met de gewenste hoeveelheid meststof. Voor organische bemesting is de variatie van het organische stofgehalte het belangrijkste criterium. Met een rekenregel kan de variatie van het organische stofgehalte worden vertaald in een dosering van organische mest. De berekende strooikaart wordt met een memorycard in de besturingscomputer van de strooier ingevoerd. Deze computer is verbonden met een GNSS ontvanger zodat de plaats van de strooier op de strooikaart bekend is.

Het systeem varieert de dosering in de lengterichting, de afgifte wordt naast de informatie op de strooikaart ook aangepast op basis van de rijsnelheid. Hiervoor wordt de snelheid van de bodemketting van de strooier gevarieerd.

Voor een goede verdeling is een juiste afstand tussen de rijsporen van belang. Naast het doseringssysteem is hiervoor een stuursysteem nodig. Uitgangspunt daarbij is dat er juiste gegevens beschikbaar zijn over de werkbreedte van de strooier bij een bepaalde meststof. Meststoffen kunnen sterk verschillen, zodat een test van werkbreedte en strooibeeld vereist is om nauwkeurig te kunnen werken. Een beperkt aantal strooiers is met deze techniek uitgerust en er wordt in praktijkprojecten ervaring mee opgedaan. De

techniek van de apparatuur functioneert goed. (bijlage 2 – 3.4)

### 3.3.4 GPS bediening landbouwsputen

Landbouwsputen krijgen een steeds grotere werkbreedte. De spuitbomen zijn verdeeld in secties die onafhankelijk van elkaar, kunnen worden in en uitgeschakeld. Bij geroen doet de chauffeur dit op het zicht. Spuitfabrikanten leveren nu software voor de controllers van de spuitmachine waarmee dit wordt geautomatiseerd met een GNSS plaatsbepaling en informatie over de sectieverdeling van de spuit. Een volgende stap naar precisie bespuiting is het regelen van de dosering tijdens het werk over de hele spuitboom en tenslotte per sectie. Door onderzoek en bedrijfsleven wordt aan de technische ontwikkeling van variabel dosering per sectie gewerkt.

#### 3.3.4.1 GPS gekoppelde sectiecontrole

Sommige spuitfabrikanten hebben GPS gekoppeld aan de computer die de spuitmachine aanstuurt. Hiermee kan overlap van bespuitingen worden beperkt en kunnen delen van een perceel worden overgeslagen bij bespuitingen bijvoorbeeld grenzend aan open water. Een GPS ontvanger op de spuit is verbonden met de spuitcomputer. Deze registreert de reeds gespoten oppervlakte. Als bij een kopakker of geer de spuitboom of een sectie van de spuitboom boven een plek of strook komt, die al is gespoten wordt deze automatisch uitgeschakeld. Hiermee wordt overlap voorkomen. Deze toepassing draait op onder andere TeeJet, Trimble en John Deere spuitcomputers. Bij deze computers is het ook mogelijk kaarten in te voeren waarop plekken binnen een perceel zijn aangegeven die gespoten moeten worden. Bij een demonstratie met de systemen op de precisielandbouw demodag Precies 2007 in Lelystad bleken nog niet alle systemen dit vlekkeloos te kunnen uitvoeren. Bij aanschaf van een nieuwe spuit is het raadzaam er op te letten of het systeem werkt en het bedieningsgemak in de gaten te houden. Een goede sectie controle met GPS bespaart ca 5 % middel en voorkomt gewasschade door overlap. Zowel vanuit milieu oogpunt, veilige toepassing van middelen en gebruiksgemak heeft deze toepassing perspectief, zeker op bedrijven met veel percelen met een onregelmatige vorm waardoor werkgangen geroen. (bijlage 2 – 3.5)

#### 3.3.4.2 Variabel doseren gewasbeschermingsmiddelen en vloeibare meststoffen

In paragraaf 2.1.2 zijn de mogelijkheden van biomassa sensing besproken. Verschillen in biomassa kunnen bij sommige toepassingen direct worden vertaald in een variabele dosering. Voor stikstof bijmestsystemen in granen en aardappel zijn hiervoor rekenregels ontwikkeld door onder andere YARA. Ook het grond en gewas laboratorium Blgg met CropView en Agrifirm met Loris hebben een methodiek om van de sensor beelden een toepassingskaart voor stikstof te maken.

Plant Sciences Group in Wageningen heeft een toepassing van loofdoding in aardappel ontwikkeld om met sensoren die biomassa meten, meteen de dosering bij te sturen. PPO en PRI combineerden in samenwerking met machinefabrikanten technieken om tijdens het rijden doseringen aan te passen. Een spuitkaart kan door moderne landbouwsputen worden gekoppeld aan de positie van de spuit. De spuitcomputer past de druk aan om de afgifte van spuitvloeistof te regelen. Dit heeft grote nadelen. Een lage dosering heeft een lage druk nodig als deze beneden 1,5 bar komt, wordt bij veel spuitdoppen de verdeling van spuitvloeistof slecht. Wordt de druk hoog voor een hoge afgifte dan ontstaat spuitniveau en neemt het risico van drift toe. Bovendien varieert bij het spuiten van een tankmix niet alleen de hoeveelheid actieve stof maar het hele spuitvolume.

Een oplossing leek gevonden te zijn door met schoon water en middelinjectie te werken. Dit bleek echter ook nadelen te hebben. De dosering kan bij een gelijkblijvende afgifte weliswaar perfect worden gevarieerd maar de reactietijd van het systeem bleek traag. Bij de standaard spuitleidingen duurde het ca 20 seconden voordat het middel van het injectie punt bij de laatste spuitdop was aangekomen bij een afgifte van 400 liter per ha. Bij een lagere afgifte duurde het evenredig langer. Bij een werksnelheid van ruim 7 km per uur (2 meter per seconde) is pas na 40 meter de nieuwe dosering ingesteld. Door aanpassingen van de diameter van de spuitleidingen en het naar achterverplaatsten van het injectiepunt werd de afstand tot 10 meter worden teruggebracht bij 400 l per hectare. De GPS ontvanger en de sensor moeten dus 10 meter voor de spuitboom worden geplaatst om het systeem voldoende tijd te geven de dosering aan te passen.

Een ander nadeel van deze oplossing waren de kosten van de installatie. Middelinjectie kost ca € 10.000, per middel. Bovendien kon de dosering alleen over de hele werkbreedte worden gevarieerd. In samenwerking met Homburg machinehandel wordt een spuitsysteem ontwikkeld waarmee per sectie de afgifte kan worden geregeld. Bij dit systeem heeft elke spuitboomsectie een sensor, zijn de spuitdoppen op

pneumatisch aangestuurde meervoudige dophouders geplaatst en regelt een regelunit de afgifte per sectie door per afgifte punt bij dezelfde druk 1 – 4 doppen open te zetten. De eerste testen waren goed en dit SensiSpray systeem wordt in 2008 in de praktijk gedemonstreerd. Dan worden ook de extra kosten van SensiSpray bekend. Een video van het SensiSpray systeem kan worden bekeken op [http://documents.plant.wur.nl/psg/film/sensispray\\_nl.wmv](http://documents.plant.wur.nl/psg/film/sensispray_nl.wmv).

### 3.3.5 Variëren diepte van grondbewerking

Wanneer op een perceel pleksgewijs storende lagen in het bodem profiel voorkomen en ze kunnen in kaart worden gebracht dan kan veel brandstof worden bespaard door alleen op die plekken de grond dieper los te trekken. Ook bij ploegen en het opheffen van een pleksgewijs voorkomende ploegzool kan onnodig diep losmaken worden voorkomen en brandstof worden bespaard. Door stijgende energieprijzen wordt het vastleggen van plekken waar storende lagen voorkomen en het optimaliseren van de bewerkingsdiepte economisch aantrekkelijk. De EM sensor of weerstandsmeting tijdens grondbewerking (paragraaf 3.2.1) kunnen mogelijk een indicatie geven voor storende lagen of ploegzool. Over de bruikbaarheid van deze methoden voor variabele diepteregeling is nog niets bekend. In Duits onderzoek is wel vastgesteld dat door een minder diepe grondbewerking een duidelijke vermindering in brandstofverbruik gerealiseerd kon worden. Dit ging niet ten koste van de kwaliteit van de grondbewerking.

### 3.3.6 Management informatie in het veld

De belangrijkste leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen (BMS) hebben inmiddels een GIS module voor hun programmatuur ontwikkeld. Hiermee kunnen bouwplan en analysegegevens aan perceelslocaties worden gekoppeld. Met een dergelijksysteem verschijnen bedrijfsplattegronden op het scherm. Deze gegevens kunnen op een Pocket PC worden overgezet, zodat deze ook in het veld beschikbaar zijn. Het gaat dan met name om gegevens over bemesting, gewasbescherming, weer e.d. De gebruiker kan daar op locatie in het veld informatie aan toevoegen. Bovendien kunnen met de GIS software op de pocket PC plekken in het veld worden vastgelegd en later weer worden teruggevonden.

De meerprijs van een pakket om geodata op een PDA beschikbaar te maken is ca € 350 en per jaar een onderhoudsabonnement van ca € 100 - € 200.

Deze systemen zijn bij meerdere ondernemers in de praktijk in gebruik en functioneren goed. Verschillende leveranciers hebben wel een verschillende opzet van zoeken en presenteren van data.

#### 3.3.6.1 Percelen opmeten



Informatie over de werkelijke oppervlakte van percelen is nodig voor het bepalen van de opbrengst per hectare, kostenverrekening voor bewerkte oppervlakten, huurprijzen, subsidieregelingen, en zo voort. De oppervlakte moet daarvoor eenvoudig en voldoende betrouwbaar kunnen worden bepaald.

Een goede mogelijkheid hiervoor is gebruik van een PDA met GPS ontvanger en geschikte software. De gebruiker gaat langs de hoekpunten van het veld en legt de coördinaten vast. De software berekent de oppervlakte en maakt een kaartje. Oppervlakte meting met een PDA met GPS ontvanger met Egnos correctie geeft al een redelijke nauwkeurigheid van 3-7%. De prijs van een PDA met GPS ontvanger is loopt uiteen van €500 tot €2000,= vanwege de kwaliteit van de PDA en de GPS ontvanger. De software om de punten in te meten en weer te geven kost ongeveer € 350,=.

werkelijk omvang van een perceel

Afbeelding 3.9 Schermweergave van pocket GEO op een pocket pc met GPS.

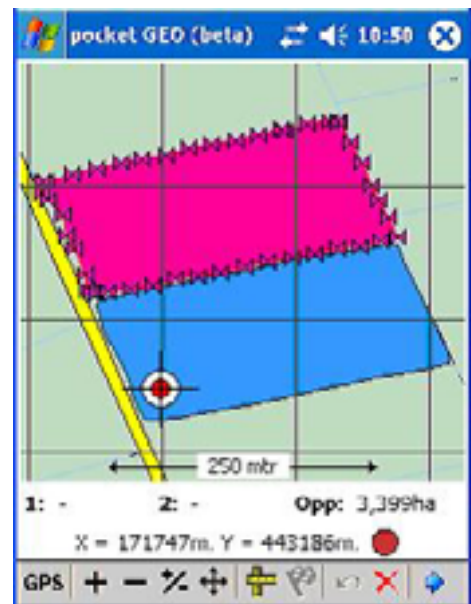
Het is een betaalbare toepassing die bruikbare informatie oplevert. De belangrijkste voordelen zijn: snel goede informatie krijgen over de zodat kostenverrekeningen en opbrengstbepalingen betrouwbaar kunnen worden vastgesteld. Daarnaast kan nauwkeuriger worden gepland en gewerkt bij strooien en spuiten van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Er is al enige praktijkervaring met deze systemen. Er zijn diverse aanbieders en de software verschilt in

gebruiksgemak en nauwkeurigheid. Voor toepassingen op een landbouwbedrijf is het verstandig software te kiezen in combinatie met het bedrijfsmanagementsysteem om data makkelijk te kunnen uitwisselen tussen PDA en BMS. (bijlage 2 – 4.3)

### 3.3.6.2 Aandachtplekken op percelen registreren

Vastleggen van specifieke plaatsen op een perceel is waardevol om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van afwijkende plekken en het nemen van maatregelen op die plekken. Aandachtplekken kunnen zijn: valplekken door aaltjes, aantasting door ziekten of plagen, plekken met wortelonkruiden, plekken waar slemp of verdroging optreedt of waar water blijft staan. Wordt een dergelijke plek in het veld opgemerkt dan wordt hij met de PDA met GPS ontvanger "ingemeten". Thuis kan deze plek in het bedrijfsmanagementsysteem worden opgeslagen en later weer makkelijk worden teruggevonden.

Aandachtsplekken op een perceel kunnen ook vanuit een sensing systeem worden opgespoord. Een satellietbeeld of sensorkaart wordt in het bedrijfsmanagementsysteem opgeslagen en aandachtplekken worden gemarkeerd en naar een PDA met GPS ontvanger overgebracht. In het veld wordt de plek opgezocht. Naast leveranciers van bedrijfsmanagementsystemen ontwikkelen ook de ontwikkelaars van automatische stuursystemen software voor plaatsspecifiek management en data opslag. Deze software is vaak Engels- of Duits-talig en het bedrijfsmanagement pakket is niet gericht op Nederlandse wet en regelgeving. Data-uitwisseling tussen de pakketten uit het buitenland en de Nederlandse pakketten is niet eenvoudig vanwege het hanteren van verschillende standaarden voor data uitwisseling. Nederlandse BMS software ontwikkelaars maken afspraken over de manier waarop data uitgewisseld kunnen worden. Ook hier geldt dat het verstandig is software voor PDA+GPS toepassingen te kiezen die aansluit bij de BMS software.



Afbeelding 3.10 Pocket PC met teeltregistratie in het veld en een scherm met perceel en PDA locatie

## 4 Standaardisatie

Het is van groot belang dat uitwisseling van data tussen dataleveranciers, adviesystemen en bedrijfsmanagementprogramma's en tussen bedrijfsmanagementsystemen en werktuigen probleemloos verloopt. De systemen moeten dezelfde taal spreken om informatie snel en makkelijk uit te wisselen. Afspraken over standaardisatie van deze datastromen vindt plaats in EDI-teelt verband en volgens ISOBUS protocollen.

### 4.1 Bedrijfs Management systemen

Integratie van plaatsbepalingssystemen in de agrarische bedrijfsvoering is niet alleen een kwestie van het plaatsen van een GPS ontvanger op een trekker en recht rijden. De GNSS technologie opent mogelijkheden van het gebruik van gedetailleerde informatie over grond, gewas en regelgeving. Deze geo-informatie is beschikbaar in de vorm van digitale kaarten, sensoropnamen en gegevens die de teler zelf verzamelt, zoals valplekken en plekken waar legering slemp of verdroging optreden, of specifieke onkruiden of ziekten voorkomen. Opbrengstvariatie kan met sensoren op oogstmachines worden vastgesteld en worden gekoppeld aan de coördinaten. De ontwikkeling van sensoren gaat verder zodat ook kwaliteitsparameters in de nabije toekomst tijdens het oogsten kunnen worden gemeten. Ruimtelijke informatie van opbrengst en kwaliteit kan worden gekoppeld aan informatie over omstandigheden. Daardoor kan de teler zien of gewasopbrengst en kwaliteit worden beïnvloed door plaatselijke omstandigheden. Ook is het mogelijk om plaatselijk teeltmaatregelen te nemen en achteraf te evalueren of deze bijdragen aan een betere teeltefficiëntie en een meer homogene gewaskwaliteit.

Het gebruik van geo-informatie voor agrarische productie staat nog in de kinderschoenen. In dit rapport worden bedrijven genoemd die geo-informatie leveren en vertalen naar plaats specifieke bemestingskaarten. Ontwikkelaars van bedrijfsmanagementsystemen integreren GIS functionaliteit in hun product. Marktleiders op dit gebied in Nederland zijn Agrovision/Opticrop en Isagri. Sinds 2004 zet de vereniging EDI-teelt zich in voor harmonisatie van data-uitwisseling in de akkerbouwsector. In protocollen wordt vastgelegd hoe en welke informatie wordt uitgewisseld tussen de verschillende partijen. EDI-teelt werkt met de ISOBUS XML als vertrekpunt. In EDI-teelt zijn belangrijke leveranciers van managementsystemen vertegenwoordigd en ook keten partijen als McCain, Agrifirm en Avebe. EDI-teelt is ook betrokken bij projecten als Geo Logisch waarin onderzoek, bedrijfsleven (Blgg, Kverneland, Agrifirm, Agrovision/Opticrop) en de praktijk nauw samenwerken.

### 4.2 Isobus uitwisseling data met landbouwmachines

De hoeveelheid informatie die boeren gebruiken en nodig hebben neemt snel toe. Tractoren en werktuigen worden steeds ingewikkelder en zijn afhankelijk van een grote datastroom om goed te kunnen werken. Om dit in goede banen te leiden en ervoor te zorgen dat de informatie ook optimaal kan worden gebruikt is de ISO 11783 internationale standaard ontwikkeld om de gegevens uitwisseling tussen tractor, werktuig en boordcomputer te standaardiseren. De ISO 11783 standaard is gezamenlijk ontwikkeld door tractor en werktuigfabrikanten, waaronder Fendt, John Deere, Kverneland en Valtra. Deze fabrikanten hebben ook een specificatie ontwikkeld waarin staat hoe de standaard moet worden toegepast. Deze specificatie staat bekend als ISOBUS.

Moderne werktuigen en tractoren hebben veel functies die automatisch verlopen of elektronisch worden aangestuurd. Er is daarom minstens één boordcomputer nodig voor de bediening. Er worden continue metingen gedaan om te zorgen dat de machine goed blijft werken. Bijvoorbeeld de wielsnelheid en de



Afbeelding 4.1 Isobus stekker

grondsnelheid worden continue gemeten om wielslip automatisch te beperken. Om de ingestelde gift te verspreiden stellen kunstmeststrooiers automatisch de afgifte bij als de grondsnelheid verandert. Het ISOBUS systeem zorgt ervoor dat de Electronische Control Units (ECU) van tractor en werktuig met elkaar communiceren en informatie delen via een CAN bus. Het is dan bijvoorbeeld niet meer nodig dat werksnelheid zowel op de tractor als op het werktuig wordt gemeten. Dankzij Isobus worden tractor en werktuig echt verbonden tot één machine.

Ingewikkelde werktuigen hebben een eigen controlepaneel om het te bedienen. Bij gebruik van verschillende werktuigen leidde dit tot een tractorcabine die vol hing met controle kastjes. Met ISOBUS wordt de rol van de controle kastjes overgenomen door de Virtual Terminal (VT), die elke machine kan aansturen die volgens Isobus werkt. Via deze terminal kunnen zelfs meerder werktuigen tegelijkertijd worden aangestuurd. De aansluiting van een Isobus werktuig is eenvoudig. Er is één stekker voor alle Isobus werktuigen. Als het werktuig wordt ingeplugd, herkent de VT het werktuig automatisch en haalt de bedieningssoftware binnen. De tractor werktuigcombinatie is meteen klaar om aan het werk te gaan. Isobus heeft veel voordelen. Op termijn bespaart het geld doordat er geen controle panelen meer nodig zijn voor elk nieuw werktuig. De VT is eenvoudig te installeren en de bediening is uniform bij elk werktuig. De chauffeur kan zo makkelijker switchen naar ander werktuigen. De VT past automatisch de werktuiginstellingen aan en heeft daarmee de voordelen van een zelfrijdende kunstmeststrooier of spuit.

Een GPS ontvanger kan op de VT worden aangesloten en daarmee kunnen werkuren en bewerkte oppervlakte worden vastgelegd. Deze data kan eenvoudig naar het bedrijfsmanagementsysteem worden overgebracht via een geheugenkaart. Taakkaarten voor kunstmeststrooien of variabel zaaien of poten kunnen via de VT worden uitgevoerd. Eenvoudige data uitwisseling tussen bedrijfsmanagementsysteem en werktuigen is nodig voor de ontwikkeling van precisielandbouw toepassingen.

Nog lang niet alle fabrikanten hebben de ISObus standaard ingevoerd. Veel merken hebben nog eigen aansturingsoftware. Het is mogelijk via deze programma's de werktuigen te bedienen maar dan moeten data op de juiste manier worden ingelezen. Hiervoor is een deskundige begeleiding door de leverancier van het werktuig nodig.

Standaardisatie kent ook nadelen. Nieuwe toepassingen en mogelijkheden hebben nog niet meteen een uitwisseling volgens de ISOBUS standaard. Hierdoor is de standaard een rem op snelle introductie van innovaties. Op de strooikaart wordt het perceel in vierkante blokken (grids) ingedeeld. De Isobus protocollen zorgen ervoor dat de grids op de toepassings kaart altijd noord - zuid of oost - west zijn georiënteerd. Meestal ligt de oriëntatie van de grid daardoor niet in de bewerkingsrichting.

## 5 Rendement uit GPS

### 5.1 Uitgangspunten bij berekening

Voor de integratie van geolandbouw toepassingen moet de ondernemer extra investeren. Uiteraard hebben deze investeringen effect op het saldo. Om het rendement van de investeringen te kunnen beoordelen zijn er een aantal scenario's doorgerekend. De scenario's verschillen op het gebied van investeringsniveau, bedrijfstype gerelateerd aan grondsoort en het bedrijfsareaal. Bij het doorrekenen is rekening gehouden met de trend van de laatste jaren dat de kosten van kunstmest, bestrijdingmiddelen, en brandstof stijgen en hogere prijzen van landbouw producten. De referenties voor de berekeningen zijn ontleend aan de KWIN akkerbouw met de hogere prijzen. Voor elk niveau van introductie van precisielandbouw zijn ook opbrengsteffecten geraamd. Deze zijn afgeleid uit publicaties van en ervaringen in geolandbouwprojecten in Nederland of als deze niet beschikbaar waren uit internationale ervaringen en publicaties.

#### Investeringsniveaus

##### Niveau 1

Om te starten met geolandbouw is een basis investering nodig in GNSS ontvangers op de tractor en pocket PC en GIS software. Dit wordt in deze rapportage niveau 1 genoemd. Onderstaande investeringen, afschrijving en rente zijn hiervoor aangenomen.

Aanschaf GNSS ontvanger en opbouw stuursysteem € 10.000, afschrijving in 5 jaar, 5,5% rente en jaarkosten van €900,= voor een abonnement op een DGPS signaal. Daarnaast wordt geïnvesteerd in een extra GIS functionaliteit van het bedrijfsmanagement systeem en de aanschaf van een handheld GNSS ontvanger op de pocket PC. Hiervan bedragen de jaarkosten €350. De totale extra jaarkosten voor GNSS niveau 1 komen daarmee op €3.850,=.

##### Niveau 2

Bij dit niveau wordt uitgegaan van bedrijfsvoering die gebruik maakt van alle geavanceerde technieken die op dit moment binnen verschillende projecten zijn toegepast en waarvan uit ervaringen of uit literatuur iets bekend is over effecten van maatregelen op input en opbrengst.

De basis van dit niveau is een geavanceerd GNSS systeem met grote precisie (RTK GNSS) op één trekker. Verder wordt er geïnvesteerd in machines om variabel te zaaien /poten/ kunstmeststrooien/spuiten. De investeringen worden in 5 jaar afgeschreven en de berekende rente bedraagt 5,5 %.

Tabel 5.1 Jaarkosten van investeringen in software en

type machines	extra investering	afschrijving	rente	jaarkosten
automatisch sturen met RTK GNSS	€ 25.000	5 jaar		€5.750
zaaien en poten	€ 2000,=	5 jaar	5,5%	€ 475
kunstmeststrooier	€ 0			€ 0
spuitmachine	€ 4000,=	5 jaar	5,5	€ 920,=
software voor toepassingskaarten	€ 2000,=	5 jaar	5,5	€ 475,=
totaal				€ 7.620,=

Daarnaast investeert de ondernemer in extra plaats specifieke bemonstering van zijn percelen, opbrengstbepaling van graan en aardappels. Hij koopt een gewasscan in de vorm van satelliet beelden, luchtfoto's of door een sensor vanaf een tractor en laat jaarlijks van 25% van zijn areaal een bodemscan maken. Hij laat zich adviseren door deskundigen voor de interpretatie van de scanresultaten.

De jaarkosten hiervan bedragen €70,= per ha (opbrengstbepaling € 25,=, extra monsterkosten €25,=, Sensing en advies € 20,= ). De totaal jaarkosten van niveau 2 bedragen € 7.620,= + € 70,= per ha.

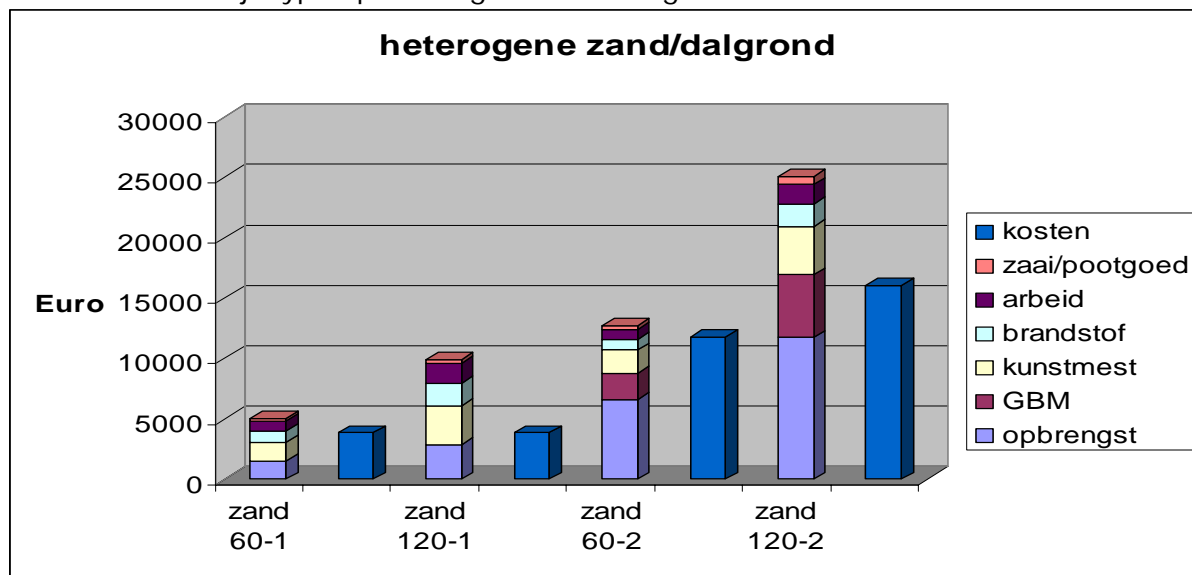
### Bedrijfstype gerelateerd aan grondsoort

Voor de economische studie zijn twee bedrijfstypen gekozen. Bij de keuze is onderscheid gemaakt in grondsoorten met een grote variabiliteit van de grond, veenkoloniale zandgrond en een relatief homogene kleigrond. Bij elke grondsoort hoort een, aan die omstandigheden gerelateerd bouwplan. Dit is voor de bonte veenkoloniale grond een bouwplan van aardappel, graan, aardappel, suikerbiet en voor de homogene kleigrond aardappel, graan, suikerbiet en zaaui. Er is uitgegaan van een bedrijf van 50 ha op de kleigrond en 60 ha op de zandgrond. Om een indruk te krijgen van de invloed van schaal, zijn de scenario's ook doorgerekend voor een bedrijf van 100 ha op klei en 120 ha op zandgrond. Per bedrijfstype is een raming gemaakt van de invloed van geolandbouw op de input aan arbeid, zaaizaad/pootgoed, meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen per gewas en is rekening gehouden met besparing op brandstofgebruik. Ook is een aanname gedaan voor opbrengst verhoging.

## 5.2 Rendement

Deze economische paragraaf heeft tot doel enige trends aan te geven van het rendement van investeringen in geolandbouw. De resultaten die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd kunnen geen algemeen en volledig beeld geven. Het effect op rendement van investeringen in GPS en geolandbouw hangt af van de uitgangssituatie. Homogeniteit van de grond, kavelgrootte bedrijfsomvang en bouwplan zijn van grote invloed. Aspecten als meer werkbare uren en arbeidsverlichting zijn in de rendementsberekeningen niet gekwantificeerd, maar kunnen een belangrijk argument zijn voor de aanschaf van een automatisch stuursysteem.

### 5.2.1 Bedrijfstype op heterogene zand/dalgrond

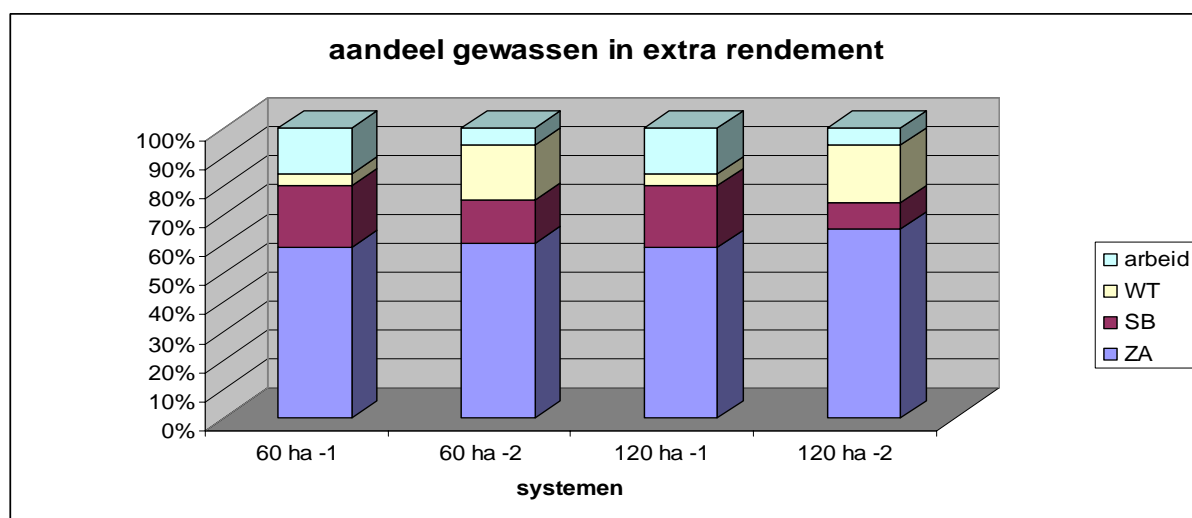


Figuur 5.1 overzicht van kosten en financieel voordeel bij een bedrijfstype op heterogene zand/dalgrond met een bouwplan van 50% zetmeel aardappel, 25% suikerbiet en 25% wintertarwe bij 60 ha en 120 ha.

Uit figuur 5.1 blijkt dat op de bonte zand/dalgrond bij alle doorgerekende scenario's de investeringen worden terugverdiend. Effecten van het gebruik van GPS bij niveau 1 bestaan uit een kleine



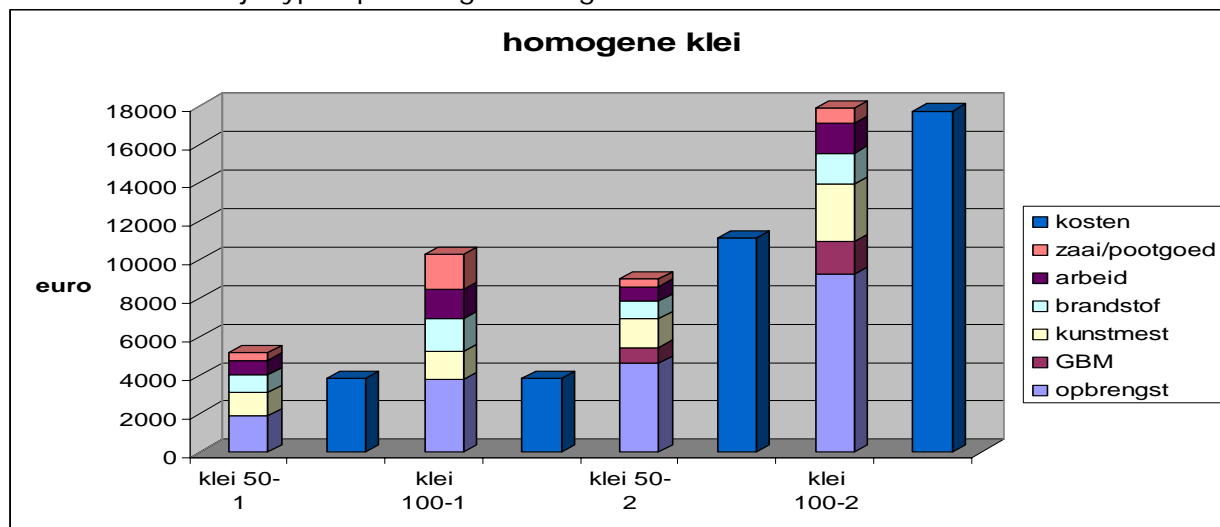
opbrengststijging van 750 kg per ha, doordat poten en rugopbouw beter op elkaar aansluiten en de plaats van de moederknollen optimaal is. Verder is er een lichte besparing bij het gebruik van kunstmest en zaaizaad/ pootgoed doordat werkgangen perfect op elkaar aansluiten en er geen overlap optreedt. Besparingen op brandstof en manuren worden veroorzaakt doordat met GPS op de kopakker minder hoeft te worden gemanoeuvreerd en strooi en spuitbanen niet van te voren hoeven te worden uitgezet. Bij investeringsniveau 2 zijn de investeringen veel groter. Deze worden bij een bedrijfsomvang van 60 hectare nauwelijks terugverdiend. Bij een groter areaal is er een ruime marge tussen de extra financiële voordelen en de investeringen. Opbrengststijging draagt hieraan op de heterogene grond het meeste bij. Daarnaast hebben efficiënter gebruik van meststoffen door precisiebemesting en besparing op arbeid een belangrijk aandeel.



Figuur 5.2 Bijdrage aan het extra rendement (percentage) door investering in GPS en geolandbouw per gewas (ZA = zetmeel aardappel, SU = suikerbiet; WT = wintertarwe) bij 60 hectare en 120 hectare op heterogene zand en dalgrond bij twee niveaus van geolandbouw (- 1 en - 2).

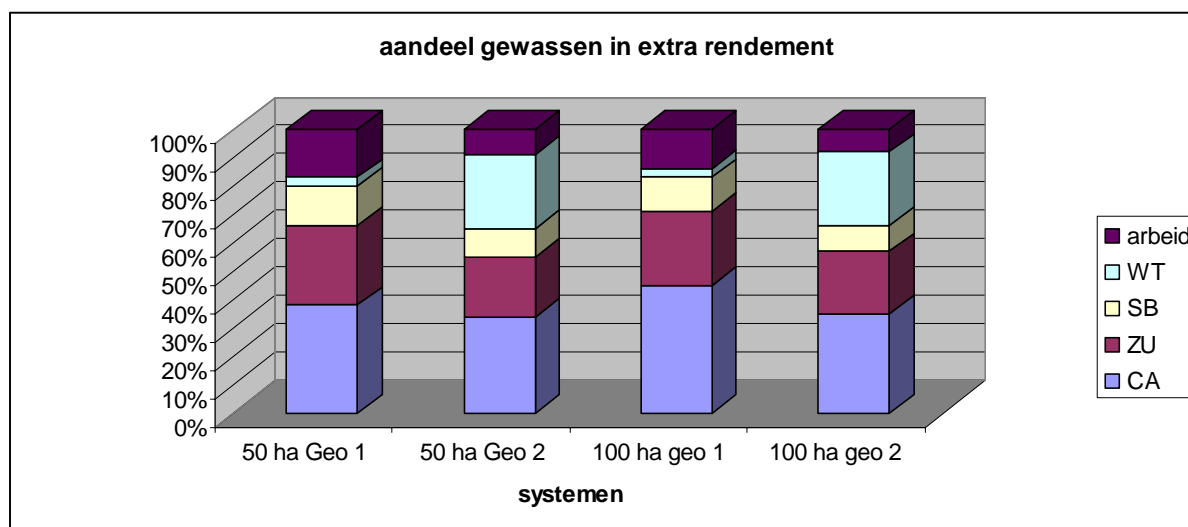
Uit figuur 5.2 blijkt dat fabrieksaardappelen verreweg het meeste bijdragen aan de rendementsstijging. Dit komt door het grote aandeel in het bouwplan en doordat veel kleine besparingen in deze intensieve teelt tot een aanzienlijke besparing op input leiden. Suikerbieten profiteren wel van recht rijden maar in veel mindere mate van andere geotoepassingen. Wintertarwe profiteert nauwelijks van tractorgeleiding, maar meer van maatregelen als precisie bemesting met behulp van sensing.

## 5.2.2 Bedrijfstype op homogene kleigrond



Figuur 5.3 overzicht van kosten en financieel voordeel bij bedrijfstype op homogene klei, met een bouwplan van 25% wintertarwe, 25% consumptie aardappel, 25% suikerbiet en 25% zaaiui.

Figuur 5.3 geeft een minder rooskleurig beeld van mogelijkheden investeringen in precisielandbouw terug te verdienen. Effecten van het gebruik van GNSS bij niveau 1 leveren evenals bij het bedrijfstype op zand/dalgrond al bij 60 ha een positief rendement. De voordelen van nauwkeuriger werken leveren iets hogere opbrengsten maar door de hoge waarde van de gewassen consumptie aardappel en zaaiui gaat het om hogere bedragen dan bij de gewassen op zand/dalgrond. Verder leveren een efficiënter gebruik van kunstmest en besparingen op brandstof en arbeid een belangrijke bijdrage. Bij een grotere bedrijfsomvang vallen besparingen op zaaizaad en pootgoed op. Dit komt door de hoge prijs ervan. Bij investeringen in geolandbouw en variabel bemesten worden de kosten niet makkelijk terugverdiend op homogene percelen. Vanwege de hoge homogene productie in de uitgangssituatie kan weinig productiestijging worden gerealiseerd of winst worden geboekt door efficiëntere input van meststoffen. Bij 100 ha worden de extra kosten net terugverdiend.



Figuur 5.3 Bijdrage aan het extra rendement (percentage) door investering in GNSS en geolandbouw per gewas (Ca = consumptie aardappel, ZU = Zaaiui, SU = suikerbiet; WT = wintertarwe) bij 50 hectare en 100 hectare op homogene klei bij twee niveaus van geolandbouw (geo1 en geo2).

Het aandeel van de verschillende gewassen in het totale extra rendement geeft hetzelfde beeld als bij het

bedrijf op de zand/dalgrond al is het minder afgetekend. Bij de intensieve "dure" gewassen leveren de investeringen meer op dan bij de goedkopere extensieve gewassen. Arbeid besparing levert een relatief kleine bijdrage.

### 5.2.3 Conclusie economische evaluatie

De jaarkosten die gemoeid zijn met een investering in een opbouwstuursysteem worden terugverdiend door kleine verbeteringen in de teelt, die samenhangen met een betere aansluiting van werkgangen., meer werkbare uren omdat ook in het donker kan worden gewerkt en lichte besparing op kunstmest en bestrijdingsmiddel Het zijn allemaal kleine bedragen die er voor zorgen dat de jaarkosten worden terugverdiend. Natuurlijk hangen extra inkomsten door introductie van nieuwe technieken af van de Ausgangssituatie. Iemand die heel precies zijn rijbanen uitzet bij kunstmeststrooien, spuiten, poten en zaaien zal minder voordelen hebben in de vorm van een efficiënter gebruik van kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen, pootgoed en zaaizaad maar juist weer meer tijd besparen. Het aspect van verlichting van het werk is niet meegenomen bij de berekening.

Rendement uit geolandbouw toepassingen, zoals het inzetten van sensoren, plaatsspecifiek bemonsteren, investeringen in werktuigen voor variabele toediening hangen sterk samen met de gewasheterogeniteit van de percelen. De algemene conclusie luidt dan ook dat op bonte percelen en in intensieve dure gewassen de investeringen eerder worden terugverdiend dan op homogene grond en extensieve teelten. Voor graanbedrijven in Europa is berekend dat investering in GNSS besturing van tractoren pas rendabel is bij meer dan 500 ha. Voor de bouwplannen die hier zijn doorgerekend is niveau 1 al rendabel op een bedrijf van 50 ha. Bij het doorrekenen van de scenario's is rekening gehouden met de trend dat de prijzen van de inputproducten stijgen en dat hogere prijzen van gewassen structureel zijn. Investeringen gericht op GNSS gebruik en geolandbouw worden daardoor al winstgevend bij een kleiner areaal en ook bij extensievere teelten.

## 6 Telersadvies

De GNSS-toepassingen bieden op veel bedrijven nieuwe en perspectievolle mogelijkheden om de bedrijfsvoering te verbeteren. Het is zaak voor een ondernemer om deze technieken verantwoord te benutten.

In de beoordeling of een techniek perspectiefvol is voor zijn bedrijf moet een ondernemer een duidelijk beeld hebben van de verbeterpunten in zijn bedrijfssituatie en het aanbod van toepassingen.

Het rendement en de benutting van de voordelen verschillen per bedrijfssituatie. Voor een ondernemer doen zich dan de volgende afwegingen voor:

1. Welke knelpunten ervaar ik, waarvoor een GNSS toepassing een oplossing kan zijn?
2. Welke GNSS toepassing is beschikbaar en kan een oplossing zijn voor het knelpunt?
3. Is deze GNSS toepassing al voldoende praktijkrijp en betrouwbaar?
4. In welke mate en wanneer komt een toepassing beschikbaar en hoe kan ik daar nu al rekening mee houden?
5. Welke investeringen en kosten hangen samen met deze GNSS toepassing?
6. Heb ik voldoende kennis, vaardigheid en motivatie om de toepassing succesvol toe te passen?
7. Is er voldoende ondersteuning van leveranciers of derden om de investering juist te kunnen toepassen?
8. Wanneer is het juiste moment om de investeringen te doen?

### 6.1 Stappenplan voor een potentiële gebruiker

Om een oordeel te kunnen vormen welke toepassingen voor een ondernemer interessant zijn, is het zinvol als ondernemer de volgende stappen te doorlopen.

#### 1. Een globale oriëntatie van mogelijke toepassingen van GPS en geolandbouw: de voordelen, beperkingen, investeringen en kosten.

Kennis van het aanbod aan toepassingen moet leiden tot een gerichte bedrijfsanalyse naar toepassingsmogelijkheden. Hiervoor is het overzicht van toepassingen bij dit rapport een startpunt (bijlage 2).

#### 2. Inventarisatie en analyse van knelpunten of verbeterpunten, waarvoor GNSS en geolandbouw toepassingen een mogelijke oplossing kunnen zijn.

Geolandbouw toepassingen met GNSS zijn zeer uiteenlopend. Van eenvoudige ondersteuning bij het sturen op het veld, tot automatische machinesturing, beoordeling van perceelssituaties, data registratie en variabel doseren.

Een toepassing heeft het meeste perspectief als het aansluit bij de directe ervaring van knelpunten van de ondernemer en daarvoor een oplossing kan bieden. Kijk daarom als ondernemer eens kritisch naar de bedrijfssituatie, bepaal mogelijke knelpunten of verbeterpunten. En beoordeel of een GPS toepassing bijdraagt aan een passende oplossing. In tabel 6.1 worden enkele voorbeelden gegeven van knelpunten en oplossingsrichtingen. Dit kan per gewas en teeltmaatregel worden gepreciseerd.

*Voorbeeld:*

*Knelpunt: Gewas kwaliteit, vrij veel groene aardappelknollen.*

*Oplossing: Ruggen symmetrisch om poters opbouwen zodat poters midden in de rug liggen.*

*GPS toepassing: nauwkeuriger werken, Automatische GPS sturing met cm precisie van pootmachine en ruggenfrees.*

Knelpunt / verbeterpunt	Oplossingsrichting
Arbeid werkdruk en last	arbeidsbesparing en arbeidsverlichting
Meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen: Hoge kosten en/of overschrijding normen waterkwaliteit	efficiëntie verbetering input meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen
Variatie gewasopbrengsten binnen percelen	teeltmaatregelen op maat per plek
Variatie kwaliteit van gewassen	teeltmaatregelen op maat per plek
Bedrijfsmanagement	registratie van teeltmaatregelen en rendement gewaspercelen
brandstof verbruik	Plannen van werkgangen met zo weinig mogelijke wenden

Tabel 6.1 Beknopt overzicht van knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen

Oplossingsrichtingen kunnen worden gekoppeld aan de mogelijkheden van toepassingen. In tabel 6.2 zijn de toepassingen verdeeld in hoofdgroepen met daarachter de bijdrage van de toepassing aan oplossingsrichtingen..

Geolandbouw toepassing	Oplossingsrichting
Stuurhulp	Arbeidsbesparing, gemak, beperkte investering
Automatische sturing trekker	Nauwkeuriger werken, arbeidsverlichting, energiebesparing
Automatische sturing werktuigen	Nauwkeuriger werken, arbeidsverlichting energiebesparing
Registratie perceelsdata bewerkingen Zichtbaar maken variatie binnen percelen, verschillen in bodem, gewasontwikkeling, opbrengst etc	Verbetering bedrijfsmanagement efficiëntie verbetering input meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. verbetering productie op percelen verbetering kwaliteit van het product
Variabel strooien, zaaien, poten en spuiten	efficiëntie verbetering input meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen verbetering productie op percelen verbetering kwaliteit van het product

Tabel 6.2 Geolandbouw toepassingen en bijbehorende belangrijkste doel(en)

Knel- of verbeterpunten die vaak worden gesignaleerd en waarvoor geolandbouw en GNSS toepassingen een oplossing kunnen bieden zijn:

- a. Benodigde tijd en/of arbeidsinspanning om spuitsporen/rijsporen uit te zetten op percelen.
- b. Minimale overlap en minimale onbewerkte grond bij bewerkingen realiseren
- c. Vergroten werkbare uren door doorwerken bij slecht zicht.
- d. Onvoldoende nauwkeurig werken omdat rijsporen niet goed gevolgd worden en onregelmatige aansluiting van werkgangen (aansluitrijen)
- e. Registreren van bewerkte oppervlakte en tijdstip bij bemesten en bespuiten: gebruikte doseringen is omslachtig, kost teveel tijd en is moeilijk terug te vinden. Genoteerde gegevens over gewasbescherming of bemesting zijn er veel en moeten nu handmatig in BMS ingebracht worden om verder mee te werken
- f. Bij oogst signaleren we een grote variatie in opbrengst en kwaliteit van het gewas binnen

een perceel, maar kunnen dit niet herleiden naar oorzaak. Daardoor moeilijk om plan van aanpak te maken

- g. Productie ligt structureel op lager niveau dan van omringde bedrijven met dezelfde productieomstandigheden.

### **3. Beoordeel of een toepassing voldoende betrouwbaar is voor uw situatie.**

Geolandbouw toepassingen zijn meer of minder gevorderd in technische ontwikkeling. Een aantal zijn ver doorontwikkeld, technisch betrouwbaar en vragen nauwelijks specifieke kennis en vaardigheden van de gebruiker. In onderzoek, praktijkprojecten en bij individuele gebruikers zijn in veel gevallen ervaringen bekend. Benut deze en toets deze aan uw eigen bedrijfssituatie.

De mate waarin toepassingen al praktijkrijp zijn en welke aspecten van belang zijn voor een beoordeling voor uw bedrijfssituatie vraagt een gedegen oriëntatie. De belangrijkste aspecten per toepassing staan omschreven in bijlage 2

Geolandbouw toepassingen kunnen stapsgewijs op het bedrijf worden geïntroduceerd. Naarmate er meer kennis en ervaring is opgedaan en de techniek verder wordt ontwikkeld kan de volgende stap worden gezet.

### **4. Investerings, kosten en rendement**

Investerings in GNSS en geolandbouw toepassingen moeten rendement opleveren. Maak daarom een begroting van kosten en mogelijke besparingen of hogere opbrengsten voor uw bedrijfssituatie. De rendementsberekeningen in dit rapport kunnen daarbij een richtlijn zijn.

Naast financieel rendement spelen ook voordelen op arbeidskundig vlak een belangrijke rol. Zet deze ook objectief voor u en uw bedrijfssituatie op een rij.

### **5. Kennis en vaardigheden om geolandbouw en GNSS toepassingen te benutten.**

Eenvoudige toepassingen, zoals stuurhulpsystemen en automatische trekkersturing zijn eenvoudig te benutten. Andere toepassingen vragen meer vaardigheid en kennis van de ondernemer. Weer andere toepassingen zijn enkel hulpmiddel bij verbetering van het bedrijfsmanagement.

Deze kennis en vaardigheden moeten niet worden onderschat. Vaak zijn deze toepassingen alleen goed te benutten met aanvullende scholing. Mede omdat ze sterk geïntegreerd zijn met de reguliere bedrijfsvoering. Ze vragen voldoende basiskennis van bijvoorbeeld bemesting, gewasbescherming en dergelijke en zijn een goed hulpmiddel om de bedrijfsvoering sneller, gemakkelijker of meer accuraat te kunnen uitvoeren.

### **6. Voldoende ondersteuning vanuit leveranciers**

Meerdere toepassingen kunnen alleen goed worden benut bij goed advies, scholing en service door de leveranciers. Realiseer u dat veel toepassingen nog in ontwikkeling zijn en ze doorlopend worden verbeterd. Beoordeel of uw leverancier voldoende kennis van zaken heeft en ook in de toekomst een betrouwbare partner blijft.

Daarnaast is een koppeling van systemen, vooral op gebied van software, een belangrijke eis voor uitbreiding in de toekomst. Leveranciers spelen een belangrijke rol in de ontwikkeling van deze koppelingsmogelijkheden. Maak daarom een plan van toekomstige toepassingen, waarmee een koppeling mogelijk moet zijn en beoordeel in hoeverre een leverancier daaraan kan voldoen.

### **7. Juiste moment van investeren**

Het juiste moment wordt bepaald door de technische betrouwbaarheid van de techniek, de kosten, de directe voordelen en uitbreidingsmogelijkheden.

Veel toepassingen, zoals stuurtechnieken, zijn ver gevorderd, betrouwbaar en snel rendabel te maken. Aandachtspunt daarbij is ook dat de ondernemer op korte termijn leert vertrouwd te raken met deze nieuwe technieken en deze te benutten. In het overzicht van toepassingen (bijlage 2) staat de huidige stand van zaken van ontwikkeling en voordelen van toepassingen aangegeven. De ontwikkeling gaat echter snel. Snel benutten van technieken, maar met duidelijk zicht op de volgende stappen in toepassingen op het bedrijf is daarom voor veel ondernemers interessant.

## 7 Conclusies en aanbevelingen

In de laatste vijf jaar heeft GNSS plaatsbepaling een stevige positie in de landbouw en in het bijzonder in de akkerbouw veroverd. De vraag is niet meer of deze technologie breed zal worden toegepast, maar wanneer de meeste landbouwvoertuigen ermee zijn uitgerust. Ondanks het nog niet altijd vlekkeloos functioneren van GNSS plaatsbepaling, zijn de huidige gebruikers in meerderheid enthousiast over bestaande systemen. De belangrijkste voordelen die worden genoemd zijn: verlichting van het werk, een betere kwaliteit van het werk, arbeidsbesparing en een toename van werkbare tijd.

GPS plaatsbepaling wordt nu nog vooral gebruikt voor tractor- en machine-geleiding. Geolandbouw toepassingen, op basis van variaties van gewas en bodem binnen percelen met daaraan gekoppeld variabel doseren, staan nog in de kinderschoenen.

### *Wensen*

Uit enquêtes onder groepen akkerbouwers en loonwerkers in 2007 kwam naar voren dat 10 % van de ondernemers al GNSS technologie op het bedrijf toepast en ruim 40% aanschaf op korte termijn overweegt. Op de vraag bij welke toepassingen zij nut verwachten voor hun bedrijf antwoordde 50% dit te halen uit geleiding van tractoren en machines en 44% noemde het vastleggen van opbrengst en kwaliteitsvariatie binnen percelen door gewas- en opbrengstkaarten en plaatsspecifieke toepassing van meststoffen, zaaizaad en pootgoed en gewasbeschermingsmiddelen. De verwachtingen van de sector op het gebied van de ontwikkeling van geolandbouw zijn hoog gespannen.

De inventarisatie van GNSS en geolandbouw toepassingen leverde een groot aantal producten op het gebied van geolandbouw (bijlage 2) op. Het bedrijfsleven ontwikkelt producten waarmee de managementcyclus voor geolandbouw kan worden rond gemaakt.

### *Ontwikkeling*

Er zijn sensoren op de markt om variaties binnen percelen in beeld te brengen. Leveranciers van bemestingsadviezen leveren toepassingskaarten voor bemesting door relatief goedkope sensorbeelden met duurdere grond en gewasbemonstering te combineren en met rekenregels adviezen voor variabele bemesting te genereren.

Het is echter onduidelijk of deze nieuwe adviezen beter zijn dan de oude adviezen. De vraag die steeds weer bovenkomt, is welke resultaten plaatsspecifieke adviezen opleveren. Wordt er bespaard op meststoffen? Wordt door variabel doseren een betere opbrengst en kwaliteit bereikt? Aan het analyseren van de effecten van het plaatsspecifiek handelen wordt relatief weinig aandacht besteed. Voor een duurzame ontwikkeling en verbetering van plaatsspecifieke adviesystemen is het nodig de adviesregels en rekenregels onder verschillende omstandigheden te testen en te blijven zoeken naar verbeteringen. Het hoofd productschap akkerbouw heeft opdracht gegeven verschillende methoden om tot een plaatsspecifiek advies te komen te vergelijken.

GNSS maakt het werk makkelijker en heeft de potentie productie van gewassen efficiënter te maken. Landbouwkundige kennis, deskundigheid en ervaring bij adviseurs moeten daarop worden afgestemd.

In praktijkprojecten is de laatste drie jaar ervaring opgedaan. De deelnemersgroepen kunnen de belangrijkste prioriteiten voor verdere ontwikkeling aangeven.

In 2007 en 2008 lopen veel projecten op het gebied van geolandbouw ten einde. Nieuwe projecten zijn in voorbereiding maar de dynamische ontwikkeling van de periode 2005 tot en met 2007 wordt in 2008 sterk afgeremd.

### *Onderzoek*

Betrokken onderzoekers en adviseurs kunnen samen met de deelnemers aan geolandbouwprojecten ervaringen vertalen in onderzoek en ontwikkeltrajecten voor specifieke teelten en adviesproducten. Om deze trajecten te doorlopen is samenwerking nodig binnen de keten. Agrarische ondernemers, hun leveranciers, onderzoekers en adviseurs moeten de gebruikswaarde van geolandbouw methoden evalueren en werken aan verbetering. Hierin moet de sector blijvend investeren. Financiering van geo-innovaties in de

landbouw zal zeker ook door de overheid worden ondersteund. Vanuit verschillende ministeries wordt gewerkt aan een geolandbouw project voor vier jaar. Naar verwachting gaat dit project pas in 2009 van start.

#### *Systeemintegratie*

Voor de integratie van geolandbouw in bedrijfsverband is het gebruik van geo-informatie essentieel. Uitbreiding van bedrijfsmanagement systemen met GIS functies en het uitwisselen van geo-informatie tussen het akkerbouwbedrijf, leveranciers, overheid en adviseurs moet makkelijker worden. GIS ontwikkelt zich van specialistenwerk naar consumenten gereedschap door internet toepassingen als Google earth en Virtual earth. Koppelingen tussen bedrijfsmanagement software en GIS platforms kunnen het werken met geo-informatie makkelijker maken. Het is aan de sector en productieketens bereidheid te tonen hierin te investeren.

#### *Rendabiliteit*

Uit de scenario's die in hoofdstuk 6 economisch zijn doorgerekend blijkt dat, voor bedrijven vanaf ongeveer 50 ha, een investering in GPS aansturing van een tractor en een bedrijfsmanagementprogramma met GIS functies, wordt terugverdiend. Verdergaande geolandbouw toepassingen met sensing en plaatsspecifiek management worden vooral terugverdiend op bonte percelen in intensieve teelten van gewassen met een relatief hoge financiële opbrengst.

Als de trend van stijgende prijzen van akkerbouwproducten en dalende prijzen van geolandbouw producten zich voortzet, wordt het break-even punt al bij een kleiner areaal bereikt en ook bij extensievere gewassen. Voor graanbedrijven in Duitsland wordt investering in GPS besturing pas rendabel vanaf 500 ha. GPS besturing op zaai- en rooimachines waardoor rooibeschatiging bij peen, krotten etc., sterk wordt beperkt, kan al bij een areaal van enkele tientallen hectaren, worden terugverdiend. De ondernemer zal de effecten van de investering op de eigen bedrijfssituatie moeten inschatten om op basis daarvan de rendabiliteit van de investering te berekenen.

#### *Telersadvies*

Het rendement van een investering hangt af van de mate waarin knelpunten in een bedrijfsproces worden opgelost. Een investering in GNSS of geolandbouw is geen Haarlemmerolie voor alle problemen. Bovendien vereist het nieuwe kennis en vaardigheden. De bedrijfssituatie en de motivatie voor een investering in geolandbouw moeten duidelijk zijn. Een stapsgewijze introductie van GPS en geo-technieken op het bedrijf is goed mogelijk. Een eenvoudig systeem voor machine en trekker geleiding vraagt een relatief kleine investering. Vakkundige begeleiding door de leverancier is belangrijk voor het succes.

#### *Prioriteiten:*

GNSS plaatsbepaling opent nieuwe wegen in het plantaardig productie proces. Nieuwe producten worden ontwikkeld en stap voor stap zal dit leiden tot een meer efficiënte productie. Het is wel zaak nieuwe ontwikkelingen kritisch te volgen.

Daarvoor is nodig:

- Evalueren en valideren van producten en diensten op het gebied van geolandbouw,
- Ontwikkelen van adviesregels per gewasgroep voor plaatsspecifiek bemesten en bestrijden.
- Vereenvoudigen geo-informatie uitwisseling tussen leveranciers, bedrijven en adviseurs (via internet, databases)
- Werken aan gebruiksvriendelijkheid van de toepassingen



## Bijlage 1 Verklaring van termen en afkortingen

### Begrippenlijst.

Biomassa	(in deze context) Drooggewicht van bovengrondse delen van (gewas)planten
BMS	bedrijfsmanagementsysteem een geautomatiseerd systeem waarin bedrijfsgegevens- en teeltmaatregelen worden geregistreerd om overzichten van de bedrijfsexploitatie en resultaten te kunnen maken.
CAN-bus	Netwerk in de motorvoertuigen inclusief tractoren dat zorgt voor snelle en efficiënte uitwisselen van informatie. In plaats van voor ieder stukje informatie een eigen draad te trekken, heeft men de ontwikkeling gezocht in netwerken. Netwerken zorgen ervoor dat je via één verbinding verschillende informatie kunt transporteren.
Compac flashkaart	Digitale geheugenkaart om data op te slaan. Wordt nog veel gebruikt om data over te brengen van bureau- PC naar werktuigcomputer en omgekeerd. Bijvoorbeeld bemestingskaarten naar kunstmeststrooier en opbrengstkaarten van maaidorser naar PC met bedrijfsmanagementsysteem
DGPS	(wikipedia) aan GPS verwant plaatsbepalingsysteem, Het maakt gebruik van een referentieontvanger waarvan de positie bekend is. Bij de referentieontvanger worden de verschillen tussen de bekende positie en de met GPS berekende positie vastgesteld, waarna de correctie naar de ontvanger verzonden worden. De berekende posities van de ontvanger wordt vervolgens gecorrigeerd. Met de correctie verbetert de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling sterk. De nabijheid en dichtheid van het netwerk van referentiepunten bepalen de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling.
Egnos	een satelliet ondersteunt DGPS systeem voor een zeer groot bereik. Dat betekent dat er geen dicht netwerk van zendstations nodig is en dat men geen lange golf ontvanger nodig heeft om het signaal te ontvangen. Het Egnos signaal wordt wel uitgezonden maar is officieel nog niet vrijgegeven. Dit betekent dat de betrouwbaarheid en kwaliteit van de correctie kunnen variëren.
Galileo	Toekomstig Europees satellietnavigatie systeem. De Europese civiele tegenhanger van het Amerikaanse militaire GPS systeem. Het Galileo systeem biedt naast de plaatsbepaling die we al van GPS kennen, correcties en integriteitinformatie. Door gebruik van meerdere frequenties en van anders gemoduleerde signalen wordt een betere nauwkeurigheid gehaald. Planning is dat het systeem in 2013 operationeel is.
Geheugenkaart	Een geheugenkaart is een klein stukje hardware, in de vorm van een dun plaatje waarop digitale gegevens kunnen worden opgeslagen. Hierin zit vrijwel altijd een flashgeheugen, maar soms een kleine harde schijf. De SD kaart en Compac flashkaart zijn veel gebruikte geheugenkaarten bij geotoepassingen.
Geolandbouw	Landbouw waarbij gebruik wordt gemaakt van geo-informatie technologie. Op basis van beschikbare geo-informatie worden teeltmaatregelen geoptimaliseerd. Dit wordt gedaan op kleinere geografische eenheden dan het perceel waarop één gewas staat.
Gewasreflectiemeting	weerkaatsing van elektromagnetische straling (licht) door onder andere het bladerdek van gewassen. Met sensoren kan onderscheid worden gemaakt in frequenties. Uit de intensiteit van Infrarood en Nabij infrarode frequentie wordt vaak een loofmasa index berekend. Van gewasreflectiemetingen worden biomassa kaarten gemaakt.
GIS	Geografisch informatie systeem hiermee worden (ruimtelijke) gegevens/informatie over geografische objecten, zogeheten geo-informatie opgeslagen, beheerd, bewerkt, geanalyseerd en/of gepresenteerd.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Algemene benaming van satelliet navigatie. GPS

GPS	het Amerikaanse defensie systeem wordt vaak als synoniem gebruikt.
IR infrarood	Global Positioning System het Amerikaanse defensie systeem voor navigatie (wikipedia)voor het oog niet waarneembare elektromagnetische straling met golflengten tussen circa 780 nanometer en 1 mm ( $10^6$ nm), dus tussen het (zichtbare) rode licht en de microgolven.
Isobus	De standaard voor uitwisseling van informatie tussen en naar werktuigen ISO 11783
memory stick	geheugenkaart die via USB poort op een PC kan worden aangesloten.
NIR	Nabij Infra Rood (near infra red) deel van de Infra rode elektromagnetische straling. Het golflengtegebied van 780 nm tot 10 micrometer
Pocket-PC	Ook wel PDA of palmtop computer genoemd. Pocket PC's kunnen op veel manieren worden gebruikt: data verwerking (berekeningen maken), gebruik als agenda, adreslijst en klok, toegang tot internet, E-mailverkeer, telefoon en GPS ontvanger. Veel Pocket PC's hebben toegang tot internet via Wi-Fi of WWAN's. Op de pocket PC kan informatie uit bijvoorbeeld het BMS van de bureau PC naar het veld worden meegenomen en weer terug. De informatie van Pocket PC en bureau PC moet wel steeds worden gesynchroniseerd. Door de twee PC's met elkaar te verbinden.
RTK GPS	Real-Time Kinematic is een DGPS systeem waarbij gebruik wordt gemaakt van een eigen basisstation, op een maximale afstand van 10 km. RTK-GPS geeft de meest nauwkeurige plaatsbepaling, waarbij de positie een fout heeft van maximaal; +/- 1 à 2 cm. Deze nauwkeurigheid geldt over langere periode, waardoor ieder jaar opnieuw dezelfde posities kunnen worden teruggevonden. Het basisstation zendt via een FM-radioverbinding correcties door naar de mobiele RTK-GPS ontvangers.
SD CARD	zie geheugenkaart
Sensor	een apparaat dat objecten, situaties of (elektromagnetische, radio actieve) straling kan detecteren en aanwijzingen kan geven over de eigenschappen er van.
Touchscreen	Schermen die plaats van aanraking lokaliseren. Hierdoor kan het scherm als input medium worden gebruikt en zijn toetsenbord of muis overbodig Touchscreens worden gebruikt in pocket -en tablet PC's, mobiele telefoons en bij satelliet navigatie. Hierdoor worden deze apparaten beter bruikbaar.
Toepassingskaart	Digitale kaart waarmee de afgifte van een werktuig (strooier, poot- zaai machine of spuit) kan worden gestuurd
Taakkaart	zie toepassingskaart
Virtual terminal	Bedieningspaneel voor computer combinatie van beeld scherm en toetsenbord of touchscreen

## Bijlage 2 Toepassingen geolandbouw

## Bijlage 3a Uitgangspunten saldovergelijking zand



## Bijlage 3b Uitgangspunten saldovergelijking klei