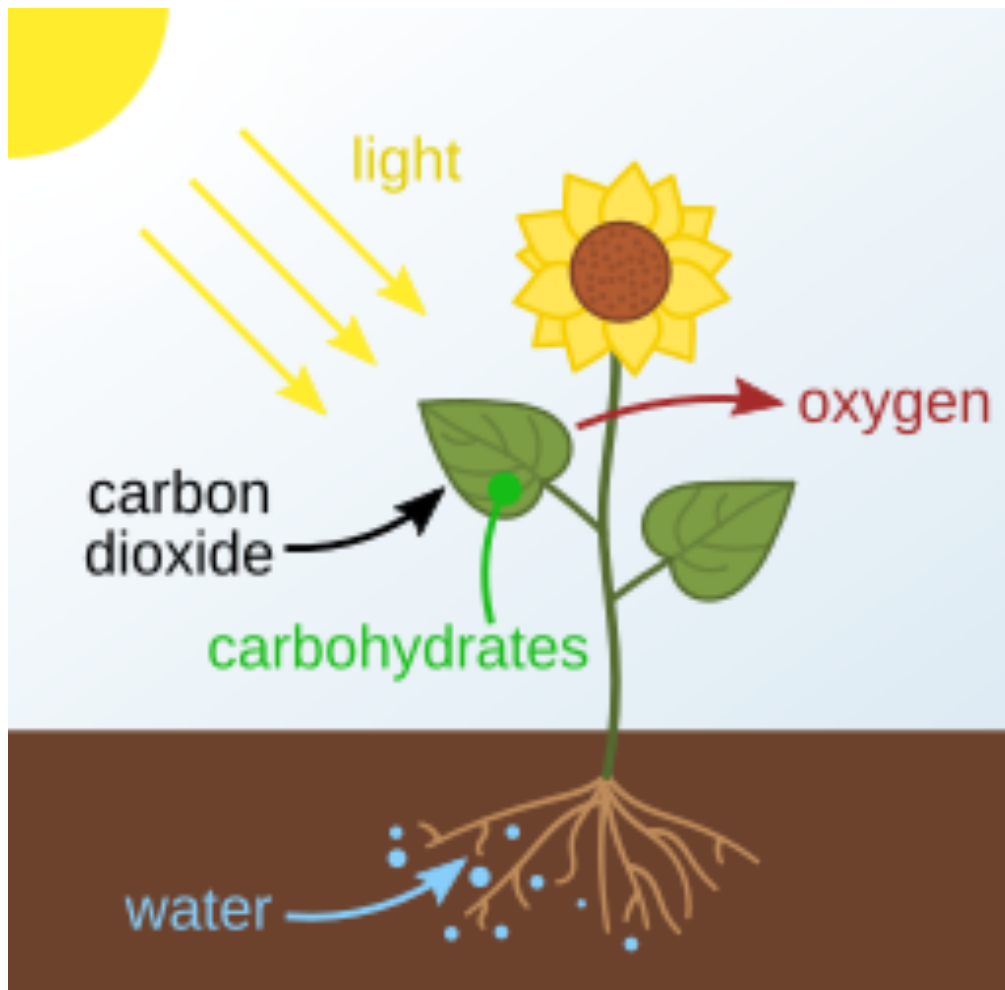


# PLANTGEZONDHEID METEN

ONDERZOEK NAAR HET GEBRUIK VAN LOW-BUDGET CAMERA'S VOOR  
PLANTGEZONDHEIDSANALYSE MET NDVI



*Dit rapport is opgesteld om onderzoek te doen naar het gebruik van low-budget camera's voor plantgezondheidsanalyse, waarbij technieken zoals de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) worden toegepast. Het doel is om betaalbare alternatieven te vinden voor hyperspectrale camera's en te begrijpen hoe planten en infraroodlicht samenhangen met hun gezondheid.*

*Correspondentie met betrekking tot dit rapport kan gericht worden aan Anouk Okkema, Student Minor Robotisering, Avans Hogeschool, Lovensdijkstraat 61-63, 4818 AJ Breda. Email: [a.okkema@student.avans.nl](mailto:a.okkema@student.avans.nl).*

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Inleiding.....</b>   | <b>3</b>                     |
| <b>1 - Achtergrondinformatie .....</b>                                  | <b>4</b>                     |
| 1.1 – Waarom zijn planten groen .....                                   | 4                            |
| 1.2 – Het gebruik van infraroodlicht in plantgezondheid .....           | 4                            |
| 1.3 – De Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) .....            | 4                            |
| <b>2 – Technische Aspecten van het Onderzoek.....</b>                   | <b>5</b>                     |
| 2.1 – Low-Budget Camera’s voor Plantgezondheidsmonitoring .....         | 5                            |
| 2.2 – De Raspberry Pi als Platform voor Plantgezondheidsmonitoring..... | 8                            |
| 2.3 – Softwareconfiguraties voor Plantgezondheidsmonitoring .....       | Error! Bookmark not defined. |
| <b>3 – Experimenten en Implementatie .....</b>                          | <b>9</b>                     |
| 3.1 – Selectie van de Plantsoort .....                                  | 9                            |
| 3.2 – Opzet van het Experiment.....                                     | 9                            |
| 3.3 – Gegevensverzameling en -verwerking .....                          | 10                           |
| 3.4 – Resultaten en Evaluatie .....                                     | 10                           |
| 3.5 – Keuze Camera & 3D ontwerp.....                                    | 11                           |
| <b>4 – Conclusies en Aanbevelingen .....</b>                            | <b>12</b>                    |
| 4.1 – Conclusies.....   | 12                           |
| 4.2 – Aanbevelingen voor Toekomstig Onderzoek .....                     | 12                           |
| <b>Literatuurlijst .....</b>  | <b>12</b>                    |

In de landbouw is het monitoren van plantgezondheid van cruciaal belang voor het optimaliseren van opbrengsten en het verminderen van verliezen door ziektes of andere stressfactoren. Het lectoraat Robotisering & Sensoring aan Avans Hogeschool onderzoekt het gebruik van hyperspectrale camera's om de gezondheid van gewassen te monitoren. Hyperspectrale camera's bieden gedetailleerde informatie over de chemische samenstelling en de gezondheid van planten door licht in verschillende golflengten te meten. Echter, de hoge kosten van deze technologie maken het gebruik ervan in kleinere landbouwtoepassingen minder haalbaar.

Dit rapport richt zich op het verkennen van betaalbare alternatieven voor hyperspectrale camera's, zoals RGB-camera's met verwijderde infraroodfilters en Near-Infrared (NIR)-camera's. Het doel is om geschikte camera's te selecteren die in combinatie met een Raspberry Pi kunnen worden gebruikt voor het meten van de gezondheid van een specifieke plantsoort. Hierbij wordt de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) toegepast, een veelgebruikte techniek die de gezondheid van planten evalueert op basis van hun reflectie in zowel het zichtbare als het infrarode spectrum.

Het rapport bespreekt dus verder de werking van NDVI, de rol van infraroodlicht in plantgezondheid en de technische haalbaarheid van het gebruik van low-budget camera's met een Raspberry Pi voor deze toepassing. Het uiteindelijke doel is om een betaalbare en geschikte camera te selecteren voor de plantgezondheidsmonitoring van een specifieke plantsoort, waarmee verdere tests en toepassingen in deze expertise mogelijk worden.

## 1 - ACHTERGRONDINFORMATIE

De inzet van technologie voor plantgezondheidsmonitoring is essentieel in de landbouw. In deze sectie wordt dieper ingegaan op de wetenschappelijke basis van technieken zoals NDVI, die de reflectie van licht door planten analyseert om hun gezondheid te beoordelen. We onderzoeken het gebruik van spectrale gegevens, inclusief de rol van infraroodlicht, en hoe deze methoden bijdragen aan het monitoren van gewassen.

### 1.1 – WAAROM ZIJN PLANTEN GROEN

Voordat we beginnen met het uitleggen van infrarood en Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), is het belangrijk om te begrijpen waarom planten groen zijn. De groene kleur van planten wordt veroorzaakt door chlorofyl, een pigment dat cruciaal is voor de fotosynthese. Dit proces stelt planten in staat om hun eigen voedsel te produceren door zonlicht om te zetten in energie. Chlorofyl absorbeert vooral licht uit het blauwe en rode spectrum, terwijl het groene licht wordt weerkaatst. Dit verklaart waarom planten voor ons oog groen lijken (National Geographic Society, 2023).

De hoeveelheid en efficiëntie van chlorofyl in een plant zijn directe indicatoren van de gezondheid van de plant. Gezonde planten bevatten meer chlorofyl, wat hen in staat stelt om voldoende energie te produceren. Wanneer een plant onder stress staat door ziekte, watertekort of voedingsstoffentekorten, vermindert de chlorofylproductie. Dit verandert de manier waarop de plant licht absorbeert en reflecteert, wat zichtbaar wordt in spectrale analyses. Deze veranderingen kunnen worden waargenomen met technieken zoals de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), waarbij het gedrag van de plant in zowel zichtbaar licht als infraroodlicht wordt geanalyseerd.

### 1.2 – HET GEBRUIK VAN INFRAROODLICHT IN PLANTGEZONDHEID

Infraroodlicht speelt dus een cruciale rol bij het analyseren van plantgezondheid, omdat het unieke eigenschappen van planten onthult die niet zichtbaar zijn met het blote oog. Planten reflecteren een groot deel van het nabij-infrarode licht (NIR) dat op hen valt, terwijl ze zichtbaar licht (zoals rood en blauw) voornamelijk absorberen voor fotosynthese. De mate van NIR-reflectie en absorptie van zichtbaar licht wordt beïnvloed door de gezondheid van de plant.

Gezonde planten met een hoge chlorofylconcentratie reflecteren meer NIR en absorberen meer rood licht. Daarentegen vertonen gestreste of zieke planten een lager reflectiepatroon in het NIR-spectrum vanwege beschadigde celstructuren in hun bladeren. Deze verschillen maken het mogelijk om infraroodlicht te gebruiken als indicator voor plantgezondheid (LP DAAC, z.d.).

### 1.3 – DE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

Een veelgebruikte methode om de gezondheid van planten te meten is de **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**, die gebruikmaakt van spectrale gegevens. NDVI meet de reflectie van nabij-infraroodlicht (NIR) en zichtbaar rood licht door planten. Zoals uitgelegd in sectie 1.1, absorberen planten rood licht voor fotosynthese en reflecteren ze een groot deel van het NIR-licht vanwege de structuur van hun bladeren. Door de reflectiewaarden van nabij-infraroodlicht (NIR) en rood licht van elkaar af te trekken en het resultaat te delen door de som van deze reflectiewaarden, wordt de NDVI berekend. Deze index maakt het mogelijk om de gezondheidstoestand van planten te analyseren en te onderscheiden van andere vegetatie of gezondheidsniveaus. De formule voor NDVI is als volgt:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

waarbij:

- **NIR** de reflectie is in het nabij-infrarood spectrum,
- **R** de reflectie is in het rode spectrum van zichtbaar licht.

Wanneer de NDVI-waarde wordt berekend, geeft deze een waarde tussen -1 en 1. Een waarde dicht bij 1 wijst op gezonde, goed ontwikkelde vegetatie, terwijl een waarde dicht bij 0 of lager vaak duidt op een lage vegetatiedichtheid of een ongezonde plant. Gewone planten hebben meestal NDVI-waarden tussen 0,2 en 0,9, afhankelijk van de plantsoort en de omgeving. Planten die zich in een stressvolle situatie bevinden, zoals door droogte of ziekte, zullen lagere NDVI-waarden vertonen, aangezien hun reflectie van het NIR-licht afneemt en het absorberen van zichtbaar licht niet effectief is (Gelerter, 2023).

Hoewel NDVI een veelgebruikte methode is om plantgezondheid te meten, zijn er geen universeel overeengekomen standaarden voor de specifieke golflengtes van rood en NIR die gebruikt moeten worden. Er zijn verschillende optimale golflengtes voorgesteld, maar in de praktijk worden vaak verschillende golflengtes gebruikt, afhankelijk van de apparatuur die beschikbaar is. De keuze voor de golflengte(s) hangt vaak af van de technische mogelijkheden van het meetapparaat, zoals het aantal beschikbare spectrale banden en de bandbreedte van de sensor.

Het Lectoraat Robotisering & Sensoring overweegt momenteel de inzet van een hyperspectrale camera, de Specim FX10e, voor het monitoren van plantgezondheid. Dit systeem biedt uitgebreide spectrale gegevens over een breed scala aan golflengtes, wat helpt bij het verkrijgen van nauwkeurige NDVI-waarden. Echter, als alternatief voor deze geavanceerde en dure technologie, wil ik onderzoeken of er goedkopere, toegankelijke oplossingen mogelijk zijn, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een Raspberry Pi gecombineerd met goedkopere camera-oplossingen.

## 2 – TECHNISCHE ASPECTEN VAN HET ONDERZOEK

De keuze van camera's en technologieën speelt een cruciale rol in het proces van het meten van plantgezondheid via NDVI. In deze sectie worden verschillende technische aspecten van het onderzoek besproken, met de focus op het selecteren van geschikte camera's voor een kosteneffectieve oplossing en het gebruik van een Raspberry Pi-platform voor het uitvoeren van de benodigde beeldverwerkingsanalyses.

### 2.1 – LOW-BUDGET CAMERA'S VOOR PLANTGEZONDHEIDSMONITORING

Voor het monitoren van de gezondheid van planten via de NDVI-methode zijn camera's nodig die in staat zijn om zowel zichtbare als nabij-infrarode (NIR) golflengten vast te leggen. Veel standaard camera's bevatten infraroodfilters die de NIR-golflengten blokkeren, wat de bruikbaarheid voor plantgezondheidsmetingen beperkt. Daarom zijn NOIR-camera's (No IR filters) geschikt voor deze toepassing, omdat ze het volledige golflengtebereik van het zichtbare spectrum en NIR vastleggen. NOIR-camera's zijn vaak goedkoper dan hyperspectrale systemen en kunnen de benodigde gegevens leveren voor NDVI-berekeningen, mits ze de juiste spectrale gevoeligheid bieden. In de volgende tabel worden camera-opties weergegeven die qua technische specificaties geschikt zijn voor het uitvoeren van NDVI-berekeningen in combinatie met een Raspberry Pi.

| Camera  | Prijs  | Resolutie | Sensor | Lens Type    |
|---|--------|-----------|--------|--------------|
| Arducam OV9281 1MP Mono Global Shutter NoIR Mono MIPI-camera  | €49,84 | 1MP       | OV9281 | MIPI         |
| ArduCam 16MP IMX519 (NOIR) Cameramodule met Vaste Focus<br>Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Cameramodule met CS-lens 2718 | €34,57 | 16MP      | IMX519 | Vaste Focus  |
| Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Cameramodule met CS-lens 2718  | €46,10 | 8MP       | IMX219 | CS-lens 2718 |

|  |         |        |        |                               |
|--|---------|--------|--------|-------------------------------|
| Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Camera Module met Gemotoriseerde IR Snij Filter | €46,10  | 8MP    | IMX219 | Gemotoriseerde IR Snij Filter |
| ArduCam 5mp 1080p OV5647 NoIR-Camera Module met 12M-Montage                  | €34,56  | 5MP    | OV5647 | M12 Lens Mount                |
| Arducam 2MP OV2311 Global Shutter NoIR Mono Camera Modules                   | €139,95 | 2MP    | OV2311 | MIPI                          |
| Raspberry Pi Camera 3 NoIR   | €29,63  | 11.9MP | IMX708 | Auto Focus                    |

Tabel 2.1.1 Technische Specificaties van Camera's

## VOORDELEN EN NADELEN

Hoewel alle geselecteerde camera's technisch geschikt zijn voor NDVI-berekeningen, brengt elke optie specifieke voordelen en beperkingen met zich mee. Het is essentieel om deze eigenschappen in detail te bespreken, zodat een weloverwogen keuze gemaakt kan worden op basis van de behoeften van het project. In deze sectie worden de sterke en zwakke punten van elke camera gepresenteerd.

### **Arducam OV9281 1MP Mono Global Shutter NoIR Mono MIPI-camera**

De Arducam OV9281 biedt uitstekende prestaties voor toepassingen die een hoge frame rate vereisen, zoals bewegingsdetectie of oog- en hoofdtracking, dankzij de globale sluiters die snelle bewegingen zonder vervorming vastlegt. Het is ontworpen voor gebruik bij weinig licht door de infraroodsensor, waardoor het ideaal is voor toepassingen zoals NDVI-berekeningen. De 1 MP resolutie is geschikt voor toepassingen waar gedetailleerde beelden minder belangrijk zijn en de MIPI-interface maakt eenvoudige integratie met de Raspberry Pi mogelijk. Aan de andere kant heeft de camera met zijn lagere resolutie van 1 MP een beperkte bruikbaarheid voor toepassingen die gedetailleerde beelden vereisen. Het gebruik van een monochrome sensor maakt het ongeschikt voor toepassingen waarbij kleurinformatie essentieel is, en het beperkte scherpstelbereik maakt het minder flexibel voor toepassingen die variabele scherpstelling vereisen.

### **ArduCam 16MP IMX519 (NOIR) Cameramodule met Vaste Focus**

De Arducam 16MP IMX519 camera biedt een uitstekende beeldkwaliteit door zijn hoge resolutie, wat het ideaal maakt voor toepassingen die gedetailleerdere beelden nodig hebben. De NoIR-versie van de IMX519-sensor maakt het geschikt voor nachtzicht en multispectrale toepassingen, terwijl de vaste focuslens het gebruiksgemak verhoogt, omdat er geen handmatige scherpstelling nodig is. Dit maakt de camera veelzijdig voor UAV's en robots. Aan de andere kant heeft de vaste focuslens een beperking voor toepassingen die variabele scherpstelling vereisen, en de camera is minder geschikt voor toepassingen die een breder gezichtsveld nodig hebben. Daarnaast maakt de hogere prijs het een minder kosteneffectieve keuze voor projecten met een beperkt budget.

### **Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Cameramodule met CS-lens 2718**

De Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 biedt een goede balans tussen beeldkwaliteit en kosten. De Sony IMX219-sensor is gevoelig voor infraroodlicht, waardoor het goed geschikt is voor nachtzicht en NDVI-berekeningen. De lens met CS-vatting biedt flexibiliteit omdat deze verwisseld kan worden voor verschillende scherpstelbehoeften, wat de camera veelzijdig maakt voor wetenschappelijk onderzoek en veldtoepassingen. De camera heeft echter een beperkte beeldhoek van 58 graden, waardoor het minder geschikt is voor toepassingen die een breder gezichtsveld vereisen. De 8 MP resolutie is goed voor veel toepassingen, maar niet hoog genoeg voor projecten die grotere detailniveaus vereisen.

### **Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Camera Module met Gemotoriseerde IR Snij Filter**

Deze camera biedt dezelfde 8 MP resolutie als de vorige, maar heeft het voordeel van een gemotoriseerd IR-cut filter, waarmee zowel zichtbaar licht als infraroodlicht vastgelegd kan worden. Dit maakt de camera geschikt voor zowel dag- als nachtzicht en voor multispectrale toepassingen. Het motorized IR-cut filter biedt flexibiliteit bij veranderende lichtomstandigheden. Aan de andere kant heeft de camera een beperkte beeldhoek van 100 graden, wat de dekking beperkt voor bredere toepassingen. De extra kosten en complexiteit van het gemotoriseerde filter maken het een minder kosteneffectieve keuze voor eenvoudige toepassingen.

### **ArduCam 5MP 1080p OV5647 NoIR-Camera Module met 12M-Montage**

De Arducam 5MP 1080p camera biedt goede prestaties voor toepassingen bij weinig licht dankzij het ontbreken van een IR-filter, waardoor het geschikt is voor nachtbeveiliging en wildonderzoek. De camera ondersteunt zowel foto's als video in 1080p, waardoor het veelzijdig is voor verschillende soorten opnamen. De resolutie van 5 MP is echter relatief laag vergeleken met andere camera's op de markt, wat de detaillering in beelden beperkt. De camera heeft beperkte lensopties, wat de flexibiliteit vermindert voor toepassingen waarbij een vervangbare lens vereist is. Ook is de camera niet geschikt voor toepassingen die kleurinformatie nodig hebben.

### **Arducam 2MP OV2311 Global Shutter NoIR Mono Camera Modules**

De Arducam 2MP camera biedt een goede balans tussen resolutie en prestaties, dankzij de globale sluitersnelheid die snel bewegende objecten zonder vervorming vastlegt. De sensor is gevoelig voor infraroodlicht, waardoor deze goed presteert bij weinig licht en uitermate geschikt is voor NDVI-berekeningen. Het is ideaal voor toepassingen waar snelle bewegingen of nauwkeurige metingen vereist zijn. Toch heeft de camera met zijn 2 MP resolutie een beperkte beelddetail, wat het ongeschikt maakt voor toepassingen die gedetailleerde beelden vereisen. Het gebruik van een monochrome sensor is een beperking voor toepassingen die kleurinformatie nodig hebben.

### **Raspberry Pi Camera 3 NoIR**

De Raspberry Pi Camera 3 NoIR is uitgerust met een 12 MP IMX708 sensor die zorgt voor uitstekende beeldkwaliteit en hoge gevoeligheid voor infraroodlicht. De automatische scherpstelling maakt het gemakkelijk te gebruiken in dynamische omgevingen. De camera biedt een hoge resolutie, wat het geschikt maakt voor toepassingen die gedetailleerde beelden vereisen. Het is compatibel met alle Raspberry Pi modellen, wat de integratie eenvoudig maakt. De beeldhoek van 66 graden is echter beperkt, wat de camera minder geschikt maakt voor toepassingen die een breder gezichtsveld vereisen. Bovendien zijn de kosten relatief hoog, wat het minder kosteneffectief maakt voor projecten met een beperkt budget.

---

## **BEOORDELING EN UITSLUITING VAN CAMERAOPTIES**

Om tot de vier geselecteerde camera's te komen, is een gestructureerde beoordeling uitgevoerd waarbij resolutie, kosten, functionaliteit en geschiktheid voor de beoogde toepassing zijn geëvalueerd. Deze selectieprocedure leidde tot het uitsluiten van enkele modellen en de uiteindelijke keuze van de meest geschikte opties. Hieronder worden de uitsluitingscriteria en selectiemotieven toegelicht.

### **Uitsluitingen op basis van resolutie**

De Arducam OV9281 1MP Mono Global Shutter NoIR Mono MIPI-camera werd uitgesloten omdat de resolutie van 1 MP niet voldoende is voor toepassingen waarbij gedetailleerde beeldinformatie nodig is, zoals bij NDVI-berekeningen. Hoewel de camera goede prestaties biedt bij weinig licht en bewegingen zonder vervorming kan vastleggen dankzij de globale sluitersnelheid, is het gebrek aan detailniveau een belangrijke beperking. Ook de Arducam 2MP OV2311 Global Shutter NoIR Mono Camera Modules viel af vanwege een vergelijkbaar probleem: de resolutie van 2 MP bleek te laag voor de vereisten van het project. Bovendien is dit model relatief duur, wat het een minder aantrekkelijke optie maakt binnen het beschikbare budget.



### **Uitsluiting op basis van functionaliteit**

De Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Camera Module met Gemotoriseerde IR Snij Filter werd uitgesloten vanwege de automatische IR-cut filter. Voor dit project is handmatige controle over het vastleggen van NIR-waarden essentieel, en de automatische filter introduceert onnodige complexiteit. Daarnaast biedt de Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 met CS-lens 2718, dankzij de verwisselbare lensoptie, meer flexibiliteit en veelzijdigheid. Dit maakte de gemotoriseerde IR-cut filtercamera minder geschikt voor de behoeften van het project.

### **Overwegingen voor selectie**

Na het uitsluiten van de bovengenoemde camera's bleef een selectie van vier modellen over die goed aansluiten bij de projectdoelen. De **ArduCam 5MP 1080p OV5647 NoIR-Camera Module met 12M-Montage** werd gekozen vanwege de betaalbaarheid, gebruiksgemak en betrouwbare prestaties bij weinig licht. De **Arducam NOIR 8MP Sony IMX219 Cameramodule met CS-lens 2718** combineert een goede beeldkwaliteit met de mogelijkheid om lenzen te vervangen, wat zorgt voor aanpasbaarheid in diverse toepassingen. De **ArduCam 16MP IMX519 (NOIR) Cameramodule met Vaste Focus** werd geselecteerd vanwege zijn hoge resolutie en geschiktheid voor gedetailleerde beeldanalyse. Tot slot werd de **Raspberry Pi Camera 3 NoIR** gekozen vanwege zijn uitstekende beeldkwaliteit, automatische scherpstelling en brede compatibiliteit met Raspberry Pi-modellen.

## **2.2 – DE RASPBERRY PI ALS PLATFORM VOOR PLANTGEZONDHEIDSMONITORING**

De **Raspberry Pi** is een goedkope, compacte en veelzijdige computer die zich uitstekend leent voor gebruik in plantgezondheidsmonitoring. De Raspberry Pi biedt voldoende verwerkingscapaciteit om camera's en andere sensoren aan te sluiten en gegevens te verwerken, terwijl het tegelijkertijd een lage prijs behoudt, wat het ideaal maakt voor zowel prototyping als veldtoepassingen. Het platform is bijzonder geschikt voor educatie en onderzoek vanwege de toegankelijkheid en de compatibiliteit met een breed scala aan randapparatuur. De Raspberry Pi is voorzien van meerdere modellen, maar de Raspberry Pi 4 en Raspberry Pi Zero W zijn bijzonder geschikt voor camera-gebaseerde projecten door hun hogere prestaties en kleine formaat.

De camera's in dit project worden via de **Camera Serial Interface (CSI)-poort** aangesloten op de Raspberry Pi. Deze poort maakt een directe en snelle verbinding met de camera, waardoor de beelden in real-time kunnen worden verwerkt. De CSI-poort ondersteunt hoge bandbreedtes, wat essentieel is voor het verkrijgen van kwalitatieve beelddata zonder vertraging. Via een flexibele ribbon-kabel worden de camera's aangesloten, waardoor ze eenvoudig kunnen worden geïntegreerd in het systeem. Deze verbinding maakt het mogelijk om nauwkeurige metingen te verrichten voor toepassingen zoals NDVI-berekeningen en het monitoren van plantgezondheid, waarbij de gekozen camera's essentieel zijn voor het vastleggen van de benodigde infrarood- en visuele data.



## 3 – EXPERIMENTEN EN IMPLEMENTATIE

### Intro

#### 3.1 – SELECTIE VAN DE PLANTSOORT

...

#### 3.2 – OPZET VAN HET EXPERIMENT

...

1. Doe de SD Kaart in je computer
2. Open Raspberry PI Imager om Raspberry PI OS 64bit op te schrijven
3. Verander het wifi network via de Raspberry PI Imager
4. Doe de SD Kaart terug in de Raspberry PI
5. Zet de Raspberry PI aan
6. Maak verbinding met de Raspberry PI door SSH Koppel & schakel VNC in  
ssh-keygen -R 192.168.178.52  
ssh -Y [psdragongirl@192.168.178.52](mailto:psdragongirl@192.168.178.52)  
sudo apt update  
sudo apt full-upgrade  
**sudo raspi-config (Enable VNC)**  
**sudo reboot**

7. Installeer Real VNC Viewer voor MacOS

[https://www.realvnc.com/en/connect/download/viewer/?lai\\_vid=99JOmeOK0TbmJ&lai\\_sr=35-39&lai\\_sl=m&lai\\_p=1](https://www.realvnc.com/en/connect/download/viewer/?lai_vid=99JOmeOK0TbmJ&lai_sr=35-39&lai_sl=m&lai_p=1)

8. Zet de Raspberry Pi IP adres in server en log je in met je account

9. Kijk of camera wordt gedecteerd  
ls /dev/video\*  
libcamera-hello --list-cameras

#### **Arducam 5MP**

```
sudo nano /boot/firmware/config.txt  
camera_auto_detect=1  
#Find the line: [all], delete the following item under it:  
#dtoverlay=imx219
```

#### **Raspberry PI Noir**

```
sudo nano /boot/firmware/config.txt  
camera_auto_detect=1  
#Find the line: [all], delete the following item under it:  
#dtoverlay=imx219
```

#### **Arducam 8MP**

```
sudo nano /boot/firmware/config.txt  
camera_auto_detect=0  
#Find the line: [all], add the following item under it:  
dtoverlay=imx219  
#Save and reboot.
```

### **Arducam 16MP**

```
sudo nano /boot/firmware/config.txt  
#Find the line: [all], add the following item under it:  
dtoverlay=imx519  
#Save and reboot.
```

10. Maak een directory voor mijn project

```
mkdir ndvi_raspberrypi && cd ndvi_raspberrypi
```

11. Maak een folder src aan met daarin de code voor test.py in Visual Studio Code

```
from picamera2 import Picamera2  
import time
```

```
picam2 = Picamera2()  
camera_config = picam2.create_still_configuration() # Voor stills zonder preview  
picam2.configure(camera_config)
```

```
picam2.start()  
time.sleep(2) # Wacht even om de camera voor te bereiden  
picam2.capture_file("filename.jpg")
```

12. Run de code

```
cd ndvi_raspberrypi  
python src/test.py
```

## 3.3 – GEGEVENSVERZAMELING EN -VERWERKING

...

## 3.4 – RESULTATEN EN EVALUATIE

...

### **SUBTITEL**

...



Fig. 1.1.1 NAME





## 4 – CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Intro

### 4.1 – CONCLUSIES

...

### 4.2 – AANBEVELINGEN VOOR TOEKOMSTIG ONDERZOEK

...

## LITERATUURLIJST

- [1] National Geographic Society. (2023, 31 oktober). *Chlorophyll*. National Geographic Education. <https://education.nationalgeographic.org/resource/chlorophyll/>
- [2] LP DAAC. (z.d.). *LP DAAC - Vegetation*. <https://lpdaac.usgs.gov/data/get-started-data/workflow-examples/example-1/>
- [3] Gelerter, D. (2023, 25 april). *NDVI beelden: Ultieme gids in 3 stappen om ze te begrijpen en te gebruiken*. Boerderij21. <https://www.farm21.com/nl/ndvi-beelden-ultimate-3-stappengids/>