

Sensorgerichte bespuitingen van de hoofdscheut van vruchtbomen in de opkweek

Haalbaarheidsstudie, sensor- en spuitkeuze

M. Wenneker, A. T. Nieuwenhuizen, T. Groot & M.B.M. Ravesloot

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit, Rapportnr.
onderdeel van Wageningen UR 2013-10
Augustus 2013

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapportnummer 2013-10; € 15,-

Projectnummer intern: 3235005600

Projectnummer PT: 14274



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Lingewal 1, 6668 LA Randwijk
Postbus 200, 6670 AE Zetten
Tel. : +31 (0)488 473702
Fax : +31 (0)488 473717
E-mail : infofruit.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
1.1	Probleemstelling en doelstelling	5
1.2	Plan van aanpak.....	6
1.2.1	Programma van eisen	6
1.2.2	Haalbaarheidsstudie detectie hoofdscheuten vruchtbomen.....	6
1.2.3	Spuittechniek voor bespuiten (oksels van) hoofdscheut.....	6
2	RESULTATEN	7
2.1	Programma van eisen	7
2.1.1	Vaste eisen	7
2.1.2	Variabele eisen	7
2.1.3	Funcities die het systeem moet vervullen.....	7
2.2	Haalbaarheidsstudie detectie hoofdscheuten vruchtbomen.....	8
2.2.1	Proefopzet	8
2.2.2	Data verwerking.....	11
2.2.3	Resultaten	11
2.2.4	Conclusies	17
2.3	Spuittechniek voor bespuiten (oksels van) hoofdscheut.....	18
3	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	23
	BIJLAGE 1	25
	Metingen verticaal	25
	Metingen zijwaarts	29

1 Inleiding

In de Nederlandse vruchtboomkwekerij worden jaarlijks grote aantallen vruchtbomen geproduceerd die als uitgangsmateriaal dienen voor de professionele fruitteelt. Ongeveer 60-70 % hiervan wordt geëxporteerd naar het buitenland. De kwaliteit van de in Nederland geproduceerde bomen is hoog. Die kwaliteit kan worden geleverd door het Nederlandse certificeringssysteem (NAKT plombering) en de intensieve gewasverzorging en een groot aantal kwaliteitsbepalende teelthandelingen gedurende de opkweek van de bomen. Voor het remmen van de bloemknopontwikkeling dienen tijdig en precies bespuitingen van de scheuttop uitgevoerd te worden. Dit is in de huidige situatie zeer arbeidsintensief. Regelmatige handmatige bespuitingen van vruchtboom scheuttoppen vragen veel arbeid in een periode van mei tot en met juli en zijn zodoende kostenintensief zie Figuur 1. Ook is het specialistisch handwerk dat accuratesse vraagt en voor medewerkers eentonig kort-cyclisch werk vormt. Elke scheuttop moet handmatig individueel bespoten worden om een goede effectiviteit te realiseren.



Figuur 1. Handmatige bespuitingen van vruchtbomen scheuttoppen.

Huidige sensoren bieden na implementatie in de vruchtboomkwekerij de mogelijkheid de bespuitingen gericht en precies gedoseerd en vergaand gemechaniseerd uit te voeren. Daarmee wordt flink bespaard op arbeid en wordt de snelheid van werkgangen vergroot. Sensorgestuurde automatische bespuitingen zorgen ervoor dat 1 arbeidskracht meerdere rijen van vruchtbomen tegelijk kan behandelen. Tevens zorgen de sensoren met geautomatiseerde toedieningsdoppen ervoor dat de effectiviteit over het gehele perceel uniform is. In een geautomatiseerde toepassing kan tijdig toegediend worden doordat de capaciteit van de machine afgestemd is op de beschikbare arbeidskrachten en aantallen bomen die behandeld moeten worden.

1.1 Probleemstelling en doelstelling

De probleemstelling is:

De huidige situatie is als volgt omschreven. De arbeidsbehoefte van vruchtboom scheuttoppen spuiten is te hoog omdat iedere scheuttop individueel handmatig bespoten moet worden. De oorzaak hiervan ligt in de tijdigheid van de bespuitingen, en in de benodigde accuratesse. Door de tijdigheid en de accuratesse is de benodigde effectiviteit van de bespuitingen in gevaar. In de gewenste situatie worden alle vruchtbomen accuraat en op tijd bespoten.

De doelstelling is:

Ontwerpen van een geautomatiseerde sensorgerichte spuitunit voor de productie van vruchtbomen.

1.2 Plan van aanpak

Het onderzoek is volgens een drie stappenplan uitgevoerd zoals hieronder uitgewerkt.

1.2.1 Programma van eisen

Het vaststellen van het programma van eisen voor geautomatiseerde bespuiting van hoofdscheuten van vruchtbomen is nodig om het verder project richting te kunnen geven. In het programma van eisen komen vaste eisen en variabele eisen te staan. Vaste eisen zijn eisen zoals “geen schade aanrichten aan de stam”. Variabele eisen zijn eisen zoals “gewenste rijsnelheid 5 km/uur”. Eisen rondom nauwkeurigheid en afgifte dienen te worden vastgelegd om verdere keuzes te kunnen rechtvaardigen. Communiceren met verschillende eindgebruikers over programma van eisen en randvoorwaarden afbakenen.

1.2.2 Haalbaarheidsstudie detectie hoofdscheuten vruchtbomen

Op basis van het programma van eisen en de gewenste situatie zijn een aantal types sensoren getest. Denk hierbij bijvoorbeeld aan camera, reflectie, mechanisch, ultrasoon, laserscanner, nog nader te kiezen aan de hand van hun geschiktheid.

- Stap 1 is een test met containerbomen in het lab
- Stap 2 is een test met verschillende rassen bomen in het veld

Aspecten welke in Stap 1 en Stap 2 gevarieerd worden zijn: Afscherming omgevingslicht ja/nee, rijsnelheid hoog/laag, detectie van bovenkant/zijkant

1.2.3 Spuittechniek voor bespuiten (oksels van) hoofdscheut

Op basis van het programma van eisen en de gewenste situatie kunnen een aantal manieren van bespuiten van de hoofdscheut getest en beoordeeld worden. De studie naar detectietechniek wordt hierin meegenomen. Denk hierbij aan zijwaarts 1-zijdig, zijwaarts 2-zijdig, spuiten bovenaf, grove of fijne nevel. Ook aspecten als de mogelijkheid tot online wijzigen van de dosering per hoofdscheut moet hierbij meegenomen worden. Aspecten die gevarieerd worden zijn: Dosering, aantal doppen, afgifte, rijsnelheid, zijwaarts, bovenkant. Reactietijd van het systeem is een aandachtspunt i.v.m. aan/uitschakelen van het systeem.

2 Resultaten

2.1 Programma van eisen

De volgende aandachtspunten en uitgangspunten zijn aangehouden bij het opstellen van het programma van eisen:

- Bomen van een bepaalde hoogte/lengte worden bespoten (15-20 cm scheutlengte). Kleinere bomen worden overgeslagen, en bij een volgende spuitronde meegenomen.
- De ondersteuningsstokken zijn niet recht achter elkaar. Er staan 3 bomen op een meter.
- Als de bomen niet zijn aangebonden dan staan de toppen 'schots en scheef' ten opzichte van elkaar in een lijn. Vastzetten voordat gespoten kan worden is wellicht een vereiste.
- Plantsysteem kan dusdanig zijn dat er 4-6 rijen per ras geplant worden. De spuitmachine moet dan plantmachine volgend kunnen zijn, en/of onderscheid tussen rassen kunnen maken.

2.1.1 Vaste eisen

- Volledig vervangen van handmatige bespuitingen.
- Arbeidsbehoefte reduceren.
- Alleen de scheuttop bespuiten (7-8 bladeren).
- Nauwkeurige dosering per scheuttop, hoeveelheid en concentratie.
- Selectief spuiten – bomen van de juiste hoogte/lengte.
- Geen schade aanrichten aan de stam.
- Bedekking met middel vergelijkbaar of beter met gangbaar.
- Tuinbouwkundig resultaat vergelijkbaar of beter dan huidige situatie.
- Kwalitatief dezelfde bomen opleveren als bij handmatige bespuiting.

2.1.2 Variabele eisen

- Passend binnen het huidige teeltsysteem met Tonkinstokken (140 cm).
- Werken / capaciteit passend bij korte periode van bespuiten.
- Bepaald aantal planten per minuut behandelen per sensor spuit combinatie.
- Rijsnelheid tot 5 km/uur mogelijk; maar ook lagere rijsnelheid moet tot de mogelijkheden behoren.
- Gebruiksvriendelijk.
- Uit te breiden naar bespuiting hoofdstam in eerste jaar.
- Uit te breiden naar onkruidbespuiting.
- Uit te breiden voor automatisch inknippen van de bomen.

2.1.3 Functies die het systeem moet vervullen

- Vruchtboom detecteren.
- Hoofdscheut detecteren.
- Vruchtboomtop detecteren.
- Te bespuiten plaats vaststellen.
- Spuitdop positioneren / vruchtboomscheut positioneren.
- Spuitdop openen.
- Spuitdop sluiten.
- Rijsnelheid meten.
- Dosering vaststellen.
- Aantal bespuitingen tellen.
- Okselknop nat ja/nee vaststellen i.v.m. kwaliteit bespuiting.

2.2 Haalbaarheidsstudie detectie hoofdscheuten vruchtbomen

Op basis van het programma van eisen en de gewenste situatie kunnen een aantal types sensoren getest worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan camera, reflectie, mechanisch, ultrasoon, laserscanner, nog nader te kiezen aan de hand van hun geschiktheid.

- Stap 1 is een test met containerbomen in het lab
- Stap 2 is een test met verschillende rassen bomen in het veld

Aspecten welke in Stap 1 en Stap 2 gevarieerd worden zijn: Afscherming omgevingslicht ja/nee, rijnsnelheid hoog/laag, detectie van bovenkant/zijkant

2.2.1 Proefopzet

Op 7 september 2011 zijn experimenten gedaan om boomtoppen (Gala appels) met een Weedit en Greenseeker te detecteren. Er zijn 9 metingen gedaan waarbij de kijkrichting van de sensormast naar beneden was gericht (meting 1 t/m 9, Tabel 1 en Figuur 2) en 8 metingen waarbij de kijkrichting in zijwaartse richting was (meting 10 t/m 17, Tabel 1 en Figuur 3).

Tabel 1: Gegevens bij de metingen. Map geeft de datum en tijd weer van de meting. Nameout is de naamgeving zoals die in de opmerking van de meting is gegeven en ook in dit verslag gebruikt. De rijrichting is de richting waarin de trekker reed, headerextra is aantal extra kolommen nodig voor het goed uitlezen van de data-file en track is het nummer van het experiment tijdens de metingen.

nummer	map	nameout	rijrichting	headerextra	track	opmerking
1	2011-09-07-15-22-23-WGLC	track1voor	vooruit	2	1	
2	2011-09-07-15-22-23-WGLC	track2achter	achteruit	2	2	
3	2011-09-07-15-26-14-WGLC	track3voor	vooruit	2	3	
4	2011-09-07-15-31-35-WGLC	track3achter	achteruit	2	3	
5	2011-09-07-15-32-53-WGLC	track4voor	vooruit	2	4	
6	2011-09-07-15-37-03-WGLC	track4achter	achteruit	3	4	
7	2011-09-07-15-39-04-WGLC	track5voor	vooruit	3	5	bomen dicht op elkaar
8	2011-09-07-15-43-09-WGLC	track5achter	achteruit	3	5	bomen dicht op elkaar
9	2011-09-07-15-46-02-WGLC	track6voor	vooruit	3	6	bomen dicht op elkaar
10	2011-09-07-16-28-41-WGLC	zijwaards1voor	vooruit	3	1	
11	2011-09-07-16-39-46-WGLC	zijwaards2voor	vooruit	3	2	bomen op kist
12	2011-09-07-16-41-21-WGLC	zijwaards2achter	achteruit	3	2	bomen op kist
13	2011-09-07-16-42-36-WGLC	zijwaards3voor	vooruit	3	3	bomen op kist
14	2011-09-07-16-43-57-WGLC	zijwaards3achter	achteruit	3	3	bomen op kist
15	2011-09-07-16-46-00-WGLC	zijwaards4voor	vooruit	3	4	op kist+ 50cm tussen
16	2011-09-07-16-47-52-WGLC	zijwaards5achter	achteruit	3	5	op kist+ 50cm tussen
17	2011-09-07-16-48-51-WGLC	zijwaards6voor	vooruit	3	6	op kist+ 50cm tussen

De trekker blijkt te zijn gedraaid voordat de metingen met een zijwaartse kijkrichting zijn gestart. In de uitwerking is een absolute positie van de bomen gebruikt. In de resultaten is voor deze metingen de rijrichting "vooruit" niet van links naar rechts maar van rechts naar links.



Figuur 2. Sensormast naar beneden gericht.

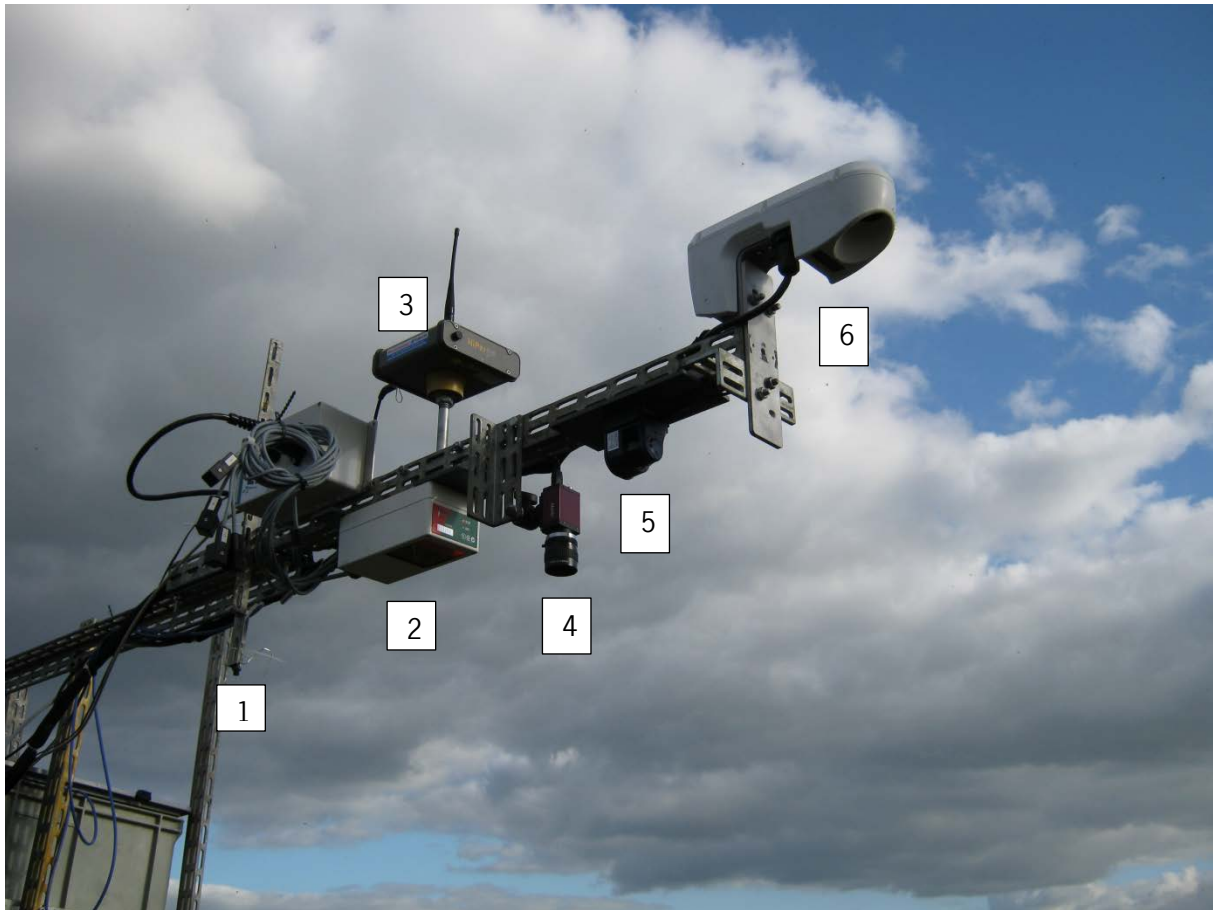


Figuur 3. Sensormast in zijwaartse richting.

Op de sensormast waren een GPS, een camera, een laserscanner, een WeedIt (Rometron Agricultural B.V.), twee spectrometers (Qwave, rgb lasersystems) en een GreenSeeker (NTech Industries inc.) bevestigd. Met deze mast is langs de fruitbomen gereden waarbij de GPS de plaats, snelheid en tijd bepaalde, de camera opnamen van de bomen maakte, de laserscanner de afstand van de sensor tot de bomen bepaalde met een kijkhoek tussen 0 en 180 graden en met een hoekresolutie van 0.35 graden. De WeedIt bepaalde de chlorofyl fluorescentie, de Greenseeker de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) en de spectrometers de reflectie van het zonlicht met 0.5 nm spectrale resolutie. Dit signaal is ook in een NDVI omgerekend. De mast is weergegeven in Figuur 4. De sensormast met generator was opgehangen in de hefinrichting van een trekker. Een meting bestond uit het langs een rij bomen rijden met de sensormast.

De trekker reed om beurten vooruit en achteruit. De rij bomen bestond uit 9 tot 10 bomen, in de laatste vier metingen met de kijkrichting zijwaarts zijn 5 bomen gebruikt.

Het doel van dit experiment is te bepalen of de boomtoppen herkenbaar zijn in het signaal van de Greenseeker of de Weedlt.



Figuur 4. De sensormast met sensoren: 1) spectrometer, 2) Weedlt, 3) GPS, 4) camera, 5) laserscanner en 6) GreenSeeker.

Alle sensoren loggen de gemeten signalen in de zelfde file met een logfrequentie van 10 Hz. De camera schrijft zijn foto's weg naar de harde schijf in jpeg-files met een frequentie van 2 Hz. De meetfrequentie van de Weedlt is 10 Hz, de spectrometer is 0.5 Hz en de GreenSeeker is 50 Hz (dit wordt gemiddeld tot 10 Hz). De laserscanner heeft een verversingssnelheid van 10 Hz, de gemeten afstanden zijn in millimeters. Op de plaatsen in de meetfile waar een sensor nog geen nieuwe meting heeft gedaan is de vorige meting gekopieerd.

Het zichtveld van de Weedlt is opgedeeld in 5 sectoren. Voor iedere sector wordt een eigen fluorescentie signaal bepaald. De sensoren worden aangeduid met Weedlt1 tot/met Weedlt5.

Met een offset op de x-as ter grootte van de onderlinge afstand op de sensormast zijn de signalen van de Weedlt, laserscanner, spectrometer en de GreenSeeker ten opzichte van elkaar verschoven in de grafieken.

2.2.2 Data verwerking

Laserscanner

- Range van hoeken laserscanner is van 0 tot 180 naar -90 tot 90 graden gebracht (0 is recht vooruit).
- Afstanden zijn gefilterd op <10 cm, dit zijn reflecties aan de behuizing van de laserscanner.
- De metingen zijn van poolcoördinaten naar cartesisch assenstelsel omgezet.
- Hoogten berekend uit minder dan 10 waarnemingen zijn verwijderd.
- De afstanden zijn van millimeter naar meter omgezet.
- Offset x-as=-0.4 m.

GPS

- Alle GPS coördinaten zijn omgerekend naar een positie t.o.v. het punt x= -5600 y=2888.5 (oorsprong is de extra mast in Wageningen).

GreenSeeker

- Het signaal van de GreenSeeker is aangeduid met ndviGS
- Kijk hoek -30 tot 30 graden
- Offset x-as=-0.67 m.

Spectrometer

- Er zijn twee spectrometers in de experimenten gebruikt. Eén spectrometer was naar boven gericht om het spectrum van de zon te meten, de andere spectrometer nam het reflectiespectrum van de bomen op.
- Golflengtebereik is teruggebracht naar 383 tot 949 nm.
- Kijkhoek -30 tot 30 graden, gelijk gesteld aan de kijk hoek van de GreenSeeker.
- NDVI (aangeduid met ndvispec) is berekend met $(R_{nir} - R_{vis}) / (R_{nir} + R_{vis})$ met R_{nir} de gemiddelde intensiteit van 745 tot 795 nm en R_{vis} de gemiddelde intensiteit van 635 tot 685 nm (analoog aan de NDVI van de GreenSeeker). Er zit een grote dip in het spectrum van zonlicht bij 760 nm (afkomstig van waterdamp in de atmosfeer) maar het weglaten of meenemen van dit deel van het spectrum maakte geen verschil in de berekende NDVI.
- In de resultaten is geen correctie toegepast met spectrum gemeten direct van de zon (spectrometerUp).
- Offset x-as = 0.41 m.

Weedlt sensoren 1 t/m 5

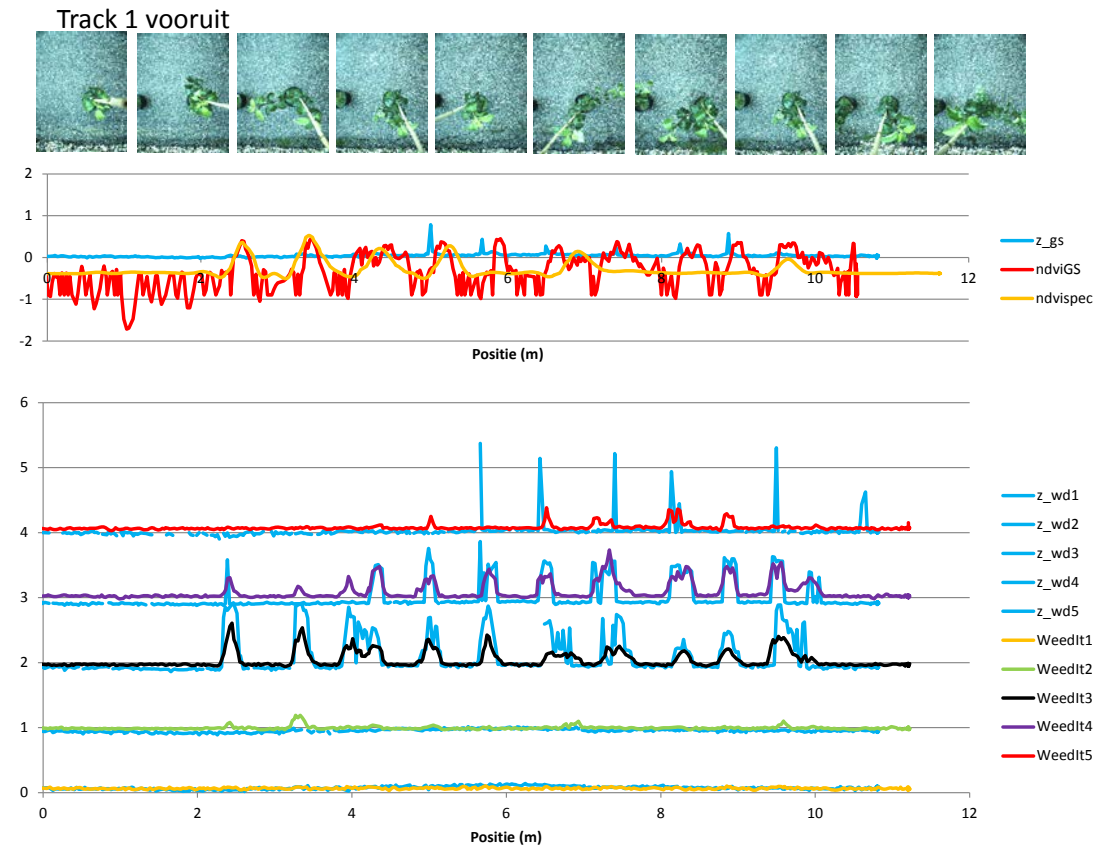
- De sensoren zijn Weedlt 1 t/m Weedlt 5 genoemd.
- De kijk-hoeksector van sensor 1 is van -30 tot -18 graden, sensor 2 van -18 tot -6 graden, sensor 3 van -6 tot 6 graden, sensor 4 van 6 tot 18 graden en sensor 5 van 18 tot 30 graden.
- In de resultaten bleek Weedlt 1 het best bij de laserscansector van Weedlt 5 te passen en Weedlt 2 bij die van Weedlt 1 etc. In de resultaten is de naam van de Weedlt sensoren hiervoor aangepast.
- offset x-as = 0 m.
- Opmerking: de offset voor de x-as van de zijwaartse metingen is maal -1 omdat toen de trekker gedraaid was.

2.2.3 Resultaten

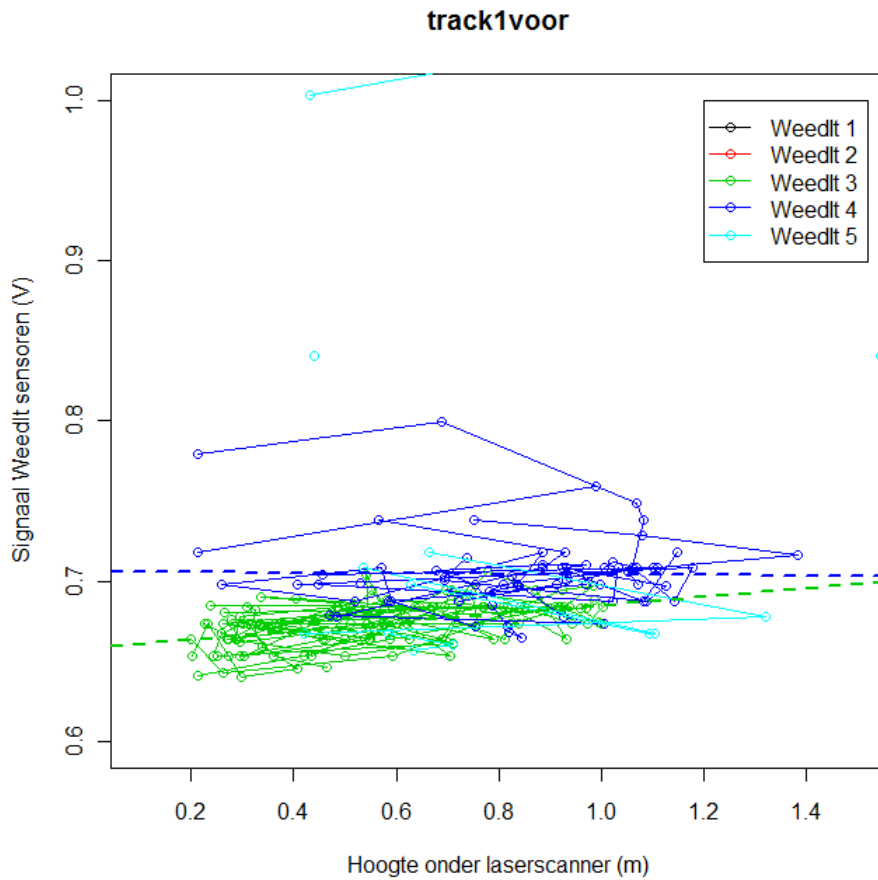
Hieronder worden de resultaten van meting nummer 1, nummer 7 en nummer 11 besproken. Dit zijn voorbeelden van metingen waarbij de bomen ver uit elkaar stonden (nummer 1), op gebruikelijke afstand stonden (nummer 7) en een meting waarbij van de zijkant naar de bomen gekeken is (nummer 11). De grafieken van de andere metingen zijn in de bijlage gegeven.

Bomen ver uit elkaar, meting 1

Het resultaat van de meting van track 1 vooruit is in Figuur 5 gegeven. De signalen van de Weedt corresponderen goed met de hoogte onder de laserscanner. In Figuur 6 zijn de Weedt signalen van deze zelfde meting tegen de hoogte van de laserscanner uitgezet. Uit de coëfficiënten van de regressielijnen zou uit de signaalsterkte van de Weedt als functie van de hoogte afgeleid kunnen worden. Dit verband is nu nog onduidelijk omdat de hoogte een middeling is van een paar punten dichtbij en veel punten ver weg (ondergrond).



Figuur 5. Het resultaat van track 1 vooruit. Boven in de figuur zijn de opnamen van de camera gegeven, daaronder de signalen van de GreenSeeker en de Spectrometer en daaronder de signalen van de signalen van de 5 Weedt sensoren. Met een lichtblauwe lijn is in dezelfde figuur de hoogte gemeten door de laserscanner gegeven (vermeldt als z_{xx}). De hoogte is een gemiddelde hoogte met dezelfde kijkhoek als de bijbehorende sensor.



Figuur 6. Hoogte onder de laserscanner versus de Weedt signalen. Een relatie tussen hoogte en Weedt signaal is er nog niet uit te halen. De onderbroken lijnen zijn de regressielijnen.

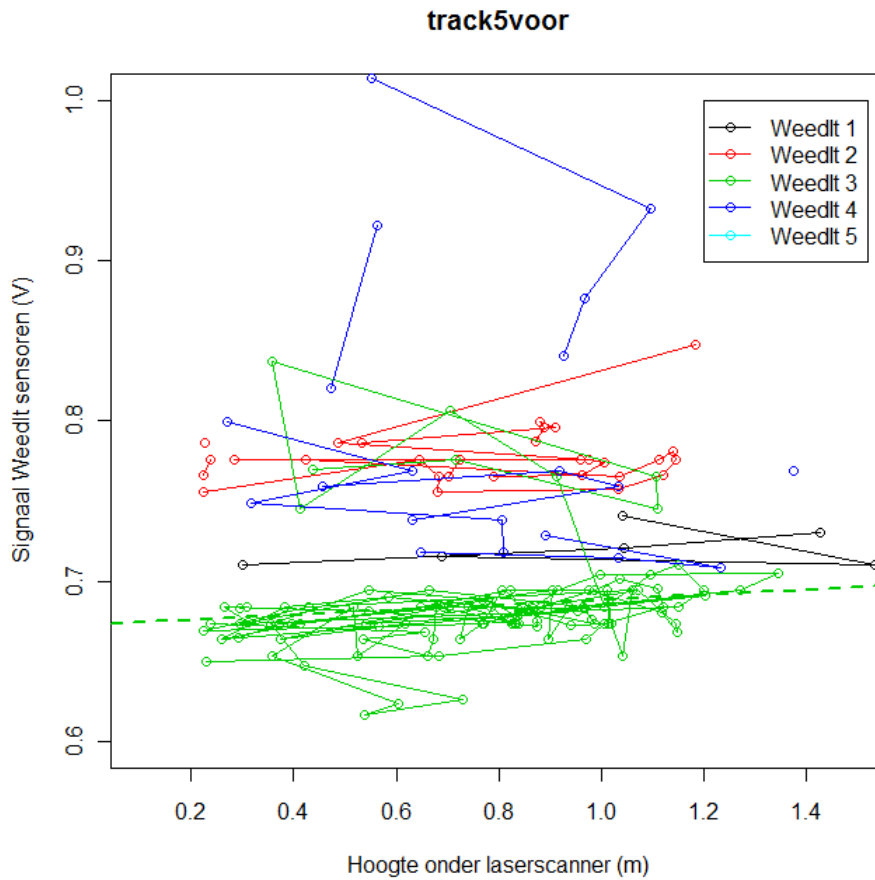
De regressielijnen van Weedt 3 en Weedt 4 in Figuur 6 hebben een helling van 0.03 V/m en -0.002 V/m. De verklaarde variantie (R^2) is voor Weedt 3: 20% en voor Weedt 4: 0%.

Bomen op gebruikelijke afstand van elkaar, meting 7

In de praktijk staan de bomen dicht op elkaar, de sensoren kunnen dan niet het niveau van de ondergrond bepalen (Figuur 7).



Figuur 7. Het resultaat van track 5 vooruit. De bomen hebben in deze meting dicht op elkaar gestaan. Boven in de figuur zijn de opnamen van de camera gegeven, daaronder de signalen van de GreenSeeker en de Spectrometer en daaronder de signalen van de signalen van de 5 WeedIt sensoren. Met een lichtblauwe lijn is in dezelfde figuur de hoogte gemeten door de laserscanner gegeven (vermeldt als z_xx). De hoogte is een gemiddelde hoogte met dezelfde kijkhoek als de bijbehorende sensor.



Figuur 8. Hoogte onder de laserscanner versus de Weedlt signalen. De onderbroken lijn is de regressielijn.

De helling van de regressielijn door de Weedlt 3 signalen in Figuur 8 is 0.02 V/m maar de R² is 0.01. De hellingen en R² van de andere metingen staan in Tabel 2, er is veel spreiding in de helling maar gemiddeld is deze 0.009±0.011 V/m.

Tabel 2: Helling en R² van de regressielijnen door Weedlt 3 signalen. Bij de R² gelijk aan 0 was deze negatief.

nummer	nameout	helling (V/m)	R2
1	track1voor	0.026	0.21
2	track2achter	-0.007	0
3	track3voor	0.008	0.003
4	track3achter	0.007	0
5	track4voor	0.006	0
6	track4achter	0.014	0.05
7	track5voor	0.016	0
8	track5achter	0.019	0.06
9	track6voor	-0.005	0

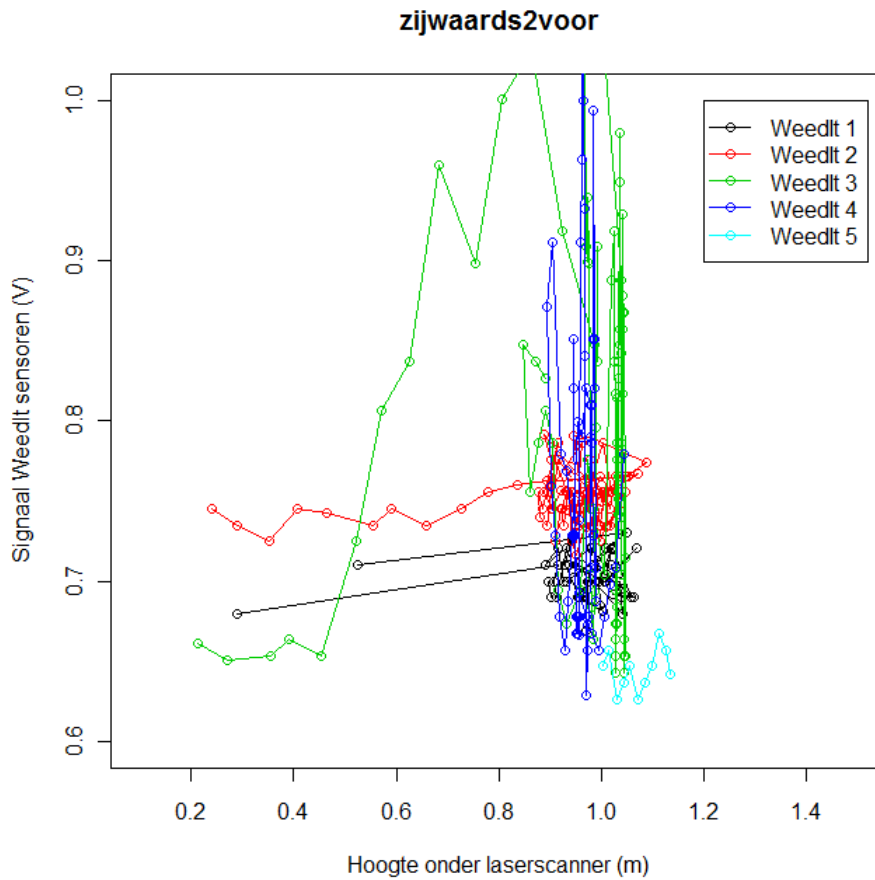
Bomen vanaf de zijkant

Een voorbeeld van de resultaten van de zijwaartse metingen is in Figuur 9 en Figuur 10 gegeven. De achtergrond is bij deze metingen weggevallen dus de laserscanner meet alleen de afstand tot de boom.

Track 2 vooruit zijwaarts



Figuur 8. Het resultaat van track 2 vooruit voor de zijwaartse meting. Boven in de figuur zijn de opnamen van de camera gegeven, daaronder de signalen van de GreenSeeker en de Spectrometer en daaronder de signalen van de signalen van de 5 WeedIt sensoren. Met een lichtblauwe lijn is in dezelfde figuur de hoogte gemeten door de laserscanner gegeven (vermeldt als z_xx). De hoogte is een gemiddelde hoogte met dezelfde kijkhoek als de bijbehorende sensor. De signalen van de Greenseeker en de Spectrometer geven geen duidelijk beeld door het achtergrond licht van de lucht. De signalen van de laserscanner zijn ook niet duidelijk omdat de bomen geen achtergrond meer hebben.



Figuur 9. Hoogte onder de laserscanner versus de Weedt signalen. Een regressielijn geeft hier geen goed beeld.

2.2.4 Conclusies

Met sensoren naar beneden gericht zijn de boomtoppen over het algemeen goed waarneembaar met de Weedt, de GreenSeeker, de Spectrometer en de Laserscanner. Wanneer de bomen erg dicht bij elkaar gezet worden zijn de toppen niet goed meer onderscheidbaar.

Bij de metingen zijwaarts zijn de NDVI van de spectrometer en de GreenSeeker niet meer bruikbaar, de laserscanner en de Weedt zijn dan wel goed bruikbaar om de afstand tot de plant te bepalen.

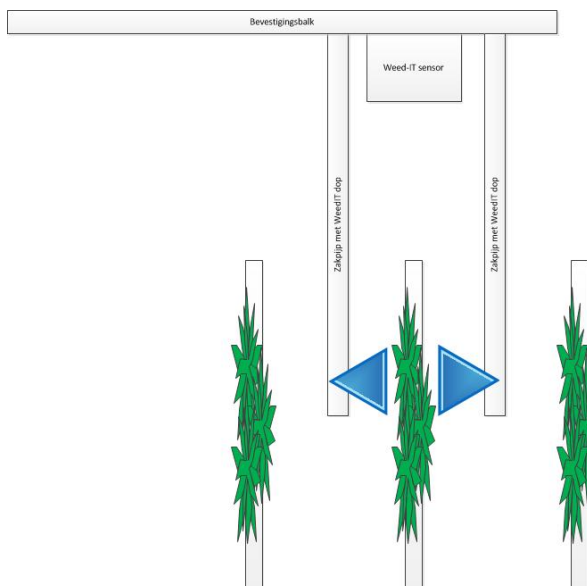
Het gebruik van de Weedt heeft de meeste perspectief voor verdere ontwikkeling. Ook aangezien dit signaal bij hogere rijnsnelheden een goede resolutie geeft.

2.3 Spuittechniek voor bespuiten (bladoksels) van de hoofdscheut

Op basis van het programma van eisen en de gewenste situatie kunnen een aantal manieren van bespuiten van de hoofdscheut getest en beoordeeld worden. De studie naar detectietechniek wordt hierin meegenomen. Denk hierbij aan zijwaarts 1-zijdig, zijwaarts 2-zijdig, spuiten bovenaf, grove of fijne nevel. Ook aspecten als de mogelijkheid tot online wijzigen van de dosering per hoofdscheut moet hierbij meegenomen worden.

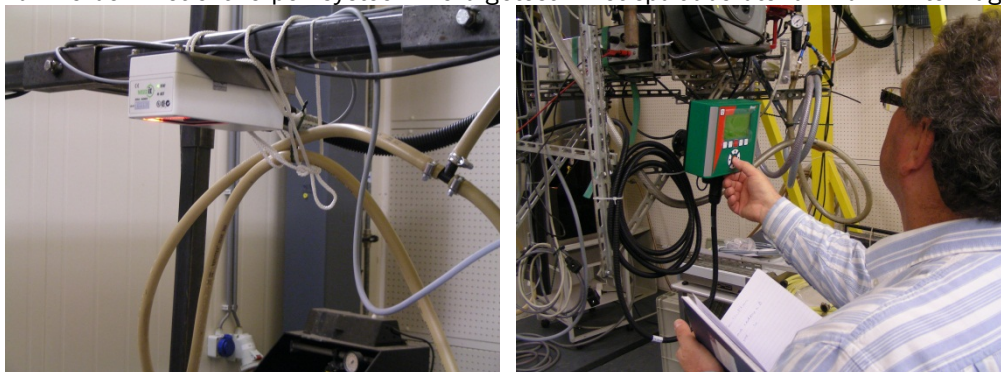
Op basis van het programma van eisen en de resultaten van de testen van de sensoren werd een prototype sensor+spuitunit ontwikkeld, gebaseerd op Weed-IT (goed signaal). Het systeem bestond uit: 1 x WeedIT sensor 5 kanaals, 1 x controller, 2 x een zakpijp met spuitdop die van links en rechts de vruchtboomtop kan bespuiten.

Het systeem werd aangesloten op traverse in de spuitbaan van PRI om te testen hoe het spuitbeeld eruit zou zien, schematisch weergegeven in Figuur 11.

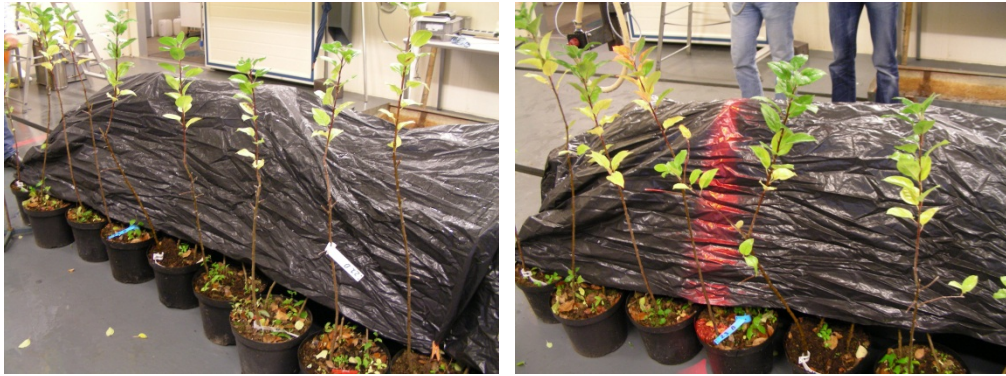


Figuur 10. Schematische weergave van sensor en zakpijp met spuitdoppen.

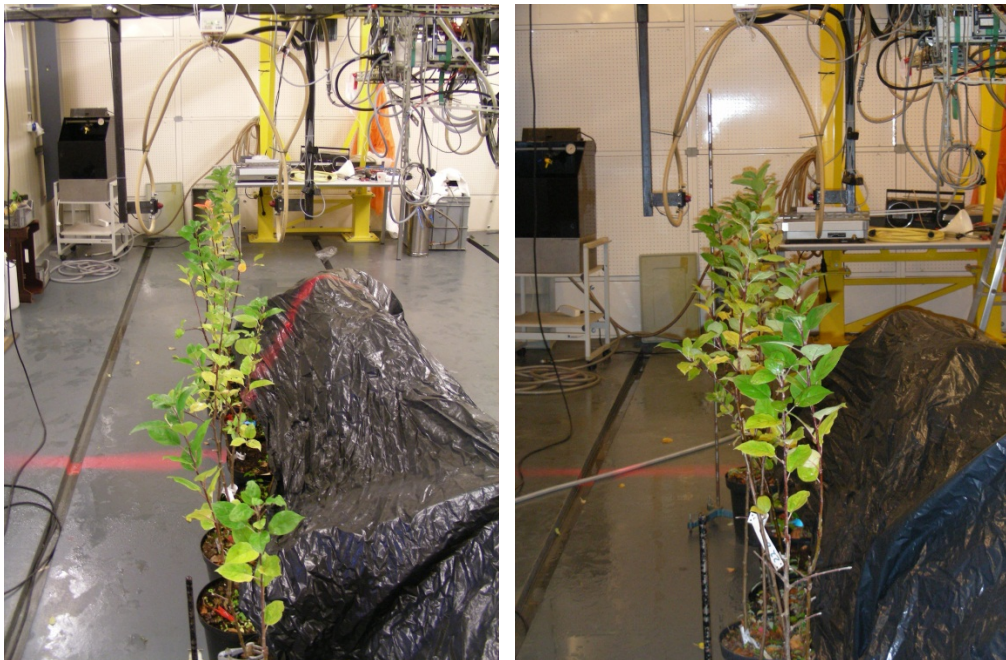
De bevestigingsbalk (kokerprofiel) is lang genoeg zodat naast de trekker boven een rij boompjes gewerkt kan worden. Het ontworpen systeem werd getest in het spuitlaboratorium van PRI te Wageningen.



Figuur 11. De Weed-IT sensor gemonteerd aan de koker boven de boompjes (links) en de bedieningsterminal voor het instellen van de gevoeligheid en de afgifte (rechts).



Figuur 12. Vruchtbomen waarvan 1 hoofdscheut rechtop staat, overige zijscheuten afgebogen onder het zeil. In de rechterfoto is het rode licht van de Weed-IT sensor te zien.



Figuur 13 Vooraanzicht van de bespuiting waarbij de 2 doppen zijwaarts via een zakpijp gericht zijn op de oksels van de takken.

In Figuur 12, Figuur 13, en Figuur 14 is de opstelling voor het bespuiten van de vruchtbomen weergegeven. De sensor stuurt rood licht uit in een smalle bundel. Zodra de sensor fluorescentie van de groene blaadjes registreert wordt de spuitdop geactiveerd en wordt de scheut vanaf de zijkant bespoten. Dit werkt naar behoren bij verschillende rijnsnelheden. Er is apart filmmateriaal beschikbaar waarbij goed de relatie tussen rijnsnelheid en bedekking kan worden gezien. Dit materiaal is opvraagbaar bij de auteurs van het rapport.



Figuur 14. Bespuiting van de vruchtboomscheuten door de twee zijwaartse doppen.



Figuur 15. Meetopstelling met watergevoelig papier om de bedekking van de scheuten door de spuitvloeistof vast te stellen. Links voorafgaand aan de bespuiting, rechts na de bespuiting.



Figuur 16. Watergevoeligpapier is blauw gekleurd zodra er spuitnevel op komt. Door de relatief grove dop die gebruikt is en de hoge dosering tijdens de proef is bijna het hele papier blauw gekleurd. Te zien is dat de dop uitgeschakeld was tussen de scheuten in.

De werking van de sensor in combinatie met de spuitdoppen is weergegeven in Figuur 16 en Figuur 17. Tijdens de bespuitingen is steeds watergevoelig papier naast de scheuten van de vruchtbomen opgehangen. Aan dit papier is te zien dat het spuiten precies bij de scheuten is gebeurd.

3 Discussie en conclusies

Het automatisch herkennen en precies bespuiten van de scheuttop is op dit moment realistisch en haalbaar voor praktijkonderzoek en implementatie in de vruchtboomkwekerij.

Huidige sensoren bieden na implementatie in de vruchtboomkwekerij de mogelijkheid de bespuitingen gericht en precies gedoseerd en vergaand gemechaniseerd uit te voeren. Daarmee wordt flink bespaard op arbeid en wordt de snelheid van werkgangen vergroot. Bovenstaande idee haakt in op de visie van de NBvB Cultuurgroep voor Fruitgewassen te blijven speuren naar innovatieve teeltmethoden die leiden tot productiviteitsstijging en kostprijddaling. Daardoor nemen de marges per eenheid product toe.

De betekenis van deze sensorontwikkeling is groot. Per ras worden naar schatting tussen de 5 en 10 handmatige teelthandelingen uitgevoerd. Deze sensorontwikkeling leidt tot een forse tijdsbesparing per eenheid product en tot een sterke verhoging van de rentabiliteit van de teelt van vruchtbomen.

De verwachting is dat de technieken die ontwikkeld zijn, ook inzetbaar zijn voor andere bespuitingen die de vruchtboomkwekers uitvoeren. Denk hierbij aan meeldauw bespuiting van alleen jong blad, groeiregulator bespuiting van de hoofdstam in het eerste jaar, om bloemknoppen te voorkomen. Ook kan aan gerichte onkruidbestrijding gedacht worden.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek:

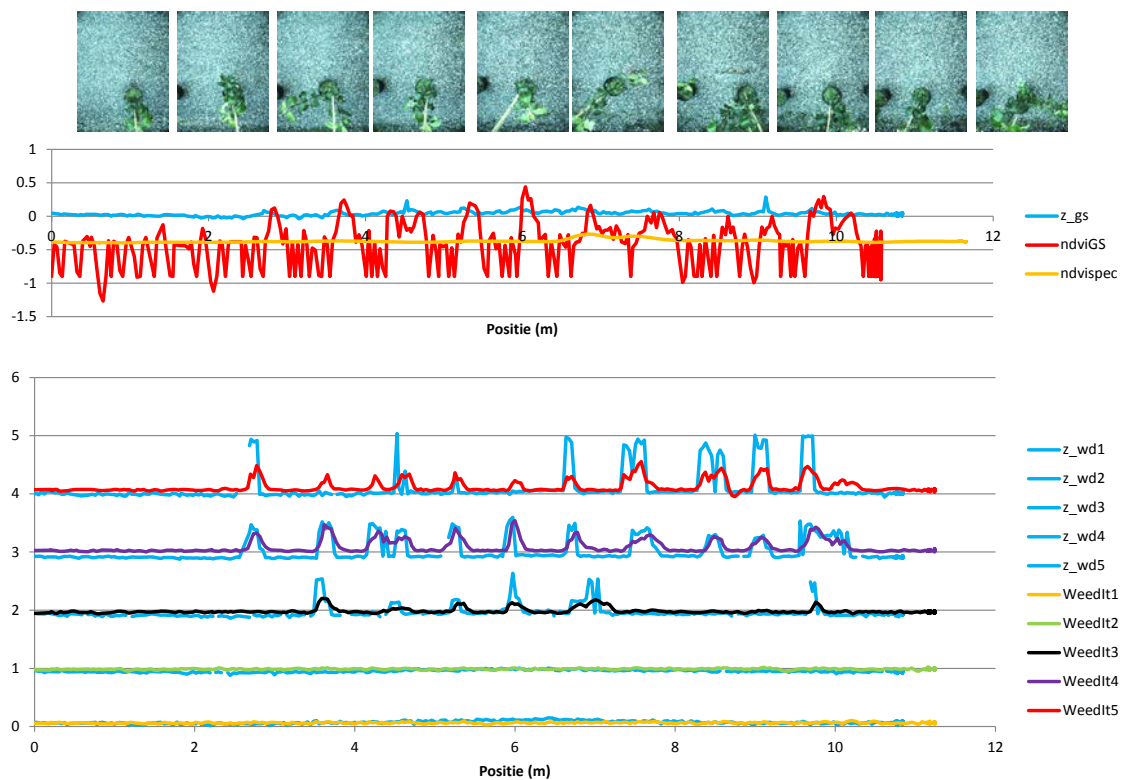
- Integratie van Sensor en Spuittechniek.
- Testen van systeem in praktijksituatie.
- Vaststellen effectiviteit van nieuwe techniek t.o.v bestaande handmatige bespuiting, uitrollen techniek bij vruchtboomkwekers.

Bijlage 1

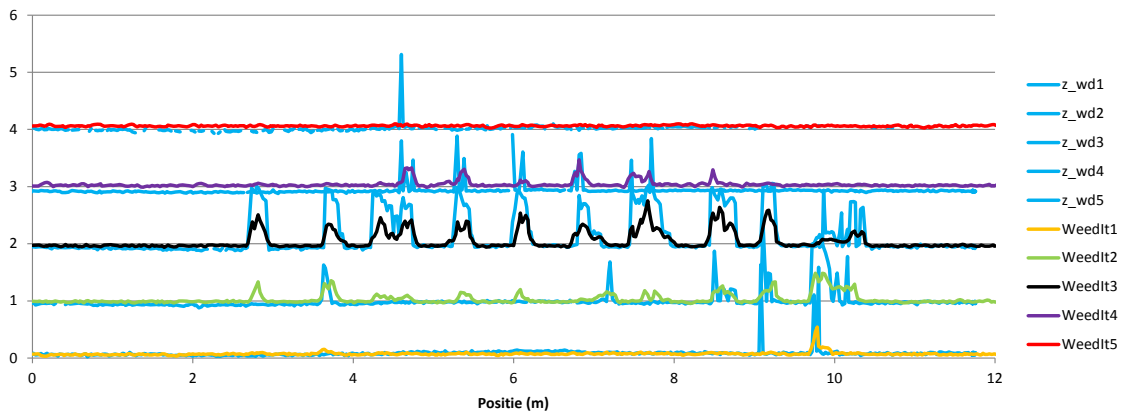
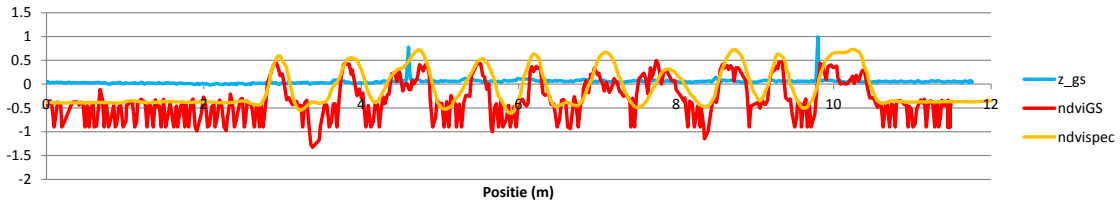
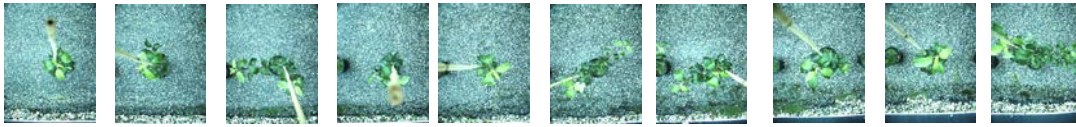
Metingen verticaal

De onderstaande figuren zijn in drie lagen opgebouwd. Boven in de figuur zijn de opnamen van de camera gegeven, daaronder de signalen van de GreenSeeker en de Spectrometer en daaronder de signalen van de 5 WeedIt sensoren. In blauw, direct achter de signalen, is de hoogten onder de laserscanner gegeven (vermeldt als z_xx). De hoogte is een gemiddelde hoogte met dezelfde kijkhoek als de bijbehorende sensor.

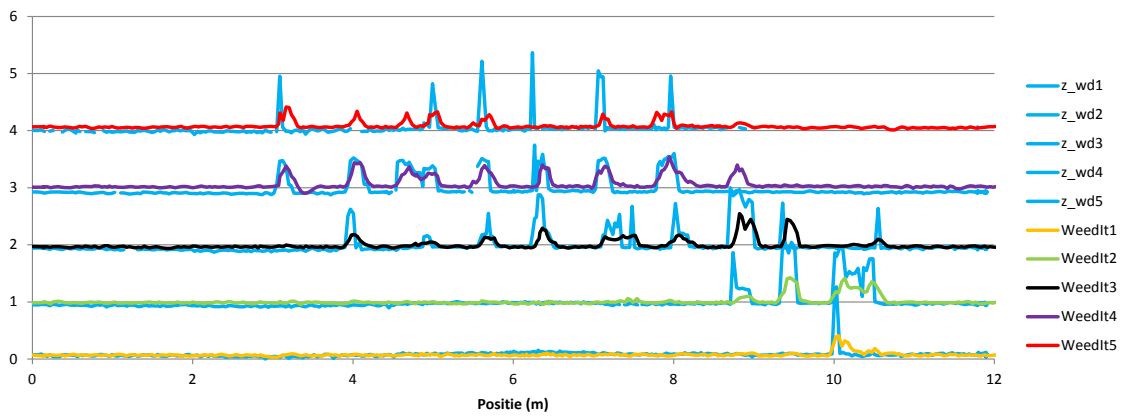
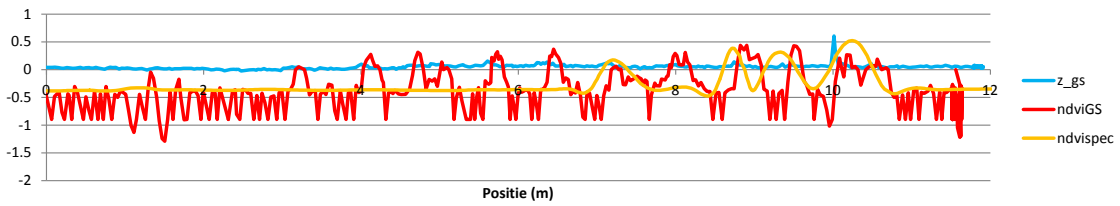
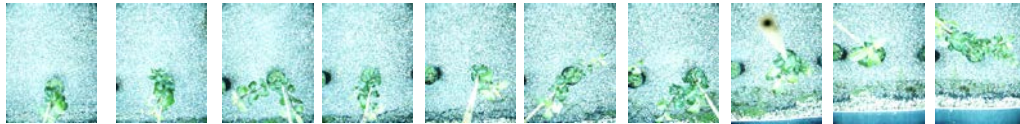
Track 2 achteruit



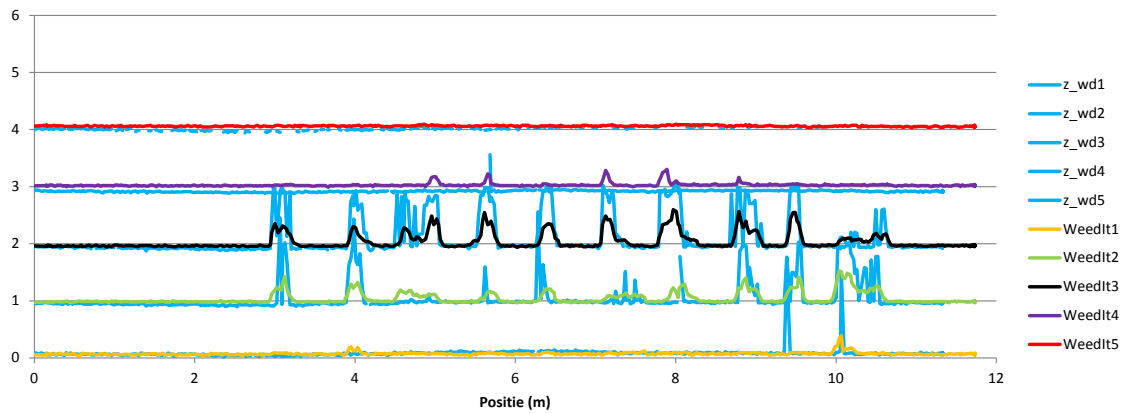
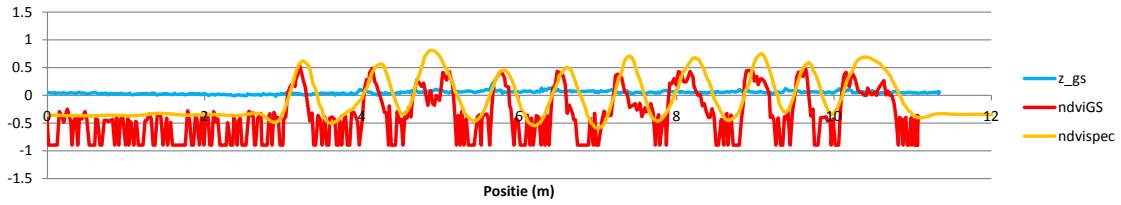
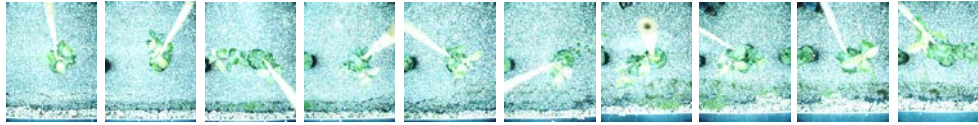
Track 3 vooruit



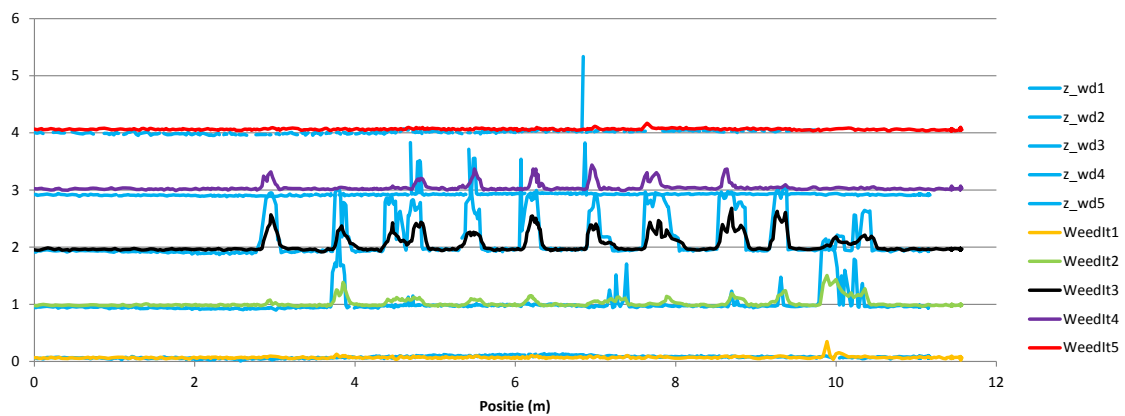
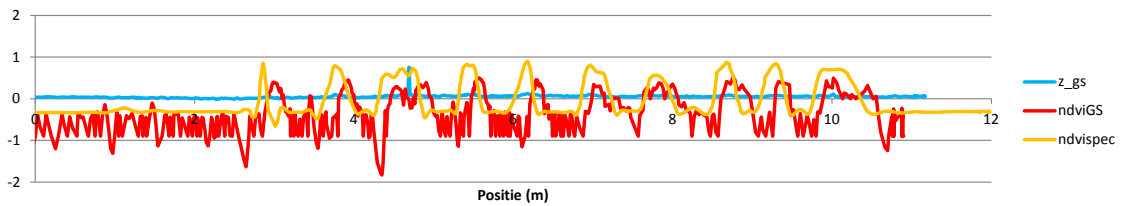
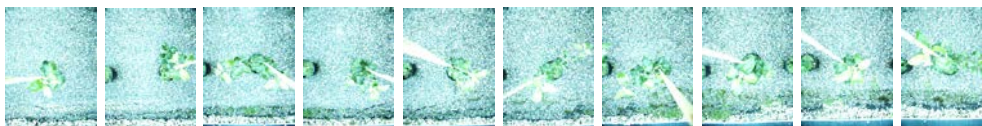
Track 3 achteruit



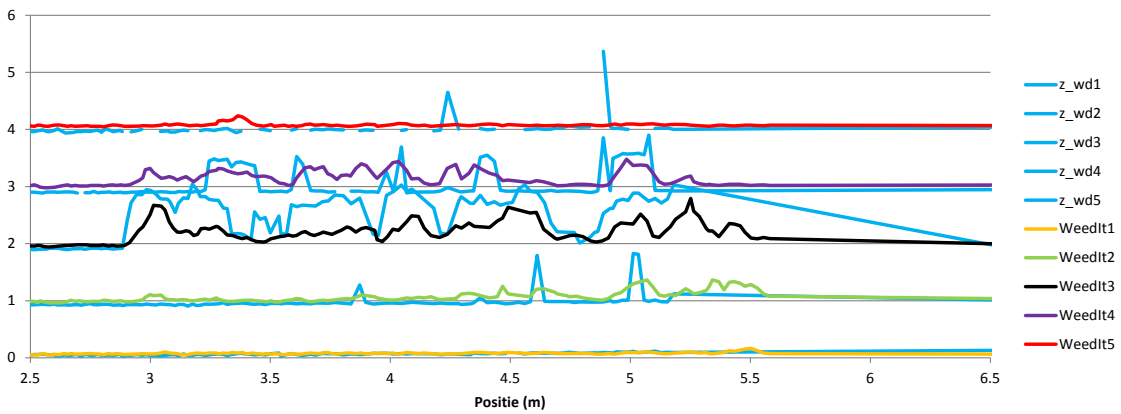
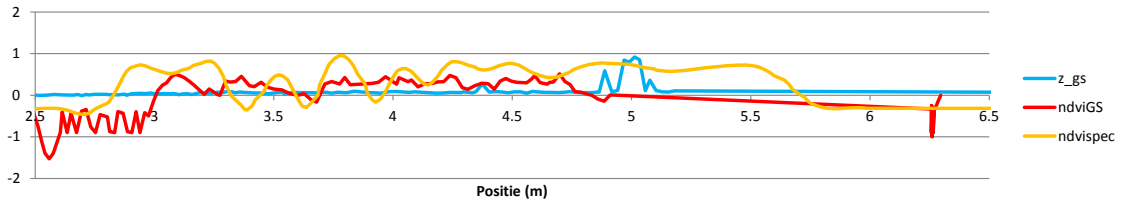
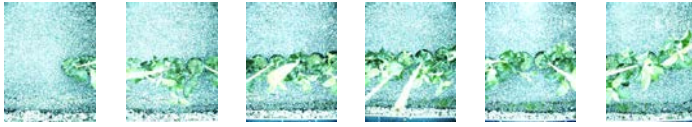
Track 4 vooruit



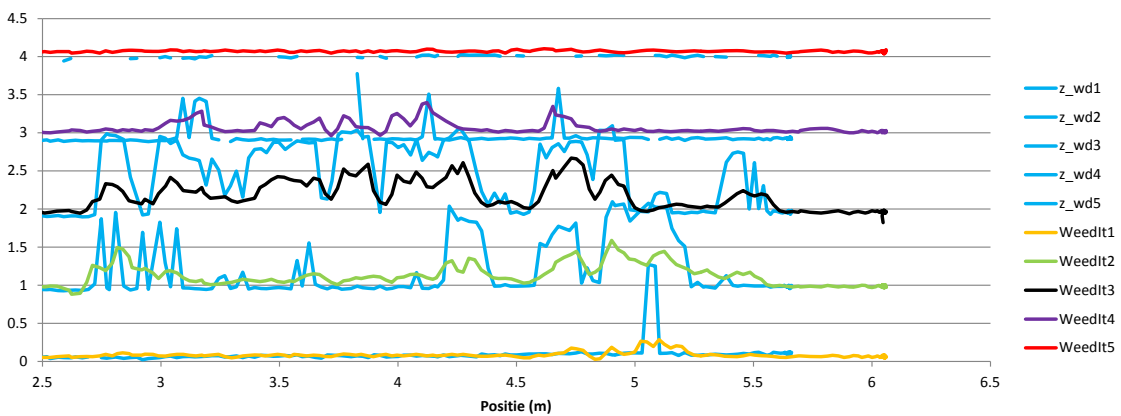
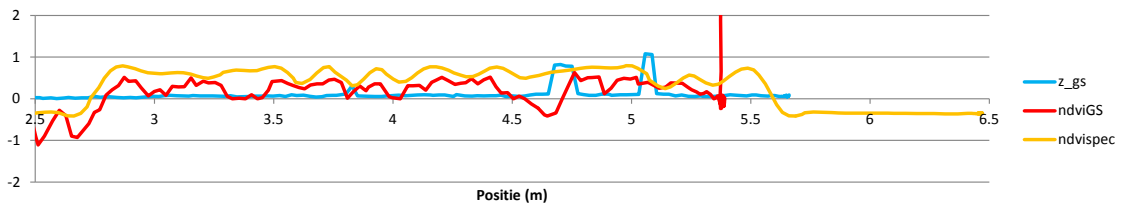
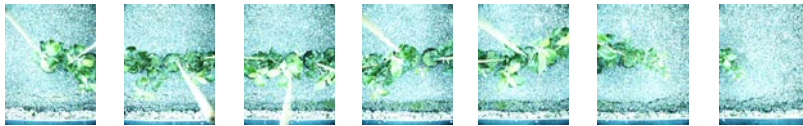
Track 4 achteruit



Track 5 achteruit

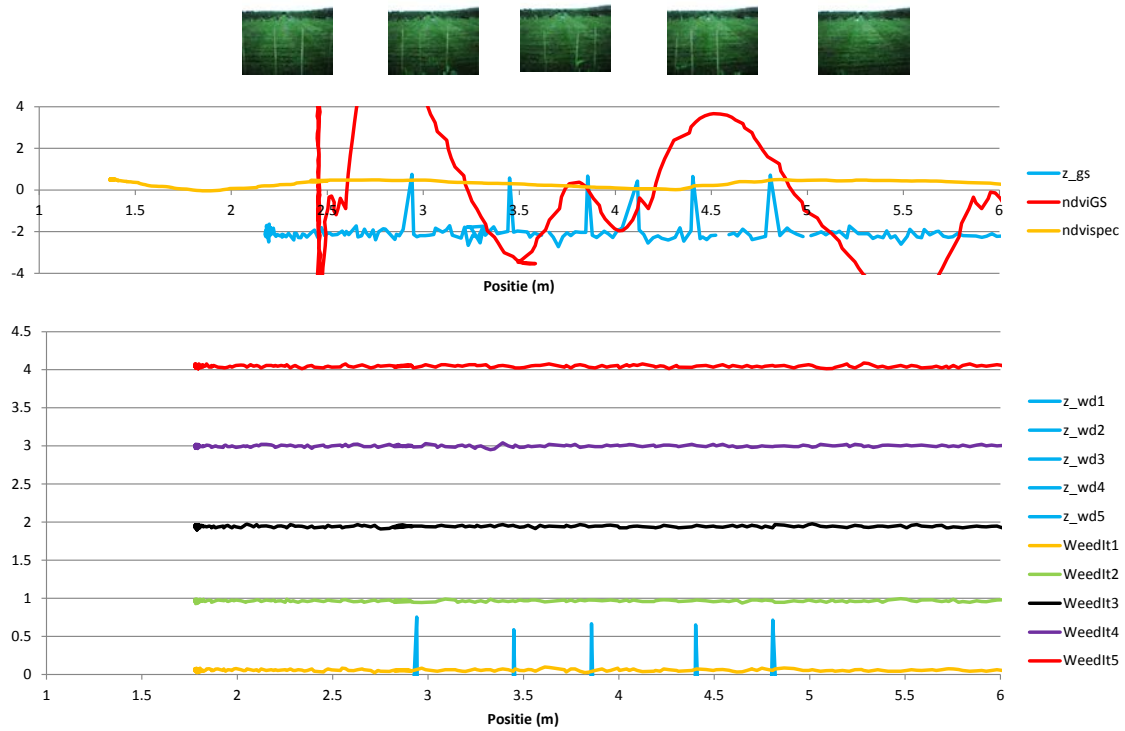


Track 6 vooruit

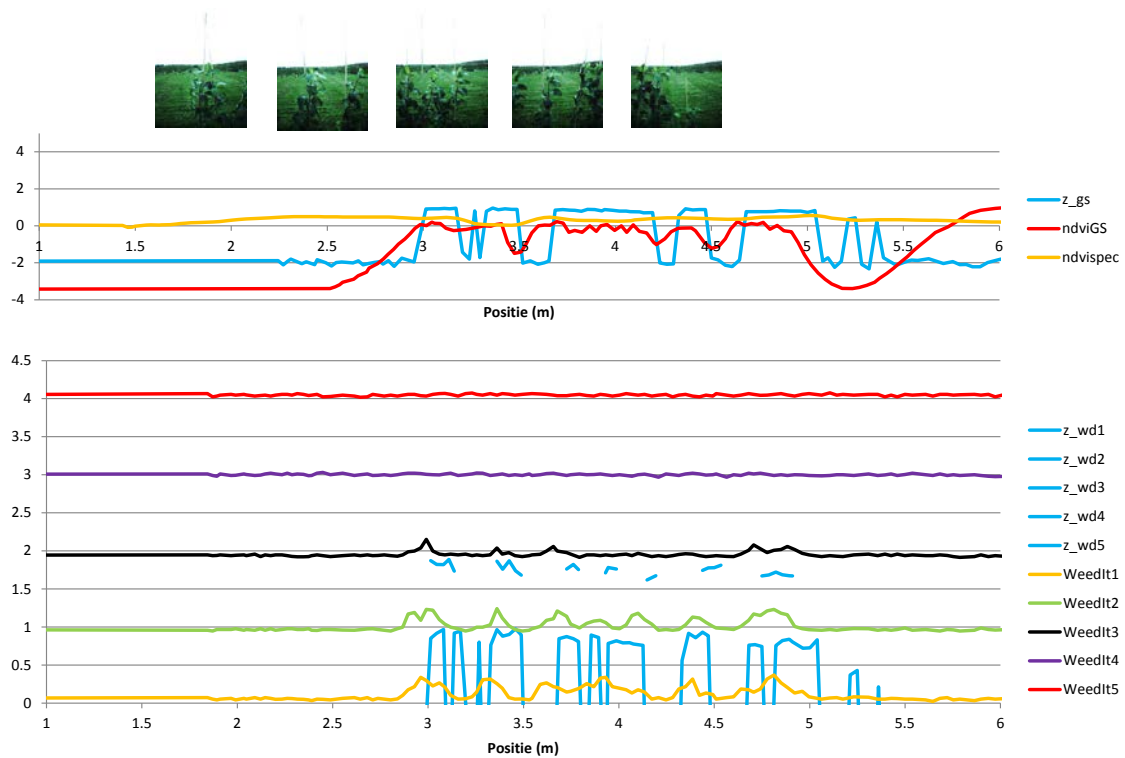


Metingen zijwaarts

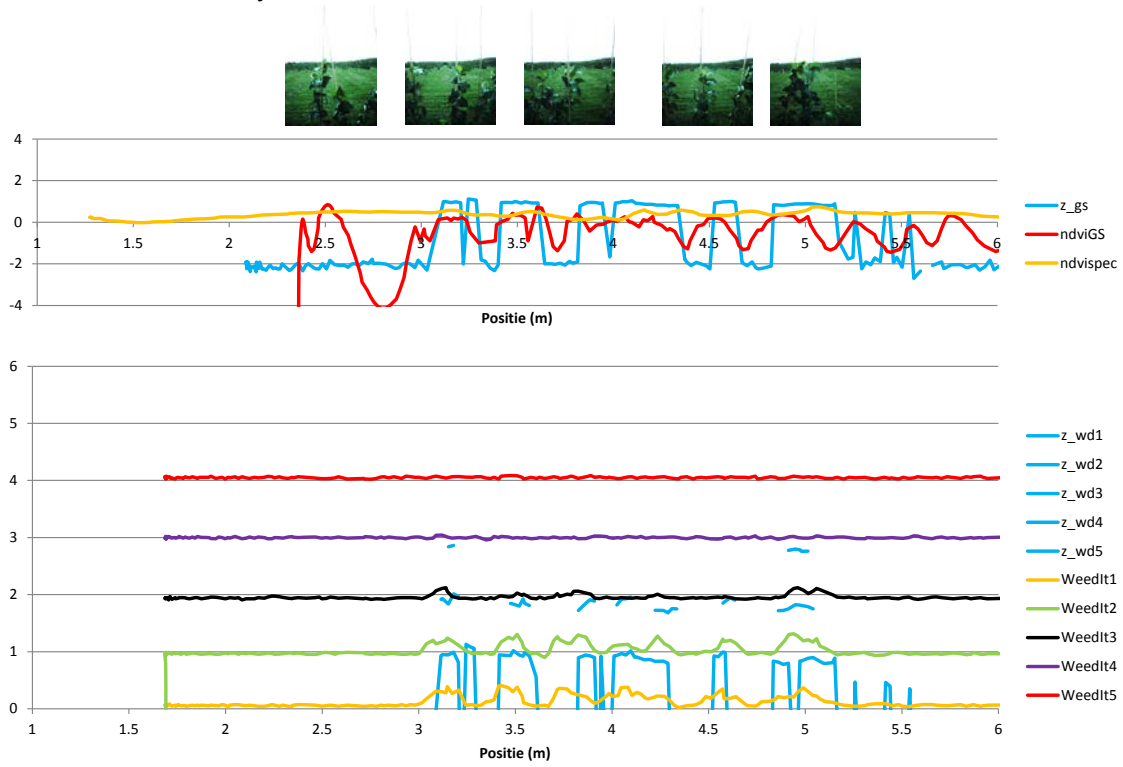
Track 1 vooruit zijwaarts



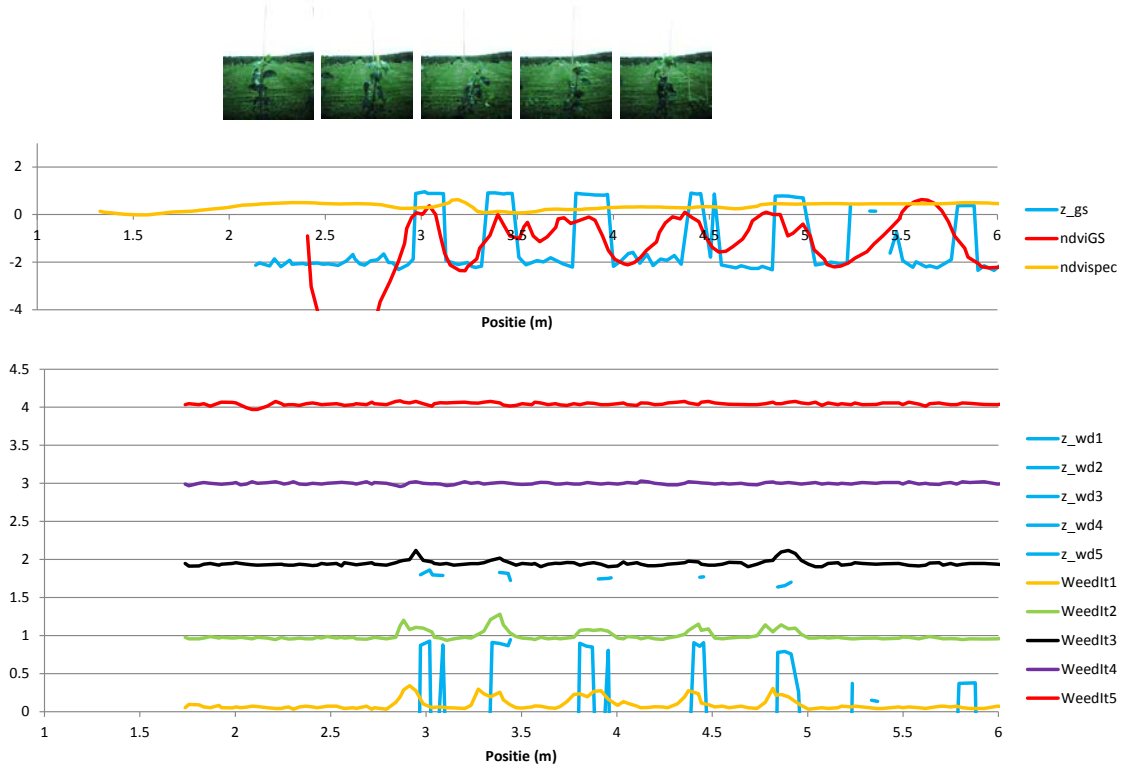
Track 2 achteruit zijwaarts



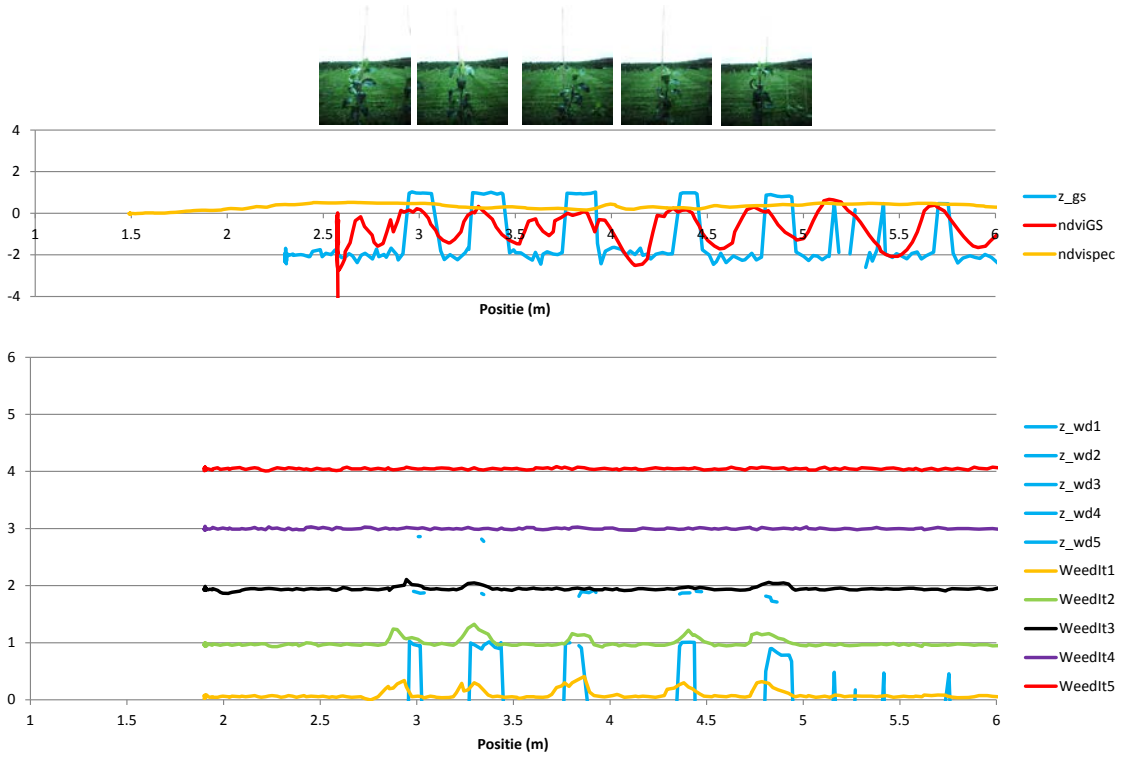
Track 3 vooruit zijwaarts



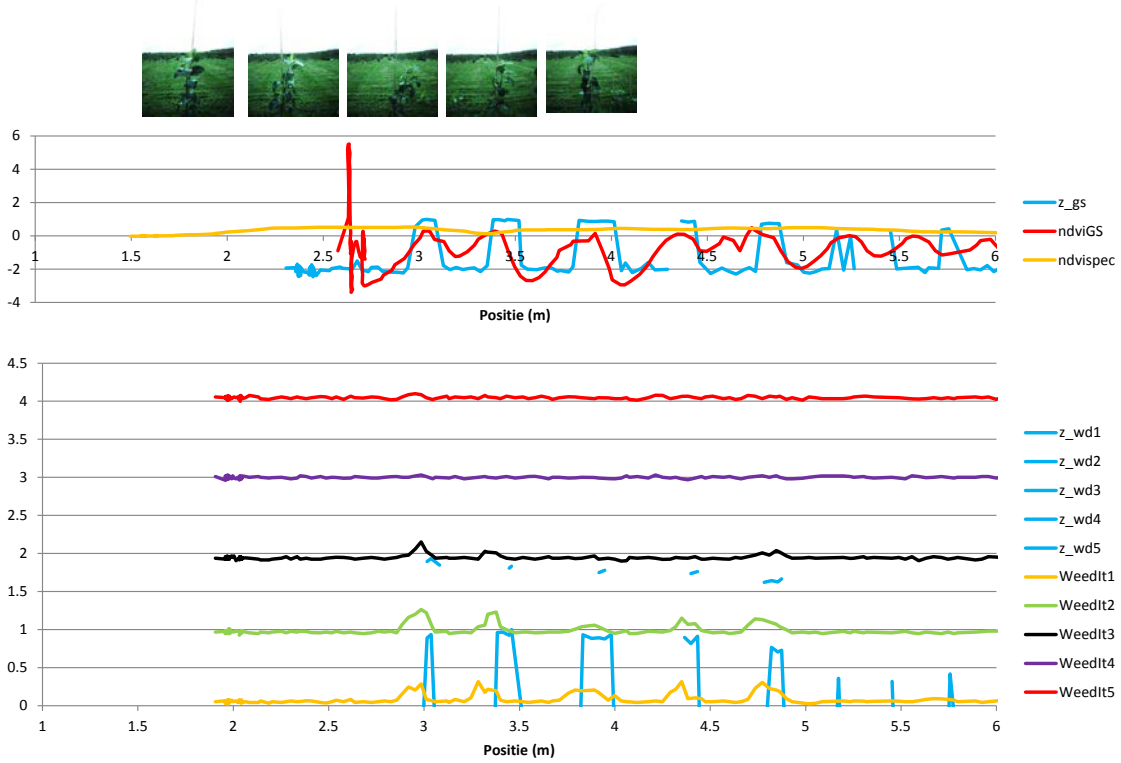
Track 3 achteruit ziiwaarts



Track 4 vooruit zijwaarts



Track 5 achteruit zijwaarts



Track 6 vooruit zijwaarts

