

KIEM project Smart Farming Broccoli

Stefan Zwagerman en Thijs Bouwes

15-3-2022





Areaal broccoli
Nederland 2.500 ha
Wereld 126.000 ha

Tekort aan arbeidsmigranten bedreigt de oogst: "Zonder personeel gebeurt er niets"

3 februari 2022, 16.00 uur · Aangepast 3 februari 2022, 19.06 uur · Door Chantal Bos & Michiel Baas

Er dreigt een groot tekort aan arbeidsmigranten in de agrarische sector en dus komt ook de oogst in gevaar. Broccoli-teler Meindert-Jan Botman uit Oostwoud herkent het probleem en pleit er samen met de LTO voor, om werknemers van buiten de Europese Unie te laten. "Zonder personeel gebeurt er niets."

Premium

Machine die het oogsten van broccoli ('Niet het mooiste werk') uit handen neemt is weer een stapje dichterbij. Met dank aan Stefan (23) en Thijs (25) [video]



Leggrond

o & video | 30 sep 2010 | laatste update: 25 jan 2011

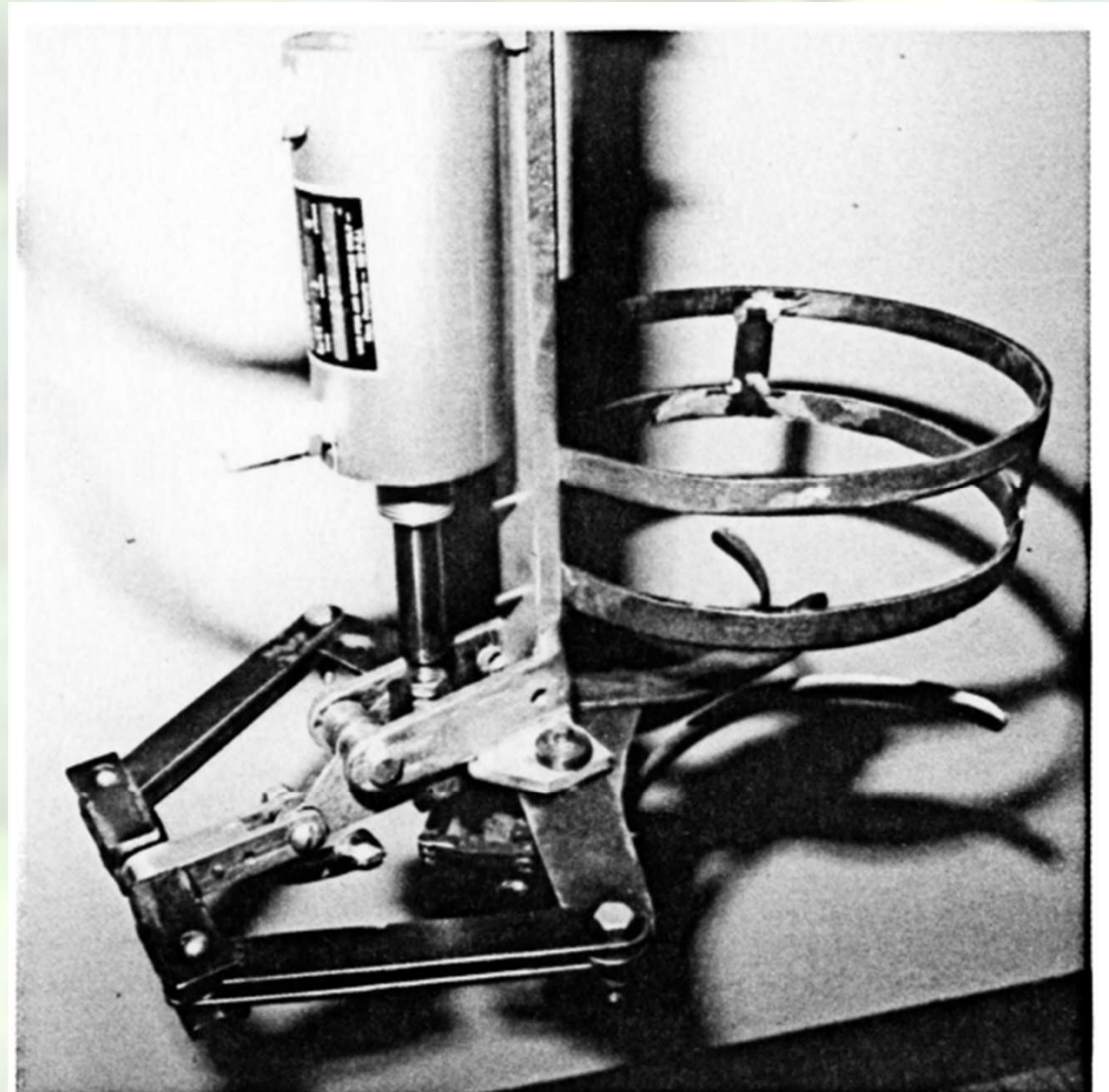
Machinaal broccoli oogsten

er de naam 'Easy Harvest' zijn mechanisatiebedrijf Tumoba en zaadfirma Seminis bezig om het machinaal oogsten van broccoli mogelijk te maken. Tumoba ontwikkelde een prototype dat op de rassendagen bij Seminis gedemonstreerd werd. Het zal nog enkele jaren duren voordat het prototype is veranderd in een meerrijige oogstmachine en er rassen op commerciële schaal beschikbaar zijn - met een scherm boven het gewas uit en nauwelijks blad tot op zo'n 10 centimeter onder het scherm - om op deze manier te kunnen oogsten. Bron: Groenten&Fruit - Auteur: Stan Verstegen

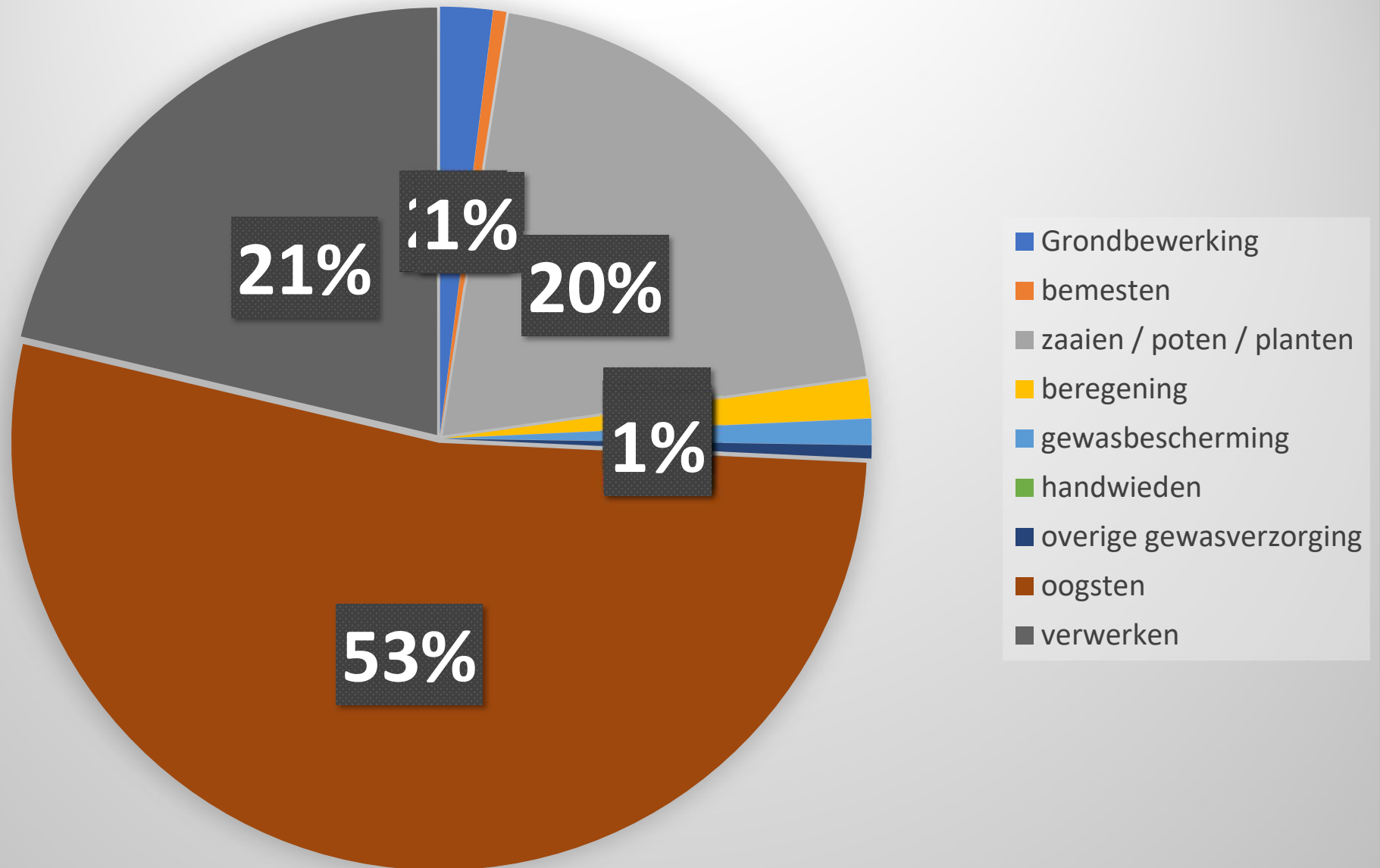


1988! Virginia USA

- Jarenlang onderzoek gaande
- Automatiseren broccolioogst



Arbeidsverdeling broccoliteelt



Oogstploeg trekker + oogstband

cyclustijd oogsten	2,50	seconde
cyclustijd niet oogsten	2,50	seconde
aantal oogstmedewerkers	7	personen
aantal regels	24	
tijd keren kopakker	5	min
tijd wisselen wagen	5	min
aantal kisten in wagen	10	stuks

Oogstmachine

cyclustijd machine	1,5	seconde
cyclustijd machine niet oogsten	1,5	seconde
aantal regels	5	
aantal oogstkoppen	5	
tijd keren kopakker	5	min
tijd overladen broccoli	5	min
volume bunker	3	stuks (uitgedrukt in kisten)

handmatige oogstploeg

werkbare uren in een dag	9	uur
werkbare dagen in een week	6	dagen
duur seizoen	30	weken
	1620	uren / jaar
capaciteit 1 ploeg	133	ha / jaar
arbeidskosten	€ 1.453,50	euro / ha
arbeidskosten	€ 192.780	per jaar
machinekosten	€ 212,97	euro / ha
brandstofkosten	€ 67,18	euro / ha
	€ 1.733,65	kosten / ha









oogstmachine

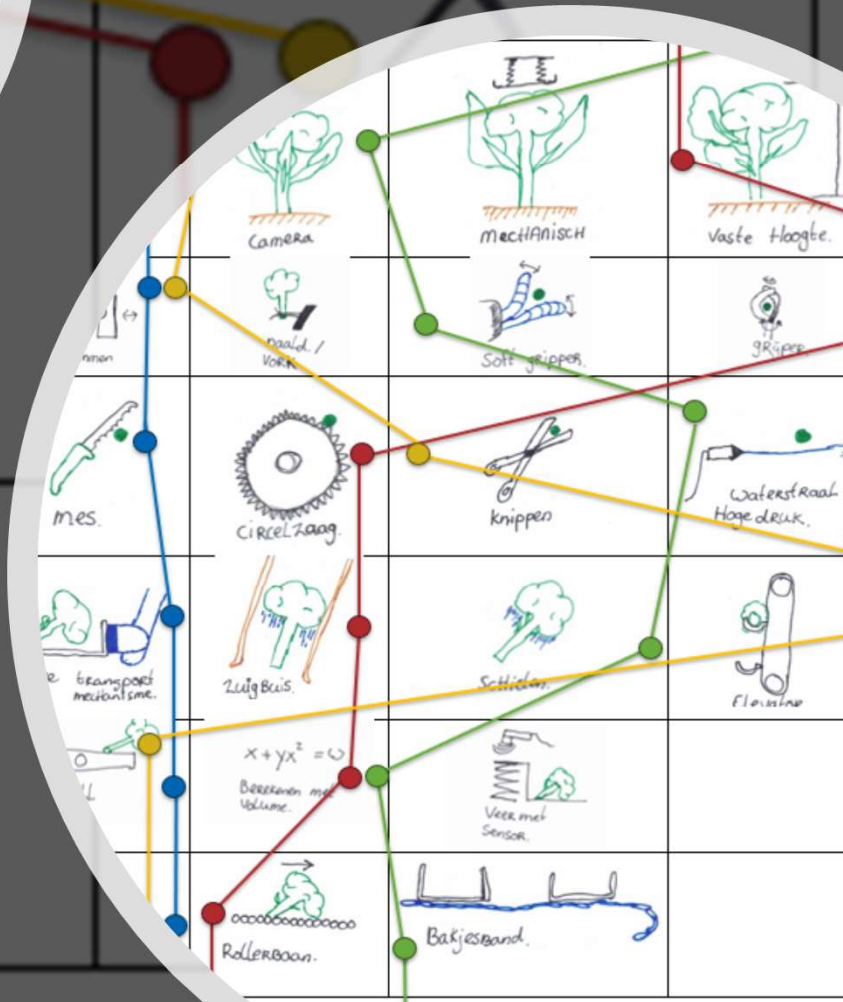
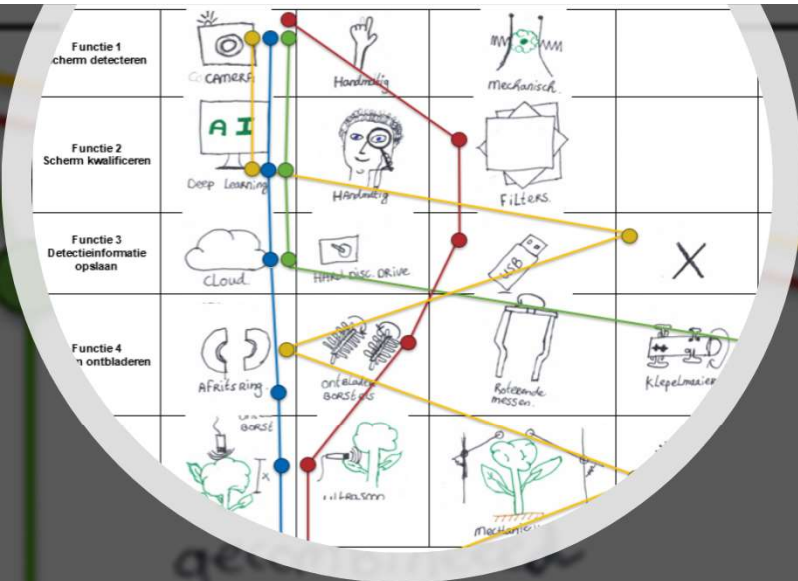
werkbare uren in een dag	12	uur
werkbare dagen in een week	6	dagen
duur seizoen	30	weken
	2160	uren / jaar
capaciteit machine	133	ha / jaar
arbeidskosten	275	euro / ha
Capaciteit factor	101%	
brandstofkosten	€ 81,00	euro / ha (10L / uur)
machinekosten	€ 503,30	
	€ 859,70	kosten / ha

Digital Twin Broccoli



Overzicht oogstmachines

Bedrijf	Tumoba V1	Tumoba V2	RobovegRV1	Agritronics	Dobmac	Univerco	Mycom	Yanmar
Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8
Afbeelding								
Selectief?	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee
Camera	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee
Land van herkomst	Nederland	Nederland	Verenigd Koninkrijk	Nederland	Australië/ Nieuw-Zeeland	Canada	Japan	Japan
Aantal rijen	1	1	2-3	4	1-4	3	2	1
Capaciteit	6000	514	1200	7200	14000	19200	1440	3600
Capaciteit-rij	6000	514	1200	1800	7000	6400	720	3600
Conceptbeoordeling								
Blad-stengel	Ok	Ok	Matig	Onbekend	Slecht	Slecht	Matig	Matig
Grootste bottlenecks	Niet selectief	Traag	Blad- verwijdering	Onbekend	Blad-verwijdering	Niet selectief	Blad-verwijdering	Niet selectief



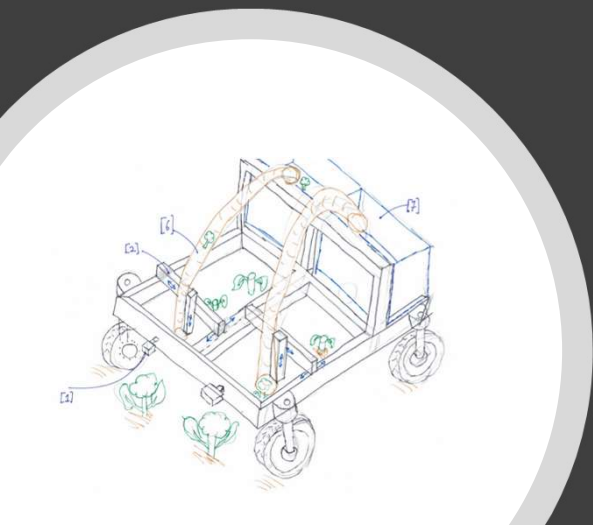
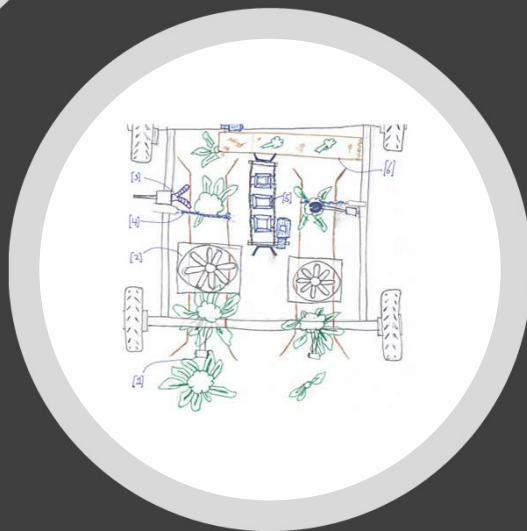
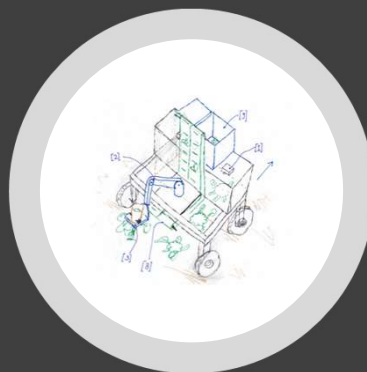
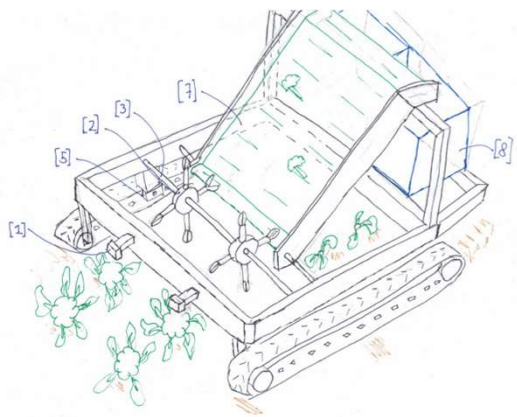
Systematisch ontwerpen

gescheiden transport
(bron scheiden)

geen
transport
(later sorteren)

Snelkoppeling

Automatische
koppeling



Verschillende ontwerpconcepten

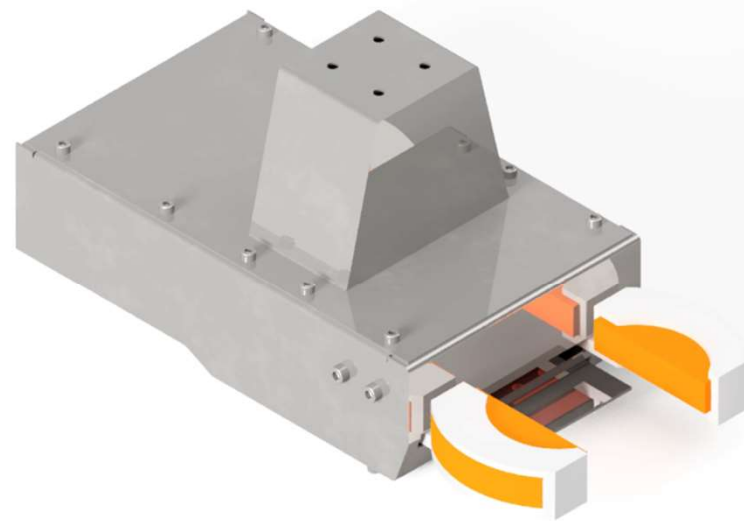
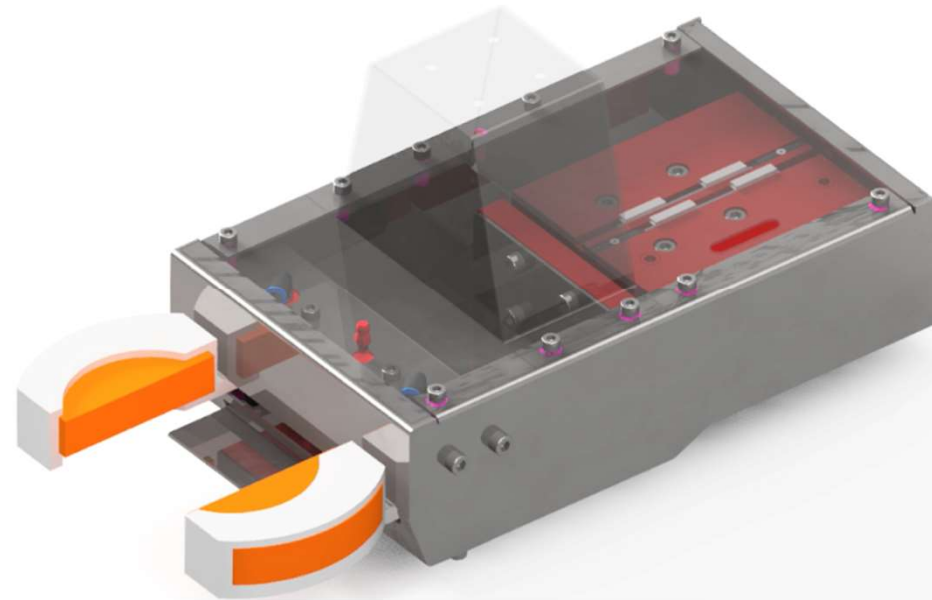
- Hybride concept
- Multi stage ontbladeren en afsnijden
- Waterstraalsnijden als optie

Ontbladeren





Klemmen en
snijden





Werpen



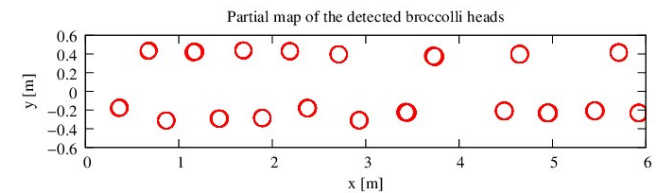
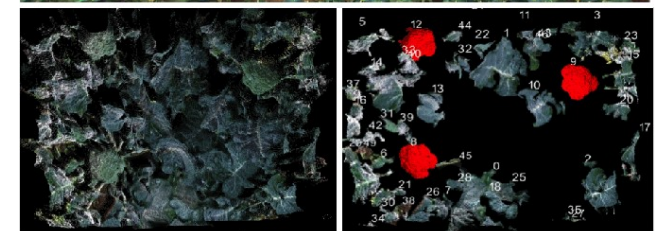


Cameratechniek

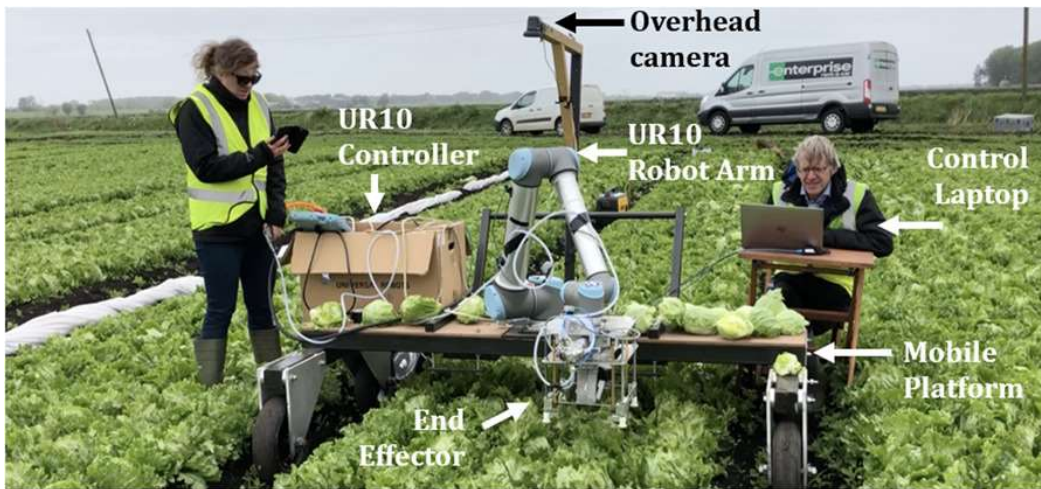
- Lokalisatie van broccoli op mm nauwkeurig [9]
- Classificatie oogstbare broccoli (scherm diameter) [10]



[3] Ontwikkeling en validatie van computer vision technologie ten behoeve van een broccoli oogstrobot



[2] 3D-vision based detection, localization, and sizing of broccoli heads



[1] A field-tested robotic harvesting system for iceberg lettuce

Selectie diepte camera



Vijf diepte camera's



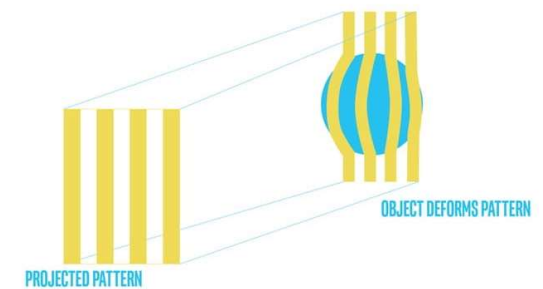
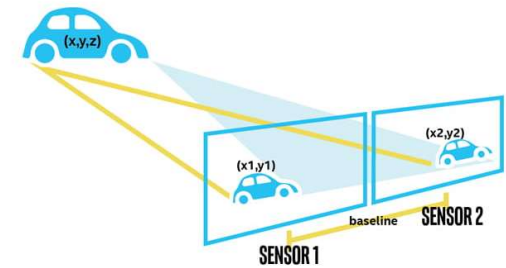
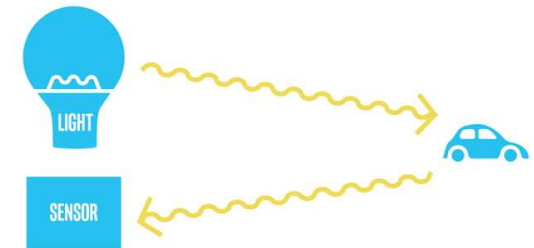
Multicriteria analyse

Resolutie

Snelheid

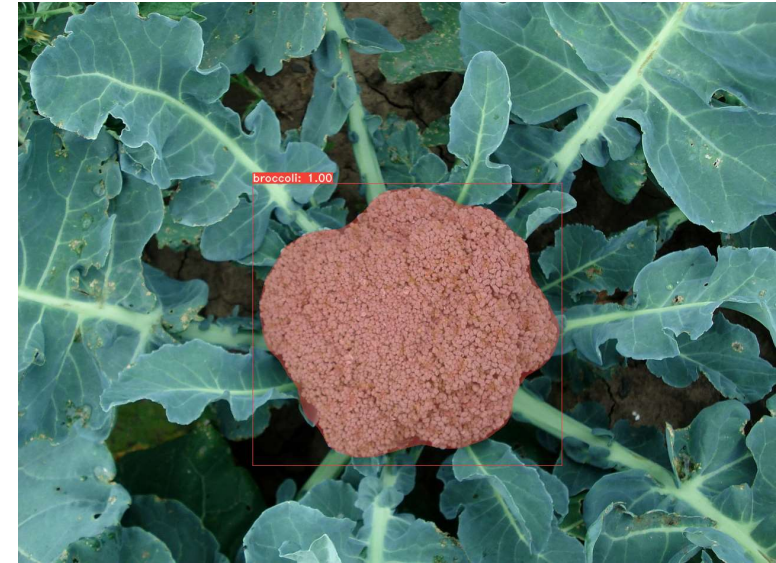
Omgeving

Integratie mogelijkheden

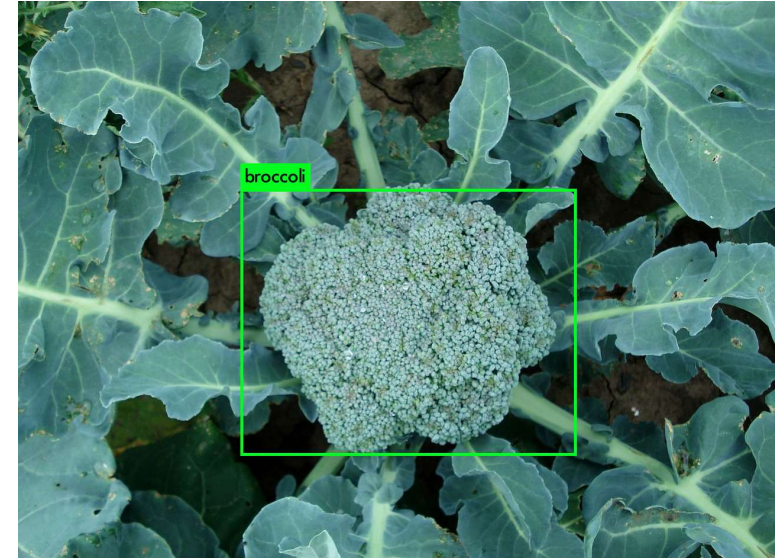


Selectie deep learning algoritme

- Twee kandidaten uit een review geselecteerd [11]
 - YOLACT
 - YOLO V4
- Twee algoritmes vergelijken op
 - Frames per second (FPS)
 - Average precision (AP)
- Trainen en testen op eigen dataset
 - Eerlijke vergelijking



YOLO V4 instance segmentation voorbeeld



YOLO V4 bounding box voorbeeld

Dataset voor algoritmes



5% roteren



15% zoom



Spiegel verticaal en horizontaal



100 pixels bijsnijden

- Eigen dataset voor trainen en testen
- 16 video's van de universiteit van Lincoln
 - UK – ras Iron Man
 - ES – ras Titanium
- 610 broccoli's
 - Verschillende omstandigheden
- Splitsen dataset
 - Train 70%
 - Validatie 20%
 - Test 10%
- Data augmentation test

Resultaten deep learning vergelijking

Kandidaat	FPS	AP	Precision	Fout herkend - FP	Recall	Niet herkend - FN
YOLO V4	31,5	70%	97%	3	97%	3
YOLACT	19,5	74%	98%	2	94%	6
YOLO V4 Tiny	63,7	67%	98%	2	89%	11
<i>WUR kleur</i>	3,4		99%	1	91%	9
WUR Mask R-CCNN	3,7	77%	99%	1	94%	6
<i>Lincoln - UK</i>	0,2		95%	5		
<i>Lincoln - Spain</i>	0,2		84%	16		
Cambridge – YOLO V3	12,2		98%	2	88%	12

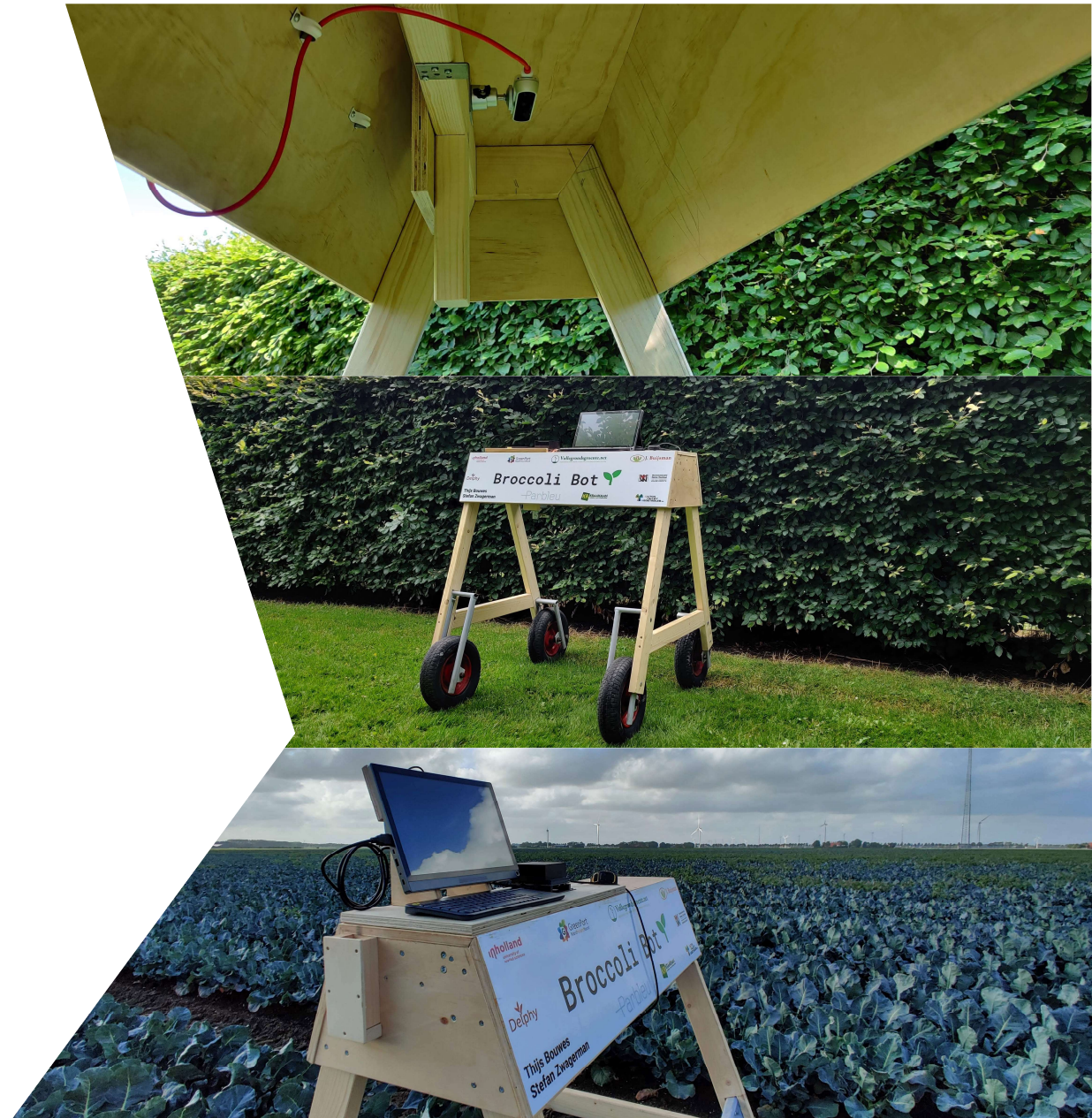
Genormaliseerd op 100 broccoli's

YOLO V4

Proof of concept

- Kar met de hand voortbewegen
- NVIDIA Jetson AGX – 15 FPS
- Powerbank 83 wattuur – 3 uur testen
- Diepte camera Intel D415
- Deep learning algoritme YOLO V4
- Spoorbreedte 100 cm
- Camera hoogte 120 en 100
- Python software

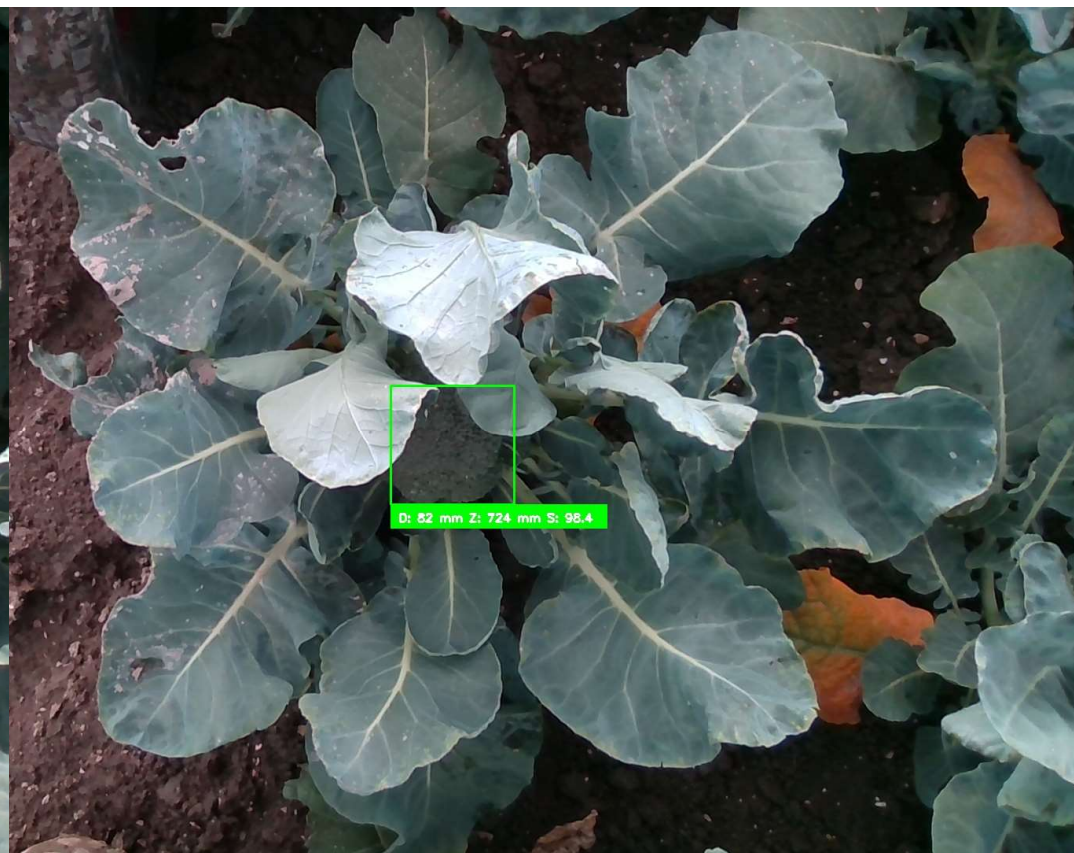
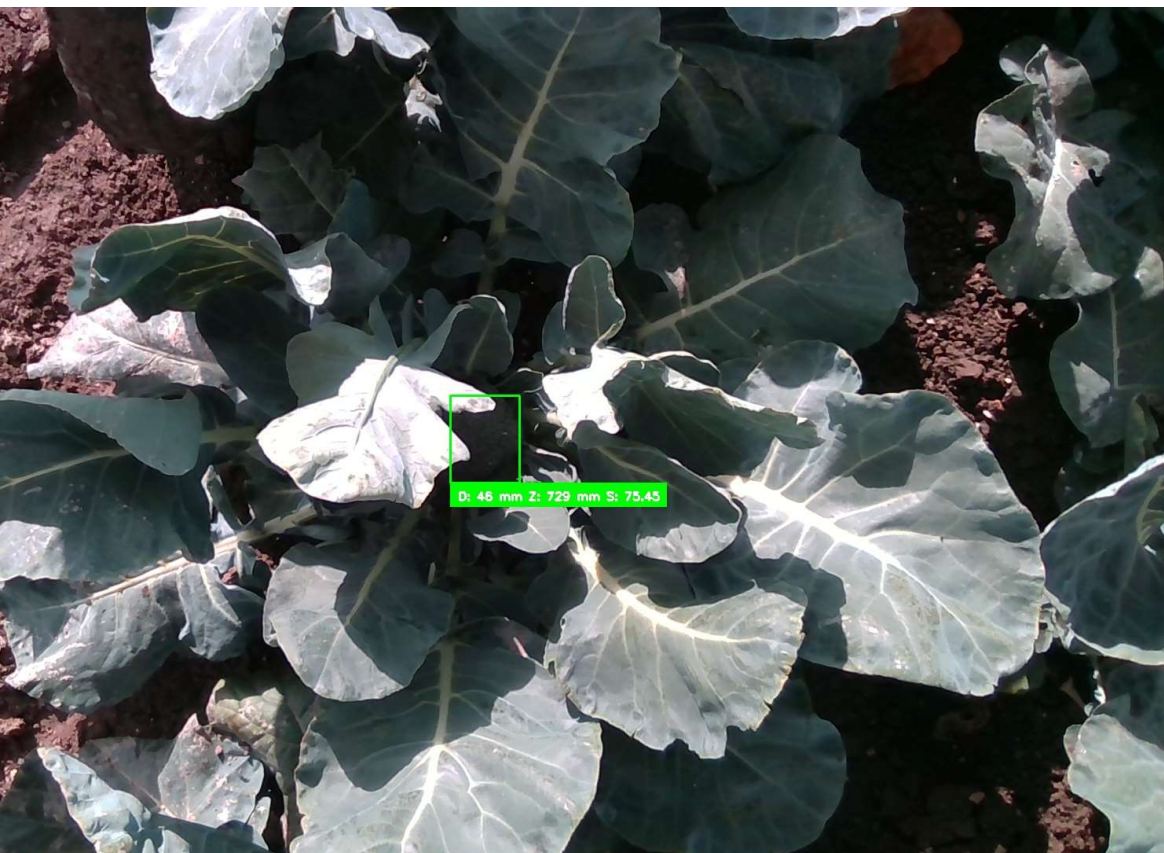
<https://github.com/thijsbouwes/broccoli-bot-client>



Experiment



- 50 broccoli's geïnspecteerd
- Nauwkeurigheid
 - Diameter 9,36 mm
 - Diepte 8,98 mm



Overhangend blad

Dichte begroeiing



Conclusies

- Werpeffector werkt
- Ontbladeren gaat redelijk
- Rekening houden met omstandigheden (warm = slap gewas)
- 31,5 inspecties per seconde
- Herkend 97% van de broccoli's
- Diepte en diameter op cm nauwkeurig

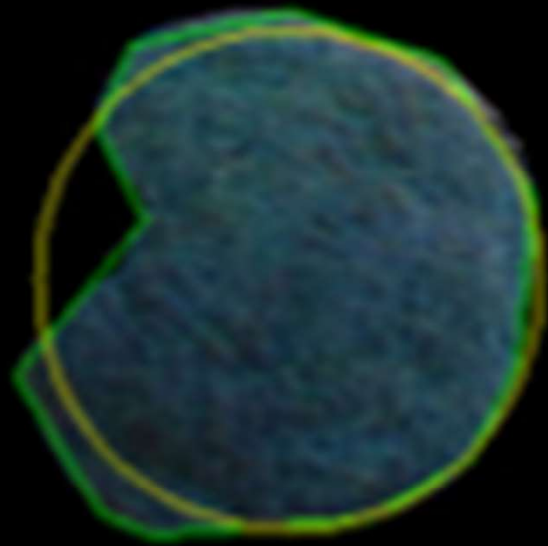
Projectvoortgang



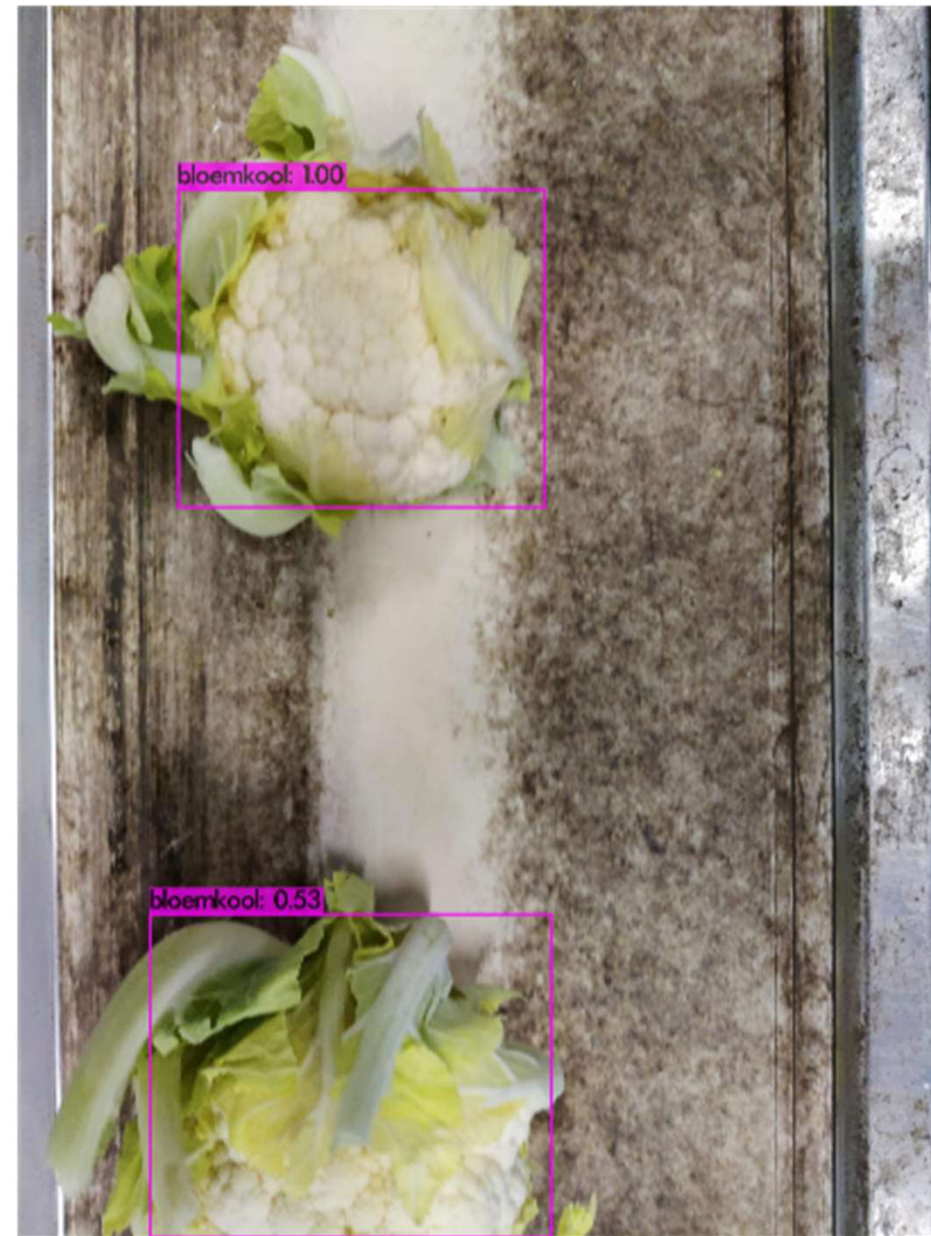
Herkenning plantafwijkingen



Verbeterde positiebepaling



Beeldherkenning bloemkool



Verdere stappen

- Verbetering ontbladering
- Integratie oogstarm
- Zelfrijdend platform



Smart Farming Broccoli

