



MEMO

Aan	:	bestuur BO akkerbouw
Van	:	J. Kamp
Betreft	:	voortgangsrapportage Smart Ziekzoeker 2017 en werkplan 2018
Datum	:	22-2-2018
Referentie	:	BO-akk rapp 2017 -werkplan 2018 smart ziekzoeker 22-2-2018.docx

Betrokken organisaties in het consortium:

- Kverneland Crop Care & Mechatronics (P. van der Vlugt)
- LTO werkgroep Pootaardappelen (K. Schenk)
- Agrico (H. van der Woude)
- HZPC (F. van der Werff)
- NAK (mw. M. Kooman / K. Boons)
- Phenovation (H. Jalink)
- Wageningen UR (Praktijkonderzoek AGV, PRI, PPO-Glastuinbouw)

Doel

Het project Smart Ziekzoeker Pootaardappelen heeft tot doel om de selectie van pootaardappelen met nieuwe technologieën mogelijk te maken. Deze selectie is zeer arbeidsintensief en vraagt een hoge uitvoeringskwaliteit. In het project wordt onderzocht of door inzet van high tech in een vroegtijdig stadium zieke en gezonde planten te onderscheiden zijn. Hierbij wordt gekeken naar zowel virusbesmetting als Erwinia (bacterie).

Onderzoeksresultaten 2017

In samenspraak met de stuurgroep is voor 2017 gekozen voor een vertaling van de 2 kansrijke technieken naar veldomstandigheden. In nauwe samenspraak met de NAK is op de locatie Emmeloord een proef aangelegd met zowel virus- als erwinia-zieke planten (zie bijlage 1 – proefveldschema).

Geïnspireerd door berichten uit USA over virusdetectie met drones is de groep van Lammert Kooistra (gespecialiseerd in metingen met drones) gevraagd te meten aan het NAK proefveld. Dhr. Kooistra licht toe dat zij met een aantal camera's hebben gewerkt:

- de Hymy – 100 banden; 10cm pixelgrootte
- de Rikola – 16 banden; 1-2 cm pixelgrootte
- Ricopter (soort laser opname met 500pixels/m²)
- Fluorspec (meet fluorescencie; experimenteel)

De drone heeft op 60m hoogte gevlogen met een snelheid van 4-5 m/s (15-18 km/u).

Ontwerp meetunit

Direct na goedkeuring door de stuurgroep is een meetunit ontworpen, die geschikt voor het plaatsen van diverse typen camera's (bevat deel met led-licht en deel met halogeen licht). Op basis van een marktverkenning is een 2-tal camera's geselecteerd.

1. Hyperspectraal camera techniek (Specim FX10)
2. 3-D camera (Ensenso)





Vooraf het samenbouwen van de camera- en GPS software leverde problemen op omdat een van de camera's pas net op de markt was verschenen. Door diverse tegenslagen was het pas mogelijk om op 13 juni voor het eerst in het veld te meten (3 weken later dan voorzien).

De trekker van de NAK beschikte over een variabele rijnsnelheid waardoor met een hele lage snelheid kon worden gereden (ca. 400m/uur).

Metingen / waarnemingen

De metingen zijn gestart op 13 juni en op 6 juli afgerond.

Wekelijks is gemeten met:

- de gebouwde meetunit – beide camera's
- waarnemingen door NAK expert (de genoemde ground truth)
- drones: met de camera zoals hiervoor omschreven.



Resultaten

In het najaar van 2017 zijn de datasets bewerkt en samengevoegd tot een samenhangend databestand. Veel werk is de koppeling van de GPS data aan elke waarneming, zodat de waarnemingen van de NAK expert gekoppeld konden worden aan de dataset van de verschillende camera's.

- 3-D camera – Pieter Blok (mmv. student Youri Schoutsen) – zie ook bijlage 3

De beeldanalyse is gebaseerd op een zo goed mogelijk bepaling van de plantpositie (benaderd vanuit de GPS positie van de zieke planten en de gebruikte vaste plantafstand). Vervolgens zijn vlakken van het bladerdek (rechthoeken) van de rij "toegewezen" aan de betreffende plant. De beelden van dat vlak zijn met diverse technieken geanalyseerd. De deep learning techniek vraagt om veel trainingsdata: naarmate er meer trainingsdata is, wordt de analyse betrouwbaarder. In de analyse komen diverse plantkenmerken naar voren, zoals plantvolume, plantomvang, dichtheid van het bladervlak, grootte van "gefitted" cirkels op de plant enz.: totaal zijn 72 kenmerken in de analyse meegenomen.

Uit de presentatie komt naar voren:

1. er is zowel naar de combinatie van erwinia en virus ziek gekeken als naar erwinia apart.
2. de resultaten van de erwinia analyse laten betere resultaten zien. 3D is niet (of nauwelijks) geschikt voor het herkennen van virussen.
3. de 4 analyse methodieken laten verschillen in betrouwbaarheid zien. De zogenoemde MLP en GMM methoden laten de beste scores zien.
4. van de erwinia zieke planten wordt ca. 82-87% herkend. Het beeld nu is dat het beter moet.
5. de features die het onderscheid mogelijk maken hebben vooral te maken met vorm en diepte van de plant.
6. verbeteringen zijn mogelijk als er meer trainingsdata beschikbaar is. Mogelijk ook door slimmer combineren van kenmerken.
7. de resultaten zijn ook negatief beïnvloed door het door elkaar groeien van planten. Daarom is het van belang om komend jaar eerder te beginnen met meten. Ook wordt verwacht dat een tijdreeks van metingen van dezelfde plant meer zicht geeft om de groeisnelheid (het achterblijven daarvan) te volgen.

In de discussie in de stuurgroep komt naar voren dat:

- Het ziektebeeld Dickeya (af en toe een zieke stengel) een ander ziektebeeld laat zien dan brasiliense (hele plant groeit minder). Wat is het effect hiervan op de gerealiseerde scores?
- Een tweetal camera's die onder een hoek van (bijv.) elk 15graden van verticale lijn staan, kan meerwaarde hebben. Dit wordt nader verkend.



- door de afstand in de rij te vergroten, kunnen planten langer solitair gevolgd worden (aanbeveling is om nog ruimer te planten).

- **Hyperspectraal camera techniek – Gerrit Polder / De Villiers (zie bijlage 4 – powerpoint)**

Ook voor de data analyse van de hyperspectraal camera is gebruik gemaakt van zogenoemde deep learning technieken. Bij deep learning is het vooral van belang om veel trainingsdata te hebben: het systeem is in staat beter te presteren als er meer data van zieke en gezonde planten door het systeem wordt verwerkt. De principes erachter worden kort uit de doeken gedaan en aan de hand van een aantal voorbeelden wordt getoond dat de detectie van zieke planten sterk verbetert naarmate de tijd verstrijkt.

Bij de analyse zijn de volgende stappen gezet:

- De hyperspectraal beelden zijn lijn voor lijn met een interval van 5mm opgenomen. Voor de analyse zijn de lijnen op basis van de GPS posities van de scores van de NAK geannoteerd.
- op basis van deze annotatie is een deep learning analyse gedaan: de virusdetectie lag op een niveau van ca. 13% false-positive (onterecht als ziek beoordeeld) en op resp. 26 en 13,3% false negative (ziek niet gevonden) in resp. de eerste meting en de latere meting.
- vervolgens zijn de planten (als geheel, dwz. de polygoon ervan) centraal gezet voor de erwinia beoordeling. Dit leidde tot een score van 77% correcte en 23% foutieve score. Dezelfde benadering voor virusdetectie leidde tot 80% correcte en 20% foutieve scores.
- interessant is om te weten of getrainde data in ras 1 bruikbaar zijn voor symptoomherkenning in andere rassen. Uit de resultaten blijkt dat in Kondor getrainde data wel bruikbaar zijn in het ras Vermont maar bijv. niet in ras Rose Gold.
- bij de analyse kan “gespeeld” worden met de ondergrenswaarde voor wel/niet ziek bepaling. Bij een drempel van 0,15 (op de schaal van 0 – 1) blijkt dat de virus detectiescore sterk verbetert: ruim 90% correct gescoord (met iets meer false-positive dan false-negative). Vervolgens is geanalyseerd waar de false-positive planten (onterecht ziek beoordeeld) staan: het blijkt dat deze bijna consequent naast zieke planten staan. Zeer waarschijnlijk groeien de planten in dit plantstadium al te zeer door elkaar, waardoor het lastig is om dit planten goed van elkaar te onderscheiden. Dit beeld blijkt uit de confusion matrix van de opnames dd. 27-6 resp. 3-7: op de eerste dag was de false-positive score 3,4%; 1 week later: 11.1%.

In de discussie in de stuurgroep komt naar voren dat:

- de laatste genoemde analyse biedt zeker perspectief voor virusdetectie.
- met een uitgebreidere dataset in 2018 kan dit beeld (waarschijnlijk) bevestigd worden. Daarom is het aan te bevelen om het proefveld iets verder uit elkaar te planten, zodat de planten langer goed van elkaar te onderscheiden zijn. Met deze dataset kunnen we beter trainen.
- opgemerkt wordt dat het ca. 20 dagen duurt voordat Y-virus symptomen zichtbaar worden vanaf moment van besmetting (na 10 dgn aantoonbaar in knol, na 20 dgn aantoonbaar in blad).
- hoe goed is de referentie voor deze metingen? Kees Boons geeft aan dat zij een aantal jaren een test hebben gedaan, waaruit bleek dat de goede NAK selecteurs een herkenningpercentage van 93% scoren. Dit is hoog. De enige echt goede referentie voor het bepalen van de score van de nieuwe technologie is een vergelijking met harde lab cijfers. Dit is op deze schaal te kostbaar. Feitelijk betekent dit dat een deel van de foutscores “voorspeld tov. beoordeeld” veroorzaakt kan worden door “fouten” in de referentie.
- er is niet gekeken naar een zogenoemde gevoeligheidsanalyse van spectrale banden: welke banden bepalen het overgrote deel van het resultaat? Als het mogelijk is om bijv. 4-6 banden te identificeren die ertoe doen, dan is het ontwikkelen van een specifieke camera voor dit doel mogelijk. In seriebouw betekent dit doorgaans: een veel hogere processing snelheid en een fors lagere prijs.



- **Dronemetingen (Lammert Kooistra) – zie bijlage 5 - powerpoint**

Geïnspireerd door berichten uit USA over virusdetectie met drones is de groep van Lammert Kooistra (gespecialiseerd in metingen met drones) gevraagd te meten aan het NAK proefveld. De volgende camera's zijn gebruikt voor de opnames:

- de Hymy – 100 banden; 10cm pixelgrootte
- de Rikola – 16 banden; 1-2 cm pixelgrootte
- Ricopter (soort laser opname met 500pixels/m²)
- Fluorspec (meet fluorescencie; experimenteel)

De drone heeft op 60m hoogte gevlogen met een snelheid van 4-5 m/s (15-18 km/u).

De powerpoint presentatie laat een aantal beelden getoond van de camera's zien met ingetekende zieke planten. Er heeft nog nauwelijks analyse op de data plaatsgevonden. Het plaatje met de chlorofyl green index (van elke pixel is deze index berekend uit een combinatie van banden) laat duidelijke verschillen zien tussen zieke en gezonde planten. Dit wordt beoordeeld als een kansrijke insteek. De komende periode wordt gewerkt aan een analyse van de data (waaronder thermische dataset).

Plannen 2018 - Hoe verder?

De stuurgroep is positief over de gemaakte voortgang en stemt in met de volgende aanpak voor 2018 op hoofdlijnen:

- in 2018 verzamelen van een grotere dataset: iets meer planten meten, eerder beginnen met meetprogramma, samenwerking met de NAK continueren voor het proefveld.
- aandacht voor rassen die virussen slecht tonen.
- camerakeuze: in principe dezelfde camera's gebruiken (voldoen voor dit doel).
- cameraopstelling: nagaan of onder een hoek plaatsen mogelijk is en meerwaarde heeft.
- ruim tijd besteden aan data-analyse.
- gevoeligheidsanalyse naar relevante banden uitvoeren
- Voortzetting van dronewaarnemingen (mits passend in het budget) met zowel de Rikola spectrale camera (met nog iets gedetailleerde opnames) en met de Ricopter (meet de gewasontwikkeling als een tijdreeks: zowel hoogte en volume van het gewas).

Ingeschat wordt dat de suggestie van de stuurgroep, om de meetunit te combineren met een lichte zelfrijdende unit voor 2018 lastig in te vullen is. Voor de toekomst en uitstraling is een lichte zelfrijdende unit aantrekkelijker dan een relatief zware trekker die het gewas beschadigt.

Communicatie

In 2017 is met name rondom de open dag op 6 juli veel exposure geweest in de pers (artikelen in diverse vakbladen – zie bijlage 2), hoewel de bijeenkomst maar een beperkt aantal telers heeft getrokken. Daarnaast is er een presentatie geweest op de AgroFood Tech beurs in Den Bosch (13-14 december 2017). De stuurgroep constateert dat hiermee goed invulling gegeven is aan de wens om resultaten te delen met de doelgroep.





Voor 2018 is in elk geval een inleiding voorzien voor een pootgoedstudiegroep.

De wens vanuit de projectleiding was om in 2018 een realtime beoordeling mogelijk te maken, dwz. dat er direct een signaal komt of een plant ziek/gezond is. Dan is het nl. interessant(er) om de toepassing te demonstreren. Zoals het nu lijkt, gaat dat in 2018 niet lukken. Het is daarom de vraag of het zinvol is om een vergelijkbare open dag te organiseren. De stuurgroep heeft hierover geen uitgesproken mening.

Een optie is in elk geval andere pootgoedstudiegroepen aan te bieden om een inleiding te verzorgen (tegen het eind van het project).

Financiële stand van zaken

Onderstaand de bestedingen van de middelen die bestemd zijn directe uitvoering van het onderzoek (dus exclusief in-kind bijdragen van het bedrijfsleven). In 2017 is bewust gekozen voor een lichte onderbesteding met het oog op extra investeringen die verwacht worden voor de aanschaf van camera's en bouw van een meetkar.

Voor 2017 is slechts 1 camera gekocht en is een andere geleend (om niet), waardoor er in 2017 een licht financieel voordeel is ontstaan. Het budget voor 2018 stijgt hiermee naar € 172k. Dit budget maakt het mogelijk om extra inspanningen te plegen in het kader van de data-analyse.

Verkort overzicht inkomsten - kosten (k€)				
	2015	2016	2017	2018
Budget	120	145	145	145
besteed	117	118	135	
afdracht proj.mgt PL2.0	3,6	4,35	4,35	4,35
saldo (voortschrijdend)	-0,6	22,05	27,7	



Smart
ziekzoeker
pootaard-
appelen

Bijlage 1: Proefveldschema (locatie NAK Emmeloord)

Proef Ziek zoeken 2017

Netto pootlengte 109,79 meter pootafstand 33 cm

		open rij			rij	
baan examenveld	G	1	200 knollen PCR/11 met besmetting PVY	200	geinoculeerd	8
	F	1	200 knollen Vermont met besmetting PVY	200	materiaal	7
	E	1	200 knollen Lady Claire met besmetting PVY	200	5 veldjes van 100 kn.	6
	D	1	200 knollen Rosa Gold met besmetting PVY	200		5
	< 10 M >					4
	C	1	333 knollen Konder met besmetting Erwinia		333	3
	B	1	333 knollen Konder met besmetting Erwinia		333	2
	A	1	333 knollen Konder met besmetting Erwinia		333	1
	Spuitpad					



Smart
ziekzoeker
pootaard-
appelen

Bijlage 2: Publicaties in de pers

Nieuwe Oogst (15-7-17)

'Smart Ziekzoeker moet ziekten eerder zien dan teler'

WAGENINGEN
De Smart Ziekzoeker kan met speciale camera's virus- en Erwinia-zieke planten in pootaardappelen herkennen. Projectleider Jan Kamp van Wageningen University & Research ziet kansen.

INTEVIEW

Welk doel heeft de Smart Ziekzoeker?
"Een techniek ontwikkelen waar de pootgedesler op kan vertrouwen. De Smart Ziekzoeker moet bij voorkeur de ziekten eerder zien dan de teler of selecteur."

Wat is er tot nu toe gebeurd?
"In 2015 en 2016 hebben we in een laboratorium met opgevoerde aardappelplanten gesleken naar virus en Erwinia. De focus lag op vroegtijdige detectie. De resultaten van ons meettechnisch zijn voegstelen met die van een selecteur. De hyperspectraal- en 3D-camera bieden het meeste perspectief."

In het veld is een stuk lastiger?
"Ja. In het lab kun je aardappelplanten van opzij met camera's bekijken en dat lukt in het veld niet. Je moet van boven werken of schuin van opzij. Daarvoor hebben we een meetbak ontworpen met speciale camera's en aangepaste belichting. "De machine doet het niet gek, maar statistisch gezien hebben we meer data nodig. De detectie in het veld is belangrijk voor de robuustheid van het systeem."

Nog liggen problemen aanpakbaar?
"De Specim FX10-hyperspectraal-camera was nog maar loot op de markt. Er zaten kinderziekten in en de camera moest terug naar Finland. Met de proef zijn we daarvoor iets later gestart. "De Specim FX10 maakt een lijnscan van de planten en dat zorgt voor snelheid voor een beperkte factor. We rijden met een bedruwend lage snelheid van 400 meter per uur. Het veld in gaan met de machine is wel een belangrijke stap in het proces."

Ma vier jaar is er een machine?
"De techniek is nog niet praktijkrijp. We hopen in dit project een techniek te kunnen afleveren op basis waarvan Kverneland, een van de partners van het project, een machine kan maken. Bijvoorbeeld een autonoom werkend voertuig met camera's voor de aardappelselectie."

Wat is het economische belang?
"De schade door klasoverlaging en afkeuring in pootgoed is in Nederland jaarlijks 20 à 25 miljoen euro. De kosten van selectie bedragen 8 tot 10 miljoen euro. Voor een bedrijf met 40 hectare pootgoed gaat het om 30.000 tot 50.000 euro aan kosten op kwaliteitsderving. "BO Akkerbouw financieert het project uit restmiddelen van het voormalig Productieschap Akkerbouw, Agrius, HZPC, NAK en de Pootaardappelacademie doen ook mee."

Jan Kamp, Wageningen University & Research

De detectie in het veld levert veel data op en dat is belangrijk voor de robuustheid van het systeem.

Foto: Jan Beekman

Website Boerderij – 12 juli 2017

[http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2017/7/Detectie-ziek-pootgoed-getest-in-het-veld-157192E/?cmpid=NLC|boerderij_vandaag|2017-07-12|Detectie ziek pootgoed getest in het veld](http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2017/7/Detectie-ziek-pootgoed-getest-in-het-veld-157192E/?cmpid=NLC|boerderij_vandaag|2017-07-12|Detectie%20ziek%20pootgoed%20getest%20in%20het%20veld)

Vakblad Boerderij – 11-7-17

Detectie ziek pootgoed met Smart-zoeker getest in het veld



ACHTERGROND

DOOR JANET BEEKMAN

Vroege detectie en verwijdering van met virus- en bacterieziekten besmet pootgoed kan veel schade voorkomen. Praktijkonderzoek AGV, Glastuinbouw en PRI van Wageningen UR onderzoeken sinds 2011 inzet van smart-technieken voor detectie van erwinia en virusziekten. Het is onderdeel van het project Op naar Precisielandbouw 2.0. "In het laboratorium zijn de hyperspectraalcamera-techniek en 3D-plantanalyse het veelbelovendst", zegt Jan Kamp, projectleider Smart Ziekzoeker Pootaardappelen. "De hyperspectraalcamera kan virusziekten goed herkennen. We hebben aanwijzingen dat erwinia zo ook te detecteren is, maar dan in combinatie met 3D-beelden."

Dit jaar rijdt er voor het eerst een meetbak met speciale camera's op een proefveld om ziekte in poters tijdig op te sporen. Zo komt Smart-technologie voor telers van pootgoed weer dichterbij.

Er is een Smart Ziekzoeker ontwikkeld met een meetbak waarin camera's hangen. De bak is afgesloten van buitenlicht en hangt in de fronthead van een trekker. De led- en halogeenverlichting in de meetbak geeft een specifiek licht-spectrum. De hyperspectraalcamera meet de lichtweerkaatsing van een plant. Een snelle 3D-camera meet volume en vorm van het bladpakket en de structuur van een oppervlakte. Door ziekte verandert de bladstructuur, de camera kan dit identificeren.



De Smart Ziekzoeker bestaat uit een meetbak met camera's.

Sinds juni 2017 doet de Smart Ziekzoeker metingen op een proefveld in Tollebeek. "Parallel aan die resultaten, analyseren we ook gewasdata vastgelegd met een drone. Zo zien we of met een drone ziek pootgoed is op te sporen. En we laten een NAK-expert in het veld zieke planten opsporen met koppeling van gevonden locaties aan gps-coördinaten."

Kamp schat ziekteschade in pootgoed voor een teler met 40

hectare op gemiddeld €30.000 tot €40.000 per jaar. Dit zijn kosten voor selectie, klasoverlaging en afkeuringen. Op termijn investeren in een Smart-zoeker is voor grotere pootgoedbedrijven rendabel te maken. Kamp: "Zeker als het lukt met Smart-technologie de ziekzoeker zo ver te ontwikkelen dat deze ziektes eerder ontdekt dan het menselijk oog. Dan kunnen telers nog beter selecteren en de kwaliteit van het Nederlandse pootgoed verder verbeteren."

Het ideale scenario is een ziekzoekrobot die volautomatisch zieke planten detecteert en met een grijper verwijdert. "Dat is nog toekomstmuziek, eerst moet blijken of de ziekzoeker in staat is om zieke planten betrouwbaar te herkennen. We zijn nog volop bezig dit te onderzoeken. In 2018 willen we het detectiesysteem verder vervolmaken en daarna zoeken naar een goede techniek voor toepassing in het veld."



Smart
ziekzoeker
pootgaard-
appelen

Artikel Nieuwe Oogst 8-7-17

Smart-ziekzoeker pootgoed nu in volgende fase

Lelystad – Praktijkonderzoek AGV test het automatisch opsporen van zieke pootgaardappelen voor het eerst op het veld. Hyperspectraal- en 3D-camera's zijn hiervoor het meest geschikt.

“Na twee jaar testen van detectietechnieken van ziek pootgoed in een laboratorium, testen we dit seizoen geschikte technieken uit in het veld”, zegt Jan Kamp, projectleider van het project Smart Ziekzoeken Pootgaardappelen.

Vanaf 2015 voeren Praktijkonderzoek AGV, Glastuinbouw en PRI het project Smart Ziekzoeken Pootgaardappelen uit. Het vierjarige project loopt tot eind 2018 en is onderdeel van ‘Op naar Precisielandbouw 2.0’.

Vanaf vorige maand rijdt een nieuwe meetunit Smart Ziekzoeker voor het eerst op een proefveld in Tollebeek. Uit resultaten in 2015 en 2016 in een laboratorium blijkt 3D-plantanalyse en de hyperspectraalcameratechniek het meest veelbelovend zijn. “We willen de Smart-technologie zo ver ontwikkelen dat de ziekzoeker ziektes eerder ontdekt dan het menselijk oog. Telers kunnen dan de kwaliteit van het Nederlandse pootgoed nog verder verbeteren”, zegt Kamp.

De Smart-ziekzoeker bestaat uit een meetbak waarin camera's en led- en halogeenverlichting hangen. De bak is afgesloten van buitenlicht en hangt in de fronthef van een trekker. De verlichting geeft een specifiek lichtspec-



FOTO: PRAKTIJKONDERZOEK AGV

De Smart-ziekzoeker bestaat uit een meetbak met camera's.

trum. De hyperspectraalcamera meet de lichtweerkaatsing van een plant. Een snelle 3D-camera meet het volume en de veranderde bladstructuur van een zieke aardappelplant. De Smart-ziek-

zoeker verricht metingen op een NAK-proefveld met pootgoed met verschillen in besmettingsgraad van Erwinia en virus. “Ook analyseren we gewasdata vastgelegd met een drone om te zien of we

hiermee ziek pootgoed kunnen detecteren. En we laten een NAK-expert in het veld zieke planten opsporen met koppeling van gevonden locaties aan GPS-coördinaten.”

Poster (pitch) Agrofood Tech – Den Bosch (13-14 december 2014)



Het project is onderdeel van het Topsector Agri&Food programma “op naar precisielandbouw 2.0), een publiek-private samenwerking. Mede mogelijk gemaakt dankzij: BO-Akkerbouw, LTO Nederland, Agrico, HZPC, NAK, Kverneland en Phenovation BV.



Bijlage 3: Powerpoint Resultaten 3D metingen (Pieter Blok)

- separaat bijgevoegd

Bijlage 4: Powerpoint Hyperspectraal analyses (Gerrit Polder / Hennie de Villier)

- separaat bijgevoegd

Bijlage 5: Powerpoint Drone waarnemingen (Lammert Kooistra / Marston Francheschini)

- separaat bijgevoegd
