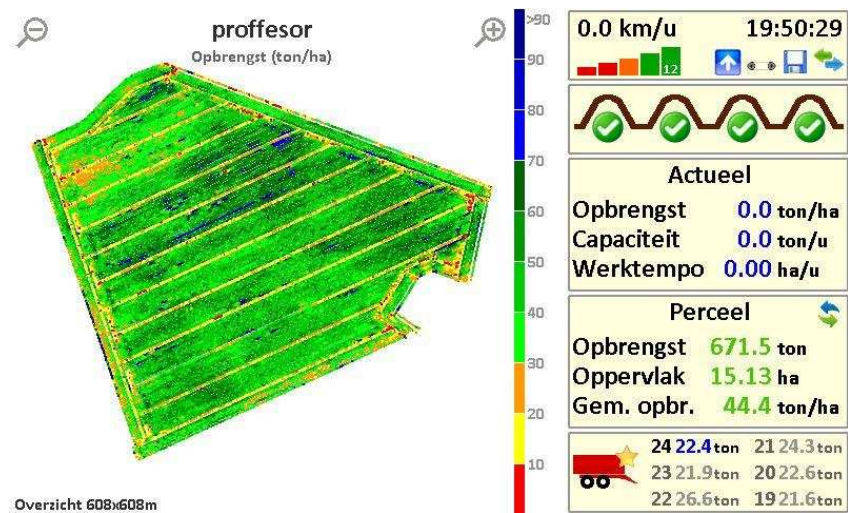


Opbrengstmeting rooivruchten



Ir. V.T.J.M. Achten

PROBOTIQ B.V.
 Oktober 2012

Colofon

Titel	Opbrengstmeting rooivruchten
Auteur	Ir. V.T.J.M. Achten
Opdrachtgever	Naaijkens Innovative Design / Programma Precisielandbouw
Projectnummer	405
Bestandsnaam	Rapportage PPL128-opbrengstmeting rooivruchten-v1.docx

Dit project (128) is uitgevoerd op initiatief van Naaijkens Innovative Design en is gefinancierd door het Programma Precisielandbouw (PPL, www.pplnl.nl)



PROBOTIQ B.V.

Kleefkruid 74
5432EE Cuijk
Telefoon 0485-393812
Fax 0485-785287
E-mail info@probotiq.com
Internet www.probotiq.com

Contactpersoon

Ir. V.T.J.M. (Vincent) Achten
Telefoon 06-13626371
E-mail vincent.achten@probotiq.com

© 2012 PROBOTIQ B.V. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van PROBOTIQ.

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

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING EN DOELSTELLING	2
2.	OPZET EN COMPONENTEN	3
	2.1 Controller	4
	2.2 Terminal	6
	2.3 Data opslag	5
	2.4 Visualisatie	6
3.	SOFTWARE	8
	3.1 Controller.....	8
	3.2 Terminal	8
	3.3 Calibratie	9
	3.4 Registratie	10
	3.5 Verblijfstijd in de machine	10
4.	RESULTATEN	11
5.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	14

1. INLEIDING EN DOELSTELLING

Om het effect van precisielandbouw - plaats specifieke teeltmaatregelen - goed te kunnen beoordelen is het belangrijk dat ook plaats specifiek de opbrengst wordt gemeten. Voor granen zijn opbrengstmeters beschikbaar die in de praktijk goed werken. Voor rooivruchten zijn in het verleden oplossingen ontwikkeld (zoals het HarvestMaster systeem), maar deze zijn gedateerd en bieden onvoldoende (controle-)mogelijkheden om in de praktijk een correcte werking te garanderen. Het risico is groot dat men pas na het rooiseizoen, bij de dataverwerking, erachter komt dat het systeem verkeerd is gecalibreerd of dat er wat anders is misgegaan. De data kan dan als verloren worden beschouwd.

Het doel is het ontwikkelen van een opbrengstmeetsysteem dat breed kan worden ingezet op verschillende typen rooimachines en dat tevens aansluit op standaarden voor gegevensuitwisseling als ISOBUS. Hierdoor kan het systeem worden ingezet op vrijwel ieder type rooimachine en biedt het systeem de mogelijkheid om op een gestandaardiseerde manier plaats specifieke opbrengsten te bepalen. Het systeem moet eenvoudig te bedienen zijn, eenvoudig te calibreren zijn en bovendien goede controle mogelijkheden bevatten. De verzamelde data moet eenvoudig kunnen worden geëxporteerd naar veelgebruikte bedrijfsmanagementsystemen (FarmWorks, SGIS, etc.).

Plaats specifieke opbrengstmetingen stellen akkerbouwers in staat hun plaats specifieke teeltmaatregelen te evalueren en verder te verfijnen zodat efficiënter en milieubewuster kan worden omgegaan met meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen.

2. OPZET EN COMPONENTEN

Het systeem is ontwikkeld om opbrengsten plaats specifiek en kwantitatief (kg/ha) te bepalen. Hiervoor wordt de productstroom in de rooimachine gewogen met behulp van weegstaven (load cells) die onder een transportband in de rooimachine worden geplaatst.

Belangrijk is dat de productstroom wordt gemeten aan het einde van de reinigingsinrichting, vlak voordat het product in de bunker (bunkerrooier) of wagen (wagenrooier) terecht komt. Onder normale oogstomstandigheden is het product dan vrijwel vrij van tarra en kan een netto-opbrengst worden bepaald. De weegstaven worden in de machine geplaatst onder de transportband door aan twee zijden looprollen te vervangen door weegstaven met looprol (Figuur 1).



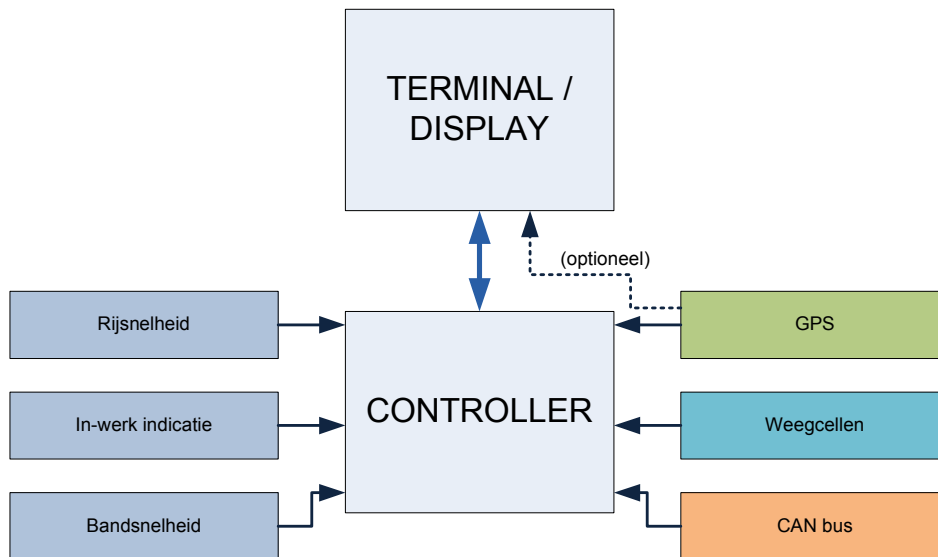
Figuur 1. Plaatsing weegstaven met looprol.

De weegstaven worden op buiging belast en geven een kleine spanning af (enkele milliVolts) die recht evenredig is met het gewicht op de weegstaven. Door dit gewicht te combineren met de actuele bandsnelheid, rijsnelheid en werkbreedte kan de momentane opbrengst (kg/ha) worden berekend. Deze opbrengst wordt vastgelegd in combinatie met de actuele GPS positie wanneer de machine zich in het werk bevindt (rooibek is naar beneden). Op deze manier ontstaat een opbrengstkaart.

Op moderne rooimachines zijn bandsnelheden en rijsnelheid vaak digitaal voorhanden (als CAN-bus bericht) en hoeven er, behalve de weegstaven en GPS, geen extra sensoren te worden geplaatst. Om het systeem echter geschikt te maken voor vrijwel alle typen rooimachines moet het systeem de voorziening hebben om ook pulsgevers voor band- en rijsnelheid en een in-werk schakelaar aan te kunnen sluiten. Dit maakt het systeem universeel inzetbaar.

Het inlezen van de sensoren (weegstaven en snelheden en in-werk indicatie) is ondergebracht in een controller-box die op de rooimachine wordt geplaatst. Deze is via een digitaal interface verbonden met een grafische bedieningsterminal/-display in de cabine van de trekker of rooimachine.

Het systeem is in Figuur 2 schematisch weergegeven:

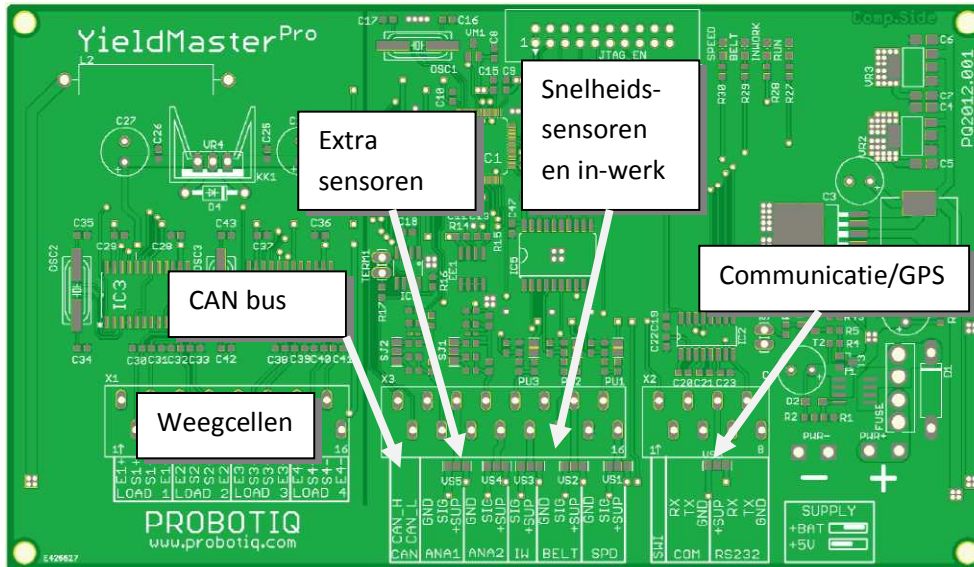


Figuur 2. Schematische weergave van het opbrengstmeetsysteem.

De controllerbox zorgt hierbij voor het inlezen van de sensoren en (eventueel) CAN-bus gegevens stuurt deze door naar de terminal. De terminal zorgt voor de gebruikersinteractie, de visualisatie en opslag van de opbrengstgegevens. In de volgende paragrafen worden de controller en terminal nader toegelicht.

2.1 Controller

De controller is een speciaal voor deze toepassing ontwikkelde embedded module die op de rooimachine zelf wordt geplaatst. Het hart van de controller is een ARM7TDMI microcontroller; deze leest de sensoren (weegstaven, pulsgevers, schakelaars) in, filtert de signalen en stuurt deze vervolgens door naar de terminal voor verdere verwerking. Figuur 3 geeft de printplaat van de controller weer, aan de onderzijde bevinden zich de aansluitingen voor sensoren en datacommunicatie.



Figuur 3. Controller printplaat met aansluitingen voor sensoren en communicatie.

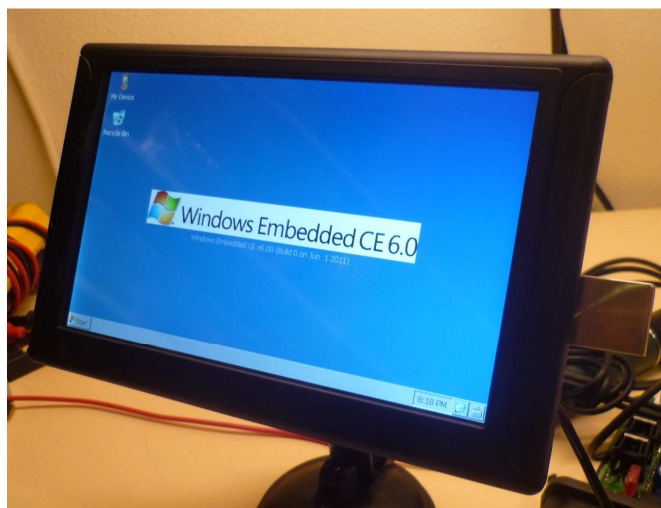
Er zijn vier aansluitingen voor vier weegstaven zodat het mogelijk is om een terugweging te doen van een lege transportband. Dit is met name op kleigronden belangrijk omdat het gewicht van de lege band kan variëren door aanklevende grond. Op zanderige komt dit niet of nauwelijks voor en kan worden volstaan met twee weegstaven; het gewicht van de transportband blijft nagenoeg gelijk. De signalen van de weegstaven worden met behulp van een speciale analoog-digitaal omzetter (Analog Devices AD7730) gedigitaliseerd. De weegresolutie is kleiner dan 10 gram.

Naast de weegstaven kunnen een in-werk schakelaar en pulsgevers voor rij- en bandsnelheid worden aangesloten. Twee extra ingangen zijn voorzien voor extra sensoren als, bijvoorbeeld, scheefstand-sensoren.

Op machines met een CAN bus systeem zijn parameters (rijnsnelheid, bandsnelheden, etc.) reeds digitaal beschikbaar en via de CAN bus aansluiting kunnen deze worden ingelezen. Daarnaast bevat de controller een aansluiting voor GPS en een aansluiting voor de terminal. De controller wordt gevoed met een spanning tussen de 6 en 40 Volt en schakelt pas in wanneer de terminal wordt ingeschakeld.

2.2 Terminal

In de cabine van de trekker of rooimachine (zelfrijder) wordt de terminal geïnstalleerd. Deze is met een 4-aderige kabel verbonden met de controller. Er is gekozen voor een compacte terminal met een 7" touchscreen bediening en Windows CE besturingssysteem (Figuur 4).



Figuur 4. Terminal met Windows CE besturingssysteem.

De terminal is uitgerust met een 900 MHz dual-core processor en is voorzien van een SD-kaart en USB aansluiting. Het heldere scherm is geschikt voor (buiten)toepassingen met relatief veel omgevingslicht.

Om de terminal geschikt te maken voor de toepassing is een printplaatje ontwikkeld dat achter op de terminal wordt gemonteerd. Deze is voorzien van een aan/uit schakelaar (voor het hele systeem) en een RS232 interface converter; deze zet de signalen van en naar de terminal om naar 'standaard' RS232 signaalniveaus. Via één RS232 uitgangen vindt communicatie plaats met de controller en via de tweede RS232 uitgang kan een eventueel een GPS ontvanger worden aangesloten. De GPS ontvanger kan daarmee óf bij de controller op de rooier worden aangesloten, óf in cabine bij de terminal. De terminal wordt vanuit de cabine gevoed met een spanning tussen de 8 en 30 Volt.

Data opslag vindt plaats op de SD kaart en data kan vanuit het systeem worden geëxporteerd m.b.v. een USB stick. Het Windows CE besturingssysteem is compact en zorgt ervoor dat het systeem dan ook dat de toepassing na enkele seconden nadat het systeem is ingeschakeld wordt opgestart.

3. SOFTWARE

Er is software ontwikkeld voor zowel de controller als de terminal. Deze software wordt in dit hoofdstuk toegelicht.

3.1 Controller

Voor de controller is embedded software (firmware) ontwikkeld in C. De firmware zorgt ervoor dat de sensorsignalen worden ingelezen, gefilterd en doorgestuurd naar de terminal. De communicatie met de terminal vindt plaats via een seriële (RS232) verbinding. De ontwikkelde software zorgt ervoor dat de gegevens van de diverse sensoren achter elkaar (serieel) worden gezet en tijdig worden verstuurd naar de terminal

Via dezelfde seriële verbinding kan de controller worden geconfigureerd. Via een configuratie-protocol kunnen parameters voor het inlezen van pulsgevers en de filtering van signalen worden gewijzigd. Daarnaast kan worden aangegeven welke machine-CAN-berichten over de seriële verbinding moeten worden doorgestuurd naar de terminal. Door de implementatie van dit CAN-filter worden niet alle CAN bus data doorgestuurd, maar alleen de data die relevant is voor de toepassing en wordt tevens voorkomen dat de seriële verbinding wordt overbelast door een te grote gegevensstroom. Er kan dus worden aangegeven welke berichten moeten worden doorgetuurd; voor systemen met een ISOBUS aansluiting kan bijvoorbeeld de rijnsnelheid van het ISOBUS systeem worden genomen. Een aparte rijnsnelheidssensor is dan overbodig. Bij zelfrijdende rooimachines kunnen vaak ook bandsnelheden en de in-werk indicatie worden door gestuurd. In dat geval hoeven geen extra sensoren te worden aangesloten.

3.2 Terminal

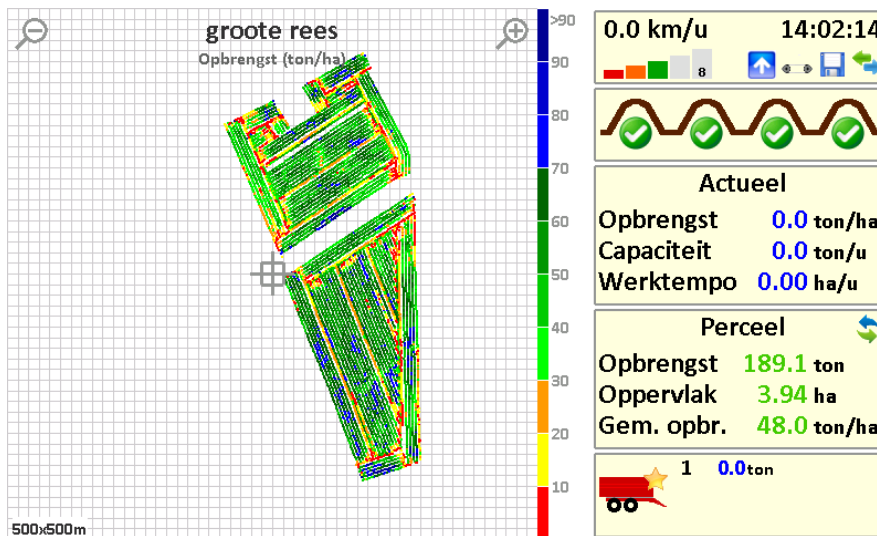
De terminalsoftware is ontwikkeld in C++ m.b.v. Microsoft Visual Studio 2005. Via de USB aansluiting van de terminal kan de ontwikkelde software op het platform worden gedownload en vindt debugging plaats. De ontwikkelde software wordt na het aanzetten van de terminal automatisch opgestart. Via deze zogenaamde bootlader komt de gebruiker direct terecht in het opstartscherm (Figuur 5).



Figuur 5. Het opstartscherm dat wordt getoond na het opstarten van het systeem.

Het opstartscherm bevat functionaliteit voor het exporteren van opbrengstdata naar een USB-stick, het weergeven van opbrengstkaarten, het wijzigen van instellingen en het starten van de applicatie voor opbrengstmeting.

Met de meest rechtse knop wordt de applicatie gestart. Allereerst wordt een scherm getoond waarin gekozen kan worden voor een opbrengstmeting op een nieuw of reeds bestaand perceel. Vervolgens wordt het hoofdscherm getoond en is het systeem klaar voor gebruik.



Figuur 6. Het hoofdscherm van de applicatie, na het laden van een bestaand perceel ('grote rees').

Aan de rechterzijde van het hoofdscherm wordt de opbrengstkaart weergegeven. Deze wordt tijdens het rooien automatisch ingekleurd. De legenda geeft de opbrengstkleuren weer. Met de zoom-toetsen kan worden in- of uitgezoomd.

Aan de rechterzijde van het scherm wordt onder meer status- en perceelsinformatie weergegeven. Rechtsboven bevindt zich statusinformatie. Hier wordt onder meer de GPS ontvangst, de communicatie-status, het in-werk signaal en de rijnsnelheid weergegeven. Daaronder wordt het aantal rijen weergegeven dat wordt gerooid. Dit kan door de gebruiker worden gewijzigd door hierop te drukken. Onder het kopje 'Actueel' wordt de actuele opbrengst, capaciteit en werktempo aangegeven. Daaronder staat een overzicht van het perceels-, dag- en seizoenstotaal. Door op dit overzicht te drukken kan worden gewisseld tussen bijvoorbeeld perceels- en dagtotaal.

Rechtsonder bevindt zich de wagenregistratie, dit is van belang voor onder meer de calibratie (zie hieronder). De laatste zes wagen gewichten worden hier weergegeven; door op de wagen te drukken wordt een nieuwe wagen aangemaakt en schuiven de wagen gewichten door.

Het menu (Figuur 7) wordt bereikt door rechtsboven op het scherm te drukken:



Figuur 7. Menu.

Via het menu kan de ruwe sensordata worden bekeken, kan een nieuw of bestaand perceel worden geopend, kan het systeem worden gecalibreerd, kan terug worden gegaan naar het hoofdscherm of kan de toepassing worden afgesloten (terug naar het opstartmenu).

3.3 Calibratie

Om het systeem te calibreren zijn twee calibratiefactoren van belang: de *offset* en de *schaalfactor*. Deze kunnen via het menu worden gewijzigd.

De *offset* is het gewicht dat de weegstaven registreren als er geen product over de band wordt getransporteerd; de lege band dus. In het geval van een systeem met vier weegstaven wordt dit gewicht gemeten en is deze calibratie niet nodig; in het geval van twee weegstaven moet deze éénmalig worden gecalibreerd. Dit gebeurt door de rooier met een lege band te laten draaien. De software zorgt er dan voor dat een representatief gemiddeld gewicht wordt berekend.

De *schaalfactor* wordt gecalibreerd aan de hand van de wagen gewichten. Het systeem onthoudt de laatste zes wagen gewichten. Via het calibratiemenu wordt één van de wagens geselecteerd en vervolgens wordt het werkelijke gewicht (gemeten op een weegbrug) ingevoerd. De schaalfactor wordt vervolgens automatisch aangepast aan het gewogen gewicht.

Bij een verandering van één van de calibraties wordt de opbrengstdata van het gehele perceel automatisch aangepast aan de nieuwe calibratie.

3.4 Registratie

Tijdens het rooien worden de gemeten opbrengsten automatisch geregistreerd en opgeslagen in een tekstbestand op de SD kaart. Hierbij worden de meetwaarden gescheiden met komma's (.csv-format). Met behulp van de exportfunctie in het opstartmenu kunnen de bestanden worden gekopieerd naar een USB stick. De .csv-bestanden kunnen vervolgens direct door pakketten als SGIS en FarmWorks worden ingelezen en verwerkt.

3.5 Verblijfstijd in de machine

De weegcellen bevinden zich aan het eind van het reinigingsproces. Dit betekent dat het product enige tijd in de machine verblijft alvorens het wordt gewogen. M.a.w. het product dat nu wordt gewogen is een tiental seconden eerder opgenomen in de machine. Omdat de opbrengstgegevens moeten worden gekoppeld aan de plaats waar het product is opgenomen en niet aan de plaats waar het product wordt gewogen moet hiervoor worden gecompenseerd.

Hierdoor is een buffer-mechanisme ontwikkeld; de software is in staat om de plaats van weging terug te rekenen naar de plaats van opname zodat de opbrengstgegevens op een juiste manier (op de plek waar het product in de machine is opgenomen) worden vastgelegd. Omdat de opbrengstgegevens worden gebufferd ziet men tijdens het rooien dat de opbrengstmeetpunten dan ook enkele meters achter de actuele positie van de rooimachine worden ingekleurd. De afstand is afhankelijk van ingestelde verblijfstijd en actuele rijsnelheid.

4. RESULTATEN

Om het ontwikkelde systeem in de praktijk te beproeven is het systeem ingezet bij Van den Borne Aardappelen te Reusel. Het systeem is opgebouwd op een vierrijige AVR Puma+ zelfrijdende rooimachine. Hiervoor zijn twee weegstaven onder de leesband van de machine geplaatst om de productstroom te wegen. Een terugweging (met twee extra weegstaven) was niet noodzakelijk omdat op zandgrond wordt gerooid. Het leeggewicht van de leesband is daarbij vrij constant omdat weinig grond aan zal kleven.

De AVR Puma+ rooimachine is voorzien van een CAN bus systeem waarop de rijsnelheid, leesband-snelheid en in-werk indicatie digitaal beschikbaar zijn. Door AVR is het CAN bus protocol vrijgegeven en konden de relevante CAN berichten worden doorgestuurd naar de terminal. Hierdoor hoefden geen extra sensoren te worden geplaatst. De controller werd aan de zijkant van de leesband geplaatst en de AVR-CAN bus is afgetakt om rijsnelheden en bandsnelheden in te kunnen lezen.



Figuur 8. Plaatsing controller aan de zijkant van de leesband op de AVR Puma+ rooimachine.

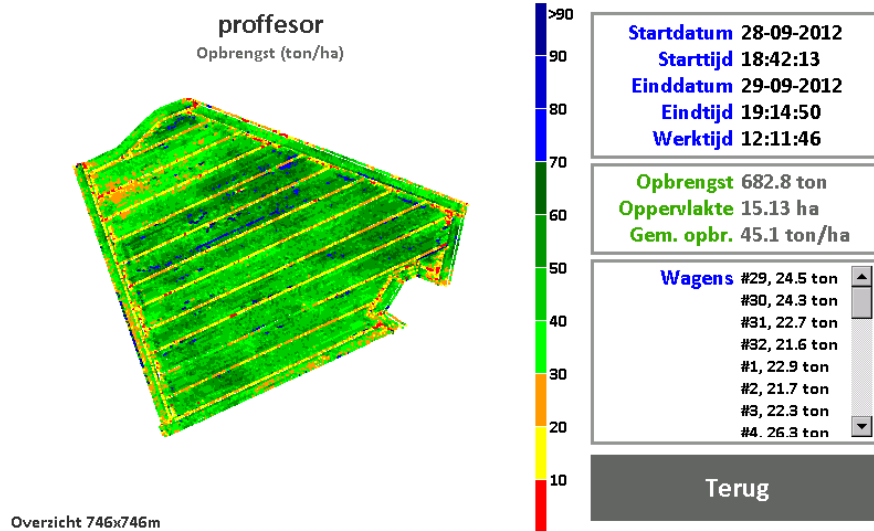
Het bedieningsscherf is in de cabine van de rooimachine geplaatst en verbonden met de controller bij de leesband (Figuur 9).



Figuur 9. Plaatsing van de terminal in de cabine van de rooier.

Van den Borne had de beschikking over een Reichardt RTK GPS ontvanger die op het dak van de cabine is gemonteerd en gekoppeld is met de terminal. Overigens is RTK precisie niet nodig voor deze toepassing; DPGS (EGNOS) volstaat.

Het seizoen is gedurende het rooiseizoen ingezet en zonder noemenswaardige problemen zijn de opbrengsten van ca. 400 hectare plaats specifiek vastgelegd. De nauwkeurigheid van het systeem is geverifieerd aan de hand van weegbruggegevens en bedroeg ca. 1-2%. De weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen waren grillig en dit kwam duidelijk tot uiting in de opbrengstkaarten. Figuur 10 geeft hiervan een voorbeeld.



Figuur 10. Opbrengstkaart van een perceel van ruim 15 ha.

Tijdens het rooiseizoen is de software van het opbrengstmeetsysteem uitgebreid met plaats specifieke registratie van data als tractiedruk, gevraagd motorkoppel en brandstofverbruik. Deze waren op het AVR CAN bus systeem aanwezig en konden daarom vrij eenvoudig worden meegenomen.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het ontwikkelde opbrengstmeetsysteem is een universeel, eenvoudig te bedienen, systeem met goede controle- en calibratiemogelijkheden en real-time visualisatie van opbrengstgegevens. Hierdoor worden opbrengstkaarten al tijdens het rooien zichtbaar en is er goede controle op de correcte werking van het systeem. Door de vele aansluitmogelijkheden van de controller is het systeem op vrijwel elk type rooimachine toe te passen; van getrokken rooier tot zelfrijder. Opbrengstgegevens zijn eenvoudig te exporteren en in te lezen in veel gebruikte (plaatsspecifieke) bedrijfsmanagementsystemen.

Het systeem is uitvoerig in de praktijk getest en de gemeten nauwkeurigheid van het systeem bedraagt 1 tot 2%. Eventueel zou de precisie kunnen worden vergroot door ook op zandgrond een terugweging (lege band) toe te passen. In de praktijk blijkt dat ook op zandgrond, onder nattere omstandigheden, toch nog enige grond aan de leesband blijft kleven. De behaalde nauwkeurigheid voldoet desalniettemin prima aan de wensen van de eindgebruiker.

Het opbrengstmeetsysteem meet de volledige productstroom, inclusief eventuele tarra. Onder normale omstandigheden is de hoeveelheid tarra beperkt, zeker op zandgronden. Op kleigronden, onder natte of juist droge omstandigheden kan de hoeveelheid tarra groter zijn. Om de opbrengstgegevens hiervoor te compenseren zou de hoeveelheid tarra moeten worden geschat of gemeten. Hiervoor zou een beeldverwerkingssysteem boven de leesband uitkomst kunnen bieden. Het onderscheiden van tarra, aanklevende grond en product is echter niet eenvoudig. Er zijn beeldverwerkingssystemen ontwikkeld voor onder meer sorteerinstallaties die wellicht kunnen worden aangepast voor dit real-time tarrameting/-schatting.

Daarnaast zou dan ook de sortering worden bepaald zodat niet alleen een kwantitatieve, maar ook een kwalitatieve plaatsspecifieke opbrengstbepaling mogelijk zou zijn. Hiermee kan het effect van plaatsspecifieke teelmaatregelen nog beter worden geëvalueerd zodat naast een sturing op kwantiteit een sturing op kwaliteit mogelijk is.

Voor meer informatie omtrent het ontwikkelde opbrengstmeetsysteem kunt u contact opnemen met Naaijkens Innovative Design:

Naaijkens Innovative Design

Goudrenet 5

5056 DJ Berkel-Enschot

Nederland

Telefoon (013) 13 533 35 76

E-mail jorrit@naaijkens.nu