



# Adviesregel poot aardappelen 24

Een toets in de praktijk van de werking van stikstof bijbemesten op basis van gewasreflectie metingen in poot aardappelen

Jan Nammen Jukema  
Anaïs Lamantia



# Adviesregel poot aardappelen 24

Een toets in de praktijk van de werking van stikstof bijbemesten op basis van gewasreflectie metingen in poot aardappelen

Jan Nammen Jukema  
Anais Lamantia



© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

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

PPO Projectnummer: 3250189710



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR  
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad  
Tel. : +31 320 291 111  
Fax : +31 320 230 479  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

1	PROEFOPZET .....	5
1.1	Opzet praktijkexperiment Claassen.....	5
2	TECHNISCHE WERKING SENSOREN .....	9
2.1	Technische specificaties .....	9
2.2	Ervaringen in de praktijk .....	10
3	RESULTATEN .....	13
3.1	Indringingsweerstand .....	13
3.2	Het meten van stikstof .....	14
3.2.1	Resultaten proef Kollumerwaard.....	14
3.2.2	Resultaten praktijkexperiment Claassen .....	16
3.3	Relatie tot opbrengst .....	18
3.3.1	Resultaten proef Kollumerwaard.....	18
3.3.2	Resultaten praktijkexperiment Claassen .....	18
3.4	Uitwisselbaarheid sensoren .....	19
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	23
4.1	Technische conclusies en aanbevelingen .....	23
4.2	Teelttechnische conclusies en aanbevelingen.....	24
	BIJLAGE 1 CONVERSIETABELLEN TUSSEN KRACHT EN DRUK.....	25



# 1 Proefopzet

In Noord Nederland is de teelt van pootaardappelen een zeer belangrijk onderdeel binnen de bedrijfsvoering van verreweg de meeste akkerbouwbedrijven. Het spreekt dan ook voor zich dat er vanuit de telers belangstelling is voor nieuwe ontwikkelingen die het rendement van de pootgoedteelt verder kunnen verbeteren. Binnen het Programma PrecisieLandbouw (PPL) is er vanuit een aantal telersgroepen, te weten “de Wadden”, “Spinoff” en “het Hogeland” samen met mechanisatiebedrijf Mijno van Dijk het verzoek aan PPO gedaan om een praktijkexperiment uit te voeren op een perceel aardappelen van pootgoedteler (en lid van Spinoff) Anselm Claassen.

Op proefniveau wordt er een aantal kilometers verderop een uitgebreide stikstof trappenproef uitgevoerd door HZPC op het SPNA proefbedrijf Kollumerwaard te Munnekezijl. De proef te Kollumerwaard maakt onderdeel uit van het grote landelijke project PPL Adviesregel (met proeven op 6 locaties, verspreid over Nederland) waarin onderzoek wordt gedaan naar de relatie tussen stikstofinhoud van het gewas en sensorwaarnemingen. Vanuit die analyse wordt gewerkt aan een adviesregel voor het bijbemesten van aardappelen. Het project richt zich daarbij op pootaardappelen, consumptieaardappelen en zetmeelaardappelen. Het praktijkexperiment bij dhr. Claassen is “gekoppeld” aan dit landelijke initiatief zodat de projecten vanuit hun verschillende invalshoek elkaar kunnen versterken met als resultaat een robuuste adviesregel voor het bijbemesten van aardappelen.

De proef te Kollumerwaard is gericht op pootaardappelen en is in meerdere herhalingen aangelegd, in meerdere rassen en met meerdere stikstofniveaus. De informatie uit deze proef wordt gebruikt om uiteindelijk de optimale sensorwaarden vast te stellen. Het praktijkexperiment op het perceel van dhr. Claassen wordt uitgevoerd om te toetsen of de manier van werken (met sensortechnologie) goed in te passen is in de boerenpraktijk en of op het praktijkexperiment dezelfde resultaten worden geboekt als in de proef. Het praktijkexperiment bij dhr. Claassen is bedoeld om voeding te geven aan een inhoudelijke discussie ten aanzien van dit onderwerp.

De 2 proef te Kollumerwaard en het praktijkexperiment op het perceel van dhr. Claassen worden “met elkaar verbonden” doordat op beide plekken waarnemingen worden gedaan met de Cropscan, een sensor die de gewasreflectie op 16 banden in kaart brengt.

## 1.1 Opzet praktijkexperiment Claassen

Op basis van enkele gesprekken met dhr. D. Osinga en dhr. M van Dijk is een eerste proefopzet opgesteld zoals deze uiteindelijk ook in de oorspronkelijke offerte is opgenomen. De proefopzet bestond uit de volgende elementen:

Binnen het perceel worden 5 plots aangelegd, elk met een oppervlakte van 20\*30 meter.

- Eén plot betreft een 0-object (geen N bemest)
- Eén plot betreft een omgekeerd N-venster (een overbemesting)
- Eén plot betreft een standaard bemesting volgens werkwijze teler
- Twee plots betreffen een variabele bemesting volgens de concept adviesregel

Van iedere plot worden de volgende kengetallen vastgelegd:

- De locatie van de plots wordt met GPS vastgelegd (< 1 meter afwijking)
- Grondonderzoek voor en na teelt op 5 plots
- Meten met Penetrologger voor teelt op 5 plots
- Waarnemingen met Cropcircle (10x)
- Waarnemingen met Cropscan (10x)
- Destructieve gewasanalyses (5x)

- Bladsteeltjesonderzoek
- Opbrengstbepaling en sortering met behulp van de Miedema Smartgrader

Op de dagen (5) dat de gewasanalyses worden uitgevoerd moeten ook de Cropcircle en de Cropsanmetingen worden uitgevoerd. De tijdstippen van de overige 5 metingen van de Cropsan en Cropcircle moeten tevens op elkaar afgestemd worden.

Nadat de proeflocatie is bezocht en overleg met dhr. Claassen is gepleegd zijn er in samenspraak met dhr. Claassen een aantal wijzigingen aangebracht in de proefopzet. Met name om een praktische uitvoerbaarheid te kunnen waarborgen. Uiteindelijk is het praktijkexperiment er als volgt uit komen te zien.

Binnen het perceel zijn 3 plots aangelegd, elk met een oppervlakte van 20\*30 meter. Daarbij wordt uiteraard het hele perceel gescand met de Cropcircle die op de veldspuit is geïnstalleerd.

- Eén plot betreft alleen een basisbemesting (80 kg N)
- Eén plot betreft een omgekeerd N-venster (een dubbele basisbemesting) (150 kg N)
- Eén plot betreft een standaard bemesting volgens werkwijze teler (80 + 20 kg N)

Van iedere plot zijn de volgende kengetallen vastgelegd:

- De locatie van de plots wordt met GPS vastgelegd (< 1 meter afwijking)
- N-mineraal na de teelt op 3 plots
- Meten met Penetrologger voor teelt op 3 plots
- Waarnemingen met Cropcircle (10x)
- Waarnemingen met Cropsan (6x)
- Destructieve gewasanalyses (3x)
- Bladsteeltjesonderzoek (3x)
- Opbrengstbepaling en sortering met behulp van de Miedema Smartgrader
- Bepaling N-inhoud knollen



Belangrijkste wijziging is het weghalen van de 2 plots geweest waarin de adviesregel getoetst zou gaan worden. Vanuit het bedrijfsoverstijgende PPL project "Adviesregel" is geconstateerd dat er nog geen betrouwbare adviesregel voor pootgaardappelen beschikbaar was, informatie vanuit onder andere de proef te Kollumerwaard, maar ook vanuit dit praktijkexperiment gaat hier verandering in brengen. Vanuit dat perspectief bekeken leek het weinig zinvol om in de praktijk al te experimenteren met de adviesregel. Deze opgave is doorgeschoven naar de activiteiten

van 2011.

De tweede wijziging is het terugbrengen van het aantal destructieve gewasanalyses. Eerder is al gesproken over een koppeling tussen het praktijkexperiment bij dhr. Claassen en de proef in herhalingen op Kollumerwaard. Er is voor gekozen om het aantal metingen aan te laten sluiten bij het aantal zoals dat ook op Kollumerwaard staat ingepland. De teelt van pootgaardappelen kent een kort groeiseizoen vergeleken met consumptie of zetmeelaardappelen. Daarom kan er in pootgaardappelen volstaan worden met minder metingen terwijl de frequentie (van 2 weken) gehandhaafd blijft.

In de proef liggen dus minder plotjes en worden minder monsters genomen, daarentegen is er iets meer aandacht besteed aan het uitlezen van de data vanuit de computer van dhr. Claassen en het analyseren van die data met daarbij een doorkijk naar de integratie van deze metingen in de werkwijze van de ondernemer.

Eind juni zijn de nieuwe sensoren geïnstalleerd op de spuit van dhr. Claassen. De oude sensoren (Cropcircle) meten op 2 banden de reflectie van het gewas, de nieuwe sensoren meten op 3 banden de reflectie waarbij de bandbreedte afgestemd kan worden op de wensen van de klant door het plaatsen van filters voor de sensoren. Vanaf 29 juni is in totaal 7x gemeten met de nieuwe set sensoren.





## 2 Technische werking sensoren

Naast dat er in dit praktijkexperiment gekeken wordt naar de teelttechnische mogelijkheden van het toepassen van gewasreflectie met betrekking tot het bepalen van de noodzaak van een bijbemesting wordt er ook gekeken naar de werking van de sensoren en het uitlezen van de data. Gedurende het seizoen is gebleken dat ook dit onderdeel een zeer essentiële is als het gaat om het gebruiken van informatie bij beslissingen in het seizoen, meer concreet; het uitvoeren van bijbemestingen op basis van sensortechnologie. Er wordt gekeken of de informatievoorziening richting de teler te integreren is met de beoogde werkwijze ten aanzien van het bijbemesten en of er eventueel wijzigingen doorgevoerd zouden moeten worden om de afzonderlijke processen op elkaar af te stemmen.

### 2.1 Technische specificaties

Op het bedrijf van dhr. Claassen wordt gewerkt met een zelfrijdende Agrifac spuitmachine. Op deze machine zitten 2 sensoren geïnstalleerd van het merk CropCircle. De sensoren zijn van het type ACS-470 en meet de standaard Vegetatie Index (NDVI) als ook de NDRE. Daarnaast worden ook de afzonderlijke reflectiewaarden vastgelegd in het systeem. De ACS-470 heeft de mogelijkheid om zelf de bandbreedtes van de sensoren te bepalen doordat er verschillende filters voor de sensoren geïnstalleerd kunnen worden. Standaard wordt de reflectie gemeten op 670 nm, 730 nm en 760 nm. Dat zijn ook de bandbreedtes waarop de sensoren van dhr. Claassen de reflectie meten.

De data van de sensoren wordt vastgelegd met een GeoSCOUT GLS-420 datalogger (zie afbeelding). De



GeoSCOUT legt de data van de beide sensoren afzonderlijk vast en koppelt aan de sensorwaarde een GPS coördinaat. Dat coördinaat is een berekend coördinaat, de GPS ontvanger zelf is op de spuit gemonteerd maar op basis van de gemeten afstand van de sensor tot de ontvanger worden de coördinaten van de afzonderlijke metingen van de beide sensoren berekend. De output is een csv bestand met daarin een aantal kolommen. In die kolommen worden de WGS84 GPS coördinaten in graden, decimalen weergegeven, de berekende indexen, de sensor (1 of 2) en de reflectiewaarden van de 3 verschillende

bandbreedtes zoals die zijn geïnstalleerd op de sensor. De csv bestanden dragen de naam "ddmmjj\*.csv", de datumnotatie in dag, maand en jaar gevolgd door een volgnummer aa, ab, ac, etc. Tabel 1 geeft een indruk van de data die vastgelegd wordt door de GeoSCOUT. Naast deze informatie worden er nog een aantal andere kolommen gevuld met ELEVATION, FIS\_TYPE, UTC\_TIME, en APP\_RATE

Tabel 1: Output van een csv bestand vastgelegd met de GeoSCOUT

LONGITUDE	LATITUDE	SPEED	COURSE	SENSOR	V11	V12	R1	R2	R3
6.2777919	53.3500865	3.48	348.5	1	0.538	0.813	20.927	32.193	3.316
6.2779328	53.3501152	3.48	348.5	2	-0.018	0.015	24.842	24.385	23.673
6.2777908	53.3500897	3.45	348.5	1	0.524	0.8	20.994	31.985	3.547
6.2779317	53.3501184	3.45	348.5	2	-0.064	0.026	25.371	23.743	22.556
6.2777911	53.3500917	3.39	347.4	1	0.607	0.818	20.63	33.162	3.322
6.2779314	53.3501231	3.39	347.4	2	-0.03	0.017	24.971	24.223	23.399
6.2777916	53.3500935	3.44	346.1	1	0.649	0.838	20.464	33.745	2.977
6.2779312	53.3501281	3.44	346.1	2	-0.094	-0.02	25.739	23.331	24.291
6.2777902	53.3500968	3.51	346.3	1	0.645	0.833	20.478	33.695	3.064
6.2779299	53.3501309	3.51	346.3	2	-0.019	0.031	24.843	24.383	22.907

De tabel geeft een overzicht van de kolommen zoals die in het CSV bestand worden vastgelegd met als opvallendste zaken de kolom "SENSOR" met daarin het onderscheid tussen sensor 1 en sensor 2 gekoppeld aan de verschillende LONG en LAT coördinaten. Daarnaast VI1 en VI2 voor de 2 vegetatie indexen zoals die worden vastgelegd en R1, R2 en R3 voor de reflectie op de 3 verschillende bandbreedtes die de sensor meet.

Om de data om te kunnen zetten naar plaats specifieke informatie worden de csv bestanden ingelezen in het softwareprogramma Farmworks.

## 2.2 Ervaringen in de praktijk

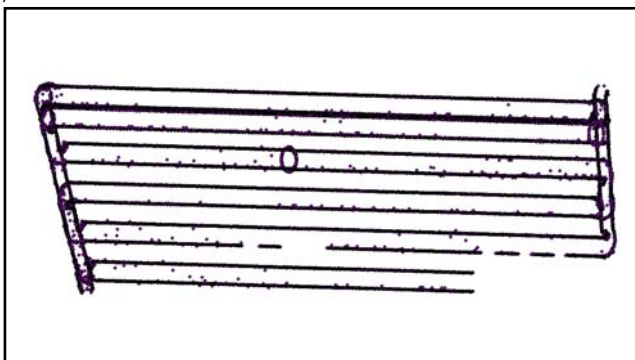
Met de beschikbare systemen zoals beschreven in paragraaf 2.1 is in het teeltseizoen 2010 gewerkt. In augustus zijn de databestanden ingelezen in het Farmworks systeem. In onderstaande opsommingtekens worden de aandachtspunten per processtap beschreven.

Ervaringen data inwinnen van een seizoen meten met de CropCircle:

- De csv bestanden stonden allemaal keurig opgeslagen op een datakaartje welke overgezet konden worden naar de laptop. Eerder is al beschreven dat de naamgeving van de bestanden gebaseerd is op datum + volgnummer. Vanwege deze naamgeving was het onmogelijk om aan het bestand te kunnen zien welk perceel, of welke percelen waren vastgelegd in het betreffende bestand. Om daar achter te komen zijn de bestanden allemaal ingelezen in Farmworks waarna op basis van de vorm gekoppeld aan de oriëntatie de locatie de locatie kon worden vastgesteld omdat Google Earth als achtergrondkaart ingesteld kan worden. Achteraf kon daarmee de zogenaamde Metadata (perceelsnaam, gewas, meetdatum, etc.) gekoppeld worden aan het bestand.
- In een aantal gevallen waren er meerdere percelen vastgelegd in één bestand. Ook bij transport tussen de percelen was de afgelegde route keurig netjes vastgelegd. De teler is op die momenten vergeten de sensoren uit te schakelen met als gevolg dat in de transportstand de sensoren doorgegaan zijn met meten. Deze data kan vanzelfsprekend niet als representatief beschouwd worden. Ook binnen percelen is er sprake van niet representatieve data omdat bij het keren op de wendakkers de sensoren vaak aan blijven staan. Sensoren meten op die momenten vaak de berm of de sloot wat ernstige afwijkingen tot gevolg heeft.
- In verband met het vorige opsommingstekens staat ook het dilemma rondom de verscheidenheid aan rassen op één perceel. In pootgoed komt het vaak voor dat er meerdere rassen op één perceel verbouwd worden. Dit kan er ook toe leiden dat bij het bespuiten van een perceel de linker helft, of een deel ervan, een ander ras bewerkt dan de rechter helft van de spuit. Doordat de waarnemingen van de beide sensoren afzonderlijk worden vastgelegd is hier in de praktijk goed mee om te gaan echter, bij het inlezen en interpreteren van de data moet hiermee wel rekening gehouden worden. De software waarin de kaarten worden opgeslagen moet dus ook informatie over de locatie van ras en gewas bevatten. Niet alleen op perceelsniveau maar ook binnen perceelsniveau. In de praktijk is al vaker gebleken dat de door sensoren gemeten indexen behoorlijk kunnen verschillen tussen rassen. Er zouden grenswaarden voor de LAT en LONG coördinaten meegegeven moeten worden om zo de metingen buiten het perceel uit te kunnen sluiten.
- Na het inlezen van de data in Farmworks bleek dat er een grote spreiding is in de gemeten



reflectiewaarden. Er worden soms negatieve reflectiewaarden gemeten wat niet in overeenstemming kan zijn met de praktijk, een reflectie is minimaal 0. Wanneer deze waarden ingelezen worden met en in het softwarepakket dan heeft dat grote gevolgen voor het te maken datakaartje terwijl het in de meeste gevallen slechts om enkele metingen gaat binnen een bestand. Bij het inlezen van de data in het softwarepakket is het mogelijk om een minimum en een maximum waarde mee te geven bij bepaalde kolommen. Data die niet aan deze criteria voldoen worden ook niet ingelezen. Het verdient aanbeveling om kritisch te kijken naar de grenswaarden die per kolom geselecteerd moeten worden. Dit geldt voor de reflectiewaarden zoals onder dit opsommingsteken behandeld maar het geldt ook zeker voor de VI's zoals berekend omdat deze waarden in de toekomst ook ingezet gaan worden om (online) bemestingshoeveelheden op af te stemmen.



- In de figuur hier naast een beeld van de wijze waarop de sensorwaarnemingen worden opgeslagen. Iedere lijn vormt een baan zoals die door de sensor in kaart is gebracht. Een nadere bestudering van de data leert ons dat enkele van de punten sterk afwijken van de lijn, dit kan tot 11 meter zijn. Deze afwijking lijkt veroorzaakt door een rekenfout bij het omrekenen van de GPS coördinaten van de GPS ontvanger naar de locatie van de sensor. Ook staat op 1 plek in het perceel een cirkeltje getekend, ook hier lijkt een rekenfout gemaakt te zijn bij het tot stand komen van de GPS coördinaten. Een verklaring voor die rekenfout is niet gevonden.

Naar aanleiding van bovenstaande bevindingen kunnen een aantal aanbevelingen gedaan worden waarbij er soms meerdere mogelijkheden zijn om meer of minder geautomatiseerd een probleem te tackelen.

- Om te voorkomen dat er in één keer een hele serie csv bestanden ingelezen dient te worden waarbij het onduidelijk is welk bestand bij welk perceel hoort is het verstandig om op de dag van meten de gemeten percelen direct in te lezen in het software programma. Bijkomend voordeel is dat de groei van het gewas gemonitord kan worden. Een meer geavanceerde mogelijkheid om dit probleem te tackelen is het uitbreiden van de software op de spuit. Wanneer op een spuit de data in shape bestanden opgeslagen kunnen worden inclusief bijbehorende metadata dan zou het mogelijk moeten zijn om in een beperkt aantal processtappen de data in te lezen in het softwaresysteem.
- Er zal een kwaliteitscontrole op de data uitgevoerd moeten worden. Dit kan praktisch ingevuld worden door de grenswaarden van de verschillende VI's en reflecties vast te stellen in de inleesroutine van de software. Waarden die buiten de grenswaarden vallen worden niet ingelezen. De vraag is hoe om te gaan met deze excessen op het moment dat er online gemeten en bemest wordt, ook dan zouden waarden die buiten de grens vallen op een of andere wijze niet aan de basis mogen staan voor het bepalen van de dosering.
- Er zal aandacht moeten zijn voor het verwijderen van data die buiten de perceelsgrenzen vallen en/of het opsplitsen van data wanneer er meerdere rassen binnen 1 perceel geplant, gepoot of gezaaid zijn. Een mogelijkheid ten aanzien van het eerste deel van het probleem zou kunnen zijn om de aansturing van de sensor te koppelen aan het aan en uitzetten van de spuit, eventueel gekoppeld ook aan de sectie waarbinnen de sensor zich bevindt. In de praktijk blijkt dat het aan en uitzetten van de sensor op de kopackers of zelfs bij transport van perceel 1 naar perceel 2 regelmatig vergeten wordt.
- Voor de gebruiker zou iets duidelijker omschreven mogen zijn wat de inhoud van de kolommen is van de csv bestanden zoals die als output van de GeoSCOUT worden gegenereerd. VI1, VI2, R1, R2 en R3 zijn voor veel gebruikers onbekende termen.

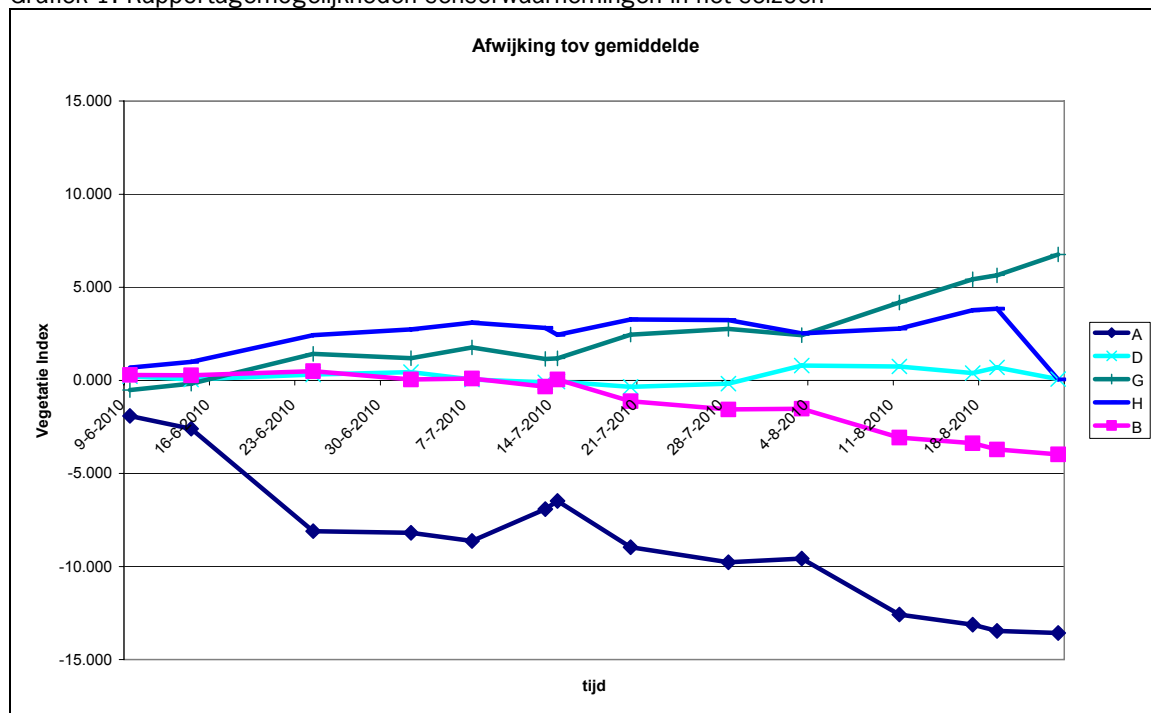
In zijn totaliteit kan worden gesteld dat een product als gewassensoren niet "af" is wanneer een sensor en

een datalogger (inclusief GPS) gemonteerd is op een tractor of spuit. Het is cruciaal dat de data op een eenvoudige wijze door de gebruiker kan worden omgezet naar waardevolle kaarten om zo gedurende het teeltseizoen dat gewasgroei nauwlettend te kunnen monitoren. Een proces waarbinnen veel handwerk nodig is voor de teler zal er toe leiden dat de data (soms langere tijd) niet gebruikt wordt waardoor de potentiële meerwaarde die een dergelijk systeem heeft in het gunstigste geval slechts voor een deel wordt verzilverd. Naast betrouwbare meetwaarden is het in dat kader minstens zo belangrijk om het hele proces rondom de datawinning en de analyse die daarop volgt simpel en efficiënt te laten verlopen. Anderzijds moet een teler zich er van bewust zijn dat met de komst van gewassensoren de hoeveelheid te managen data enorm toeneemt. Dit vraagt om beleid binnen het bedrijf ten aanzien van datamanagement.

Dhr Claassen, gebruiker en eigenaar van de spuit en sensoren mag gezien worden als een van de voorlopers als het gaat om het toepassen van precisielandbouw. Een jaar praktijkervaring leert dat het ook voor zulke voorlopers lastig is om op een snelle wijze de informatie die door de sensoren wordt geleverd te gebruiken als hulpmiddel tijdens het seizoen. Dit lijkt voort te komen uit het feit dat het proces rondom de datawinning nog niet optimaal is. Wordt hier niets aan veranderd dan lijkt sensortechnologie vooral voorbestemd voor hobbyisten op het gebied van ICT, de "gewone boer" zal het systeem links laten liggen zo is een eerste voorzichtige conclusie op basis van 1 jaar praktijkervaring. Omdat het systeem echter grote potentie heeft zullen de schouders er onder gezet moeten worden om enerzijds de systemen gebruikersvriendelijker te maken en anderzijds vanuit de telers meer knowhow te ontwikkelen ten aanzien van dit onderwerp.

Als voorbeeld van een mogelijke rapportage wordt in grafiek 1 de ontwikkeling van een zone uitgezet ten opzichte van het perceelsgemiddelde. Zo wordt in één oogopslag inzichtelijk hoe een zone zich verhoudt tot het perceelsgemiddelde in de loop van het seizoen. Op basis van dergelijke rapportages kan in het seizoen besloten worden of het ondernemen van acties ten aanzien van bepaalde zones nodig is.

Grafiek 1: Rapportagemogelijkheden sensorwaarnemingen in het seizoen



Dit is slechts 1 voorbeeld, telers zelf kunnen het best aangegeven wat voor hen waardevolle informatie is ten aanzien van operationele beslissingen dan wel management beslissingen. Zo kunnen ook percelen van een teler of tussen telers met elkaar vergeleken worden.

## 3 Resultaten

Het hoofdstuk resultaten wordt opgesplitst in 3 paragrafen. In de eerste paragraaf behandelen we de resultaten van de penetrologger. De 2<sup>e</sup> paragraaf beschrijft de sensorwaarnemingen in relatie tot de N-inhoud, voor zowel de proef te Kollumerwaard als ook het praktijkexperiment bij dhr. Claassen. In de 3<sup>e</sup> paragraaf wordt gekeken naar de relatie tussen de sensorwaarnemingen en de uiteindelijke opbrengst. In paragraaf 4 is er aandacht voor de mate waarin gemeten indexen tussen verschillende sensoren met elkaar overeen komen.

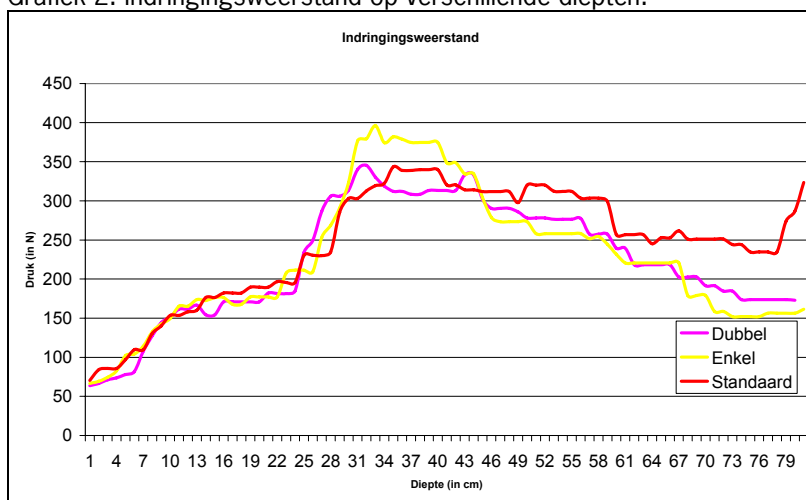
### 3.1 Indringingsweerstand

De indringingsweerstand van de bodem of ondiepe ondergrond, zoals die gemeten wordt met de penetrologger, is een maat voor de compactie of de draagkracht van de grond. Een (te) hoge indringingsweerstand kan in de landbouw problemen opleveren. Een hoge mate van compactie kan de beworteling van gewassen en de zuurstofvoorziening van de wortels belemmeren. Een te lage indringingsweerstand geeft echter te weinig draagkracht voor bereiding met machines.

Met behulp van het meten van de indringingsweerstand kunnen storende lagen binnen percelen opgespoord worden. De indringingsweerstand is op alle drie de plotjes van iedere centimeter bepaald tot een diepte van 80 centimeter. Er is sprake van absolute waarden wanneer de metingen bij volledige veldcapaciteit<sup>1</sup> zijn uitgevoerd. In deze proef is dat niet het geval waardoor de waarden als relatief moeten worden beschouwd. Ze geven ook op die manier een indicatie af of de potentiële gewasgroei op al die plekken gelijk is.

Volgens Locher & De Bakker (1990) kan ongestoorde wortelgroei plaatsvinden bij indringingsweerstand lager dan 1,5 MPa. Een waarde van circa 3 MPa kan worden beschouwd als de bovengrens voor wortelgroei. Een verminderde beworteling (indringingsweerstand van 1,5-3 MPa) leidt tot een verminderde water- en nutriëntenopname, met als gevolg een verminderde gewasopbrengst. Voor een goede analyse dienen de drukkijfers in Newton, zoals door de penetrologger gemeten opgerekend te worden naar MPa's. Daarvoor is een omreken tabel die afhankelijk van de oppervlakte van de conus de druk in MPa weergeeft. De tabel is opgenomen in het rapport als bijlage 1 en is samengesteld door Eijkelkamp ([www.eijkelkamp.nl](http://www.eijkelkamp.nl)).

Grafiek 2: Indringingsweerstand op verschillende diepten.



Grafiek 2 geeft de indringingsweerstand weer in druk (Newton) zoals die op de penetrologger uitgeoefend

<sup>1</sup> de hoeveelheid water in volume-of gewichtspercent, die in een goed ontwaterde bodem achterblijft nadat uit een verzadigde bodem het overtollige water grotendeels is uitgezakt;

moest worden om de grond in te komen. De cijfers zijn per plot uitgewerkt en zijn berekend als een gemiddelde van 6 afzonderlijke metingen per plot. De metingen zijn na het aanaarden verricht. Uit de cijfers komt heel mooi naar voren dat de groundbewerking (tot ongeveer 7 cm diepte) er voor heeft gezorgd dat de bovengrond heel mooi los is. Na 7 cm stijgt de waarde waarna hij vervolgens wederom afvlakt tot ongeveer 25 cm diepte. Vanaf dat punt zit er wederom een behoorlijke stijging in de lijn. Die stijging wordt veroorzaakt doordat 25 cm ongeveer de diepte is waarop geploegd wordt. Vanaf 30 cm diepte tot ongeveer 45 cm diepte liggen de waarden stabiel tussen 300 en 400 Newton, kom je dieper dan daalt de druk.

Een waarde tussen 300 en 400 Newton komt overeen met 3 – 4 MPa. Onder veldcapaciteit (Pf 2) zou dit betekenen dat de waarden dusdanig hoog zijn dat beworteling onmogelijk is echter, er is gemeten onder drogere omstandigheden waardoor de waarden op kleigrond relatief hoger uitvallen. Het zou echter interessant kunnen zijn om de indringingsweerstand nog eens te meten onder veldcapaciteit.

Uit de cijfers blijkt, en dat was de reden dat de meting is uitgevoerd, dat er tussen de plotjes weinig verschil is in de indringingsweerstand.

## 3.2 Het meten van stikstof

Stikstof is een van de belangrijkste mineralen die nodig is bij de groei en ontwikkeling van planten. De hoeveelheid beschikbare stikstof heeft grote invloed op bijvoorbeeld de knolzetting, de groei van boven en ondergrondse plantdelen, het moment van afsterven, etc. Met behulp van stikstof kan er dus gestuurd worden in de richting van een optimale opbrengst en kwaliteit.

Meten van stikstof kan op verschillende manieren. Zo kan met behulp van een N-mineraal onderzoek de beschikbare N in de bodem gemeten worden, met behulp van aardappelmonitoring kan de hoeveelheid nitraat in de plantstengels gemeten worden. In dit project wordt onderzocht of het mogelijk is om met behulp van sensoren, die de reflectie van het gewas meten, de hoeveelheid stikstof in de plant te meten. Onderzoek vanaf eind jaren 90 heeft aangetoond dat het mogelijk is om de hoeveelheid stikstof in de plant te meten voor o.a. Bintje fritesaardappelen. In 2010 wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn in andere teelten (in dit geval pootaardappelen) en in het verlengde daarvan ook andere rassen. Metingen worden verricht in een trappenproef in 3 rassen en 3 herhalingen op SPNA proefbedrijf Kollumerwaard en op een praktijkperceel van dhr. Anselm Claassen.

### 3.2.1 Resultaten proef Kollumerwaard

De proef te Kollumerwaard bestaat uit een N-trappenproef in een drietal representatieve rassen te weten Mondial (laat), Monalisa (midden vroeg) en Annabelle (vroeg). Alle rassen zijn op meerdere N-niveaus bemest, tabel 2 geeft de bemestingshoeveelheden (incl. N-mineraal = 25 kg)

Tabel 2: Bemestingstrappen proef Kollumerwaard

N-gift (incl N-mineraal)	Annabelle	Monalisa	Mondial
0	X	X	X
50	-	-	X
75	X	X	X
100	X	X	X
125	X	X	X
150	x	X	-

In geen van de objecten heeft een bijbemesting plaatsgevonden. Voor het bepalen van de relatie tussen de N-inhoud van het gewas (onder verschillende bemestingsniveaus) en de reflectiewaarden van de sensor (vertaald naar bekende vegetatie indices) is op een drietal momenten de N-inhoud van het gewas bepaald door het nemen van monsters van bovengronds plantmateriaal (hele planten). Kort voor het nemen van dat monster is op dezelfde plek een meting verricht met de CropScan, een sensor die op 16 verschillende banden in het lichtspectrum de reflectie van het gewas meet. Op basis van die reflectiewaarden worden de diverse indices berekend.



De volgende indices zijn berekend met behulp van de CropScan:

- NDVI
- WDV (green en red)
- REP

In een serie tabellen en grafieken die nu volgen wordt gekeken naar de mate waarin er een relatie is tussen de verschillende indices zoals hierboven weergegeven en de N-inhoud van de plant. Interessant daarbij is om te kijken of er een verschil waar te nemen is tussen de verschillende rassen of dat deze relatie over alle rassen gelijk is. Let wel, een eventuele relatie tussen de index en de inhoud over alle rassen zegt niets over de bemesting van die rassen. Het is op voorhand al helder dat het ene (type) ras een hele andere N-behoefte heeft als het andere (type) ras. Dat onderdeel van het verhaal wordt besproken in paragraaf 3.3.

Tabel 3: Correlaties tussen diverse vegetatie indexen en de N-inhoud

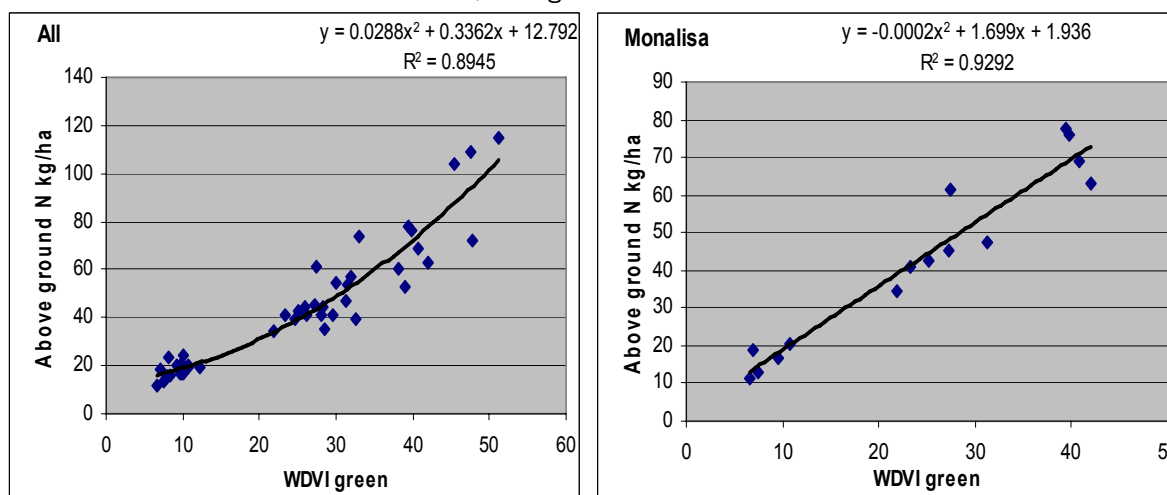
Index	Totaal	Annabelle	Monalisa	Mondial
NDVI	0.76	0.79	0.89	0.84
WDVI-green	0.89 / 8.6	0.82 / 8.0	0.93 / 6.1	0.91 / 10.3
WDVI-red	0.88	0.82	0.93	0.89
REP	0.67	0.45	0.80	0.74

Tabel 3 geeft de R2 weer die berekend is tussen de N-inhoud en de WDV-green. De R2 is een maat die de correlatie weergeeft tussen twee parameters. Een R2 van 0 geeft aan dat er totaal geen sprake is van een verband, een R2 van 1 betekent een zeer betrouwbaar verband. Uit de tabel blijkt dat zowel de WDV-groen als ook de WDV-rood het sterkste verband laten zien met de hoeveelheid stikstof in het gewas vergeleken met de NDVI en de REP.

Naast de correlatie is ook de Standaard deviatie (sd) van belang. De sd geeft de mate weer waarin een berekende waarde kan afwijken van de werkelijke waarde. De sd is in de tabel berekend voor WDV-green en geeft aan dat de voorspelde hoeveelheid stikstof in de plant +/- 8 kg/ha kan afwijken. Uit de puntenwolk in de grafieken valt daarbij op te maken dat de afwijking in het gebied met de hogere waarden (voor zowel N inhoud als ook WDV) iets groter is dan de afwijking bij de lagere waarden. De afwijking in procenten zal over het hele gebied dus ongeveer gelijk zijn.

In grafiekvorm geven de cijfers uit tabel 3 de relatie weer tussen de WDV index en de Hoeveelheid stikstof in het bovengrondse gewasdeel. Grafiek 3 (2 grafieken) geeft het traject weer van alle rassen bij elkaar en van het ras Monalisa. De correlatie bij het enkele ras ten opzichte van de totale groep rassen is iets hoger maar het zijn kleine verschillen.

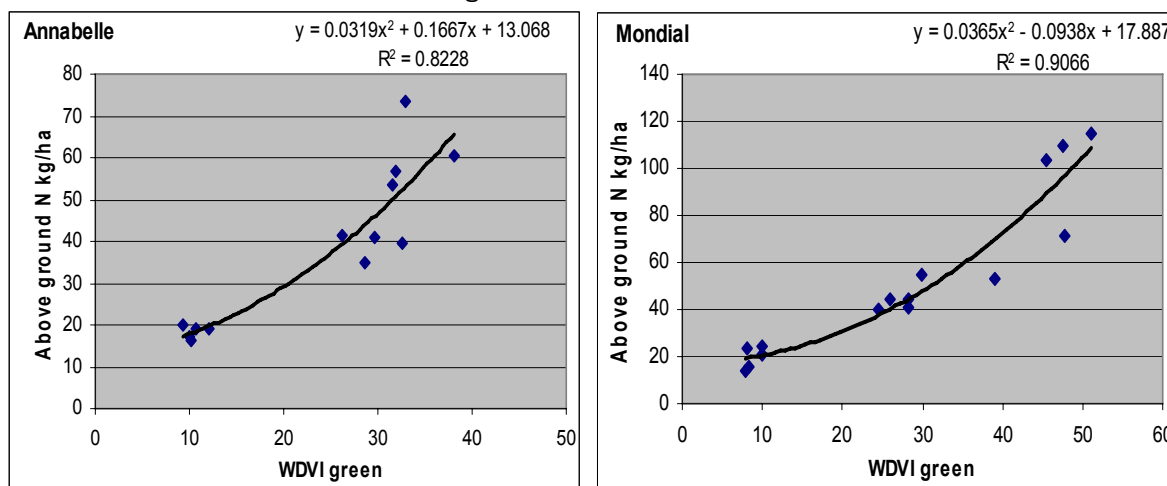
Grafiek 3: Relatie WDV en Stikstof inhoud (bovengronds voor alle rassen en voor Monalisa)





Uit de vergelijking tussen de bovenstaande grafieken blijkt dat het ras Monalisa minder N-inhoud heeft dan andere rassen dat hebben. De waarden bij Monalisa lopen tot max. 80 kg/ha terwijl bij de samengestelde grafiek met de 3 rassen de maximale N-inhoud oploopt tot bijna 120 kg/ha.

Grafiek 4: WDWI en Stikstof inhoud (bovengronds voor Annabelle en Mondial



Tussen het ras Annabelle en Mondial zijn er verschillen in stikstofinhoud zo toont grafiek 4. De trendlijn vertoont echter duidelijk dezelfde lijn.

Op basis van de statistische analyse op het vlak van correlatie en standaard deviatie in combinatie met de grafieken mogen we concluderen dat er voor het bepalen van de N inhoud op de proef te Kollumerwaard geen rasspecifieke ijklijnen ontwikkeld hoeven worden. De winst die behaald wordt met een rasspecifieke ijklijn is voor sommige rassen fractioneel, voor andere rassen is het verband juist minder sterk bij een rasspecifieke aanpak. Over de hele linie beschouwd levert een rasspecifieke aanpak geen meerwaarde en omdat het veel extra onderzoek zou vergen lijkt het voor de hand liggend dat er gewerkt gaat worden met een algemene ijklijn.

Vanuit het landelijke project PPL Adviesregels komt in een later stadium een antwoord op de vraag of deze ijklijn tevens ingezet kan worden voor andere teelten van aardappelen (zetmeel of consumptie) en of dit beeld over de jaren heen consistent is. De weg die in dat project bewandeld wordt, is de analyse of de in 2010 verzamelde data past binnen de onderzoekresultaten vanuit eerdere onderzoeksjaren.

LET OP: DEZE RESULTATEN ZIJN SLECHTS HET RESULTAAT VAN 1 JAAR ONDERZOEK, HARDE CONCLUSIES KUNNEN HIER NIET GETROKKEN WORDEN. DAARVOOR DIENT GEWACHT TE WORDEN OP DE RESULTATEN UIT HET LANDELIJKE INITIATIEF PPL ADVIESREGELS.

### 3.2.2 Resultaten praktijkexperiment Claassen

Binnen het praktijkexperiment op het perceel van dhr. Claassen is gekozen voor gedeeltelijk eenzelfde proefopzet als dat ook op Kollumerwaard aangelegd is. Er liggen 3 objecten met een verschillend bemestingsniveau die op drie momenten in het seizoen zijn gemeten met sensoren en waarbij op diezelfde momenten de N-inhoud in de drogestof is bepaald van alleen het bovengrondse gewasdeel. Tabel 4 presenteert de gemeten waarden in het seizoen.

Tabel 4: gemeten waarden in de plotjes gedurende het seizoen

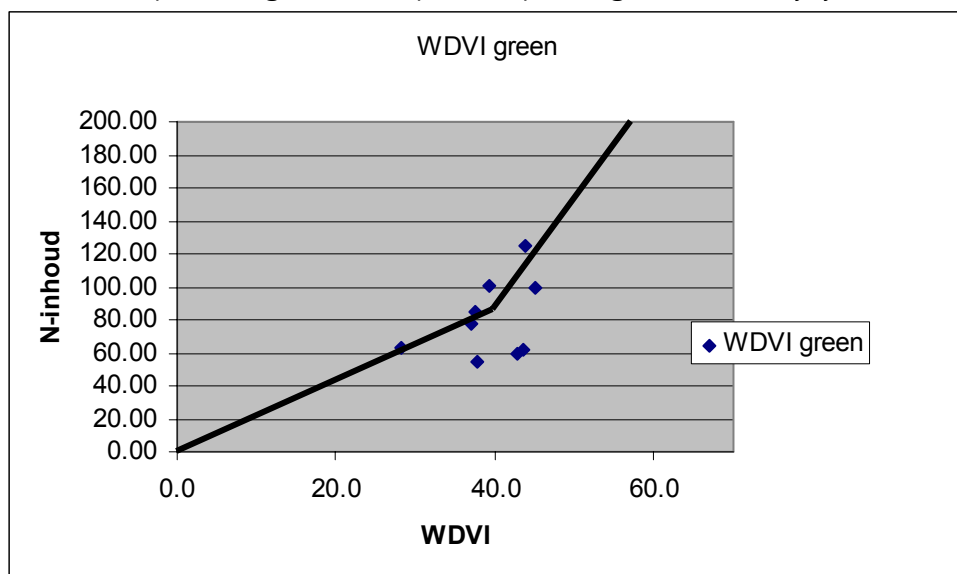
		N kg/ha real	WDVI green	WDVI red
Plot 1	21-jun	63.36	28.2	34.7
	6-jul	99.03	45.0	50.8
	14-jul	125.22	43.7	52.6

Plot 2	21-jun	100.03	39.3	48.8
	6-jul	61.94	43.6	50.1
	14-jul	58.95	42.7	52.5
Plot 3	21-jun	85.39	37.4	46.2
	6-jul	77.88	37.0	42.8
	14-jul	55.04	37.7	46.0

De tabel laat behoorlijke schommelingen zien in de tijd als het gaat om de N-inhoud en in mindere mate om de WDWI. Die schommelingen in N-inhoud kunnen te maken hebben met de plek waarop het monster is genomen. Voor het bepalen van deze parameter is er voor gekozen om telkens 6 opeenvolgende planten te oogsten waarvan vervolgens het gewicht en de N in de drogestof is bepaald. Daaruit kon de hoeveelheid N in kg/ha bepaald worden. Door deze werkwijze kun je een bepaalde ruis binnenhalen in het experiment waardoor de relatie tussen de sensorwaarde (representatieve meting over de hele plot) en de N-inhoud iets kan afwijken.

Omdat het hier slechts 9 metingen betreffen in enkelvoudig uitgevoerde proeven is het niet interessant om te kijken of er een verband is tussen sensorwaarde en N-inhoud, we richten ons er dan ook op de analyse of de metingen zich goed verhouden in relatie tot de resultaten vanuit eerder wetenschappelijk onderzoek. Grafiek 5 geeft een goed beeld van die relatie.

Grafiek 5: De puntmetingen uit het experiment passen goed binnen de ijklijn vanuit eerdere proeven.



De grafiek geeft aan dat de meeste punten dicht rondom de ijklijn zweven die over meerdere jaren de relatie tussen N-inhoud en vegetatie index weergeeft. 3 punten liggen qua N-inhoud lager dan verwacht zou worden op basis van de ontwikkelde ijklijn. Dit kan te maken hebben met a) de wijze waarop de N-inhoud monsters zijn genomen waardoor puntmetingen hier en daar ruis zouden kunnen opleveren. b) De betreffende punten zijn gemeten op 6 en 14 juli. In die periode was het droog, dit zou de sensorwaarde beïnvloed kunnen hebben. Dit effect mag overigens niet te zwaar wegen omdat het gewas nooit echt last heeft gehad van de droogte. c) Wellicht dat andere zaken dan stikstof en droogte een effect hebben gehad op het gewas, uit de cijfers van de CropCircle over het hele perceel blijkt bijvoorbeeld dat de zone waarin plot 3 zich bevindt een tragere ontwikkeling kende. De verschillen zijn overigens niet verontrustend groot maar bewijzen dat er voorzichtig omgegaan dient te worden met de adviesregel voor het (bij)bemesten van aardappelen. Er zijn hiervoor een aantal methoden met verschillende risico niveaus waarmee het volgende seizoen geëxperimenteerd kan worden. Dat kan met behulp van een basis instapmodel waarbij met sensoren de gemiddelde WDWI van het perceel wordt gemeten welke vervolgens een indicator is voor de gem. hoeveelheid N binnen het perceel waaruit vervolgens een bijbemestingsadvies wordt gegenereerd.

Ook kan er gedacht worden aan een zone aanpak of een online systeem gebaseerd op meten en direct toedienen.

De focus hoeft volgend jaar in ieder geval niet meer te liggen op het bepalen van de relatie tussen N-inhoud en vegetatie-index maar kan verlegd worden naar het praktisch toepassen van een adviesregel voor het bijbemesten van aardappelen. In het hoofdstuk conclusies en aanbevelingen worden een aantal mogelijkheden voorgesteld ten aanzien van het bijbemesten van de aardappelen.

### 3.3 Relatie tot opbrengst

Hoewel het uitermate relevant is om te weten dat de sensorwaarnemingen (vegetatie indexen) een goede indicator zijn voor de hoeveelheid stikstof in het gewas is het uiteindelijk met name van belang dat het financiële resultaat verbetert met het toepassen van de adviesregel. Het financiële resultaat is uiteraard sterk gekoppeld aan de opbrengst in combinatie met de verdeling in de maat. De combinatie van opbrengst en maatverdeling maakt dat het voor pootaardappelen vaak extra lastig is om die beide componenten naar de optimale verhouding te geleiden in vergelijking met bijvoorbeeld consumptie- en zetmeelaardappelen.

#### 3.3.1 Resultaten proef Kollumerwaard

Voor resultaten ten aanzien van opbrengsten en sortering, gerealiseerd in de N-proeven te Kollumerwaard verwijs ik naar de uitkomsten van het landelijke project PPL Adviesregel. Deze cijfers zijn op het moment van schrijven nog niet paraat maar zullen in de 1<sup>e</sup> helft van 2011 beschikbaar komen. De objecten in de N-proef zijn overigens geen van allen bijbemest, de proef is dan ook in mindere mate in te zetten als indicator voor het bijbemesten van hoeveelheden stikstof op bepaalde momenten.

#### 3.3.2 Resultaten praktijkexperiment Claassen

Uit de 3 objecten die op het perceel van dhr. Claassen zijn aangelegd zijn per object 5 monsters genomen waarvan de sortering, het aantal knollen en het gewicht afzonderlijk bepaald is. Vervolgens zijn deze 5 monsters per object bij elkaar opgeteld en gemiddeld zodat een representatief beeld ontstaat van de opbrengst, sortering en het aantal knollen van het betreffende object. Tabel 5 geeft de betreffende parameters overzichtelijk weer.

Tabel 5: Opbrengst en knolaantal per plot

	Opbrengst (kg/ha)	Aantal knollen
Plot 1 (dubbel) 150	52.987	871
Plot 2 (enkel) 80	54.382	920
Plot 3 (standaard) 80 + 20	51.778	936

De dubbele bemesting aan de basis (150 kg N) leverde uiteindelijk de laagste opbrengst en het laagste aantal knollen op zo blijkt uit bovenstaande tabel. Gedurende het seizoen ontwikkelde zich in deze plot de grootste hoeveelheid loof, het lijkt er op dat er in de plant productie iets te veel energie is gaan zitten in de loofontwikkeling wat ten koste is gegaan van de knolproductie. Tabel 6 geeft de sortering binnen de Plotten weer in de verschillende vierkantsmaten.

Tabel 6: Gewicht per sortering per plot

Sortering (gram/monster)	Plot 1 (dubbel)	Plot 2 (enkel)	Plot 3 (standaard)
<25	59.9 (0)	70.9 (0)	146.0 (0)
25-28	427.2 (1)	364.1 (1)	493.4 (1)
28-35	2804.5 (5)	2776.4 (5)	3021.5 (5)
35-40	4261.4 (7)	5706.2 (9)	5421.8 (9)
40-55	29690.9 (50)	32256.1 (53)	33073.6 (57)
55-60	9668.1 (16)	8505.7 (14)	7620.9 (13)
60-65	7629.6 (13)	5908.8 (10)	5381.0 (9)
>65	4862.1 (8)	5218.8 (9)	2922.0 (5)

Ook uit deze cijfers blijkt dat plot 1 als slechtste uit de bus komt. In de financieel meest aantrekkelijke vierkantsmaat (35-55) scoort deze Plot 57% (34.0 kg) ten opzichte van respectievelijk 62% (38.0 kg) en 66% (38.5 kg) voor Plot 2 en Plot 3.

Bij plot 3 moet vermeld worden dat deze plot in de 1<sup>e</sup> helft van het groeiseizoen achterbleef in de vegetatie index terwijl de 2<sup>e</sup> helft van het groeiseizoen de vegetatie index hoger was. Deze ontwikkeling is niet alleen door de verschillen in bemesting veroorzaakt, hier moet ook een andere factor een rol van betekenis gespeeld hebben. Dhr. Claassen heeft eerder aangegeven dat er op het perceel behoorlijk geëgaliseerd is om het in de huidige vorm te krijgen. Uit de cijfers uit de bovenstaande tabel blijkt in ieder geval dat in Plot 3 de absolute opbrengst het laagst is maar dat er in ieder geval de meest gunstige verdeling is bereikt als men inzoomt op de maatverdeling waardoor het financiële resultaat zeker mee kan komen met Plot 2 en hoger uitvalt dan Plot 2.

Met deze proef is een eerste aanzet gegeven in de richting van (plaatsspecifiek) bemesten op basis van sensortechnologie.

Over het bijbemesten van poot aardappelen wordt in de teelthandleiding het volgende geschreven: *“Deling van de stikstofgift, al of niet afhankelijk van de bladsteeltjesmethode of NBS, is in de poot aardappelteelt over het algemeen niet zinvol als gevolg van het korte groeiseizoen. Doordat een deling van de stikstofgift het gewas verlaat, is de kans reëel dat het effect negatief is. Alleen wanneer pootgoed uit mag groeien en qua lengte van groeiseizoen op de consumptieteelt begint te lijken, kan men overwegen om van deze methoden gebruik te maken. De methoden worden beschreven in de teelthandleiding van consumptie aardappelen.”*

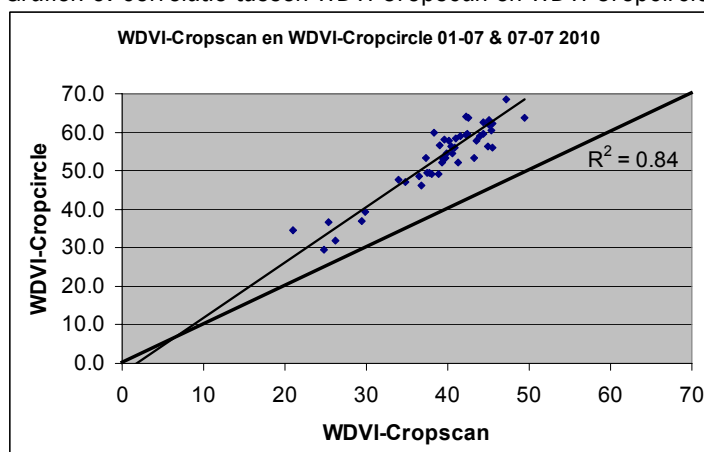
Kanttekening hierbij is echter dat dit geschreven is in 1996, nadien is de pootgoedteelt veranderd. Er wordt veel minder strak vastgehouden aan de einddatum en pootgoed krijgt vaker de kans om uit te groeien waardoor het uitvoeren van bijbemestingen relevanter is geworden. In de praktijk worden ook steeds vaker bladmeststoffen toegepast om het loof langer actief te houden en vanuit die ontwikkeling is het dus ook relevanter geworden om met gewassensoren de N-behoefte te monitoren.

Voor een snelle introductie van een dergelijk systeem in de markt is het van belang dat er op veel percelen wordt gemeten waardoor snel een goed inzicht wordt verschaft in de optimale vegetatie index gedurende het groeiseizoen teneinde een optimale opbrengst in combinatie met maatsortering (en dus een financiële opbrengst) te realiseren.

## 3.4 Uitwisselbaarheid sensoren

Naast het bepalen van een relatie tussen de N-inhoud en de Cropscan op proefveldniveau is het interessant om te weten in welke mate de informatie die daaruit voortkomt 1 op 1 te vertalen is naar sensoren zoals die commercieel beschikbaar worden gesteld aan telers. Voor dit project is het met name relevant om te bepalen in welke mate de vegetatie index vanuit de Cropscan uitwisselbaar is met de vegetatie index vanuit de Cropcircle. Grafiek 6 geeft inzicht in die uitwisselbaarheid. Voor deze toets ten aanzien van uitwisselbaarheid is gebruik gemaakt van de proef zoals die op locatie Valthermond is aangelegd. Deze proef is gedurende het seizoen met beide sensoren meerdere keren gemeten op dezelfde momenten.

Grafiek 6: correlatie tussen WdVI Cropscan en WdVI Cropcircle



Het blijkt dat er een behoorlijk sterke correlatie (0.84) is tussen de WdVI gemeten met de Cropscan en de WdVI gemeten met de Cropcircle. Ook valt op dat de spreiding rondom de trendlijn zoals die door de puntenwolk kan worden getekend gering is. Wel is het zo dat de WdVI vanuit de Cropcircle structureel een hogere waarde doorgeeft en dat het verschil tussen de beide sensoren groter wordt naarmate de WdVI waarde toeneemt.

Zonder een waardeoordeel te geven over de ene dan wel de andere sensor kunnen we wel opmaken dat er in ieder geval ook aandacht besteed moet worden aan de vertaling van de ijklijn voor het vaststellen van de hoeveelheid stikstof in het gewas. Tabel 7 toont de gevolgen wanneer dit niet meegenomen wordt.

Tabel 7: Berekende N-inhoud op basis van verschillende NDVI

WdVI CropCircle	Berekende N-inhoud	WdVI Cropscan	Berekende N-inhoud
64.1	279.9	42.3	103.2
59.3	240.8	42.3	102.9
49.4	160.8	37.7	80.9
53.3	192.3	39.8	85.2
53.1	190.1	39.4	84.4
48.7	154.7	36.5	78.4
54.5	202.1	40.6	89.1
56.2	215.2	40.5	88.2
34.5	74.2	20.9	45.7
49.3	159.9	37.4	80.3
47.7	146.9	34.0	73.0
56.7	219.8	39.0	83.5
31.9	68.6	26.1	56.6
59.1	239.3	43.9	116.2
49.2	159.0	38.0	81.4
58.3	232.5	41.0	92.2
58.0	230.0	39.6	84.8
29.4	63.5	24.9	54.0
52.2	183.5	39.3	84.3
52.2	183.1	41.2	94.5
46.2	134.5	36.8	79.0
47.0	141.0	34.8	74.8
53.3	192.4	37.4	80.1
59.8	245.2	38.3	82.1

De tabel toont de berekende WdVI in dezelfde objecten, gemeten op hetzelfde moment. Door verschillen in de hoogte van de WdVI toe te passen op dezelfde ijklijn (vastgestelde relatie tussen Cropscan WdVI en N-

inhoud) ontstaan er (te) grote verschillen in de berekende hoeveelheid N.

Een verdere analyse valt buiten de scope van dit project, de relevantie is echter aangetoond. Naast de proef op Valthermond waar met meerdere sensoren data is verzameld is ook binnen een experiment op het bedrijf van akkerbouwer Jacob v.d. Borne data verzameld met meerdere sensoren.



## 4 Conclusies en aanbevelingen

Het hoofdstuk conclusies en aanbevelingen wordt opgesplitst in een aantal paragrafen. Eén paragraaf gaat over de (technische) ontwikkelingen die er plaats zouden moeten vinden, de andere over de wijze waarop in het vervolgjaar toegewerkt zou kunnen worden naar een (plaats specifieke) bijbemesting op basis van sensortechnologie.

### 4.1 Technische conclusies en aanbevelingen

Er staat een basis infrastructuur voor het doen van waarnemingen aan gewassen met behulp van sensoren op de veldspuit. De veldspuit is voorzien van 2 sensoren en er is een softwarepakket aangeschaft voor het opslaan en verwerken van de data. De ingrediënten zijn aanwezig om plaats specifiek te gaan bemesten.

In de praktijk blijkt echter dat het nog best lastig is om de informatie te vertalen naar een praktische toepassing.

- De data van de sensoren wordt onder een lastig te herkennen naam opgeslagen, dit is zeker lastig wanneer de data pas na enkele maanden wordt ingelezen.
- De sensoren geven af en toe waarden die buiten de range vallen, dit kan veroorzaakt worden door meetfouten, andere rassen of gewassen, kopakkers of sloten of metingen op het traject van het ene naar het andere perceel.
- Soms lijkt er een rekenfoutje gemaakt te worden door de GEO scout bij het toekennen van een coördinaat aan een sensorwaarde.
- Er zouden enkele analysetools ontwikkeld moeten worden binnen de software om snel en accuraat de gewasgroei te kunnen monitoren.

Veel van deze zaken kunnen relatief eenvoudig opgelost worden.

- Ten aanzien van het opslaan van de data zou een simpele oplossing kunnen zijn om de data direct na het spuiten te importeren in het systeem. Dit is sowieso een aanbeveling omdat de data dan gebruikt kan worden voor het monitoren van de (plaats specifieke) gewasgroei gedurende het seizoen. De ingrijpender variant zou betekenen dat er bij sensor en softwareleverancier nagevraagd zou moeten worden wat de mogelijkheden zijn ten aanzien van het eenvoudiger inlezen van de data in het systeem. Denk met elkaar na over de wijze waarop data uitwisseling tussen machine en desktop idealiter vormgegeven zou moeten worden.
- Bij het importeren van de data in het softwareprogramma moet er aandacht zijn voor onder- en bovengrenzen ten einde foute metingen uit te sluiten.
- Er moet extra aandacht zijn voor het aan en uitzetten van de sensoren op kopakkers en bij transport tussen percelen. Ofwel de chauffeur dient hierop alert te zijn danwel het systeem zou hierin verder geautomatiseerd moeten worden.

Er zijn verschillende denkrichtingen mogelijk, denk met elkaar na over wat voor jullie bedrijfsvoering een goede oplossingsrichting zou kunnen zijn!

De berekende indexen, gebaseerd op de reflectiemetingen van verschillende sensoren kunnen niet zomaar 1 op 1 overgenomen worden. Hiervoor zal aandacht moeten zijn bij het tot stand komen van een adviesregel gebaseerd op commercieel beschikbare sensoren. Er zal gewerkt moeten worden aan het inzichtelijk maken van de relatie tussen de Cropscan en commercieel beschikbare sensoren.



## 4.2 Teelttechnische conclusies en aanbevelingen

Op basis van de resultaten uit de rassenproef te Kollumerwaard kan geconcludeerd worden dat het weinig toevoegt om rassen specifiek de relatie tussen sensor en gewas te bepalen. LET WEL, deze resultaten geven voorlopig weer dat binnen een proef (een perceel, zelfde pootdatum) de zelfde ijklijn vastgesteld kan worden. Het landelijke project PPL Adviesregel moet uitsluitend geven of deze conclusie geldt over meerder locaties, rassen en teelttypen. De conclusies vanuit dat project worden uiterlijk juni gepubliceerd.

De resultaten van het experiment op het bedrijf van dhr. Claassen komen redelijk overeen met de resultaten vanuit de proef te Kollumerwaard, echter de afwijking ten opzichte van de ijklijn lijkt hier iets groter te zijn. Hieraan kunnen verschillende redenen ten grondslag liggen. In tegenstelling tot de proef te Kollumerwaard is de relatie tussen sensor en gewasmonsters niet op exact dezelfde plek vastgelegd waardoor spreidingen binnen de plotjes tot extra afwijkingen geleid kunnen hebben. Daarnaast kunnen ook andere zaken de groei en ontwikkeling van de plant beïnvloeden ofwel de sensorwaarneming waardoor er een iets andere relatie ontstaat tussen beiden. De resultaten vanuit het project PPL Adviesregel zullen hier meer uitsluitend over kunnen geven.

Wanneer overigens de cijfers worden gemiddeld, waardoor de plotgrootte toeneemt, wordt de afwijking van berekend ten opzichte van gemeten vele malen kleiner en lijkt de hoeveelheid N in het gewas betrouwbaar bepaald te kunnen worden.

Ten aanzien van het gebruik van de sensorsystemen bij het bemesten van praktijkpercelen zijn er meerder mogelijkheden, als groep kan er nagedacht worden over de te kiezen strategie.

- Om een juiste voorspelling van de hoeveelheid N in het gewas te kunnen doen is het noodzakelijk om een kalibratie meting op kale grond te doen. Het is gebleken dat de WDWI het beste de hoeveelheid N kan bepalen en de formule voor het berekenen van de WDWI maakt gebruik van een meting van kale grond.
- De simpelste variant is het doen van waarnemingen met de sensor in een perceel waarna er een perceelsgemiddelde wordt berekend. Dat perceelsgemiddelde geeft een betrouwbare waardering van de hoeveelheid N/ha waarop vervolgens een bijbemesting uitgevoerd kan worden. Er wordt dan niet zozeer ingespeeld op de variatie binnen het perceel echter, de absolute hoogte van de N-gift wordt wel nauwkeurig vastgesteld. Dit zou als een instapvariant geïmplementeerd kunnen worden die het mogelijk maakt voor bedrijven om laagdrempelig in te stappen. Alleen de aanschaf van een sensorsysteem is voldoende.
- Een 2<sup>e</sup> optie, die ook rekening houdt met plaats specifieke variatie is dat er voor het seizoen, of op basis van de eerste metingen aan het gewas (in juni) een zone-indeling wordt gemaakt voor het perceel. Per zone wordt vervolgens de gemeten WDWI gemeten welke de basis vormt voor een bemestingsadvies voor de betreffende zone.

Ook voor de teelttechnische insteek van plaats specifiek bemesten op basis van sensortechnologie geldt dat het verstandig lijkt om als groep met elkaar na te denken over de wijze waarop bijbemestingen op basis van sensortechnologie uitgevoerd kunnen worden.

Voor een snelle implementatie is het wenselijk in een volgende fase veel praktijkpercelen te gaan meten zodat een stabiele groeicurve kan worden ontwikkeld waaruit degelijke adviezen kunnen worden gegenereerd voor het bijbemesten van pootaardappelen.

# Bijlage 1 Conversietabellen tussen kracht en druk

Bron: Eijkelkamp Agrisearch Equipment Gebruiksaanwijzing Penetrologger maart 2010

Force Newton	Pressure MPascal	Pressure MPascal	Pressure MPascal	Pressure MPascal	Pressure MPascal	Pressure MPascal	Pressure MPascal	Pressure MPascal
	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)
	100	130	200	323	333	500	750	1000
50	0,50	0,38	0,25	0,15	0,15	0,10	0,07	0,05
100	1,00	0,77	0,50	0,31	0,30	0,20	0,13	0,10
150	1,50	1,15	0,75	0,46	0,45	0,30	0,20	0,15
200	2,00	1,54	1,00	0,62	0,60	0,40	0,27	0,20
250	2,50	1,92	1,25	0,77	0,75	0,50	0,33	0,25
300	3,00	2,31	1,50	0,93	0,90	0,60	0,40	0,30
350	3,50	2,69	1,75	1,08	1,05	0,70	0,47	0,35
400	4,00	3,08	2,00	1,24	1,20	0,80	0,53	0,40
450	4,50	3,46	2,25	1,39	1,35	0,90	0,60	0,45
500	5,00	3,85	2,50	1,55	1,50	1,00	0,67	0,50
550	5,50	4,23	2,75	1,70	1,65	1,10	0,73	0,55
600	6,00	4,62	3,00	1,86	1,80	1,20	0,80	0,60
650	6,50	5,00	3,25	2,01	1,95	1,30	0,87	0,65
700	7,00	5,38	3,50	2,17	2,10	1,40	0,93	0,70
750	7,50	5,77	3,75	2,32	2,25	1,50	1,00	0,75
800	8,00	6,15	4,00	2,48	2,40	1,60	1,07	0,80
850	8,50	6,54	4,25	2,63	2,55	1,70	1,13	0,85
900	9,00	6,92	4,50	2,79	2,70	1,80	1,20	0,90
950	9,50	7,31	4,75	2,94	2,85	1,90	1,27	0,95
1000	10,00	7,69	5,00	3,10	3,00	2,00	1,33	1,00

Force Newton	Pressure PSI	Pressure PSI	Pressure PSI	Pressure PSI	Pressure PSI	Pressure PSI	Pressure PSI	Pressure PSI
	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)	surf. (mm2)
	100	130	200	323	333	500	750	1000
50	72,50	55,77	36,25	22,45	21,77	14,50	9,67	7,25
100	145,00	111,54	72,50	44,89	43,54	29,00	19,33	14,50
150	217,50	167,31	108,75	67,34	65,32	43,50	29,00	21,75
200	290,00	223,08	145,00	89,78	87,09	58,00	38,67	29,00
250	362,50	278,85	181,25	112,23	108,86	72,50	48,33	36,25
300	435,00	334,62	217,50	134,67	130,63	87,00	58,00	43,50
350	507,50	390,38	253,75	157,12	152,40	101,50	67,67	50,75
400	580,00	446,15	290,00	179,57	174,17	116,00	77,33	58,00
450	652,50	501,92	326,25	202,01	195,95	130,50	87,00	65,25
500	725,00	557,69	362,50	224,46	217,72	145,00	96,67	72,50
550	797,50	613,46	398,75	246,90	239,49	159,50	106,33	79,75
600	870,00	669,23	435,00	269,35	261,26	174,00	116,00	87,00
650	942,50	725,00	471,25	291,80	283,03	188,50	125,67	94,25
700	1015,00	780,77	507,50	314,24	304,80	203,00	135,33	101,50
750	1087,50	836,54	543,75	336,69	326,58	217,50	145,00	108,75
800	1160,00	892,31	580,00	359,13	348,35	232,00	154,67	116,00
850	1232,50	948,08	616,25	381,58	370,12	246,50	164,33	123,25
900	1305,00	1003,85	652,50	404,02	391,89	261,00	174,00	130,50
950	1377,50	1059,62	688,75	426,47	413,66	275,50	183,67	137,75
1000	1450,00	1115,38	725,00	448,92	435,44	290,00	193,33	145,00

