

2017 • 2018
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Masterthesis

Track en trace systeem voor gewasbescherming in de fruitteelt

PROMOTOR :

ing. Dirk SMETS

PROMOTOR :

Dhr. Kris RUYSEN

Sander Denorme

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2017 • 2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Masterthesis

Track en trace systeem voor gewasbescherming in de fruitteelt

PROMOTOR :

ing. Dirk SMETS

PROMOTOR :

Dhr. Kris RUYSEN

Sander Denorme

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT



KU LEUVEN

Woord vooraf

Bij het afstuderen aan de opleiding Industrieel Ingenieur aan de UHasselt en KU-Leuven hoort een masterproef die aantoont dat je als industrieel ingenieur voldoende kennis en inzicht hebt verworven tijdens je opleiding. Bij de keuze van een onderwerp, heb ik vooral gekeken naar thema's waarbij, naast een uitgebreid onderzoek, de technische toepassing belangrijk was. Vooral omdat ik als industrieel ingenieur elektronica-ICT zeer geïnteresseerd ben in technologische ontwikkelingen die in onze samenleving toegepast kunnen worden. Omdat ik daarnaast een echte natuurliefhebber ben, was mijn keuze snel gemaakt. De titel van mijn masterproef is 'Track en tracesysteem voor gewasbescherming in de fruitteelt.' Ik heb de kans gekregen om bij Proefcentrum Fruitteelt in Sint Truiden aan de slag te gaan. Ik wil hen hiervoor van harte bedanken.

Vervolgens wil ik mijn promotoren, Kris Ruysen en Dirk Smets, bedanken. Zij hebben me zeer hard geholpen bij de praktische aspecten van mijn masterproef. Eveneens wil ik Filip bedanken die me vooral heeft geholpen met het installeren van de module op de tractor. Ook wil ik Crossroad Communications bedanken. Dit bedrijf heeft de EVA applicatie ontwikkeld en heeft mij bijgestaan bij de ontwikkeling van mijn applicatie, meer specifiek de communicatie met de EVA backend.

Tenslotte wil ik ook mijn ouders bedanken. Zij hebben me gesteund tijdens de moeilijke periodes van mijn masterproef. Ook wil ik mijn broer Maarten en Sarah bedanken om tips te geven voor mijn project en iedereen die mijn masterproef heeft nagelezen. Als laatste wil ik ook mijn vrienden Karel en Michiel en mijn broer Wouter bedanken voor hun steun tijdens deze periode.

Inhoudsopgave

Lijst van tabellen	v
Lijst van figuren	vii
1 Inleiding	15
1.1 Context en probleemstelling	15
1.2 Doelen	16
1.3 Methode	16
1.4 Outline	16
2 Literatuurstudie	18
2.1 Windsnelheid opmeten	18
2.1.1 Hot wire anemometer	18
2.1.2 Windmill anemometer	18
2.1.3 Sonische anemometer	18
2.1.4 Cup anemometer	19
2.2 Bewolking opmeten	19
2.3 Neerslag opmeten	19
2.4 Smitmachine detecteren	20
2.5 Voorontwerp	21
3 Weermodule	22
3.1 Componenten	22
3.2 PCB	25
3.3 Designs	26
3.4 Ijking	27
3.5 Temperatuursensor	27
3.6 Anemometer	28
3.7 Regensensor	28
3.8 LDR sensor	29
4 RFID module	31
5 GPS Tracker	32
5.1 Algoritme	33
6 Bluetooth communicatie	37
7 Smartphone applicatie	41
7.1 Flow Applicatie	41
8 Implementatie op tractor	45
9 Besluit	47
Referenties	48

Lijst van tabellen

1	Data LDR	30
---	--------------------	----

Lijst van figuren

1	Resistief plaatje regendruppelsensor [13]	20
2	Flowchart voorontwerp	21
3	LM35CZ [7]	22
4	Elektrische schakeling temperatuursensor	22
5	Boost converter [6]	23
6	VT33N1 LDR [8]	23
7	Elektrische schakeling ldr	23
8	Regensensor [13]	24
9	Elektrische schakeling regensensor	24
10	Elektrische schakeling anemometer	25
11	PCB ontwerp	25
12	Afgewerkte PCB	26
13	Laatste design casing	27
14	Temperatuur data pcfruit	27
15	Temperatuur data weermodule	27
16	Temperatuur data samen geplot	28
17	Data ijking anemometer	28
18	Data regensensor module	29
19	Data regensensor module en pcfruit	29
20	MFRC522 RFID reader	31
21	Eind ontwerp RFID reader	32
22	Goed Spuittraject	33
23	Slecht spuittraject	33
24	Traject aardbeienteelt	33
25	Traject bespuiting	34
26	Rico eerste coördinaten, Rico eerste 5 coördinaten	35
27	Flowchart bluetoothmodule configuratie	37
28	Bluetoothctl connecteren	38
29	Bluetooth verificatie	39
30	Bluetooth weerdata verzenden	40
31	Start Scherm	41
32	Login Scherm	41
33	Bluetooth accepteren	42
34	GPS activeren	42
35	Accepteren dat de app GPS data opslaat	42
36	Scanning bluetooth apparaten	43
37	Extra informatie van een taak	43
38	Listview met al de taken	43
39	Listview percelen geen percelen bespoten	44
40	Listview percelen, één perceel bespoten	44
41	stop scherm	44
42	Weermodule beschermd door kooi	45
43	CPU casing	46
44	Ethernet connectors	46

45	Adapter 1	46
46	Adapter 2	46

Woordenlijst

EVA Eindelijk Vereenvoudigde Administratie. i, xii, xiii, 15–17, 21, 32, 37–39, 41–43, 47

ID Identity. xiii, 21, 32, 43

LDR Light Dependant Resistor. xii, xiii, 21, 45, 47

MAC adres media access control address. 37, 42

PCB Printed Circuit Board. iii, vii, xii, xiii, 16, 25, 26, 47

RFCOMM Radio Frequency Communication. 38, 39

RFID Radio Frequency IDentification. iii, vii, xii, 16, 20, 21, 31, 32, 40, 45, 47

Abstract

Door samenwerking van Proefcentrum Fruitteelt vzw. en Crossroad Communications is de EVA applicatie ontwikkeld. Dit is een online platform waar fruittelers een spuitboek kunnen samenstellen. Toch moeten de telers handmatig weerparameters invullen. Andere veel voorkomende problemen in de fruitteelt, waar een oplossing voor is gezocht, zijn: het gebruik van de foute spuitmachine voor een bespuiting of fouten in het spuittraject. De oplossingen hiervoor zullen verder worden toegelicht in deze paper.

Er werd eerst een module ontworpen die de weerparameters kan opmeten. Een LDR en een regendruppel sensor zijn gebruikt om de bewolking en de neerslag op te meten. Ook is er een cup-anemometer en een temperatuursensor gebruikt om de wind en de temperatuur te registreren. Er is een PCB ontworpen waar al deze sensoren op zijn gemonteerd. De sensoren zijn geïjkt en worden beschermd door een casing. De controle van de spuitmachine zal gebeuren door een RFID reader en tags. De tag ID wordt vergeleken met het machinenummer van de spuitmachine. Deze is gedefinieerd in de applicatie. Fouten in het spuittraject zullen worden gedetecteerd door een algoritme dat GPS coördinaten gebruikt. Deze worden opgehaald door een mobiel apparaat. Ten laatste is er een Android applicatie ontwikkeld waar de teler moet inloggen en de taak selecteert die hij wil uitvoeren. Op de applicatie zullen al de taken te zien zijn met, per taak, al de percelen die moeten bespoten worden.

Wanneer een taak wordt uitgevoerd, wordt het spuittraject en de spuitmachine gecontroleerd. De weerparameters worden doorgestuurd via bluetooth naar de GSM applicatie. Deze zal op zijn beurt de data doorsturen naar de EVA backend. Er kan besloten worden dat een module en applicatie is ontworpen die de registratie van bespuitingen automatisch uitvoert met minimaal input van de teler.

Abstract

Through cooperation between Proefcentrum Fruitteelt vzw. and Crossroad Communications the EVA application has been developed. This is an online platform where farmers can make a spraying book. However the farmer still needs to fill in the weather parameters manually. Other common problems in the pomology are: the use of the wrong spraying machines and errors in the spraying route. The solutions for these problems will be clarified in this paper.

First of all, a module was designed which will measure the weather parameters. A LDR and a raindrop sensor detect the clouds and measure the precipitation. Also a cup anemometer and a temperature sensor are used to determine the wind and temperature. A PCB was designed and all the sensors were mounted on it. The sensors are calibrated and protected by a casing. The control of the spraying machine is done by a RFID reader and tags. The tag ID is compared with the machine number of the defined spraying machine in the EVA application. Errors in the spraying route are detected through an algorithm, which uses GPS coordinates collected from a mobile device. Finally, an Android application was developed. Here the farmer can log in and select a task which he wants to execute. The application will show all the plots of the selected task.

When a task has been executed, the spraying machine will be checked and the spraying route will be monitored. The weather parameters will be forwarded, through Bluetooth, to the connected mobile device. This device will send the data using an internet connection to the EVA backend. It can be concluded that a module and application was designed which automates the registration of spraying tasks in pomology.

1 Inleiding

1.1 Context en probleemstelling

Er wordt zeer veel onderzoek gedaan om de productie binnen de fruitteelt te vergroten. Een onderzoekscentrum dat hier veel onderzoek naar doet binnen België is Proefcentrum Fruitteelt vzw. Dit is een onderzoekscentrum opgericht in 1997, gelegen in Sint-Truiden, het hart van de fruitteelt in België. Hier wordt onderzocht hoe hedendaagse technologieën kunnen worden geïntegreerd in de fruitteelt. Als toekomstig industrieel ingenieur Electronica-ICT leek het mij een uitgesproken kans om aan dit project te mogen werken. Technologische ontwikkelingen bieden alle kansen om efficiënter en duurzamer te werken. Zo biedt dit project de kans aan fruitteelers om het werk te vergemakkelijken en worden er menselijke fouten tot een minimum herleid, wat zowel de gezondheid van de consument en de natuur ten goede komt.

In de fruitteelt heersen verschillende bedreigingen: schimmels, insecten en andere ziekten die de oogst kunnen verwoesten. Om deze ziekten en plagen te bestrijden worden de percelen fruit bespoten met middelen om de gewassen te beschermen. Enkele ziekten waar de telers hun gewassen tegen beschermen zijn: appelgrasluisen, bladwespen, schimmels, schurft, witziekte, fruitmotten, . . . De producten die gebruikt worden om de gewassen te beschermen, zijn ook schadelijk voor de mens. Hierdoor moet er een aantal dagen gewacht worden na de bespuitingen voordat er geoogst mag worden. Ook zullen deze percelen een aantal dagen niet meer bespoten mogen worden. Deze wachttijd hangt af van product tot product. Wanneer de wachttijd niet gerespecteerd wordt, mogen de fruitproducten niet verkocht worden. Om dit te controleren moet de teler een spuitboek bijhouden. Hierin worden de bespoten percelen bijgehouden samen met het gebruikte product, de spuitmachine en weerparameters. De teler zoekt zelf de wachttijd van het gebruikte product op en zorgt dat deze gerespecteerd wordt.

Omdat dit zeer veel tijd en moeite vraagt van de telers heeft pcfruit in samenwerking met Crossroad Communications, de EVA applicatie ontwikkeld. Dit is een online applicatie waarin de telers hun spuitboek kunnen samenstellen. De applicatie geeft al de wettelijk toegelaten producten weer, die telers mogen gebruiken, met de wachttijden. Ook wordt er een error weergegeven indien de wachttijd niet gerespecteerd wordt. Hierdoor zijn telers verzekerd dat er geen fouten in het spuitboek zullen optreden. De teler kan ook taken aanmaken. In deze taken duidt hij aan welk product hij gebruikt en welke percelen er zullen bespoten worden met dit product. Wanneer deze taak is uitgevoerd, zal de teler verschillende weerparameters moeten invullen omdat deze erg belangrijk zijn bij gewasbespuitingen. Hierna wordt de bespuiting opgenomen in het spuitboek. Dit platform wordt nu al commercieel gebruikt door telers.

Een veel voorkomend probleem is ook, dat deze bespuitingen vaak door derden worden uitgevoerd en dus niet door de teler zelf. De teler wil zekerheid dat de bespuitingen correct zijn uitgevoerd, zodat er geen schimmels, insectenplagen of andere ziekten kunnen opduiken. Hiervoor is een spuitboek een ideaal hulpmiddel. In een fruitperceel staan de verschillende rijen op een onderlinge afstand van 3,5 meter.

De tractoren die worden gebruikt in de fruitteelt, passen net tussen deze rijen. Een nadeel is dat de te nemen bocht te scherp is voor de tractoren. Hierdoor zal er telkens één rij worden overgeslagen, zodat de bocht minder scherp is. Wanneer de tractor aan het einde van het perceel arriveert, zullen de overgeslagen rijen bespoten worden bij het terugrijden. Hier treden soms menselijke fouten op. Soms rijdt de tractor terug in de rijen die hij net heeft bespoten. Zo worden sommige rijen dubbel behandeld en andere niet. Ook is het zeer belangrijk dat de juiste spuitmachine wordt gebruikt per bespuiting. Deze worden eerst gedeclareerd bij het aanmaken van een taak. Voor deze fouten zal er ook een oplossing moeten gezocht worden.

1.2 Doelen

Een nadeel van de EVA applicatie is dat de teler toch nog de weerparameters en de spuitmachine handmatig, na het uitvoeren van de taak, moet invullen. Voor dit probleem is er in deze paper naar een oplossing gezocht. De spuitmachine zal automatisch moeten worden geregistreerd. Er zullen ook in totaal drie weerparameters moeten worden ingevuld, namelijk:

- de bewolking: Bewolkt, Regen of Zonnig
- de windsterkte: Windstil, Zacht of Sterk
- de temperatuur: $< 10^{\circ}\text{C}$, 10°C of $> 25^{\circ}\text{C}$

De fouten in het spuittraject en de spuitmachine zullen ook moeten gecontroleerd worden.

1.3 Methode

Er zal een compacte module ontwikkeld worden die al de bovenstaande parameters kan detecteren. Deze zullen verstuurd moeten worden naar een mobiel apparaat via bluetooth. Er zal ook een gebruiksvriendelijke applicatie moeten ontwikkeld worden die de teler kan gebruiken. Deze applicatie zal de data doorsturen naar de EVA backend via bluetooth. Ook zal er een module worden ontwikkeld die kan controleren of de gebruikte spuitmachine overeenkomt met de gedefinieerde spuitmachine in de EVA applicatie. Ten slotte zal er ook een algoritme ontwikkeld moeten worden dat fouten in het spuittraject zal detecteren zodat de bestuurder van de tractor zal verwittigd worden. Deze kan zijn traject hierdoor nog aanpassen.

1.4 Outline

In hoofdstuk 1 zal er onderzocht worden welke methodes en technologieën er al bestaan. Zo zal er opgesomd worden welke sensoren er bestaan om "het weer" op te meten. Ook zullen manieren om objecten te detecteren vanop een afstand worden opgenoemd. Hierna zal de uiteindelijke keuze van sensoren kort worden toegelicht. Vervolgens zal in er in hoofdstuk 2 worden uitgelegd hoe de weermodule is ontworpen. Eerst zullen de gebruikte componenten nader worden verklaard. Vervolgens zal het ontwerp van de PCB worden uitgelegd en gevolgd door het designontwerp. Ten slotte zal er worden verklaard hoe de weermodule is geijkt. In hoofdstuk 3 zal de fabricage van de RFIDmodule uitgelegd worden.

Daarna zal in hoofdstuk 4 het algoritme worden verklaard om fouten in het spuit-traject op te sporen.

In hoofdstuk 6 zal de bluetoothcommunicatie tussen het mobiele apparaat en de modules worden uitgelegd.

Hoofdstuk 7 behandelt hoe de gsm applicatie, die de teler zal gebruiken, precies werkt en hoe deze de data zal opvragen en weerdata zal terugsturen naar de EVA backend.

Ten slotte zal in hoofdstuk 8 worden uitgelegd hoe al de verschillende modules op de tractor zijn geïnstalleerd.

2 Literatuurstudie

Eerst en vooral zal er besproken worden welke methodes en technologieën er al bestaan. Zo zal er nagegaan worden welke sensoren er bestaan om het weer op te meten. Ook zullen manieren om objecten te detecteren vanop een afstand worden opgenoemd. Na afwegen van voor- en nadelen zal de uiteindelijke keuze van sensoren kort worden toegelicht.

2.1 Windsnelheid opmeten

Om de windsnelheid op te meten bestaan er verschillende anemometers zoals de cup-, hot wire-, windmill- en sonische-anemometer. Elke soort heeft zijn voor- en nadelen. Hieronder wordt dit toegelicht en achteraf zal de finale keuze worden bepaald.

2.1.1 Hot wire anemometer

Ieder metaal heeft een soortelijke weerstand. Deze soortelijke weerstand hangt af van de temperatuur. Wanneer de temperatuur van het metaal zal veranderen, zal de soortelijke weerstand ook veranderen. Hot wire maakt gebruik van dit principe. Hot wire anemometers bestaan uit een dun metalen draadje. Dit draadje is verschillende tientallen micrometers in diameter groot. Het draadje wordt opgewarmd tot een bepaalde temperatuur. Wanneer dit draadje in een gas flow wordt geplaatst, zal er warmte worden uitgewisseld tussen het gas en het draadje. Hierdoor zal de soortelijke weerstand veranderen. Door gebruik te maken van een brug van Wheatstone kan men deze weerstand opmeten. Aan de hand van deze techniek kan men stromen in de lucht opmeten.[2, 3]

Voor onze toepassing is deze manier van windsnelheden meten niet ideaal. De hot wire anemometer meet stromen van lucht, niet de windsnelheid in meter per seconde. Ook is de hot wire methode veel te fragiel. Deze toepassing wordt vaak gebruikt in labo opstellingen, niet in robuuste toepassingen zoals dit project.

2.1.2 Windmill anemometer

Een windmill anemometer combineert 3 tot 4 propellers en een staart die zich zal oriënteren in de windrichting. De windmill kan simultaan de windrichting en de windsnelheid opmeten. De anemometer is compact en licht, omdat dit type meestal gemaakt is uit plastic. De windmill is gevoeliger dan de cup anemometer. Een nadeel is dat de windmill georiënteerd moet zijn in de richting van de wind. Doordat de tractor, waar de anemometer op gemonteerd zal worden, constant gaat bewegen, zal dit een groot probleem vormen als deze manier wordt gebruikt om de windsnelheid te meten.[2]

2.1.3 Sonische anemometer

De ultrasonische anemometer maakt gebruik van longitudinale golven. Deze golven hebben frequenties van tientallen kilohertz. De sonische anemometer is afhankelijk van de snelheid waarmee de ultrasonische golven bewegen in de lucht. Een ultrasone zender en receiver zullen naar elkaar gericht worden met een bepaalde afstand tussen

elkaar. De ultrasone golven zullen een bepaalde tijd nodig hebben om deze afstand af te leggen en om vervolgens ontvangen te worden door de receiver. De receiver zal de faseverandering van de golf meten. Aan de hand van de faseshift kan men de windsnelheid en windrichting opmeten. De sonische anemometer is zeer gevoelig. Het kan windsnelheden van 0m/s tot 30m/s opmeten met een resolutie van 0.005 m/s. De meting kan ook zeer snel gebeuren. Een groot nadeel is dat de snelheid van de sonische golven doorheen de lucht sterk afhankelijk is van de temperatuur, luchtvochtigheid en atmosferische druk. Doordat de anemometer buiten zal gebruikt worden, is deze manier van windsnelheden meten niet geschikt. [2, 14]

2.1.4 Cup anemometer

De cup anemometer bestaat uit vier cirkelvormige cups. Ze zijn gemonteerd op het einde van een horizontale as en de hoek tussen iedere as bedraagt 90°. De rotatie van de as is proportioneel met de windsnelheid. Het aantal rotaties per tijdperiode zal de windsnelheid bepalen. Een voordeel is dat er een lineair verband is tussen de windsnelheid en de rotaties van de as. De gevoeligheid is ook redelijk hoog, tussen 90mm/s tot 2.24 m/s. Cup anemometers zijn draagbaar en meten de windsnelheid ongeacht de windrichting. Dit is het grootste voordeel van de cup anemometer. Ook is deze anemometer redelijk goedkoop. Een nadeel is dat er veel beweegbare onderdelen zijn en deze kunnen na een bepaalde tijd beschadigd raken. Toch kan besloten worden dat dit voor onze toepassing de best geschikte windsensor is. De anemometer kan windsnelheden opmeten ongeacht de windrichting; er is een lineair verband tussen de windsnelheid en de rotatiesnelheid van de as en de anemometer is draagbaar.[2, 11]

2.2 Bewolking opmeten

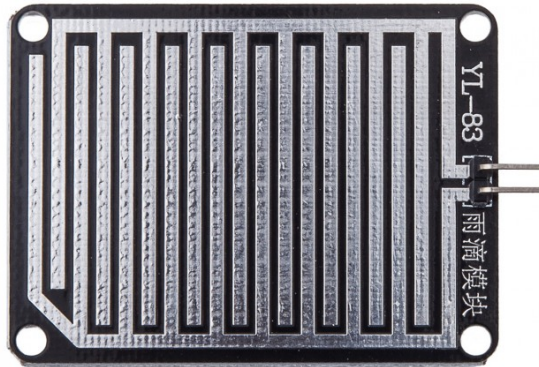
Om de bewolking op te meten worden er ook verschillende sensoren gebruikt. Zo bestaan er professionele sensoren die met hoge precisie bewolking kunnen detecteren. Jammer genoeg zijn al deze sensoren zeer duur. De prijs varieert tussen de 200 € en 2000 €. Dit is de prijs van al de andere componenten samen; hierdoor zijn deze sensoren geen goede keuze voor dit project. In goedkopere weerstations wordt de bewolking opgemeten met een lichtsensoren. Wanneer het bewolkt is, zal de bewolking licht van de zon tegenhouden. Wanneer er geen bewolking is, zal er meer licht op de sensor vallen. Deze sensoren zijn veel goedkoper, maar minder accuraat. Toch zijn deze sensoren een betere keuze voor dit project. De sensor die gebruikt wordt, is een LDR of Light Dependent Resistor. Dit is een sensor, waarvan de weerstand zal veranderen indien er licht op schijnt. Doordat de weerstand zal veranderen, zal de uitgangsspanning ook veranderen indien de LDR wordt opgenomen in een spanningsdeler. Er bestaat een lineair verband tussen het aantal lux opgemeten en de uitgangsspanning.

2.3 Neerslag opmeten

Ook een eventuele hoeveelheid neerslag zal moeten gedetecteerd worden. Dit kan opgemeten worden door een pluviometer. Deze zal de hoeveelheid neerslag over een bepaalde tijdperiode opvangen. Hierna kan gecontroleerd worden of er neerslag gevallen is en hoeveel. Een geautomatiseerde versie van een pluviometer is een ‘tipping

bucket' pluviometer. Dit is een pluviometer die, wanneer het opslagreservoir vol is, zal omkantelen. Deze beweging zal worden opgemeten. Een voordeel is dat deze sensor niet alleen zal opmeten of er neerslag is gevallen, maar ook de hoeveelheid. Een groot nadeel is dat deze sensor stationair gebruikt moet worden, omdat bij trillingen de bucket eventueel kan omkantelen zonder dat deze vol is. [9]

Een andere manier om regen op te meten is, door gebruik te maken van een regendruppelsensor. Deze maakt gebruik van een resistief plaatje en een opamp. Het plaatje bestaat uit twee nikkel banen die, zoals te zien is in figuur 1, elkaar niet raken. Hierdoor is er een zeer grote weerstand tussen de banen. Wanneer er regendruppels op het plaatje belanden zal, door ionen in het water, er geleiding zijn tussen de baantjes. Hierdoor zullen nikkel baantjes in parallel verbonden zijn met elkaar en dit resulteert in een lagere spanning. Dit zal opgemeten worden en de spanning zal versterkt worden door de opamp. Hierdoor zal, wanneer er geen neerslag valt, de uitgangspanning 5V bedragen. Wanneer de weerstand vermindert zal de uitgangspanning ook verlagen.



Figuur 1: Resistief plaatje regendruppelsensor [13]

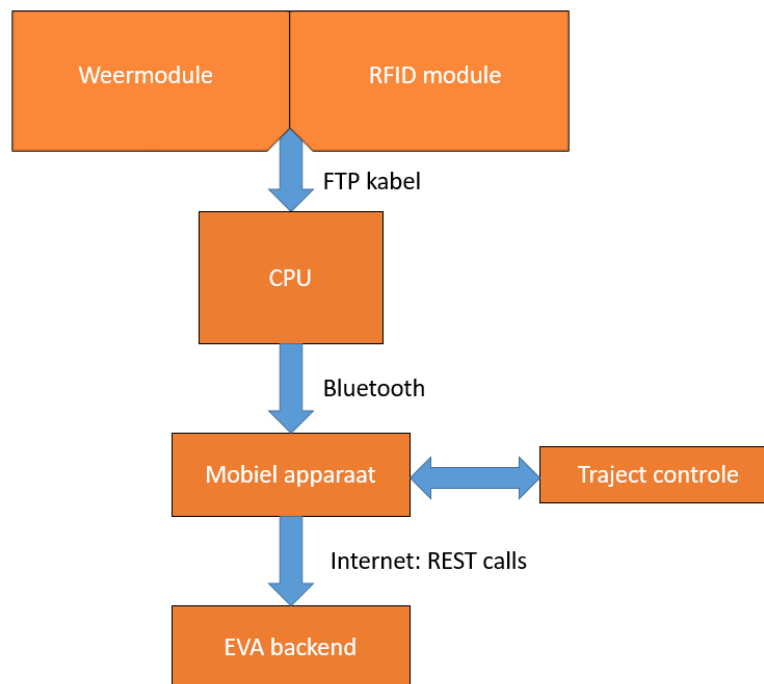
2.4 Spuitmachine detecteren

Er zal ook geregistreerd moeten worden welke spuitmachine gebruikt wordt. De detectie zal op een afstand moeten kunnen gebeuren. De detectie kan gedaan worden met RFID tags en readers of met bluetooth tags. Bluetooth tags zijn tags waarmee men met een mobiel apparaat via bluetooth kan verbinden. Eerst zal er verbonden moeten worden met de tags. Naderhand kan er opgevraagd worden op welke afstand van het mobiele apparaat deze tags zich bevinden. Een voordeel is dat de correcte afstand opgevraagd kan worden. Een nadeel is dat deze tags een batterij nodig hebben. Hierdoor heeft de bluetooth tag maar een beperkte levensduur. Ook zal er met iedere tag verbonden moeten worden om de afstand op te vragen. Een andere manier is de spuitmachine detecteren met een RFID reader en tag. Er bestaan actieve en passieve tags. Passive tags halen het nodige vermogen uit het uitgezonden signaal van de reader en hebben dus geen batterij nodig. Dit is een groot voordeel. Er zijn drie soorten RFID tags/reader: Low Frequency, High Frequency en Ultra High Frequency /reader. Ieder van deze soorten tags zal functioneren op een andere frequentie: LF op 30 kHz – 300 kHz, HF op 3 MHz – 30 MHz en UHF op 300 MHz tot 3 GHz. Doordat sommige tags op hogere frequenties werken kunnen de tags

op een grotere afstand gedetecteerd worden: LF tot 10cm, HF van 10cm tot 1m en UHF tot 12m. Natuurlijk zal de kostprijs ook stijgen wanneer men UHF tags/reader gebruikt in plaats van LF. Voor deze toepassing is HF tags en reader de beste keuze. De leesafstand is groot genoeg en de kostprijs blijft zo ook beperkt. [5, 12, 4]

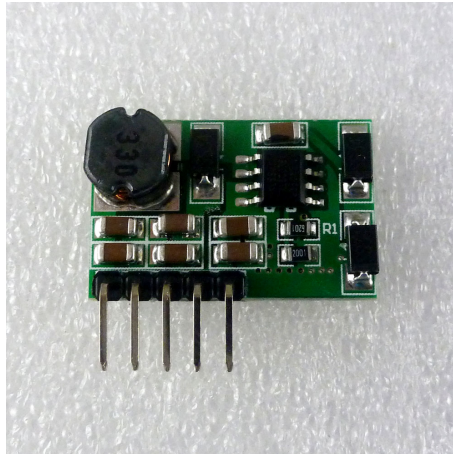
2.5 Voorontwerp

Het uiteindelijk doel is een module ontwerpen die automatisch taken zal registreren. De weerparameters zullen worden opgemeten door een weermodule. Deze data zullen doorgestuurd worden via een FTP kabel naar een CPU. De weermodule bestaat uit een LDR, regendruppel sensor, temperatuursensor en cup-anemometer. De gebruikte spuitmachine zal gedetecteerd worden door een RFID reader en tag. De opgemeten tag ID zal eveneens worden doorgestuurd via een FTP kabel naar de CPU. Deze data zullen vervolgens worden verzonden naar een mobiel apparaat via bluetooth. Op dit mobiel apparaat zal een applicatie runnen. In deze applicatie zal het algoritme, dat fouten in het spuittraject opspoort, verwerkt zitten. Wanneer een taak voltooid is, zullen de data via REST calls naar de EVA backend worden verstuurd. Een flowchart van heel dit ontwerp is te zien in figuur 2.



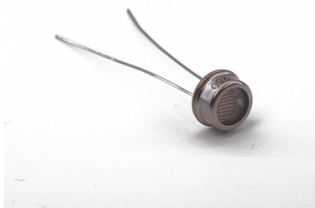
Figuur 2: Flowchart voorontwerp

$-5V$ dus de waarde van $R_1 = 5V/50\mu A = 100k$. Om aan de negatieve bronspanning te komen zal een Step-up Boost Converter Module gebruikt worden, figuur 5. Een boost converter is een DC-naar-DC converter die de voltage zal verhogen, maar de stroom zal verlagen. Een boost converter bestaat uit een inductor, een capaciteit en een transistor. Door de transistor een bepaald percentage van de tijd aan te laten staan, zal de output voltage groter zijn dan de input. Een voordeel van deze boost converters is, dat ze ook een negatieve uitgangsspanning produceren. Deze zal gebruikt worden voor de schakeling van de temperatuursensor. De elektrische schakeling kan men terugvinden in figuur 4.

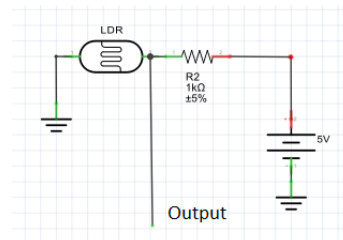


Figuur 5: Boost converter [6]

De bewolking zal gemeten worden door een LDR. Een LDR of light dependant resistor is een weerstand die van waarde zal veranderen als er licht op schijnt. Wanneer de zon schijnt zal de LDR meer geïllumineerd worden dan wanneer het bewolkt is. De gekozen LDR is de VT33N1 LDR, figuur 6. Wanneer de LDR niet belicht wordt, heeft de LDR een weerstandswaarde van $500k$ ohm. De minimum weerstandswaarde, die de LDR zal hebben wanneer hij wordt belicht met een sterkte van 10 lux, is $20k$ ohm. Doordat de weerstandswaarde zal veranderen, zal de spanningsval wijzigen over de LDR die is opgenomen in een spanningsdeler. Dit verschil in volt zal opgemeten worden en hieruit zal afgeleid worden of het bewolkt of zonnig is. De elektrische schakeling is te zien in fig. 5. Om de stroom te beperken is er een pull up resistor bijgeplaatst van $1k$ ohm. Deze zal de stroom beperken tot $I_{max} = 5V/(1000 + R_{LDR_{min}})ohm = 5V/(1000 + 20000)ohm = 0.24mA$. Deze LDR is gefabriceerd uit glas en is ook waterdicht. Dit is een vereiste voor de toepassing omdat deze ook in de regen zal moeten kunnen functioneren.

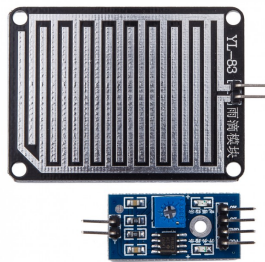


Figuur 6: VT33N1 LDR [8]

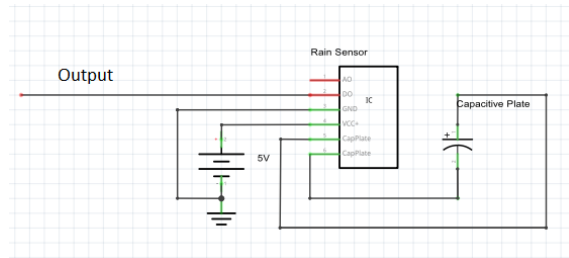


Figuur 7: Elektrische schakeling ldr

Om te detecteren of het regent, zal er een regensensor gebruikt worden, figuur 8. Een regensensor maakt gebruik van een capacitief plaatje en een LM35 opamp. Wanneer er neerslag valt op dit capacitief plaatje, zal er een parallelle weerstand ontstaan die opgemeten zal worden door de opamp. Hoe lager de weerstand of hoe meer water op het plaatje, hoe lager de uitgangsspanning. De regensensor heeft een digitale en een analoge output. In deze toepassing zal er alleen gebruik worden gemaakt van de analoge output. Deze zal 5V uitgangsspanning leveren wanneer het plaatje droog is en een lagere uitgangsspanning bij regen. De elektrische schakeling van de regensensor kan men terugvinden op figuur 9.

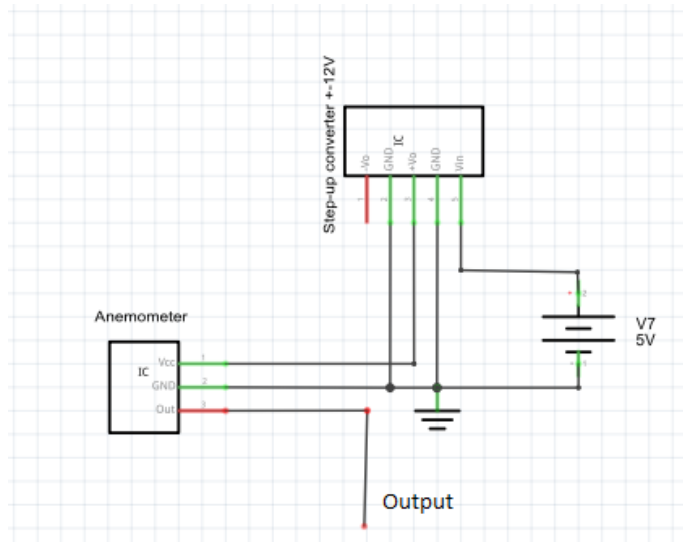


Figuur 8: Regensensor [13]



Figuur 9: Elektrische schakeling regensensor

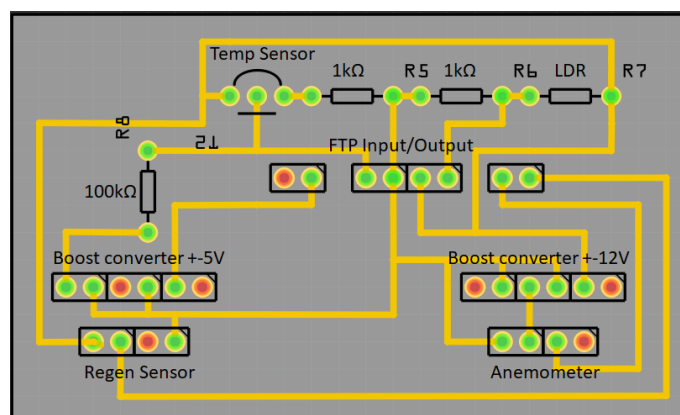
De laatste parameter die geregistreerd moet worden, is de windsnelheid. Deze zal worden opgemeten door een anemometer. Zoals eerder besproken is een cup anemometer de beste optie voor deze toepassing, omdat deze de windsnelheid kan meten ongeacht de windrichting. De analoge anemometer van Liyuan Electronic wordt gebruikt in deze applicatie. De anemometer kan windsnelheden opmeten van 0 tot 32.4m/s. De nauwkeurigheid is $\pm 1\text{m/s}$. De windsnelheid kan gemeten worden door middel van volgende formule: $Windsnelheid = (V_{uitgang} - 0.4) / 1.6 * 32.4$. De anemometer heeft een DC voedingsspanning nodig tussen de 7V en de 24V. De Raspberry Pi die de voedingsspanning zal leveren, kan dit niet genereren. De hoogste voedingsspanning die de Raspberry Pi kan leveren is 5V. Daarom is er weer een boost converter gebruikt, figuur 5. Deze converter zal deze 5V DC omzetten naar 12V DC. De elektrische schakeling kan men terugvinden in onderstaande figuur, figuur 10.



Figuur 10: Elektrische schakeling anemometer

3.2 PCB

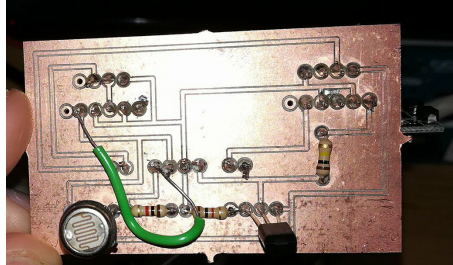
Het uiteindelijke doel is om al deze componenten te combineren in één compacte module en deze op een tractor te bevestigen. Om dit te verwezenlijken is er een PCB ontwikkeld. Deze combineert al de bovenstaande elektrische schema's in één schakeling. De uitgangssignalen, voeding en massa zullen allemaal toekomen aan de module door een FTP kabel. Een FTP kabel bevat 8 koperdraden, die per twee rond elkaar zijn gewikkeld en beschermd zijn door een folie. De folie zorgt voor bescherming tegen elektromagnetische interferentie. Hierdoor zal er minder ruis zitten op de verzonden signalen. Er zullen 7 van de 8 koperdraden gebruikt worden in de PCB, nl. vier uitgangssignalen, een massa, een 3.3V en 5V kabel. In Fritzing, een hardware teken programma, werd een PCB ontwerp getekend, zie onderstaande figuur 11.



Figuur 11: PCB ontwerp

Er werd gekozen voor een single layer PCB. Dit werd gedaan omdat het aantal componenten beperkt is. Nadat de PCB werd ontwikkeld, werden de componenten op de PCB gesoldeerd. De PCB werd uiteindelijk in een waterdichte case geplaatst om beschermd te worden tegen weersomstandigheden van buitenaf. Toch zal de PCB

deze weersomstandigheden moeten kunnen opmeten. Hiervoor moeten de temperatuursensor en LDR zich buiten de case bevinden. Om dit mogelijk te maken werden ze hoger gemonteerd. Nadat al de componenten op de PCB werden gesoldeerd, werd de PCB beschermd met lak om oxidatie van het koper tegen te gaan. In figuur 12 kan men de afgewerkte PCB zien.



Figuur 12: Afgewerkte PCB

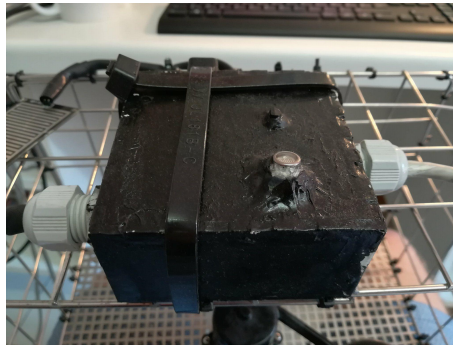
3.3 Designs

De weermodule zal uiteindelijk op een tractor gemonteerd worden. De module zal verschillende weersomstandigheden moeten kunnen weerstaan, zoals felle windstoten, neerslag, hitte... Doordat de module op een tractor gemonteerd is, zal deze moeten blijven functioneren wanneer er verschillende schokken op inwerken. Hierdoor moet er een waterdichte, stevige case worden ontworpen waarin de PCB kan worden geplaatst. De PCB moet stevig gemonteerd zijn in de casing zodat het de schokken van de tractor kan weerstaan. Er zijn twee verschillende ontwerpen gemaakt voor een casing.

Het eerste ontwerp werd gefabriceerd uit plexiglas. Er werden openingen gelaserd in het plexiglas voor de kabels, de temperatuursensor en de LDR. Deze laatste twee zouden zich op deze manier buiten de case bevinden terwijl de PCB in de case beschermd is tegen de weersomstandigheden. Het plexiglas werd aan elkaar gesmolten met plexiglas lijm. Dit zorgt ervoor dat het glas smelt en bij het stollen ontstaat er een waterdichte hechting aan de naden van de casing. De gaten voor de FTP kabel en anemometerkabel werden gedicht met siliconen. Dit werd ook gebruikt om de openingen bij de temperatuursensor en LDR te dichten. Hierdoor was de casing waterdicht en stevig. Toch had dit design zijn nadelen. Het grootste nadeel was dat de siliconen niet goed hechtten aan het plexiglas. Doordat de gebruiker van de module wat kracht uitoefent op de kabels, kwamen de siliconenhechtingen los. Ook werd er geen rekening gehouden met schokken die de PCB zou moeten ondergaan.

Hierdoor is er een tweede design ontworpen. Dit design maakt ook gebruik van plexiglas. Hier werden weer openingen in gelaserd voor de kabels en sensoren. De verschillende platen werden, zoals voordien, weer aan elkaar gesmolten met plexiglas lijm. Het grote verschil met het vorig ontwerp is, dat er hier gebruik is gemaakt van wartels om de openingen voor de kabels waterdicht te maken. De holtes bij de sensoren zijn gedicht met siliconen. Ook is er gebruik gemaakt van Ray Tech wonder gel. Dit is isolatie gel om elektronica te beschermen tegen waterschade en tegen schokken. Met al deze verbeteringen heeft de module nu een IP rating van IP64. Dit betekent dat er geen waterschade optreedt indien de module wordt besproeid

met 10l/min onder eender welke hoek. In figuur 13 kan u het laatste ontwerp zien van de weermodule.



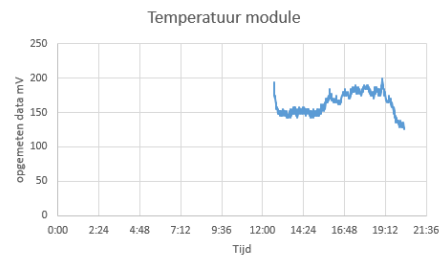
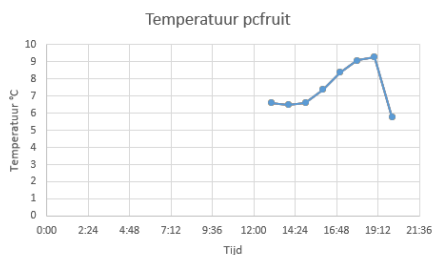
Figuur 13: Laatste design casing

3.4 Ijking

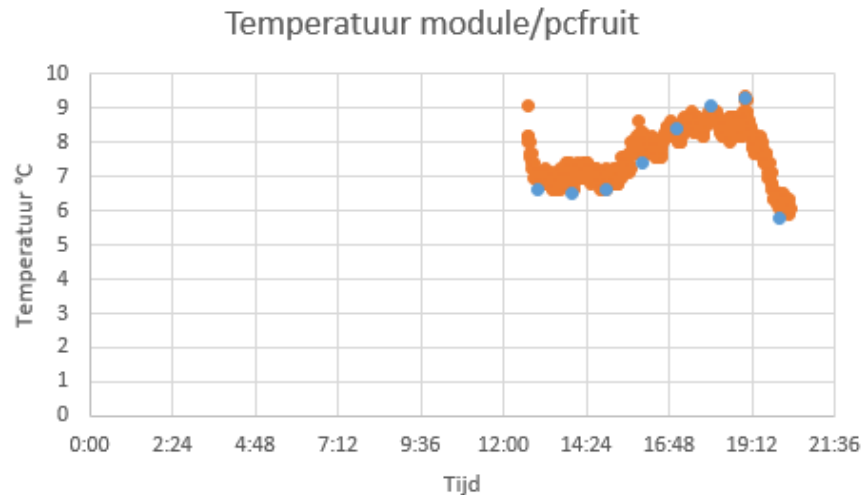
Al de gebruikte sensoren geven een analoog uitgangssignaal. Het analoog signaal van de temperatuursensor zal stijgen naarmate de temperatuur stijgt, maar om te weten met welke temperatuur het signaal specifiek overeenkomt, zal de module eerst geijkt moeten worden. Doordat het signaal zich door kabels zal verplaatsen en deze kabels ook een weerstand hebben, zal hier ook een spanningsval optreden. Dit brengt een fout mee bij het uitlezen van de signalen. Door de module te ijken, kan er ook rekening gehouden worden met deze fouten. Daarom is de module naast het geijkte weerstation van PC Fruit geïnstalleerd om over een tijd van 12 uur de windsnelheid, temperatuur en neerslag te meten. Daarna is de data van de module vergeleken met de geijkte waarden van het weerstation. Hieruit konden de fouten van de weermodule weggewerkt worden.

3.5 Temperatuursensor

De temperatuur is over een periode van 8 uur opgemeten. In figuur 15 kan men de data, opgemeten door de weermodule terugvinden; in figuur 14 de data opgemeten door het geijkte weerstation. Hieruit kan men besluiten dat uit de opgemeten data 21.34725 mV overeenkomt met 1° C. Wanneer de data samen wordt geplott in dezelfde grafiek, wordt het verband duidelijk. De grootste fout bedraagt 0.7533°C. Dit is te zien in figuur 16.



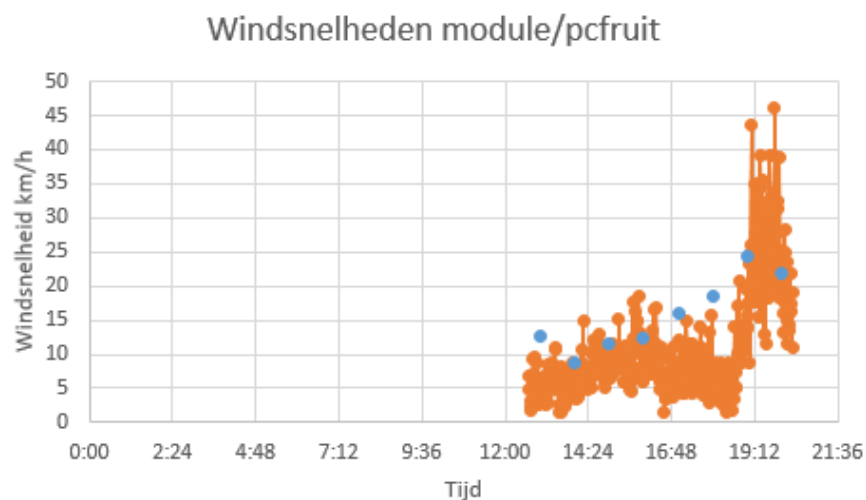
Figuur 14: Temperatuur data pcfruit Figuur 15: Temperatuur data weermodule



Figuur 16: Temperatuur data samen geplot

3.6 Anemometer

Zoals de temperatuur is ook de windsnelheid opgemeten tijdens de ijkingstest. De resultaten hiervan zijn te zien op figuur 17. Men kan zien dat de data niet exact overeenkomen met de opgemeten data. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat de anemometer van pcfruit op het dak van het gebouw bevestigd is. Toch kan er afgeleid worden dat een opgemeten waarde van 16.3781 mV overeenkomt met een windsnelheid van 1km/h.

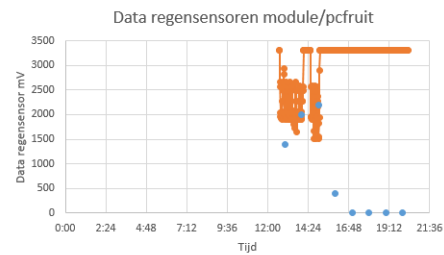
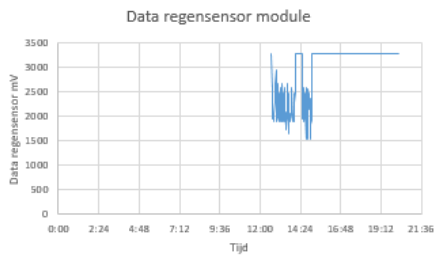


Figuur 17: Data ijking anemometer

3.7 Regensensor

De neerslag is ook 8 uur lang opgemeten. De opgemeten data zijn terug te vinden in figuur 18. De regensensor zal een uitgangswaarde van 3.3 Volt teruggeven indien er geen neerslag valt. Indien er wel neerslag valt, zal de opgemeten waarde lager

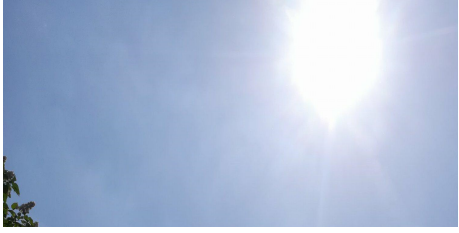
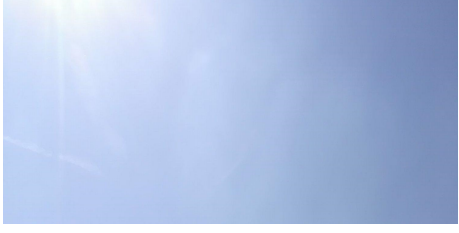
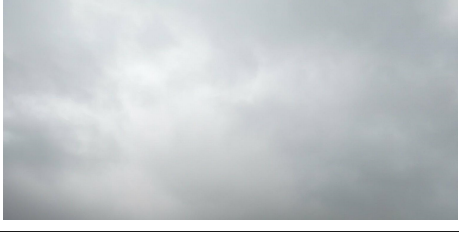
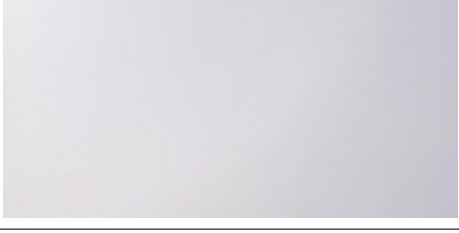
zijn dan 3.3 Volt. Het geijkte weerstation op pcfruit meet ook de neerslag op. In figuur 19 zijn de opgemeten data van dit weerstation terug te vinden. Hieruit is er te besluiten dat de regensensor correct de neerslag opmeet.



Figuur 18: Data regensensor module Figuur 19: Data regensensor module en pcfruit

3.8 LDR sensor

Om de bewolking te meten, werd er op verschillende momenten de lichtintensiteit opgemeten en gekeken of het bewolkt was of zonnig. In tabel 1 kan men de opgemeten waarden terugvinden. Men kan besluiten dat het zonnig is, wanneer de LDR een lichtintensiteit opmeet van boven de 1.9 Volt. Onder deze waarde zal men kunnen concluderen dat het bewolkt is. In sommige situaties kan het zijn dat het wisselend bewolkt en zonnig is. Om hiermee rekening te houden zal er op verschillende momenten van de bespuiting een meting van de lichtintensiteit gebeuren.

datum	foto	opgemeten waarde in mV	conclusie
26/05/2018		2018.28 mV	Zonnig
27/05/2018		2169.35 mV	Zonnig
28/05/2018		1256.57 mV	bewolkt
29/05/2018		1438.71 mV	bewolkt

Tabel 1: Data LDR

4 RFID module

Men moet kunnen controleren welke spuitmachine er gebruikt is voor iedere bespuiting en of deze de correcte is. Zoals eerder aangehaald is een RFID reader en tag, de optimale methode om de spuitmachines te detecteren. Voor deze applicatie is de MFRC522 reader, figuur, 20 gekozen. Dit is een HF, High Frequency, RFID reader. De reader werkt op 13.56 MHz en ondersteunt verschillende NFC tags. Voor de tags is er gekozen voor de NFCtag 213. De reader kan tot een afstand van 5 cm de tag lezen.



Figuur 20: MFRC522 RFID reader

Een belangrijk probleem is een ideale positie bepalen waar de RFID reader kan bevestigd worden, zodat elke soort spuitmachine kan gedetecteerd worden. De spuitmachines worden bevestigd achteraan de tractor met een pin. De RFID reader zou hier kunnen geplaatst worden. Maar dit is niet de ideale positie om de RFID reader te bevestigen omdat met deze pin veel gewerkt wordt en de kans te groot is op het per ongeluk verwijderen van de tag of beschadigen van de reader.

Iedere spuitmachine heeft een controller om de spuitmachine te bedienen. Deze controller wordt bevestigd in de tractor zodat de teler de machine kan bedienen zonder de cabine te verlaten. In de cabine van de tractor is er aan de deur een pin bevestigd waaraan de controller van elke soort spuitmachine kan vastgemaakt worden. De tags zullen vervolgens worden geplakt op de controller van de spuitmachines. Omdat niet iedere controller dezelfde vorm heeft, maar wel op dezelfde plaats wordt bevestigd, is er een systeem bedacht om hier rekening mee te houden. Voor de reader is er een plexiglas omhulsel ontworpen waar hij in bevestigd kan worden. Er is gekozen voor een FTP kabel zodat deze beschermd is voor elektromagnetische interferentie. Ook is er gewerkt met een wartel zodat er bijna geen kracht op de kabels kan uitgeoefend worden en er geen water kan binnendringen in de casing. De RFID module is bevestigd tegen het raam met een zuignap en een beweegbare stang. Hierdoor kan de reader op elke positie geplaatst worden zodat het al de verschillende vormen van controllers kan uitlezen. Het eindontwerp van de RFID module is te zien in 21.

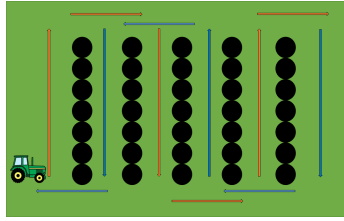


Figuur 21: Eind ontwerp RFID reader

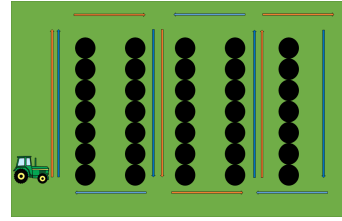
Elke spuitmachine heeft, in de EVA database, een specifiek machinenummer. Dit veld wordt gegenereerd wanneer een nieuwe spuitmachine wordt aangemaakt. Standaard is dit veld leeg. Bij het aanmaken van een taak, zal er telkens een spuitmachine moeten worden gekozen, die zal gebruikt worden voor de bespuiting. Wanneer de applicatie de gebruikte spuitmachine wil detecteren, zal eerst het machinenummer van de gedefinieerde spuitmachine, worden opgehaald. Vervolgens zal gecontroleerd worden of deze leeg is. Wanneer dit zo is, betekent dit dat de gedefinieerde spuitmachine nog nooit is gebruikt in combinatie met de module. De tag ID zal worden opgeslagen als machinenummer voor de gedefinieerde spuitmachine. Indien het machinenummer niet leeg is, zal er gecontroleerd worden of dit overeenkomt met het gedetecteerde tag ID. Wanneer dit niet overeenkomt, betekent dit dat de foute spuitmachine is gebruikt. In dit geval zal er een waarschuwing getoond worden voor de gebruiker van de applicatie.

5 GPS Tracker

Fruittelers, die veel percelen hebben, besteden vaak taken uit aan derden. Zij zullen fruit plukken en bomen snoeien maar ook de percelen bespuiten met de tractor. Het is zeer belangrijk dat elke rij met dezelfde hoeveelheid chemicaliën wordt bespoten. Daarom zullen de tractoren zich met een snelheid van 7km/h doorheen de rijen rijden tijdens het bespuiten. In de fruitteelt staan de bomenrijen standaard 3.5 meter uit elkaar. Hier past net een tractor en een spuitmachine tussen, maar de bocht op het einde van een rij is erg scherp. Hierdoor zal er tijdens bespuitingen telkens één rij worden overgeslagen. Wanneer de tractor op het einde van een perceel arriveert, zal deze bij het terugrijden de overige rijen bespuiten. Een voorbeeld traject van zo een bespuiting kan teruggevonden worden in figuur 22. Hierdoor zal uiteindelijk toch iedere rij worden bespoten. Een frequent probleem in de fruitteelt is, dat door een menselijke fout, bij het terugkeren dezelfde rijen worden behandeld, zoals te zien is in figuur 23. Hierdoor zullen rijen fruitbomen dubbel worden bespoten en andere rijen niet. Dit is natuurlijk niet ideaal en men wil dit zo veel mogelijk vermijden. Daarom is er een algoritme ontwikkeld, dat aan de hand van GPS coördinaten, deze fouten zal detecteren en de bestuurder van de tractor zal verwittigen. Deze zal zijn traject kunnen aanpassen zodat toch al de rijen worden behandeld.

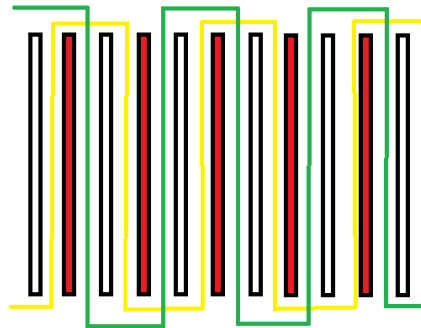


Figuur 22: Goed Spuittraject



Figuur 23: Slecht spuittraject

Bij de aardbeienteelt heeft men ook te maken met dit probleem. Hier is er een systeem uitgewerkt zodat aan de hand van markers het probleem wordt vermeden. In de serre is er op de hoek van iedere rij een marker aangebracht. De teler zal simpelweg telkens voor de marker moeten inslaan en deze rij bespuiten. Een voorbeeld van zo een traject kan men terugvinden in figuur 24. Dit kan ook toegepast en geautomatiseerd worden in de applicatie. Er kunnen aan het einde van ieder perceel markers worden geplaatst. Aan de hand van een camera kunnen deze markers gedetecteerd worden en kan er gecontroleerd worden of de tractor het perceel niet voorbij rijdt. Toch is dit niet een ideale oplossing voor deze toepassing. In het voorbeeld van de aardbeien worden de markers geplaatst in een serre, waar alleen de teler toegang heeft en wat in oppervlakte kleinschalig is. Voor deze toepassing zullen de markers moeten worden geplaatst bij iedere rij van ieder perceel. Sommige percelen zijn ver afgelegen en in oppervlakte ver verspreid. Ook kunnen er allerlei oorzaken van buitenaf een marker stuk maken of wegnemen. Omwille van deze reden is dit niet de beste oplossing voor deze toepassing.



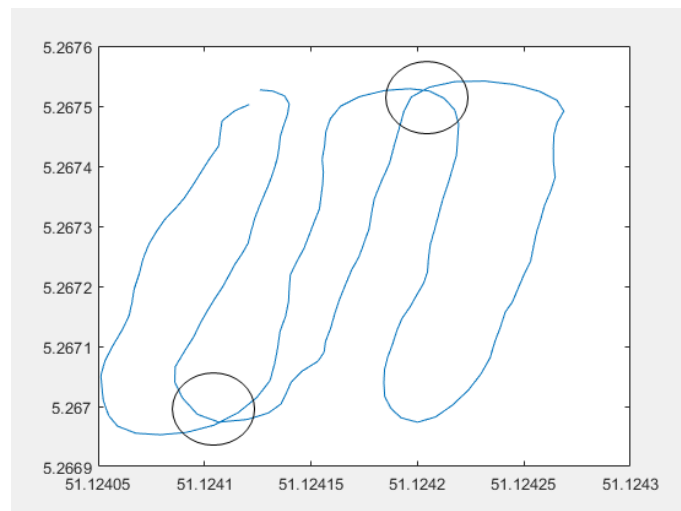
Figuur 24: Traject aardbeienteelt

Een tweede mogelijkheid is om het traject te controleren op basis van GPS coördinaten. Hiervoor is een algoritme ontworpen dat fouten in het spuittraject zal detecteren.

5.1 Algoritme

Het uiteindelijke doel van het algoritme is, dat deze aan de hand van de afstand tussen twee GPS coördinaten, kan detecteren of de tractor zich in een rij bevindt waar hij voordien al is geweest. Dit zal in real-time moeten gebeuren zodat de bestuurder van de tractor zijn traject kan aanpassen. Men kan niet zomaar de afstand tussen een nieuwe coördinaat en al de vorige coördinaten gaan vergelijken en checken of deze kleiner is dan een bepaalde afstand. Bij deze methode kunnen er verschillende fouten optreden.

1. De GPS zal om de seconde een nieuwe GPS coördinaat teruggeven. Stel dat de GPS op tijdstip t_0 coördinaat C_{o_0} teruggeeft en op tijdstip t_1 coördinaat C_{o_1} . De afstand tussen deze twee punten zal zeer klein zijn en het systeem zal denken dat er een fout is opgetreden. Er zal dus in real-time moeten gecheckt worden of de tractor zich nog in één rij aan het bewegen is of in een andere rij.
2. Wanneer de tractor draait, zal hij zich op posities bevinden waar hij zich de vorige keer ook bevond, terwijl de tractor toch op het correcte traject is, figuur 25. Er zal dus moeten gedetecteerd worden of de tractor zich in een rij bevindt of in een bocht. Wanneer de tractor draait, zullen deze coördinaten niet mee moeten in rekening worden gebracht om fouten in het spuittraject te detecteren.
3. Er zal ook rekening moeten gehouden worden met het feit dat een GPS niet de exacte coördinaten van een locatie kan bepalen. Met deze kleine fouten zal het algoritme ook mee overweg moeten kunnen.

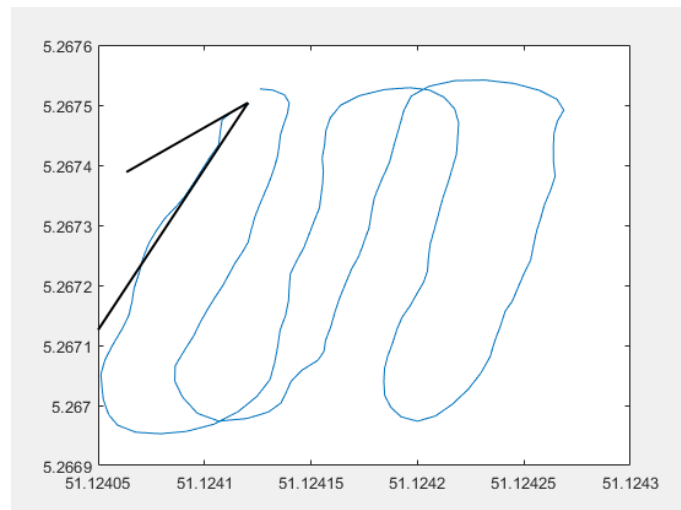


Figuur 25: Traject bespuiting

Er zal dus moeten gecheckt worden of de tractor zich nog in een rechte lijn aan het bewegen is. Wanneer dit het geval is, zal de afstand tussen de nieuwe coördinaten en de coördinaten van deze rij, niet moeten berekend worden en/of met elkaar vergeleken worden. Als de tractor een bocht neemt, zullen al de coördinaten, van de rij waar de tractor net heeft gespoten, worden opgeslagen, zodat de afstanden tot coördinaten van een nieuwe rij kunnen worden berekend en vergeleken. De coördinaten van de bocht zullen niet worden opgeslagen. Het is zeer belangrijk dat er zo weinig mogelijk coördinaten van de tractor, wanneer deze aan zijn bocht begint, mee worden opgeslagen. Dit kan leiden tot false positives.

Om te weten of de tractor in een rechte lijn beweegt, zal de richtingscoëfficiënt (Rico) worden berekend tussen de twee opeenvolgende punten. De rico geeft de helling van de rechte tussen de twee punten weer. Wanneer $Rico_{AB}$ van de twee punten A, B, te veel zal verschillen van de $Rico_{Target}$ kan men besluiten dat de tractor zich

niet meer in een rechte lijn aan het bewegen is. $Rico_{Target}$ zal berekend worden met de eerste coördinaten van een rij. Een probleem is dat, door de onnauwkeurigheid van de gps, de rico van de eerste twee coördinaten van een rij sterk kan verschillen van de gemiddelde rico van deze rij, zoals weergegeven in figuur 26. Om dit probleem op te lossen zal de $Rico_{Target}$ worden berekend tussen het 1ste en 5de coördinaat van de rij. Hierdoor zal de $Rico_{Target}$ meer een gemiddelde helling weergegeven van de rij. Een nadeel is wel dat er hierdoor er 5 coördinaten telkens niet zullen gecheckt worden. Hierna zal tussen iedere opeenvolgende coördinaat de helling worden berekend en vergeleken met deze $Rico_{Target}$. Wanneer het $|Rico_{Target} - Rico_{nieuw}| > 0.2$ kan men besluiten dat de tractor niet meer in 1 rechte lijn beweegt. Hierna zal een nieuwe $Rico_{Target}$ worden berekend vanaf het punt waar $P_{tijd|Rico_{Target} - Rico_{nieuw}| > 0.2}$ en het punten P_{t+5} . Deze grens is experimenteel gekozen zodat punten, bij de bochtbeweging, zeker niet worden opgenomen en punten op een rechte lijn wel. Dit deel van het algoritme zal voor de duidelijkheid de rechtlijn Check worden genoemd.



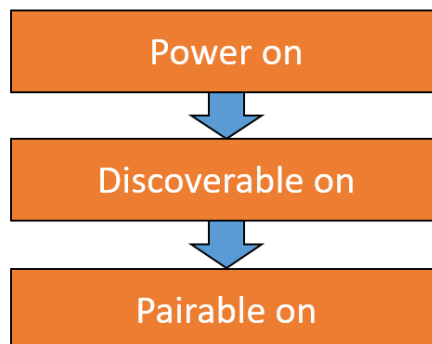
Figuur 26: Rico eerste coördinaten, Rico eerste 5 coördinaten

Toch kan het zijn dat door onnauwkeurigheid van de gps het algoritme denkt dat de tractor niet meer in een rechte lijn beweegt. Daarom zal $|Rico_{Target} - Rico_{nieuw}| > 0.2$ niet betekenen dat de tractor een bocht neemt. Hiervoor zullen al de $Rico_{Targets}$ met elkaar vergeleken worden. Wanneer er door één onnauwkeurige coördinaat een nieuwe $Rico_{Target}$ zal berekend worden, zal deze niet veel verschillen met de andere $Rico_{Target}$, van de rechte lijnen. Wanneer $|Rico_{targetEersteRij} - Rico_{targetA}| > 0.3$ betekent dit dat de tractor een bocht aan het nemen is. Dit deel van het algoritme zal bochtCheck worden genoemd. Wanneer er een bocht wordt gedetecteerd, zullen al de vorige punten worden toegevoegd aan een Array. Deze coördinaten zullen later gebruikt worden om te checken of de tractor al de rij heeft bespoten. Wanneer de bochtCheck weergeeft dat $|Rico_{targetEersteRij} - Rico_{targetA}| < 0.3$, betekent dit dat de tractor in een nieuwe rij is gereden. Dit betekend dat de afstand van de nieuwe coördinaten zullen moeten worden gecontroleerd. Wanneer men al de afstanden van iedere nieuwe coördinaat wil gaan berekenen met al de voorgaande coördinaten, zal dit een grote latency met zich meebrengen. Hierdoor zal telkens enkel de eerste 5 nieuwe coördinaten van iedere rij worden vergeleken met de oude coördinaten. Dit versnelt het algoritme aanzienlijk. Wanneer de opgemeten afstand kleiner is dan

2 meter betekent dit dat de tractor een rij aan het bespuiten is die hij al heeft bespoten. [1]

6 Bluetooth communicatie

De data die geregistreerd worden, zullen opgeslagen worden in de EVA database. Deze data zullen via http push en get commando's over het internet worden verzonden naar de database. Hiervoor zal er dus internetconnectie moeten zijn. Op de gebruikte Raspberry Pi is er een ingebouwde bluetooth module en wifi module. Eén van de mogelijke pistes is, om aan de hand van de wifimodule, de data te versturen naar de backend. Hiervoor zal er wel wifi aanwezig moeten zijn op de percelen. Wanneer dit niet het geval is, zal de data niet kunnen verzonden worden. Ook zal er communicatie tussen de smartphone en de module mogelijk moeten zijn. De smartphone zal namelijk gebruikt worden door de teler en deze zal aangeven welke percelen er bespoten zijn, wanneer de data moeten verzonden worden naar de backend of wanneer het traject gecontroleerd moet worden. De smartphone zal ook in verbinding moeten staan met het internet via wifi of mobiel internet. Dit omdat de teler zich zal moeten inloggen met zijn EVA wachtwoord en username op de applicatie. Doordat de smartphone al in verbinding staat met het internet, is er gekozen om de data via deze weg te versturen naar de database. De data zullen worden verstuurd via bluetooth en vervolgens via wifi of mobiel internet naar de backend.



Figuur 27: Flowchart bluetoothmodule configuratie

Zoals eerder aangehaald heeft de Raspberry Pi een ingebouwde bluetooth module. De smartphone zal proberen te verbinden met deze module. Hiervoor zal de bluetooth module eerst en vooral aan moeten staan. Hierna moet de bluetooth module zichzelf discoverable maken. Dit betekent dat het MAC adres van de module zichtbaar is voor andere bluetooth apparaten. Daarna zal de module zich moeten gaan 'pairen' met de smartphone. Hiervoor zal de bluetooth module 'pairable' moeten zijn. Al deze handelingen zijn te zien in figuur 27. Om de bluetoothmodule van de Raspberry Pi te configureren is bluetoothctl gebruikt. Dit is een bluetooth interface waar al de vorige stappen kunnen worden uitgevoerd door middel van een script. Dit script zal worden gerund wanneer de Raspberry Pi wordt opgestart. Hieronder is de code te zien van dit script:

```
1 #!/bin/sh
2 #LauncherBlueConn.sh
3
4
5 #Bluetooth klaar maken
6 sudo systemctl start bluetooth
7 echo 'power on\nndiscoverable on\nnpairable on' | bluetoothctl
```

Figuur 28: Bluetoothctl connecteren

Nu kan iedere gsm connecteren met de Raspberry Pi. Om te verzekeren dat alleen een gebruiker van de EVA Track Trace app kan connecteren met de Raspberry Pi, zal er een verificatie worden gestuurd. Deze garandeert dat de teler met een EVA Track Trace module connecteert en dat er alleen mobiele apparaten kunnen connecteren die de EVA Track Trace applicatie gebruiken. Om dit te verwezenlijken zal er, nadat de bluetoothmodule is geconfigureerd pythonscript, bluetoothSendReceive.py, worden opgestart.

Eerst en vooral zal het MAC adres van de bluetoothmodule worden gedefinieerd. Ook de port waarmee er zal verbonden worden, wordt gedeclareerd. Hierna zal er een RFCOMM bluetoothsocket worden geopend. Wanneer een mobiel apparaat zal connecteren met de module, zal deze geaccepteerd worden, *s.accept()*. Indien er data verstuurd worden via bluetooth zullen deze worden uitgelezen, *data = client.recv(size)*. Wanneer deze data overeenkomen met "Connect*" zal er worden geantwoord met een verificatiebericht, *client.send("TrackTraceVerification*")*. Er zal op het einde van ieder bericht een * verstuurd worden. Zo weet de applicatie dat het niet meer verder moet luisteren naar binnenkomende data. Alleen de EVA Track Trace applicatie zal weten welk verificatiebericht het zal moeten versturen. Ook zal alleen de EVA Track Trace module de juiste respons hebben van de verificatie. Hierdoor is er verzekerd dat er geconnecteerd is met de juiste module.

```

25 hostMACAddress = 'B8:27:EB:BF:25:EF'
26 port = 1
27 backlog = 1
28 size = 1024
29 s = bluetooth.BluetoothSocket(bluetooth.RFCOMM)
30 s.bind((hostMACAddress, port))
31 s.listen(backlog)
32
33
34 while True:
35     try:
36         client, clientInfo = s.accept()
37         while 1:
38             data = client.recv(size)
39             if data:
40                 print(data)
41
42                 if data == "Connect*":
43                     print("Sending verification")
44                     client.send("TrackTraceVerification")
45
46     except:
47         print("closing socket")
48         client.close()
49         s.close()
50         subprocess.call(['./launcherBlueConn.sh'])

```

Figuur 29: Bluetooth verificatie

Aan de applicatiezijde zal er eerst en vooral een bluetoothadapter worden gecreëerd. Wanneer dit niet lukt, betekent dit dat het mobiele apparaat bluetooth niet ondersteunt. In dit geval zal de applicatie sluiten. Wanneer er op de scan knop gedrukt wordt, zal de bluetoothadapter beginnen zoeken naar omliggende bluetoothapparaten, *BTAdapter.startDiscovery()*; wanneer er een bluetoothapparaat gevonden is zal het in de listview worden toegevoegd. Wanneer er wordt geklikt op één van de gevonden bluetoothapparaten zal er eerst geprobeerd worden een RFCOMM Socket te creëren met een vooraf afgesproken UUID, Universal unique identifier,

```
public static final java.util.UUID MY_UUID = java.util.UUID.fromString("94f39d29-7d6d-437d-973b-fba39e49d4ee");
```

Hierna zal er een verificatie worden gestuurd naar het geconnecteerd apparaat, nl. `write("Connect*")`; Hierna zal er gewacht worden op een antwoord van het apparaat. De berichten worden verstuurd in bytes. Er zal gewacht worden tot er een byte overeenkomt met de ASCII code van het teken *, en dit is 42. Hierna kan het bericht omgevormd worden van ASCII code naar gewone tekst. Wanneer het bericht overeenkomt met *"TrackTraceVerification"* betekent dit dat het apparaat geconnecteerd is met een EVA Track Trace module.

Als de twee apparaten in contact staan via bluetooth kan er gecommuniceerd worden. Wanneer de applicatie weersgegevens nodig heeft, zal deze een bericht, *"WeatherData*"* versturen via bluetooth naar de EVA Track Trace module.

```

if data == "WeatherData*":
    LDR = mcp.read_adc(4)*1000*3.3/1023
    Temp = mcp.read_adc(5)*1000*3.3/1023
    Rain = mcp.read_adc(6)*1000*3.3/1023
    Anemo = mcp.read_adc(7)*1000*3.3/1023
    print("MCP3008")
    idInt, text = reader.read()
    time.sleep(0.2)
    id = str(idInt)
    print(id)
    dataSend = "WeatherData" + "/" + str(LDR) + "/" + str(Temp) + "/" + str(Rain) + "/" + str(Anemo) + "/" + id + "*"
    print("Sending weatherData")
    time.sleep(0.2)
    client.send(dataSend)

```

Figuur 30: Bluetooth weerdata verzenden

De module zal de ADC uitlezen en hieruit kan de Raspberry Pi al de weersdata halen. De RFID reader wordt ook uitgelezen. Al de data zal worden gecombineerd in één lange string die verstuurd zal worden. Iedere variabele is gesplitst door een / zodat deze aan de applicatiezijde weer kan gesplitst worden. Een datastring zal er als volgt uitzien: `\WeatherData/1756/350/3300/265/521455634 *`

De applicatie zal blijven luisteren naar binnenkomende bits tot de ASCII code 42 dat overeenkomt met *. Hierna zal de binnenkomende string gesplitst worden waar een / aanwezig is en de gesplitste data zullen opgeslagen worden in een array. Vervolgens zal gekeken worden naar de eerste variabele in de array. Als deze overeenkomt met `\WeatherData` weet de applicatie dat het weersgegevens heeft binnengekregen. Nu kunnen al de andere weersvariabelen uit de array worden gehaald en verder worden verwerkt.

7 Smartphone applicatie

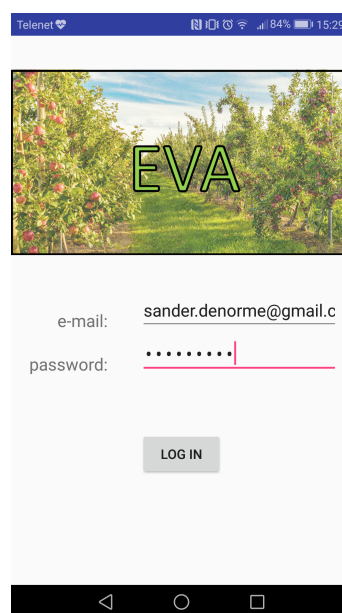
In de EVA applicatie zal de teler zich eerst moeten aanmelden met een unieke username en wachtwoord. Daarna zal hij taken kunnen aanmaken. Per taak kan hij verschillende percelen aanduiden die moeten bespoten worden, onder één specifieke taak. Nadat deze bespuiting is uitgevoerd zal de teler, op dit moment, handmatig de weerparameters moeten ingeven. Met deze module zal dit laatste automatisch gebeuren. De gegevens zullen moeten worden opgeslagen bij de juiste taak van de juiste teler. Om de gebruiker de mogelijkheid te bieden om eenvoudig de juiste taak die hij of zij wil uitvoeren te kiezen, is er een Android applicatie ontwikkeld. Hier zal de gebruiker zich moeten op aanmelden met dezelfde username en wachtwoord als de EVA app. De verzamelde gegevens zullen op deze manier doorgestuurd kunnen worden naar de correcte tabel in de database. De applicatie is ontwikkeld in Android studio's. Dit is de officiële IDE, integrated development environment, voor het besturingssysteem Android. Hier kunnen programmeurs eenvoudig Android applicaties ontwikkelen en testen. De ontwikkelde applicaties kunnen gesimuleerd worden op eender welk Android toestel.

7.1 Flow Applicatie

Wanneer de EVA Track Trace applicatie wordt geopend, zal het startscherm geopend worden. Hier zullen de logos van al de betrokken partijen te zien zijn en de titel van de applicatie. Dit scherm is te zien op figuur 31. Dit scherm blijft geopend totdat de gebruiker van de applicatie het scherm aanraakt. Wanneer dit gebeurt zal het login scherm opstarten, figuur 32. Hier zal de gebruiker zijn wachtwoord en username moeten invullen. Wanneer één van de twee velden niet is ingevuld, zal de applicatie een error weergeven. Wanneer de 'Log In' knop wordt ingedrukt, zal er gecheckt worden of de username en het wachtwoord correct zijn. Hierna zal er doorverwezen worden naar een nieuw scherm.

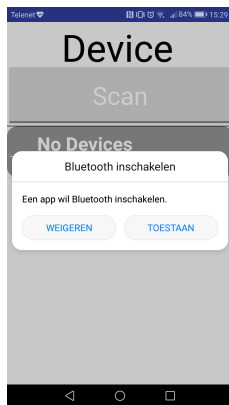


Figuur 31: Start Scherm

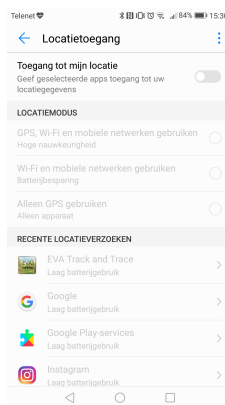


Figuur 32: Login Scherm

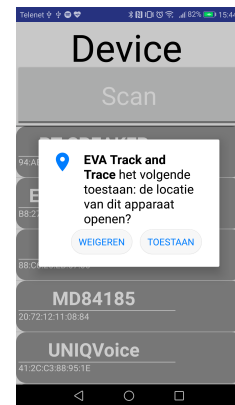
Hier zal de gebruiker moeten connecteren met de EVA Track Trace module via bluetooth. Hiervoor zal de applicatie checken of het gebruikte mobiele apparaat bluetooth ingebouwd heeft. Wanneer dit niet het geval is, zal er een melding komen dat het mobiele apparaat niet compatibel is met de applicatie en deze zal automatisch sluiten. Wanneer het apparaat wel bluetooth mogelijkheden heeft, zal er een pop-up te zien zijn op het scherm waarin gevraagd wordt om bluetooth op te zetten. Dit zie je in figuur 33. Door te accepteren, zal de applicatie automatisch de bluetooth opzetten van de gsm. Wanneer dit reeds is gebeurd, zal deze pop-up niet verschijnen. Hierna zal er gevraagd worden aan de gebruiker om de applicatie toestemming te geven om GPS gegevens op te vragen, figuur 35. Dit moet verplicht gebeuren van de Europese Unie. Dit zal ook maar eenmalig moeten gebeuren per mobiel apparaat. Wanneer de gebruiker dit niet accepteert, zal de applicatie ook gesloten worden. Nadat de teler toestemming heeft gegeven om gps coördinaten te gebruiken, zal er ook gevraagd worden om de gps te activeren. Er zal doorverwezen worden naar het locatietoegangsscherm van de gsm waar de gebruiker de gps kan activeren, figuur 34. Nu heeft de applicatie toegang tot al de nodige hardware onderdelen van het mobiele apparaat.



Figuur 33: Bluetooth accepteren



Figuur 34: GPS activeren

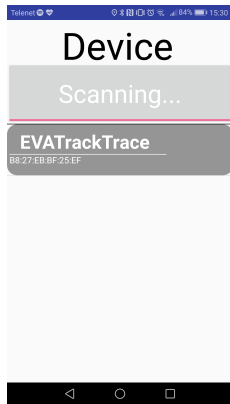


Figuur 35: Accepteren dat de app GPS data opslaat

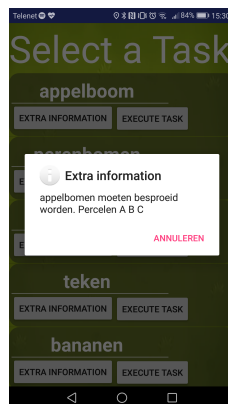
De volgende stap is connecteren via bluetooth met de EVA Track Trace module. Eerst en vooral zal er gescand moeten worden naar bluetooth apparaten in de buurt. Dit kan gedaan worden door op de 'scan' knop te drukken. Nabij gelegen bluetooth apparaten zullen verschijnen in de lijst met hun naam en MAC adres, figuur 36. Wanneer er een bluetooth apparaat wordt gekozen, zal de applicatie proberen te verbinden met de module. In het voorgaande hoofdstuk bluetoothcommunicatie werd er nader ingegaan op hoe dit specifiek gebeurt. Wanneer het mobiele apparaat succesvol werd geconnecteerd met de module, zal er een nieuw scherm geopend worden, het 'takenscherf'. Op dit scherm zal er een listview weergegeven worden met al de taken van de persoon die is ingelogd. Zoals te zien op figuur 38 zal de listview gevuld worden met items met een volgende structuur:

- De titel van de taak
- Een knop die een pop-up zal openen waar extra informatie over de taak zal gegeven worden. De tekst die hierin zal getoond worden kan de teler zelf ingeven, zoals: gebruikte soort product, de percelen die moeten worden afgewerkt,...

- Een ‘Execute Task’ knop. Wanneer deze wordt ingedrukt zal er verificatie worden gevraagd aan de gebruiker of hij deze zeker wil uitvoeren. Wanneer dit wordt geaccepteerd zal er doorverwezen worden naar het volgende scherm.



Figuur 36: Scanning blue-tooth apparaten

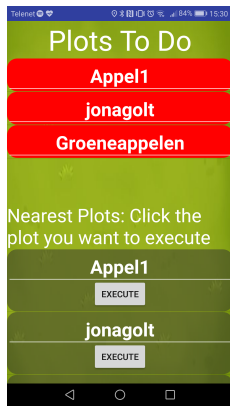


Figuur 37: Extra informatie van een taak



Figuur 38: Listview met alle taken

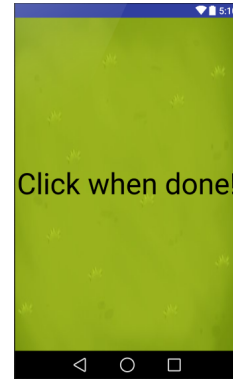
Hier zullen al de percelen, die moeten worden behandeld tijdens deze taak, in een listview te zien zijn. Aan de onderzijde van het scherm zullen die percelen, die nog bespoten moeten worden verschijnen, figuur 39 en 40. Wanneer de tractor aangekomen is op het perceel dat zal bespoten worden, kan deze op de ‘execute’ knop drukken. Als dit gebeurt, zal het ‘stop’ scherm geopend worden. Op dit moment zullen ook de weerparameters opgemeten worden en zal de applicatie beginnen met het traject van de tractor te controleren. Ook zal het machinenummer van de gedefinieerde spuitmachine van de taak opgehaald worden uit de EVA backend. Deze zal vergeleken worden met het opgemeten tag ID. Indien deze verschillend zijn, betekent dit dat de foute spuitmachine is gebruikt. Indien dit het geval is, zal er waarschuwing verschijnen op het scherm. Wanneer het perceel bespoten is, moet de teler simpelweg het scherm aanraken om terug naar het vorige scherm te gaan, figuur 41. Het bespoten perceel zal nu groen gekleurd zijn. De gebruiker zal opnieuw naar een perceel moeten rijden, dat behoort tot de takenlijst en weer op de ‘execute’ knop drukken om deze uit te voeren. Wanneer al de percelen zijn bespoten, zal automatisch de gebruiker doorverwezen worden naar het ‘takenscherf’. Hier zal de net uitgevoerde taak niet meer tussen staan. Ook zal de weersinformatie automatisch doorgestuurd worden naar de EVA backend.



Figuur 39: Listview percelen geen percelen bespoten



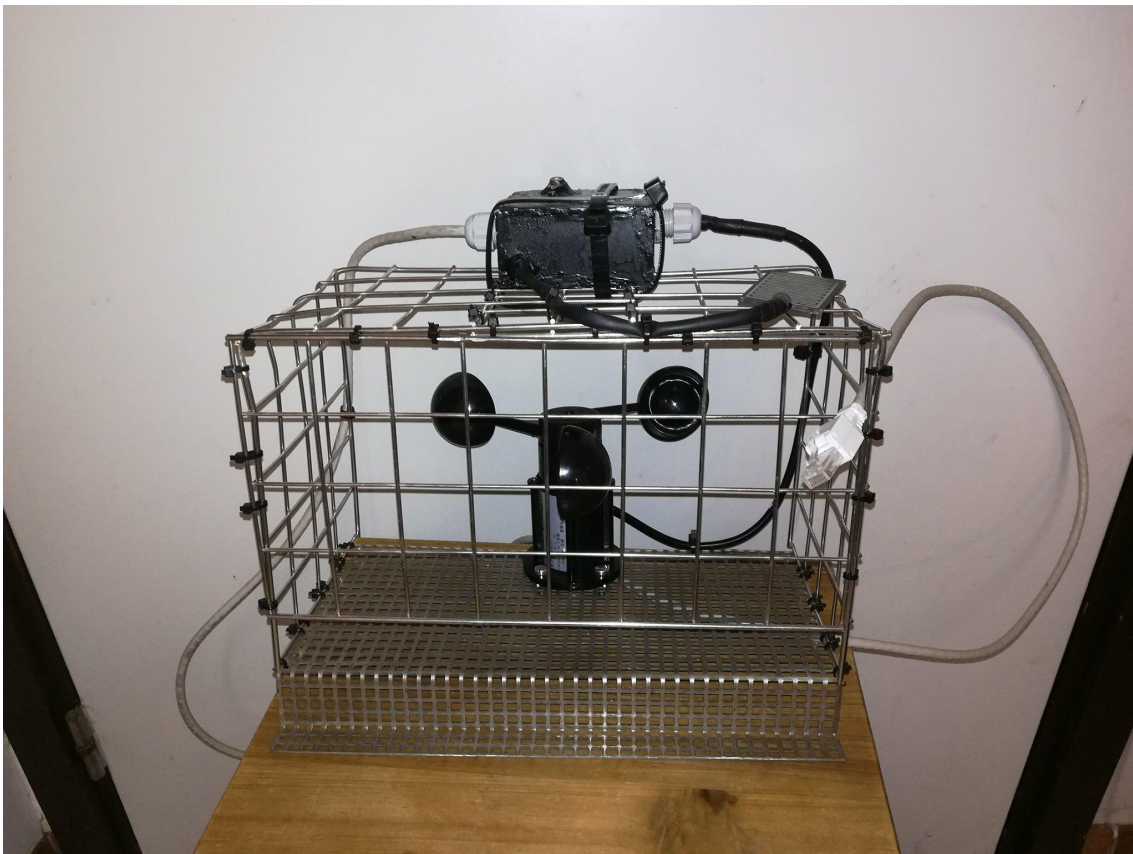
Figuur 40: Listview percelen één perceel bespoten



Figuur 41: stop scherm

8 Implementatie op tractor

Uiteindelijk zal de module op een tractor worden gemonteerd. Deze zal in gezichtslijn met de lucht moeten staan, omdat de LDR de lichtintensiteit zal moeten opmeten. De anemometer zal de windsnelheid gaan opmeten en zal hiervoor niet mogen gehinderd worden. De ideale positie om de module te installeren, is op het dak van de tractor waar ze beiden niet gehinderd worden door de cabine. De tractor zal met de weermodule door de fruitboompercelen rijden, waar tijdens het hoogseizoen grote overhangende takken kunnen groeien. Doordat de anemometer een fragiele sensor is, kunnen deze takken de sensor beschadigen. De andere sensoren zitten verwerkt in een stevige casing, dus deze zullen moeilijker beschadigd worden. De anemometer zal dus beschermd moeten worden. Hiervoor is er een kooi ontworpen van staal. Deze heeft grote gaten waar de wind vrij door kan bewegen, maar waar de takken tegengehouden worden. Hierdoor is de anemometer beschermd. Een nadeel is dat de kooi en de anemometer een schaduw kunnen werpen op de module en dus de LDR beïnvloeden. Omwille hiervan is de weermodule boven op de kooi gemonteerd met colsonbandjes, wat te zien is op figuur 42.



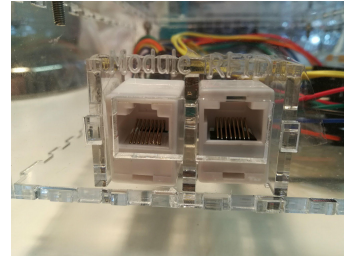
Figuur 42: Weermodule beschermd door kooi

De hele kit om de weerparameters en spuitmachine te controleren en trajectcontrole uit te voeren, heeft verschillende modules met kabels. Zo is er de RFID module en weermodule met elk een FTP kabel die bij de CPU moet uitkomen. Wanneer deze kabels allemaal vast bij de CPU zouden gemonteerd worden, is het installeren van de kit op een tractor zeer moeilijk. Ook geeft dit weinig vrijheid aan de teler om de module op verschillende soorten tractoren te installeren. Om dit probleem op

te lossen is er gekozen om met ethernet connectoren te werken. De gebruiker zal hierdoor simpel de modules kunnen los- en vastkoppelen aan de CPU, zoals men kan zien in figuur 43 en 44.



Figuur 43: CPU casing



Figuur 44: Ethernet connectors

De Raspberry Pi zal voorzien worden van stroom door een +5.1V micro USB supply. De Pi zal tussen de 700-1000mA gebruiken. In een tractor is er geen gewoon stopcontact om de Raspberry Pi te voorzien van stroom. Toch zijn er in een tractor twee andere soorten stopcontacten, speciaal voorzien voor de spuitmachines. Deze leveren 12 volt. Eén van deze twee zal telkens gebruikt worden voor de spuitmachine. Er is dus telkens één stopcontact over dat kan gebruikt worden om de Raspberry Pi en dus ook de module van stroom te voorzien. Om toch met deze contacten de Raspberry Pi te poweren, is er een adapter ontwikkeld tussen deze connectoren en een sigarettenaansteker van een auto. Hierin kan een usb adapter gestoken worden. Vervolgens kan een USB naar micro USB kabel worden aangesloten in de adaptor en hiermee zal de Raspberry Pi zijn stroom krijgen. In figuren 46 en 45 kan men de twee adapters zien van de tractor stopcontacten naar USB.[10]



Figuur 45: Adapter 1



Figuur 46: Adapter 2

9 Besluit

Na een uitgebreid vooronderzoek kan er besloten worden dat er een module ontworpen is die aan al de voorwaarden voldoet. Er werd rekening gehouden met de voor- en nadelen van verschillende ontwerpen. Uiteindelijk is dit ontwerp tot stand gekomen: een module die de verschillende weerparameters kan opmeten en dit doorsturen naar de EVA backend. De wind zal opgemeten worden door een cup anemometer, de temperatuur door een LM35CZ temperatuursensor, de regen door een regensensor en de bewolking door een LDR. Er is een PCB ontworpen waar al de componenten op gemonteerd zijn. Deze PCB is beschermd van de buitenwereld door middel van een plexiglas case en een speciale waterafstotende en schokabsorberende gel. Deze weermodule staat vast gemonteerd op het dak van de tractor zodat deze de weerparameters ter plaatse kan opmeten. De spuitmachine wordt gecontroleerd door middel van een RFID reader en tags. De reader is bevestigd met een zuignap aan het raam van de tractor. De tags worden gekleefd op de controllers van de spuitmachine. De signalen komen samen bij een CPU. Deze is gemonteerd in de tractor zelf. De verschillende modules kunnen worden ingeplugd in de CPU door middel van een ethernet connector. Hierdoor is het installeren van de module eenvoudiger. De signalen zullen via bluetooth worden doorgestuurd naar een gsm applicatie. Via deze gsm applicatie zal er eerst moeten ingelogd worden met het wachtwoord en username van de EVA applicatie. Hierna zal er moeten verbonden worden met de module. Vervolgens zal de teler al de opdrachten zien die nog uitgevoerd moeten worden. Wanneer er een opdracht wordt aangeklikt, zal er een scherm tevoorschijn komen met de percelen die bespoten moeten worden. Wanneer er een perceel wordt geselecteerd, zal de module de weersinformatie doorsturen en de gsm applicatie zal deze data naar de EVA backend doorsturen. Ook zal het traject van de tractor gecontroleerd worden. Er is een algoritme ontwikkeld dat fouten in het traject zal opsporen en dit op basis van gps coördinaten, ontvangen door de ingebouwde gps van het mobiele apparaat. De bestuurder zal verwittigd worden in dit geval, zodat het traject kan aangepast worden.

Referenties

- [1] Location strategies, 2018.
- [2] C U P Anemometer. Measurement of wind parameters. *Methods of Measuring Environmental Parameters*, pages 38–49, 2014.
- [3] T H E Hot-wire Anemometer. 1. Introduction. 59(2):467–475, 2014.
- [4] Hannah Augur. No Title, 2017.
- [5] Proquest Central. The battle between hf and uhf rfid. (May), 2008.
- [6] Eletechsup. Positieve & Negatieve Dual uitgangsvermogen supply DC DC Step-up Boost Converter module.
- [7] Gotron. Temp.-sensor -40/+110C TO92.
- [8] Gotron. VT33N1 LDR Photoresistor 40k/500k Glass.
- [9] Measurement O F Precipitation. Measurement of precipitation 10.1. *Methods of Measuring Environmental Parameters*, pages 112–128, 2014.
- [10] Raspberrypi. Power Supply Raspberry Pi.
- [11] Old Robinson. Studies on Cup Anemometer Performances Carried out at IDR / UPM Institute . Past and Present Research. pages 1–17, 2017.
- [12] Suzanne Smiley. <https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>, 2016.
- [13] Switching Transducer. Regen Sensor Water Regendruppels Detection Module voor arduino DIY KIT.
- [14] Sergey N Vecherin, Vladimir E Ostashev, Christopher W Fairall, D Keith Wilson, and Ludovic Bariteau. Sonic Anemometer as a Small Acoustic Tomography Array. pages 165–178, 2013.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Track en trace systeem voor gewasbescherming in de fruitteelt

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT**
Jaar: **2018**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Denorme, Sander

Datum: **4/06/2018**