

Het effect van precisiebemesting met stikstof op opbrengst en efficiency.

Een opdracht van het Productschap Akkerbouw

Seizoen 2009 - 2010

D. Goense, Hilbrandslaboratorium, HLB-BV
P. van Vliet, BLGG AgroXpertus



HLB Rapport 800
HLB project 3286
Maart 2011

HLB
Kampsweg 27
9418 PD Wijster

Inhoud

Het effect van precisiebemesting met stikstof op opbrengst en efficiency.....	1
1. Achtergrond	7
2. Samenvatting	8
3. Doel	10
4. Materialen en methoden	11
4.1. Locaties.....	11
4.2. Aanleg van plots.	13
4.3. Bepalen van de bemesting niveaus.	15
4.4. Verwerking van data.	16
4.4.1. Algemeen.....	16
4.4.2. Inmeten van percelen, plots en posities van waarnemingen.	16
4.4.3. Ligging van de Plots.....	17
4.4.4. Opbrengst gegevens	18
4.4.5. Remote- en near sensing waarnemingen.....	18
4.4.6. MijnAkker waarnemingen.....	19
4.4.7. CropCircle waarnemingen.	19
4.4.8. GreenSeeker waarnemingen	19
4.4.9. Penetrometer waarnemingen.	19
4.4.10. Kwaliteit van de aardappelen.	21
5. Resultaten.....	22
5.1. Uitgevoerde bemestingen.....	22
5.1.1. "Over de weg" (Hamster).	22
5.1.2. BIS1020 (KMWP)	26
5.1.3. Perceel_3 (Wage).....	28
5.2. GreenSeeker opnamen	29
5.2.1. "Over de Weg" (Hamster).....	29
5.2.2. "Perceel_3" (Wage)	32
5.2.3. BIS (KMWP)	34
5.3. Respons op stikstof en bepaling van de stikstofgift.....	36
5.3.1. "Over de Weg" (Hamster).....	36
5.3.2. Perceel BIS (KMWP).....	38
5.3.3. Perceel_3 (Wage).....	39
5.4. Oogst.....	39
5.4.1. "Over de Weg" (Hamster).....	39
5.4.2. "BIS" (KMWP).....	41
5.4.1. "Perceel_3" (Wage)	43
5.5. Penetrometer waarnemingen perceel_3.....	46
5.6. Grondwaterstanden op Perceel_3	47
5.7. Kwaliteit aardappelen op Perceel_3.....	48
6. Beantwoording van de vragen	51
6.1. Vraag 1: verschillen de opbrengsten per behandeling?	51
6.1.1. Behandelingen op "Over de Weg" (Hamster)	51
6.1.2. Behandelingen op BIS10.20 (KMWP)	51
6.1.3. Behandelingen op "Perceel_3" (Wage).....	52
6.2. Vraag2: kan NDVI gebruikt worden als voorspeller van de uiteindelijke opbrengst?.....	52
6.2.1. Over de Weg (Hamster)	53
6.2.1. BIS10.20 (KMWP)	54
6.2.2. Perceel_3 (Wage).....	56
6.3. Vraag2A: kan NDVI samen met bodemparameters (afkomstig van SoilCompany) gebruikt worden als voorspeller van de uiteindelijke opbrengst?	57
6.3.1. Bis10.20 (KMWP)	57
6.3.2. Perceel_3 (Wage).....	60
6.4. Vraag 3: wat is de invloed van de bodem (via soil company data) op de NDVI en de opbrengsten.	65
6.4.1. Over de Weg (Hamster)	65
6.4.2. Resultaten Hamster	65
6.4.3. BIS10.20 (KMWP)	68
6.4.4. Perceel_3 (Wage).....	71
6.5. Vraag 4: is sturen met behulp van de MijnAkker data mogelijk? Resultaten van MijnAkker vergelijken met de GreenSeeker en CropCircle resultaten.....	74
6.5.1. Methode KMWP:.....	76
6.5.2. Methode Hamster:.....	78
7. Conclusies	81
7.1. Algemeen	81
7.2. Practische aanbevelingen	81

8.	Appendices.....	82
8.1.	Appendix 1. Toets op het significant verschillen van behandelingen op "Over de Weg"(Hamster).....	82
8.2.	Appendix 1. Toets op het significant verschillen van behandelingen op "BIS" (KMWP).	82
8.3.	Appendix 1. Toets op het significant verschillen van behandelingen op "Perceel_3" (Wage)...	83

Figuren

Figuur 1. Lutum gehalten van het perceel "Over de weg".	11
Figuur 2. Lutum gehalten van het perceel BIS.	12
Figuur 3. Lutum gehalten van het perceel "Perceel_3".	12
Figuur 4. Organische stofgehalte (a) en hoogte (b) van perceel "Perceel_3".	13
Figuur 5. Plots voor de eerste bemesting op het perceel "Over de Weg".	14
Figuur 6. De spuitsporen (rood) en de initiële plots voor de eerste bemesting op Perceel_3.	14
Figuur 7. De rijpaden (rood) en de plots die zijn aangehouden tussen twee rijpaden op perceel BIS.	15
Figuur 8. Extra stikstof gift als functie van de respons van de NDVI op aangelegde stikstof niveaus.	16
Figuur 9. Lay-out van plots bij gebruik van een ce3nbntrifugaal kunstmeststrooier.	17
Figuur 10. Ligging van aanvullende waarnemingen (weergegeven in blauw) t.b.v. het opstellen van een semivariogram bij penetrometer waarnemingen.	20
Figuur 11. Niveau van de eerste bemesting op het perceel "Over de Weg".	22
Figuur 12. De bemesting niveaus tijdens de tweede gift op "Over de weg".	23
Figuur 13. Niveau van de derde bemesting gift op "Over de weg".	23
Figuur 14. Totale toegediende hoeveelheid stikstof over drie giften op "Over de weg".	24
Figuur 15 Toediende hoeveelheden in de eerste bemesting op perceel BIS1020.	26
Figuur 16. Hoeveelheid toegediende stikstof in kg / ha bij de eerste bemesting met kunstmest op perceel 3.	29
Figuur 17. NDVI (*100) uit GreenSeeker opname van 19 april 2010 voor "Over de weg".	30
Figuur 18. NDVI (*100) uit GreenSeeker opnamen van 29 april 2010 voor "Over de weg".	31
Figuur 19. NDVI (* 100) uit GreenSeeker opname van 1 juni 2010 voor "Over de weg".	31
Figuur 20. NDVI (*100) volgens GreenSeeker opname van 18 juni 2010 voor perceel 3.	32
Figuur 21. NDVI (*100) volgens GreenSeeker opname van 28 juli 2010 voor perceel 3.	32
Figuur 22. NDVI (*100) volgens GreenSeeker opname van 28 augustus 2010 voor perceel 3.	33
Figuur 23. NDVI volgens GreenSeeker opname van 5 september 2010 voor perceel 3.	33
Figuur 24. Vegetatie index volgens "de oude" CropCircle opname van 7 mei 2010 op "BIS1020".	34
Figuur 25. NDVI (*100) gemeten met de tweede generatie CropCircle op 6 juli 2010 op "BIS 1020".	35
Figuur 26. De vegetatie index VI1 (NDRE) van de 2e generatie CropCircle gemeten op 6 juli 2010 op "BIS2010".	36
Figuur 27. NDVI gemeten op 19 april als respons op de initiële N gift in kg N / ha..	37
Figuur 28. NDVI gemeten op 29 april als respons op de initiële bemesting in kg N /ha.	37
Figuur 29. NDVI gemeten op 1 juni als respons op de tot dat tijdstip gegeven hoeveelheid stikstof in kg N /ha op "Over de Weg".	38
Figuur 30. NDVI als respons op de initiële mestgift in kg N /ha op het perceel "BIS2010".	38
Figuur 31. NDVI als respons op de eerste kunstmest gift in kg n /ha op "Perceel_3".	39
Figuur 32. De opbrengst in ton/ha op perceel "Over de Weg".	40
Figuur 33. De opbrengst als respons op de totale stikstof gift. De plots met een initiële nul gift zijn omcirkeld.	40
Figuur 34. De opbrengst van het perceel BIS10.20 in ton/ha.	42
Figuur 35. Het effect van de totale stikstofgift in kg N/ha op de opbrengst in ton/ha op het perceel BIS10.20.	43
Figuur 36. Opbrengst zetmeel aardappelen in ton/ha op perceel_3.	44
Figuur 37 Verschillende dagen waarop de aardappeloogst heeft plaats gevonden op perceel 3.	44
Figuur 38. De rijnsnelheid tijdens het oogsten op perceel_3.	45
Figuur 39. De opbrengst in ton/ha als functie van de totale kunstmest gift op perceel_3.	45
Figuur 40. De diepte in cm waarop de indringingsweerstand boven de 330 N komt.	46
Figuur 41. De gemiddelde indringingsweerstand in N/cm2 in de bodemlaag van 25 tot 50 cm diepte	47
Figuur 42. De nummering en locaties van de grondwaterbuizen in perceel_3.	48
Figuur 43. Verloop van de grondwaterstand van vier pijlbuizen.	48
Figuur 44. Het onderwatergewicht (links) en het percentage aardappelen in de grove sortering (rechts) als functie van de hoeveelheid toegediende stikstof kunstmest.	49
Figuur 45. Beoordeling op aantasting van een viertal ziektes uitgedrukt in een schaal van 1-6.	50
Figuur 46. De daadwerkelijk gemeten opbrengst en de door het "beste" regressie model geschatte opbrengst voor het perceel "Over de weg".	54
Figuur 47. Residuen van het verklarende regressie model van de opbrengst op het perceel "Over de Weg".	54
Figuur 48. De daadwerkelijk gemeten opbrengst en de door het "beste" regressie model geschatte opbrengst voor het perceel "Over de weg".	56
Figuur 49. Residuen van het verklarende regressie model van de opbrengst op het perceel "Over de Weg".	56
Figuur 50. De opbrengst zoals voorspeld door een lineair regressie model uitgezet tegen de werkelijk gemeten opbrengst op perceel BIS10.20.	59
Figuur 51. De residuen van het lineair regressie model voor de voorspelling van de opbrengst als functie van de werkelijk gemeten opbrengst op perceel BIS10.20.	60

Figuur 52. De opbrengst zoals voorspeld door een lineair regressie model uitgezet tegen de werkelijk gemeten opbrengst op perceel Perceel_3.....	64
Figuur 53. De residuen van het lineair regressie model voor de voorspelling van de opbrengst als functie van de werkelijk gemeten opbrengst.....	65
Figuur 54. Gemiddelde NDVI van MijnAkker en van de CropCircle per plot op perceel BIS10.20.	77
Figuur 55. Gemiddelde NDVI van MijnAkker en van de CropCircle per behandeling op perceel BIS10.20.	78
Figuur 56. Gemiddelde NDVI van MijnAkker van 23 april en van de GreenSeeker van 19 april per behandeling op perceel "Over de Weg".....	79
Figuur 57. Gemiddelde NDVI van MijnAkker van 23 april en van de GreenSeeker van 29 april per behandeling op perceel "Over de Weg".....	79

1. Achtergrond

Na een lange aanloopperiode begint precisielandbouw een begrip te worden onder boeren en wordt precisie management in de een of andere vorm op een groeiend aantal bedrijven toegepast. Een van de redenen is dat er steeds meer producten beschikbaar komen die voor precisielandbouw kunnen worden ingezet. Vooral hulpmiddelen om recht te rijden hebben een grote vlucht genomen.

Voor optimalisatie van de teelt komen er ook steeds meer instrumenten en diensten beschikbaar zoals remote sensing via satelliet opnamen, sensoren waarmee de boer zelf remote sensing opnamen kan maken vanaf zijn trekker of werktuig, diensten om de verschillen in de bodem in kaart te brengen, diensten voor gedetailleerde bodembemonstering en sensoren om het bodemvochtverloop continue te volgen.

De ontwikkeling rond teeltoptimalisatie is aanleiding geweest voor het Productschap Akkerbouw (PA) om het Hilbrandslaboratorium voor Bodemziekten (HLB) en BLGG AgroXpertus opdracht te geven voor onderzoek naar de bruikbaarheid van genoemde diensten en sensoren voor de praktische landbouw, en dan vooral als instrument voor precisiebemesting. De opdracht hield ook in dat nadrukkelijk een viertal praktijkbedrijven verspreid over Nederland bij de uitvoering van deze evaluatie worden betrokken. De opdracht is in de loop van 2008 verleend voor een drietal teeltseizoenen.

In het eerste seizoen is vooral gekeken naar gedetailleerde bodembemonstering via sensoren (de MOL en EM38 van de Soil Company) en is er een inventarisatie gemaakt naar de aangeboden diensten en sensor systemen. (Kikkert 2009). Daarnaast is er een interne voortgangsrapportage over voorbereidend veldwerk in het seizoen 2007-2009.

In het tweede seizoen 2008-2009 zijn een viertal methoden met elkaar vergeleken: 1) Bemesting op basis van plaats specifieke bemonstering op bodemstikstof, 2) Bemesting op basis van satelliet gebaseerde remote sensing beelden zoals van CropView en/of MijnAkker, 3) Bemesting op basis van remote sensing data verkregen met trekker/werktuig gebaseerde sensoren en 4) Stikstof bemesting gebaseerd op verschillen in bodemprofiel gemeten met De Mol en de EM38. Daarnaast waren op een paar percelen verschillen in stikstof bemestingsniveaus aangebracht ter evaluatie.

Uit dit onderzoek bleek er geen behandeling te zijn die een eenduidige positief effect op de opbrengst opleverde. Soms waren effecten positief, soms negatief. De resultaten van dit seizoen zijn vastgelegd in het rapport van Goense en van Vliet (2010) "Het effect van precisiebemesting op de opbrengst en de kwaliteit, seizoen 2008-2009".

Dit rapport beschrijft het werk dat in het teeltseizoen 2009-2010 is uitgevoerd. Er is besloten om dit groeiseizoen ons tot één benadering te beperken, nl op remote- en near sensing¹ gebaseerde systemen op de trekker van de telers. In de USA worden deze systemen voor de bemestingsadvisering voor granen gebruikt. De vraag is of deze sensorsystemen ook in Nederland in de bedrijfsvoering gebruikt kunnen worden. Daarnaast vergelijken we in deze studie de resultaten van de sensoren op trekker met resultaten van remote sensing via satellieten (beschikbaar via MijnAkker).

¹ Over het algemeen wordt remote sensing gedefinieerd als het verzamelen van data van een object zonder het aan te raken. In de landbouw hebben we te maken met 2 typen van remote sensing metingen, waarbij de meet afstand nogal verschilt. Net als een groep telers van de groep Wiski maken wij daarom een onderscheid tussen remote sensing voor reflectie metingen die van een satelliet afkomstig zijn en en near sensing als er vanaf een trekker of werktuig of met een handheld gemeten wordt..

2. Samenvatting

De ontwikkelingen rond teeltoptimalisatie, waaronder op de markt komende sensoren en diensten voor gedetailleerde bodemkartering is aanleiding geweest voor het Productschap Akkerbouw (PA) om opdracht te geven voor onderzoek naar de bruikbaarheid van genoemde diensten en sensoren voor de praktische landbouw, en dan vooral als instrument voor precisiebemesting. De opdracht is verstrekt aan het Hilbrandslaboratorium voor Bodemziekten (HLB) en BLGG AgroXpertus en hield ook in dat nadrukkelijk een viertal praktijkbedrijven verspreid over Nederland bij de uitvoering van deze evaluatie worden betrokken.

Dit rapport beschrijft het werk dat in het teeltseizoen 2009-2010 is uitgevoerd. Er is besloten om dit groeiseizoen ons tot één benadering te beperken, nl op remote- en near sensing gebaseerde systemen op de trekker van de telers. In de USA worden deze systemen voor de bemestingsadvisering voor granen gebruikt. De vraag is of deze sensorsystemen ook in Nederland in de bedrijfsvoering gebruikt kunnen worden. Daarnaast vergelijken we in deze studie de resultaten van de sensoren op trekker met resultaten van remote sensing via satellieten (beschikbaar via MijnAkker).

Het doel voor het seizoen 2009-2010 was

1. het toetsen van op near sensing gebaseerde systemen voor plaats specifieke stikstof bemesting
2. Het vergelijken van de resultaten van near sensing met die van remote sensing
3. Analyseren of andere factoren zoals bodem resultaten beïnvloeden

Dit onderzoek is op een drietal praktijkbedrijven van Hamster, Wage en de KMWP uitgevoerd en zijn de volgende vragen beantwoord:

1. Heeft het plaats specifiek bemesten op basis van de NDVI uit near sensing nut voor de boer voor wat betreft opbrengst en of stikstof efficiency?
2. Is de NDVI verkregen via near-sensing een goede voorspeller van de eindopbrengst.
3. Wat is de invloed van de bodem (via SoilCompany data) op de NDVI en de opbrengsten.
4. Is sturen met behulp van de MijnAkker data mogelijk? Resultaten van MijnAkker vergelijken met de GreenSeeker en CropCircle resultaten.

De percelen betreffen een relatief uniform zwaar klei perceel met wintertarwe, een zandig venig perceel met zetmeel aardappelen en een redelijk bont klei perceel met wintertarwe.

Op de percelen zijn plots aangelegd in de vorm van stroken in de bewerkingsrichting van het perceel en ter breedte van de gebruikte spuitmachine of de breedte van twee overlappende helften van een stroobeeld van de centrifugaal strooier.

In de eerste stikstof bemesting is de standaard bemesting van het bedrijf toegepast, maar op een tweetal stroken is 50 kg N/ha meer toegediend en op een tweetal stroken 50 kg N/ha minder dan de standaardgift. Daarnaast is op een aantal delen van een strook van ca. 40 meter lengte geen kunstmest toegediend in de eerste gift.

De verwachting is dat, op het moment dat de tweede bemesting aan de orde is, de lage stikstof giften achter blijven en er op een bepaald niveau van de N gift een verzadiging in gewasgroei optreedt. De gewasontwikkeling uitgedrukt als NDVI is in kaart gebracht met een GreenSeeker of een CropCircle . Naast de eigen opnames van gewasreflectie is ook een evaluatie gemaakt van remote sensing beelden van MijnAkker.

Voor bij bemesten kan worden uitgegaan van twee veronderstellingen:

1. Verschillen in NDVI worden veroorzaakt worden door een tekort aan stikstof. De hoeveelheid stikstof die gecompenseerd moet worden hangt af van respons van de NDVI op de aangelegde stikstof trappen.
2. Verschillen in NDVI hebben niet te maken hebben met stikstof tekorten maar veroorzaakt worden door andere factoren. Een betere gewasontwikkeling is een indicatie voor een hogere potentiële opbrengst. In dat geval wordt er bij een hogere NDVI een hogere extra gift toegediend.

Op het perceel "Over de Weg" van Hamster is uiteindelijk de eerst genoemde strategie toegepast omdat daar een duidelijke respons op stikstof kon worden waargenomen. Op een aantal stroken is een derde bemesting, ook gebaseerd op reflectie metingen toegepast. Op het perceel "BIS10.20" is de tweede strategie ingezet omdat hier geen sprake was van een respons op stikstof. Op het derde perceel is gezien het verloop van het groeiseizoen niet meer bij bemest.

Van alle drie de percelen waren bodemscans beschikbaar van de SoilCompany die een beeld geven van een groot aantal bodemvariabelen.

Op één perceel zijn penetrometer waarnemingen uitgevoerd om eventuele bodemverdichting vast te stellen.

Van alle drie de percelen zijn de opbrengsten met de oogstmachines in kaart gebracht en van de aardappelen is aan de hand van proefrooiingen ook het onderwatergewicht en de aantasting van een aantal ziektes vastgelegd.

Voor de verwerking van de gegevens is gebruik gemaakt van eigen programmatuur van HLB, waarmee de ligging van de percelen en de plots is vastgelegd, near sensing opnamen zijn verwerkt en de opbrengstmetingen zijn verwerkt. De daarmee vastgelegde variabelen zijn aan de plots toegerekend. Door BLGG AgroXpertus zijn de gegevens van de bodemscans en MijnAkker informatie verwerkt met het programma ArcGis. Dit programma is ook gebruikt voor geo statistische verwerking . Daarnaast is SAS gebruikt voor statistische analyses.

Op Over de Weg is een standaardbemesting van 100 + 95 kg N/ha toegepast. In de behandelingen variëren de giften van 95 tot 245 kg/ha.

Op BIS10.20 is met een standaardgift van 100 + 116 kg N/ha gewerkt. In de behandelingen zijn er giften variërend van 116 tot 266 kg N/ha.

Op perceel _3 is de standaardgift 25 kg N/ha in de vorm van kunstmest als aanvulling op toegediende organische mest. Behandelingen variëren van 0 tot 75 kg N/ha.

Remote sensing opnamen geven op het perceel over de weg een duidelijk effect van aangelegde stikstof trappen te zien, maar op perceel BIS10.20 en Perceel_3 is dit effect niet zichtbaar. Dit heeft voor Over de Weg geleid tot een bemesting die is gebaseerd op compenseren van de mate waarin de ontwikkeling van het gewas achter bleef. Op BIS10.20 is juist een betere gewas ontwikkeling versterkt door daar meer te bemesten. Op perceel_3 is geen aanvullende bemesting meer toegepast.

Op Over de weg is een respons op toegediende stikstof zichtbaar en op Perceel_3 is die zeer uitgesproken. Op dit perceel is duidelijk te weinig kunstmest toegediend. Bij BIS10.20 is geen effect van bemesting niveau in de opbrengst zichtbaar. Op perceel_3 is er ook een duidelijk noord-zuid effect waarvoor met de beschikbare informatie geen verklaring kan worden gevonden

In vergelijking tussen de plaats specifieke strategie en de standaard behandeling blijkt er op Over de Weg 19 kg N/ha minder te zijn toegediend met als gevolg een opbrengst reductie van 101 kg tarwe /ha. Het gevolg is een lagere financiële opbrengst van € 3,- /ha.

Op BIS10.20 wordt dezelfde hoeveelheid kunstmest gebruikt maar is er een meeropbrengst van 1102 kg/ha. Het resultaat is een saldo verbetering van € 243,- /ha.

De NDVI blijkt op zichzelf geen goede voorspeller van de eindopbrengst, behalve een late opname op perceel BIS10.20. Individuele bodem parameters tonen zich alleen op perceel BIS10.20 een goede voorspeller voor gewas ontwikkeling en opbrengst. Lineaire regressie modellen van meerdere variabelen geven een weinig verbetering t.o.v de enkele variabelen.

De relatie tussen MijnAkker remote sensing opnamen en eigen sensor waarnemingen is redelijk goed.

3. Doel

Het doel voor het seizoen 2009-2010 was

4. het toetsen van op near sensing gebaseerde systemen voor plaats specifieke stikstof bemesting
5. Het vergelijken van de resultaten van near sensing met die van remote sensing
6. Analyseren of andere factoren zoals bodem resultaten beïnvloeden

Het was de bedoeling dit onderzoek op een viertal praktijkbedrijven uit te voeren, maar één van de bedrijven is afgefallen door het op het laatste omgooien van het bouwplan naar vroege aardappelen, een teeltwijze die zich niet leende voor bij bemesting.

In dit onderzoek zijn de volgende vragen beantwoord:

5. Heeft het plaats specifiek bemesten op basis van de NDVI uit near sensing nut voor de boer voor wat betreft opbrengst en of stikstof efficiency?
6. Is de NDVI verkregen via near-sensing een goede voorspeller van de eindopbrengst.
7. Wat is de invloed van de bodem (via soil company data) op de NDVI en de opbrengsten.
8. Is sturen met behulp van de MijnAkker data mogelijk? Resultaten van MijnAkker vergelijken met de GreenSeeker en CropCircle resultaten.

4. Materialen en methoden

4.1. Locaties

De experimenten zijn uitgelegd op een drietal locaties

Tabel 1. De gebruikte percelen in het seizoen 2009-2010

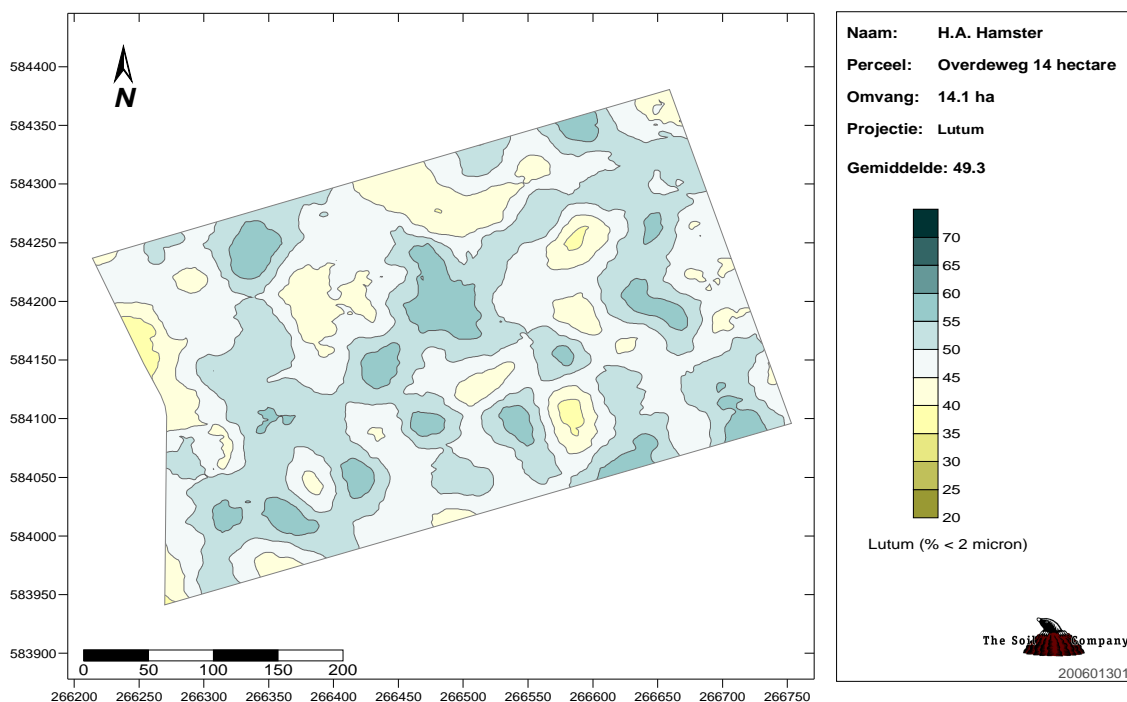
Perceel naam	bedrijf	grondsoort	gewas
Over de weg	Hamster	Zware zeeklei	Winter tarwe
Perceel_3	Wage	dalgrond	Zetmeel Aardappelen
BIS	KMWP	Lichte zeeklei	Winter tarwe

De bodemkaarten in

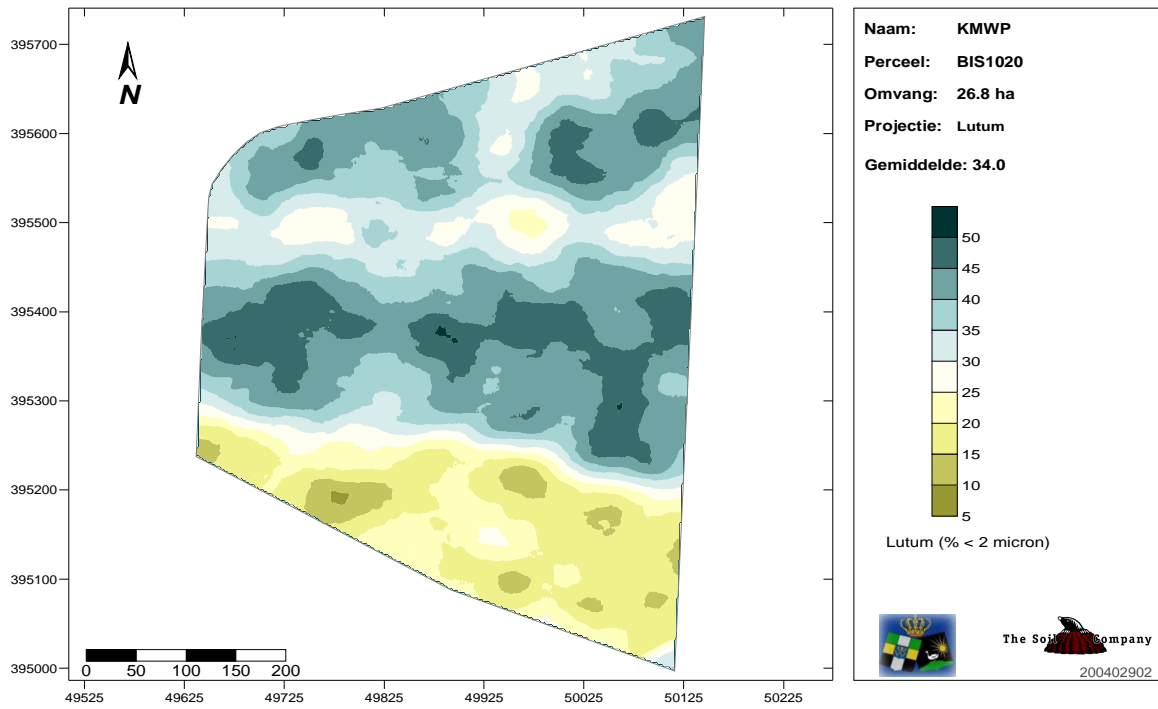
Figuur 1 t/m

Figuur 3 geven een indruk van de variatie in lutum gehalte binnen de percelen. De schaal in deze drie figuren is niet dezelfde, maar ze geven wel een indruk van de variatie binnen het perceel. Binnen "Over de Weg" en "Perceel_3" is er geen duidelijk patroon zichtbaar, in tegenstelling tot het perceel "BIS", waar het zuiden duidelijk lichter is en er noordelijker ook nog een voormalige stroomgeul zichtbaar is met een zanderigere afzetting.

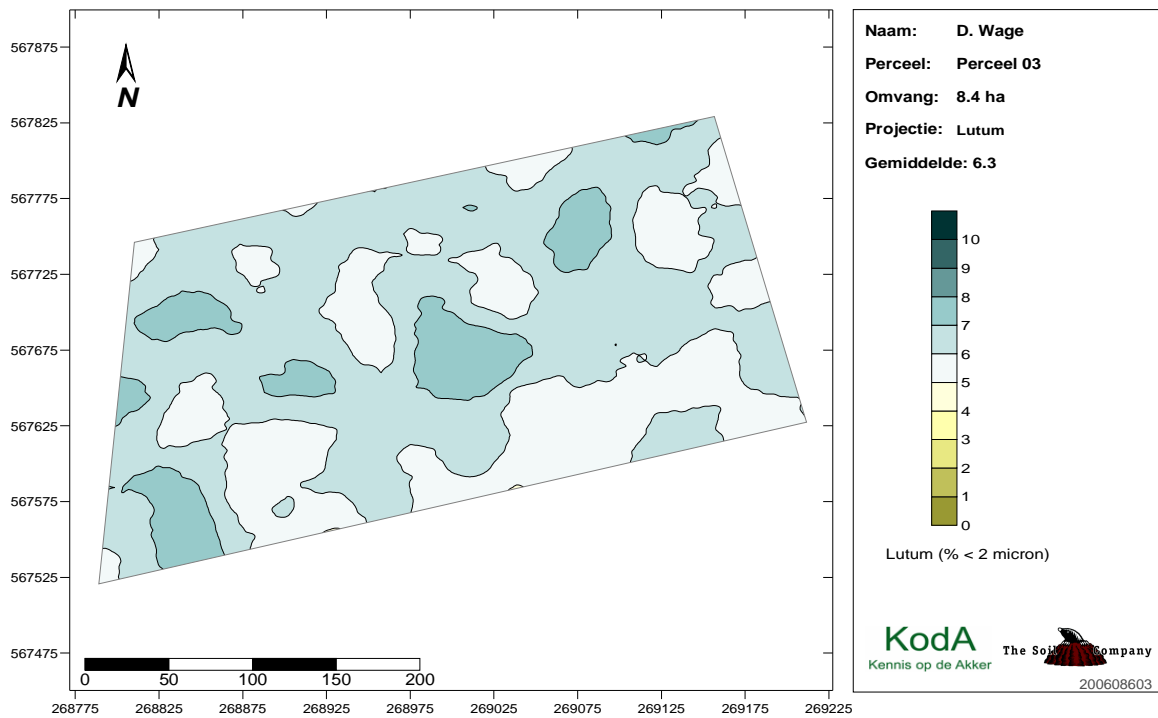
Figuur 4a-c laten zien dat er in perceel "perceel_3" een verloop in organisch stof en hoogteligging van Noord naar Zuid sprake is.



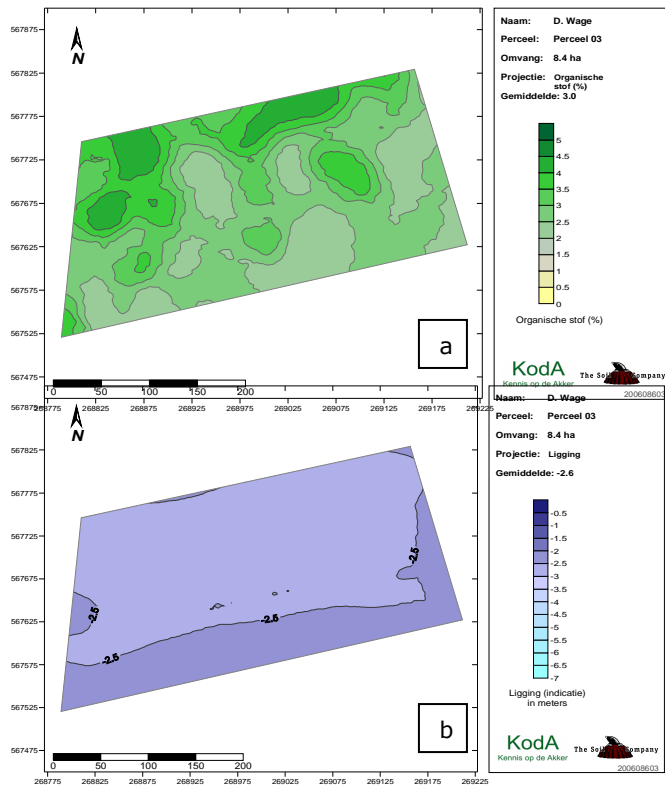
Figuur 1. Lutum gehalten van het perceel "Over de weg".



Figuur 2. Lutum gehalten van het perceel BIS.



Figuur 3. Lutum gehalten van het perceel "Perceel_3".



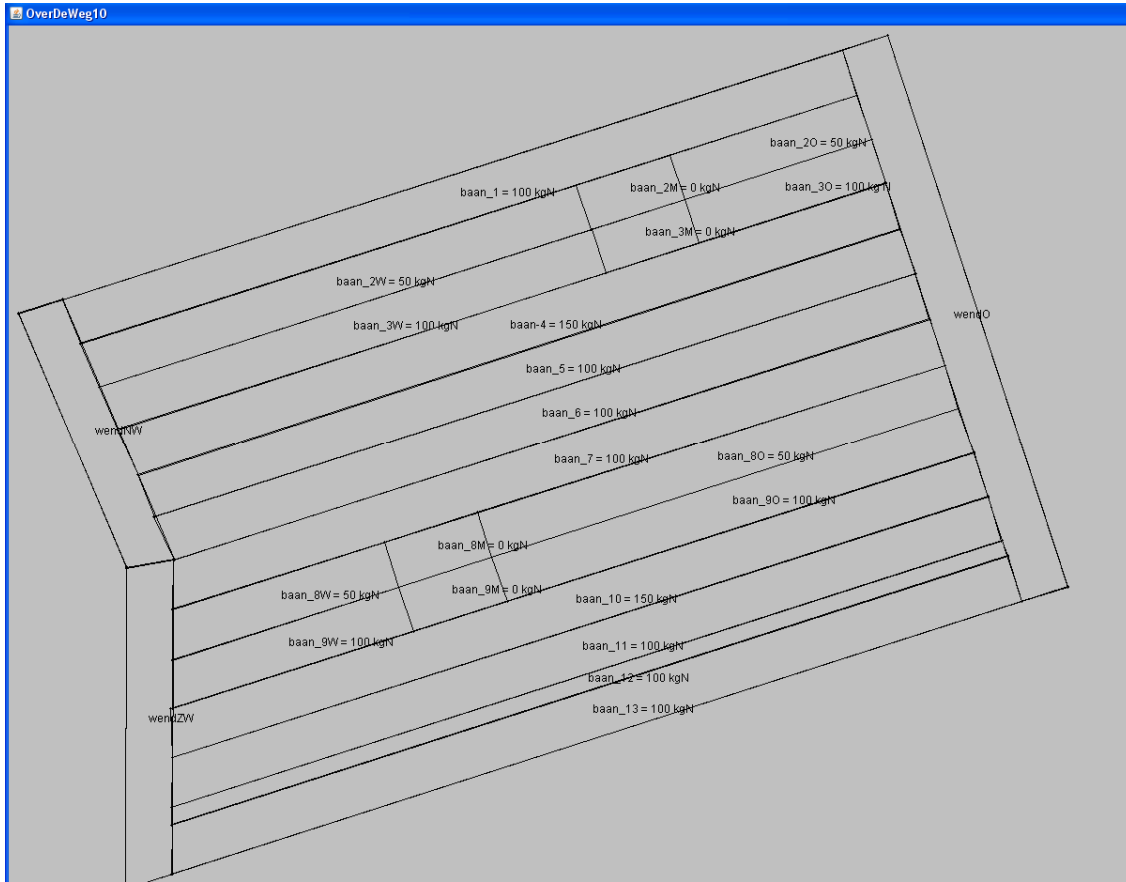
Figuur 4. Organische stofgehalte (a) en hoogte (b) van perceel "Perceel_3"

4.2. Aanleg van plots.

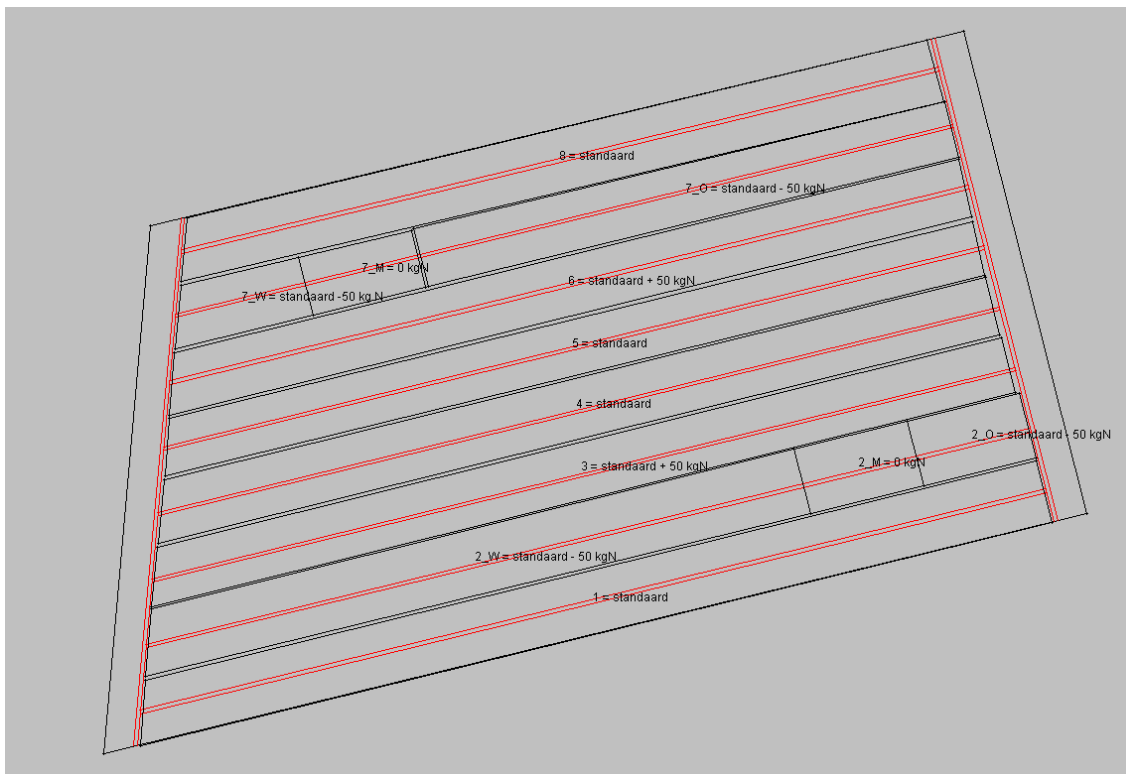
Voor het seizoen 2009 – 2010 is er voor gekozen om de behandelingen in stroken over de gehele bewerkingslengte van het perceel neer te leggen. In principe zijn ze bedoeld om de standaard praktijk met de plaats specifieke behandeling te vergelijken, maar er is ook voor gekozen om de initiële gift bewust 50 kg N/ha hoger of lager te kiezen. Binnen enkele van de stroken zijn bewust plots zonder initiële bemesting aangelegd om op deze manier een goede respons curve van de vegetatie index op die initiële bemesting te krijgen.

De stroken in "Over de weg" en Perceel_3" zijn even breed als de werkbreedte van de landbouwspruit die voor het toedienen van vloeibare meststoffen is gebruikt. De KNWP gebruikt een centrifugaal strooier, waardoor het nodig is een buffer tussen de stroken met behandelingen aan te houden vanwege de overlap bij het strooien.

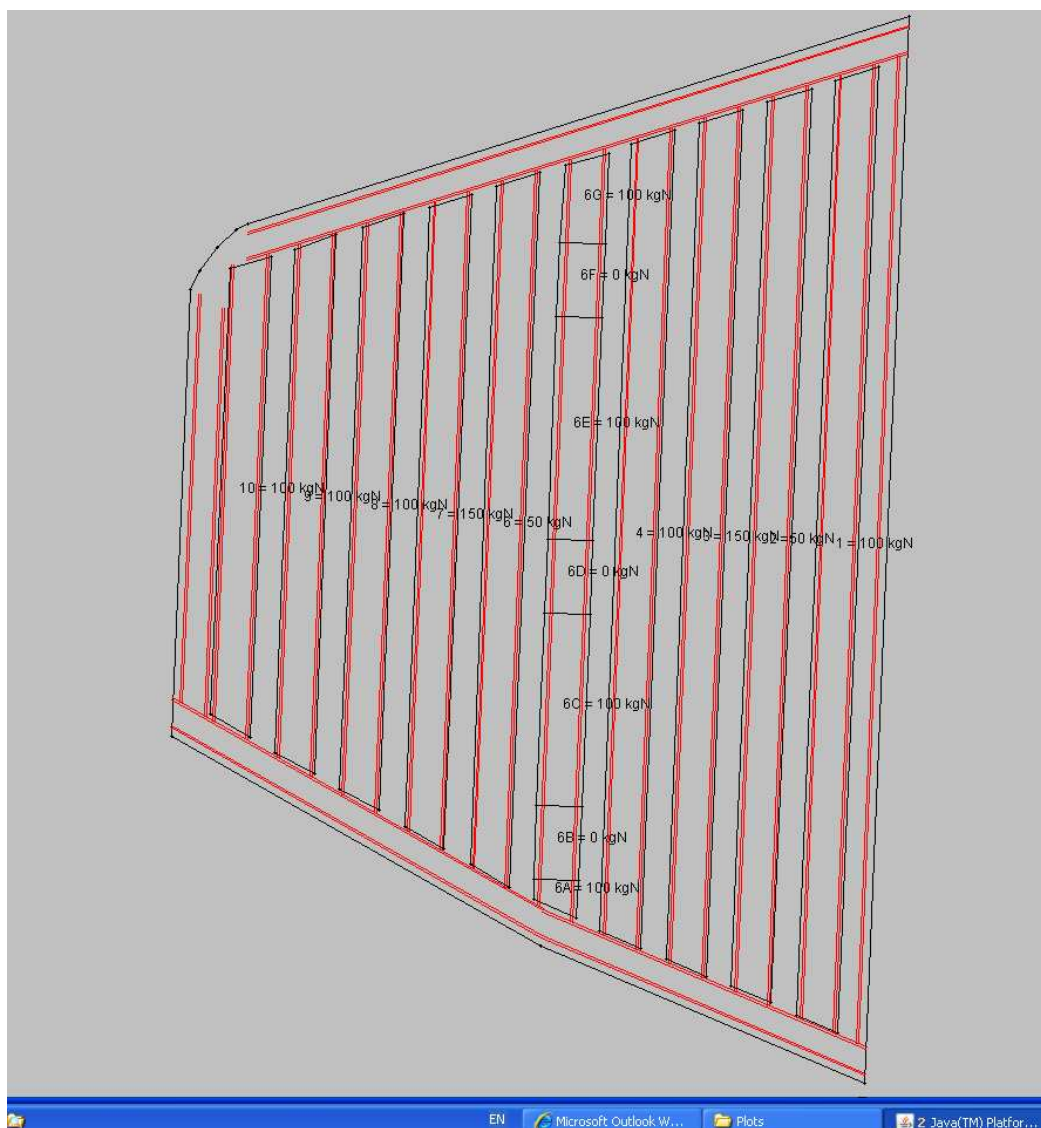
De indeling van de stroken, met nul plots, voor de initiële bemesting is weergegeven in Figuur 5 t/m Tabel 6



Figuur 5. Plots voor de eerste bemesting op het perceel "Over de Weg".



Figuur 6. De spuitsporen (rood) en de initiële plots voor de eerste bemesting op Perceel_3.



Figuur 7. De rijpaden (rood) en de plots die zijn aangehouden tussen twee rijpaden op perceel BIS.

4.3. *Bepalen van de bemesting niveaus.*

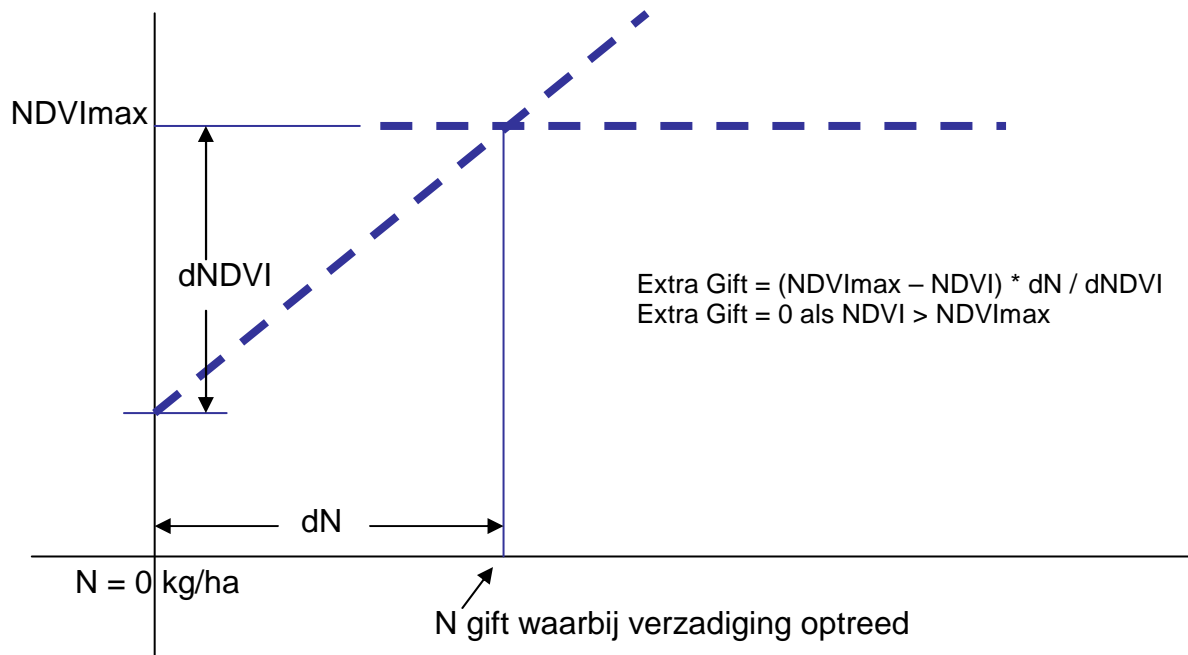
Er zijn bewust stikstof trappen aangelegd bij de eerste bemesting met kunstmest stikstof. De verwachting is dat, op het moment dat de tweede bemesting aan de orde is, de lage stikstof giften achter blijven en er op een bepaald niveau van de gift een verzadiging in gewasgroei optreedt. Hierbij gaan we er van uit dat de gemeten vegetatie index (CropCircle meet tenslotte een andere index!) een goede weergave is van de gewasontwikkeling.

Veronderstelling 1 is dat verschillen in NDVI binnen de standaard behandeling op het perceel veroorzaakt worden door een tekort aan stikstof. De hoeveelheid stikstof die gecompenseerd moet worden hangt af van respons van de NDVI op de aangelegde stikstof trappen zoals is weergegeven in

Figuur 8. Het normale niveau van de tweede gift blijft op een aantal stroken 40 kg N/ha achter bij de standaard gift van de boer. Deze 40 kg/ha wordt "achter de hand gehouden" om op basis van de NDVI een derde bemesting toe te passen waar dat nodig is.

Veronderstelling 2 is dat verschillen in NDVI niet te maken hebben met stikstof tekorten maar veroorzaakt worden door andere factoren. Dit zou moeten blijken uit het uitblijven van een respons op ingestelde stikstof niveaus. Onder deze veronderstelling is een betere gewasontwikkeling zoals gemeten met de NDVI een indicatie voor een hogere potentiële opbrengst. In dat geval wordt er bij een hogere

NDVI een hogere extra gift toegediend. Het niveau daarvan wordt op het moment van bemesten vastgesteld.



Figuur 8. Extra stikstof gift als functie van de respons van de NDVI op aangelegde stikstof niveaus.

Voor alle punten waarvoor een NDVI waarde bekend is wordt aan de hand van de formule het gewenste bemesting niveau berekend. De gebruikte strooier en spuiten zijn nog niet in staat om per sectie te doseren. Daarom is over de dwarsrichting op de strook de gemiddelde mestgift voor de hele plot breedte berekend. Omdat de plaats specifieke bemestingen nog handmatig op de spuit of strooier worden ingesteld worden er alleen verschillen van minimaal 10 kg N/ha aangehouden. Daarnaast wordt er op gelet dat een bepaalde mestgift over minimaal 40 meter lengte van toepassing is. Dus een stukje van bv 10 meter lengte met een afwijkende gift wordt genegeerd.

4.4. Verwerking van data.

Voor het vast stellen van de bemesting niveaus en de latere evaluatie zijn verschillende databronnen noodzakelijk.

4.4.1. Algemeen

BLGG AgroXpertus verzamelt alle ruimtelijke data in ArcGis (een Geografisch Informatie Systeem (GIS)). Met dit programma kunnen eenvoudig interpolaties naar een basis raster worden gemaakt en kunnen selecties uitgevoerd worden op waarnemingen die in de aangelegde plots liggen. Hiermee kunnen verschillende metingen plaats specifiek met elkaar gecombineerd worden. Ook kunnen gemiddelde waarden en standaard afwijkingen per plot te berekenen. Statistische analyses worden uitgevoerd met het statistische pakket SAS v 9.1.

Onderzoek brengt een aantal specifieke functionele eisen met zich mee die niet in standaard Geografische Informatie Systemen (GIS) zijn terug te vinden. Er is door HLB een programma voor de dataverwerking ontwikkeld dat in staat is de voor dit project verzamelde gegevens te verwerken en op een functionele manier in kaarten te presenteren. De daarbij gehanteerde werkwijze gaat uit van praktische oplossing, waarbij het toepassen van standaarden zoals EDI-Teelt of GML nog niet aan de orde is.

4.4.2. Inmeten van percelen, plots en posities van waarnemingen.

Voor het vaststellen van de ligging van de percelen zijn er een paar mogelijkheden:

4.4.2.1. Google Earth

Als van achter het bureau de ligging van de percelen moet worden vastgelegd, is het mogelijk om in Google Earth via de pointer de ligging van hoekpunten zichtbaar te maken. De coördinaten worden in een tekst bestand ingevoerd en kunnen via ArcGis of via het programma van HLB omgerekend naar Rijksdriehoek (RD) coördinaten. De ervaring is dat de coördinaten van Google Earth 2 tot 15 meter afwijken van de werkelijke ligging. Bovendien is het in geval van waterschapstroken moeilijk de exacte grens aan te geven.

4.4.2.2. Inmeten met GPS ontvangers

GPS ontvangers variëren in nauwkeurigheid van de positiebepaling. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een Trimble ProXT GPS ontvanger die de mogelijkheid heeft om referentie signalen van de EGNOS satelliet te gebruiken of die van kustwacht stations. De nauwkeurigheid is daarmee in de orde van grote van 0.3 – 0.6 m.

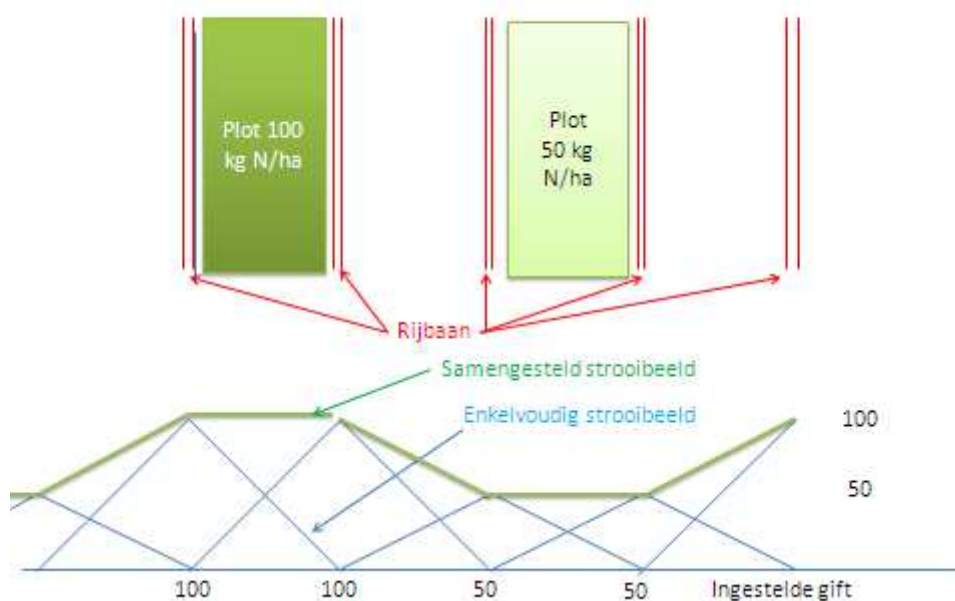
De Eijkelkamp penetrologger heeft een ingebouwde GPS ontvanger die niet nauwkeurig is. Daarom zijn alle waarnemingen in combinatie met de Trimble ProXT uitgevoerd.

De maaidorsers van de KMWP beschikt over een RTK GPS ontvanger en de posities hebben een nauwkeurigheid in de orde van grote van enkele centimeters. De maaidorser van Hamster en de aardappelrooier van Wage beschikken over redelijk nauwkeurige GPS ontvangers, die, behoudens enkele kanttekeningen gemaakt in **Error! Reference source not found.**, geen problemen geven in de data verwerking.

4.4.3. Ligging van de Plots

Bij het vast stellen van de ligging van de plots wordt uitgegaan van de rijpaden die door de boer worden gebruikt voor strooien of spuiten. Om de ligging van de rijpaden vast te leggen zijn de randen van de percelen ingemeten met een GPS ontvanger.

Op de percelen van Hamster en Wage wordt kunstmest vloeibaar met een landbouwsprit toegediend. De breedte van de plots komt op deze percelen overeen met de breedte van de spuit (24 m en 27 m) en is gecentreerd rond het rijpad. Bij de KMWP wordt een centrifugaal strooier gebruikt en dit heeft als consequentie dat op twee naast elkaar liggende rijpaden op 22.5 m afstand dezelfde gift moet worden toegediend om zo een uniforme verdeling tussen die twee rijpaden te realiseren. Zie Figuur 9. De consequentie van het gebruik van een centrifugaal strooier is dat proefstroken niet naast elkaar kunnen liggen vanwege de overlap van het strooibeeld.



Figuur 9. Lay-out van plots bij gebruik van een centrifugaal kunstmeststrooier.

4.4.4. Opbrengst gegevens

4.4.4.1. Graan opbrengsten

De graanopbrengsten bij Hamster en de KMWP zijn geregistreerd met de daar aanwezige John Deere maaidorsers. Deze originele John Deere bestanden zijn omgezet naar leesbare ASCII bestanden en zijn in een aantal stappen verwerkt.

1. Identificatie van tracks.

Op basis van kennis van de ligging van de wendakkers en het al of niet aanwezig zijn van een graanstream langs de opbrengst sensor worden trajecten geïdentificeerd waarvan verondersteld mag worden dat er over een recht traject, zonder onderbreking geogst is. (De gehanteerde procedure gaat niet op voor percelen waar een gekromde perceelrand aanwezig is, maar dit is in dit PA project niet het geval).

2. "smoothing" van de tracks

Door de posities binnen een track wordt een rechte lijn gefit, in de veronderstelling dat er recht is gereden.

3. "smoothing" van de rijsnelheid.

Door de onnauwkeurigheden in de positiebepaling zijn er ook onnauwkeurigheden in de snelheidsberekening. Het uitgangspunt is dat de rijsnelheid vrij constant wordt gehouden of gelijkmatig toeneemt of gelijkmatig afneemt. Door de op GPS positie gebaseerde rijsnelheid te filteren in de vorm van een voortschrijdend gemiddelde wordt een schatting van de rijsnelheid gemaakt.

4. berekenen van de opbrengst.

Bij maaidorsers arriveert de graanstream met een vertraging van circa tien seconden nadat het graan is gemaaid bij de sensor die de graanstream meet. Dit betekent dat de graanstream in kg/sec moet worden teruggerekend naar kg/ha op basis van de snelheid die het aantal seconden van die vertraging eerder werd geregistreerd. Die opbrengst per ha hoort ook bij de positie van het maai bord op het moment van maaien.

5. Kalibreren van de opbrengst.

Bij Hamster is elke rondgang, bestaande uit twee tracks, op de proefplots in een aparte kiepwagen gelost. Deze kiepwagens zijn gewogen op een nabij gelegen weegbrug. Er is een procedure geschreven om de tracks aan kiepwagen ladingen toe te wijzen. Ook wordt per track de totale opbrengst berekend. De opbrengst per kiepwagenlading wordt vergeleken met de door weging bepaalde opbrengst en aan de hand daarvan is per kiepwagen lading een kalibratie factor berekend.

Bij de Wilhelminapolder worden alle kiepwagens gewogen en zo de totale opbrengst per perceel berekend. Hier wordt een kalibratie factor berekend uit de totale opbrengst zoals gemeten door de maaidorsers en zoals bepaald over de weegbrug. Op de KMWP wordt met twee maaidorsers gewerkt, die beide in dezelfde kiepers lossen. De veronderstelling is dat voor beide maaidorsers dezelfde kalibratie factor van toepassing is. Dit hoeft in werkelijkheid niet het geval te zijn.

4.4.4.2. Aardappel opbrengsten Wage.

De aardappelopbrengsten bij Wage zijn bepaald met een door Kverneland geleverde werktuig Electronic Control Unit (ECU) die over software beschikt om het signaal van weeg sensoren onder een van de transportbanden en de bandsnelheid te verwerken. De gegevens worden door software in de ECU al omgerekend in ton/ha en opgeslagen als binaire bestanden volgens het ISO11783 protocol. Bij deze verwerking in de ECU wordt geen rekening gehouden met de vertraging die in de rooimachine optreedt. Het uitgangspunt is dat Kverneland de rijsnelheid van het moment van lichten van de aardappelen heeft gebruikt bij het omrekenen van de productstroom op het moment dat de sensor die meet.

In de gebruikte verwerkingssoftware is hetzelfde principe toegepast als in 4.4.4.1 beschreven voor graan om tot de opbrengsten per hectare te komen, waarbij de omrekening van kg/sec naar ton/ha niet nodig is omdat die al in de ECU is uitgevoerd.

4.4.5. Remote- en near sensing waarnemingen.

Sensoren meten de reflectie in specifieke lichtbanden. De GreenSeeker gebruikt de 660 nm. (RED) en 770 nm. (NIR) band. De oude CropCircle van de KMWP gebruikt de banden 590 (YELLOW) of 650 (RED) en 880 nm. (NIR), terwijl de nieuwe CropCircle meet in de 670, 730 en 780 nm. band.

Uit de reflectie van meerdere golflengtes kunnen vegetatie indexen worden berekend. Een van de bekendste is de NDVI;

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Dit betekent dat de NDVI voor de GreenSeeker, de oude CropCircle en de nieuwe CropCircle verschillen, omdat ze voor wat betreft NIR en RED niet exact in dezelfde golflengte meten.

De nieuwe CropCircle berekent ook de NDRE

$$NDRE = (R780 - R730) / (R780 + R730)$$

De golflengten die MijnAkker gebruikt voor het berekenen van de NDVI zijn niet gespecificeerd.

4.4.6. MijnAkker waarnemingen.

MijnAkker heeft een mooi opgezette website, waar boeren percelen kunnen aangeven. Voor die percelen worden met regelmaat van remote sensing opnamen afgeleide gegevens in kaartvorm op de website gepresenteerd. Naast de NDVI levert MijnAkker ook andere informatie zoals LAI, CO₂ inname, biomassa productie, de referentieverdamping, neerslagoverschot of tekort, actuele verdamping, verdampingstekort, stikstof in het blad en stikstof in het bovenste blad. De berekende eindopbrengst kan apart besteld worden.

In deze PA proef hebben we de NDVI van de sensor gehanteerd voor de optimale stikstofbemesting.

4.4.7. CropCircle waarnemingen.

Gedurende het groeiseizoen heeft de KMWP het CropCircle systeem ingeruild voor een nieuwere versie. Beide CropCircle systemen zoals gebruikt op de Wilhelmina Polder meten met vier sensoren verdeeld over een spuitboom van 45 m. De oude versie meet de reflectie in het gewas voor twee golflengtes, de nieuwe meet drie golflengtes. Deze golflengtes zijn zichtbaar rood (R) en nabij infrarood (NIR) voor de oude CropCircle. De nieuwe CropCircle meet in de 670 nm. band (rood), 730 nm. band (ver rood) en 780 nm band (nabij infra rood). ook Door de meegeleverde computer op de landbouwspruit wordt meteen de positie van de individuele sensoren en per sensor de NDVI berekend. In de nieuwe CropCircle wordt een extra, door ons nog niet achterhaalde vegetatie index berekend.

Bij configuratie van de CropCircle op de KMWP moet iets mis zijn gegaan, want de positie van de vier gebruikte sensoren wordt door de data acquisitie software berekend alsof ze alle vier op slechts een paar meter afstand van het centrum van de spuitboom zijn gemonteerd. Bij navraag is dit niet het geval. Dit probleem is opgelost door de middenpositie van de spuitboom uit de positie van de vier sensoren te berekenen en vandaar uit, rekening houdende met de rijrichting weer de positie van de vier sensoren te berekenen zoals ze volgens opgave van de KMWP over de spuitboom zijn verdeeld.

Bij analyse van de opnamen bleek bij de oude CropCircle één van de sensoren zichtbaar af te wijken van de andere drie. Daarom is de hieronder staande procedure voor kalibreren van de sensoren gebruikt.

4.4.7.1. Pseudo kalibreren van de CropCircle sensoren

In werkelijkheid is er geen sprake van kalibreren van de sensoren, omdat ze niet aan de hand van een oppervlak met een bekende reflectie zijn gekalibreerde.

De veronderstelling is dat als er gedurende een heel seizoen over een groot aantal percelen opnamen worden gemaakt, alle sensoren gemiddeld over al die waarnemingen eenzelfde waarde zouden moeten aannemen. De kans dat patronen binnen één perceel samenvallen met een specifieke sensor is aanwezig, maar voor alle percelen binnen de KMWP en dat gedurende verschillende tijdstippen wordt als uitgesloten beschouwd.

Voor alle waarnemingen in de twee golflengtebanden RED en NIR worden voor het seizoen 2009 alle waarnemingen per sensor opgeteld en per sensor gemiddeld. Ook wordt het overall gemiddelde over alle sensoren in een specifieke golflengte bepaald. De afwijking t.o.v. dit overall gemiddelde wordt de kalibreer factor genoemd. Bij het opstellen van de NDVI kaarten wordt eerst de reflectie per golflengteband voor de afwijking gecorrigeerd en de NDVI wordt aan de hand van die gecorrigeerde reflectiewaarden berekend als $NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$.

4.4.8. GreenSeeker waarnemingen

Bij de GreenSeeker van zowel Hamster als Wage is naast de GPS positie ook de rijrichting gelogd. Er is niet bekend hoe deze precies is berekend, maar blijkt erg stabiel te zijn. Voor beide machine combinaties is de positie van de sensoren t.o.v. die van de GPS ontvanger gespecificeerd, en die specificatie is gebruikt in de verwerkingssoftware van HLB om de positie van de individuele sensoren te berekenen.

Bij Hamster bleek uit een verschuiving van de lagere reflectie boven de naast elkaar liggende plots met een nul stikstof gift, dat of de positie van de spuitboom t.o.v. de GPS antenne niet correct is ingevoerd, of dat bij het vastleggen van de reflectie en de GPS positie er een tijdvertraging in een van de twee grootheden optreed. Bij Hamster is daarom in het verwerkingsprogramma zodanig geschoven met een tijdvertraging dat de verlaagde NDVI 's correct naast elkaar liggen, zoals dat in werkelijkheid in het veld het geval was.

Bij beide GreenSeeker opnamen waren geen afwijkingen van één of meerdere van de sensoren opgevallen en is er geen aanleiding gezien om een pseudo kalibratie uit te voeren.

4.4.9. Penetrometer waarnemingen.

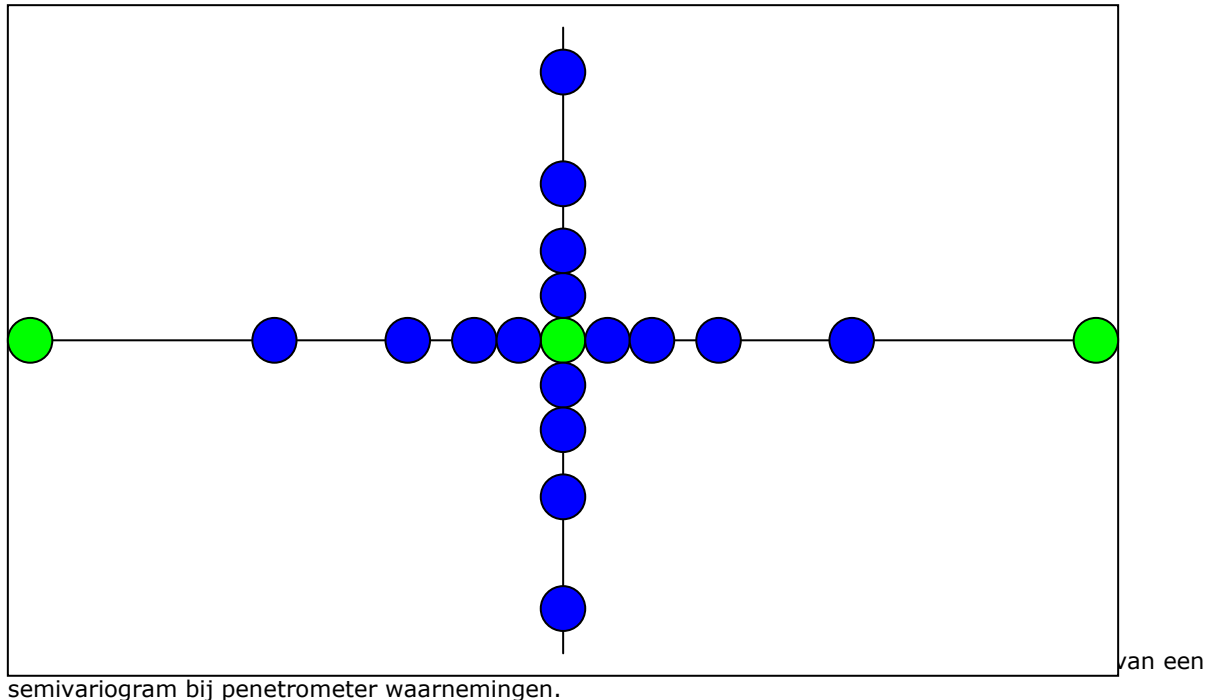
Op basis van ervaringen van het voorgaande seizoen is besloten om op de klei percelen (KMWP en Hamster) geen penetrometer waarnemingen uit te voeren. Ze zijn dit seizoen daarom beperkt tot "Perceel_3" van Wage.

Voor het uitvoeren van penetrometer waarnemingen worden twee instrumenten gebruikt. Een penetrometer van het type Eijkelkamp Penetrologger, en een Trimble ProXT GPS ontvanger in combinatie met een PDA waarop het programma ArcPad is geïnstalleerd.

4.4.9.1. Vast stellen van de waarnemingspunten

Als eerste worden de coördinaten waar waarnemingen moeten plaats vinden aangegeven en wordt daar een shape file van gemaakt. In het programma van het HLB wordt allereerst een basis raster gegenereerd. De afmetingen van dit raster en de ligging hangt o.a. af van de breedte van de proefstroken en plots. Er wordt zorg gedragen dat waarnemingspunten in alle proefstroken en plots komen te liggen.

Aanvullend is er op één plaats binnen het perceel een "kruis" aan waarnemingen gelegd. Dit "kruis" van waarnemingen heeft tot doel om een aantal waarnemingen op verschillende onderlinge afstanden te hebben, zodat ze als input kunnen dienen voor het bepalen van een semivariogram.



4.4.9.2. Uitvoeren van penetrometer waarnemingen

Tijdens het uitvoeren van de penetrometer waarnemingen wordt de in de shapefile aangegeven plot nummering aangehouden als volgorde van waarneming. De waarnemer loopt naar de positie van het punt op basis van wat op de Trimble ProXT GPS op het beeldscherm van de handheld computer wordt aangegeven. Op het moment van waarnemen kan de waarnemer dit punt aanduiden en opgeven dat de positie moet worden geactualiseerd naar de op dat moment door de GPS ontvanger daadwerkelijk geregistreerde positie. Kleine afwijkingen van het bedoelde raster kunnen dus optreden, maar de waarnemingslocaties worden wel exact vastgelegd.

De Eijkelkamp penetrologger heeft ook een ingebouwde GPS ontvanger en legt ook de positie vast, maar deze ontvanger is aanmerkelijk minder nauwkeurig dan de Trimble ProXT.

4.4.9.3. Uitwerking van penetrometer waarnemingen.

Als resultaat van de waarnemingen zijn er drie bestanden. Het programma MAPS leest:

1. De shapefile met nauwkeurige registratie van de locatie waar de penetrometer waarneming heeft plaats gevonden.
2. De file met penetrometer waarnemingen waarin de minder nauwkeurige GPS positie en de weerstand in N/cm^2 voor 81 dieptes van 0 tot 80 cm.
3. Een file waarin de waarnemingspunten uit de shapefile gekoppeld worden aan de plotnummers van de penetrologger.

De onnauwkeurige posities uit de penetrometer worden groen geplotted en die uit de GPS ontvanger worden geel geplotted. Voor beide soorten posities wordt de loopvolgorde aangegeven door verbindinglijnen. Op deze manier is te controleren of de loopvolgorde met de penetrometer overeenkomt met de nummer volgorde in de GPS ontvanger. Soms blijkt uit een dergelijk overzicht dat er per ongeluk een plek is overgeslagen, dubbel geprikt, of twee punten in een omgekeerde volgorde zijn geprikt. Door de

synchronisatie in een aangemaakte file "ShapePen.csv" aan te passen kan de koppeling tussen de waarneming en de nauwkeurige positie gecorrigeerd worden. Met het verwerkingsprogramma van HLB is het mogelijk een kaart en een overzicht te maken van de diepte waarop een weerstand van 300 N/cm² wordt bereikt en het is ook mogelijk kaarten en overzichten te maken van de gemiddelde weerstand over een door de gebruiker te specificeren diepte range in het bodem profiel.

4.4.10. Kwaliteit van de aardappelen.

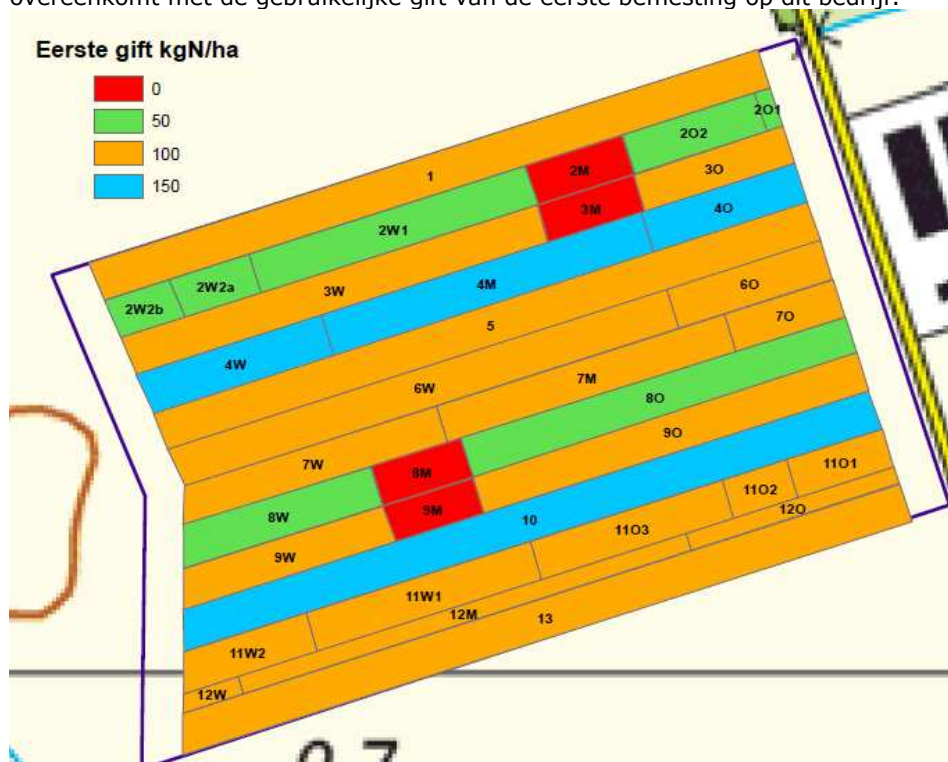
In de behandelingen op Perceel_3 zijn een aantal proef rooiingen uitgevoerd vlak voor de oogst. Er is gerooid totdat er een monster van ongeveer 10 kg aardappelen was verzameld. Van deze monsters is het onderwatergewicht bepaald volgens de standaard methode zoals die op het HLB wordt gebruikt. Daarna is ook de sortering van deze aardappelen vastgesteld en is er een kwalitatieve beoordeling van de aardappelen uitgevoerd.

5. Resultaten

5.1. Uitgevoerde bemestingen

5.1.1. "Over de weg" (Hamster).

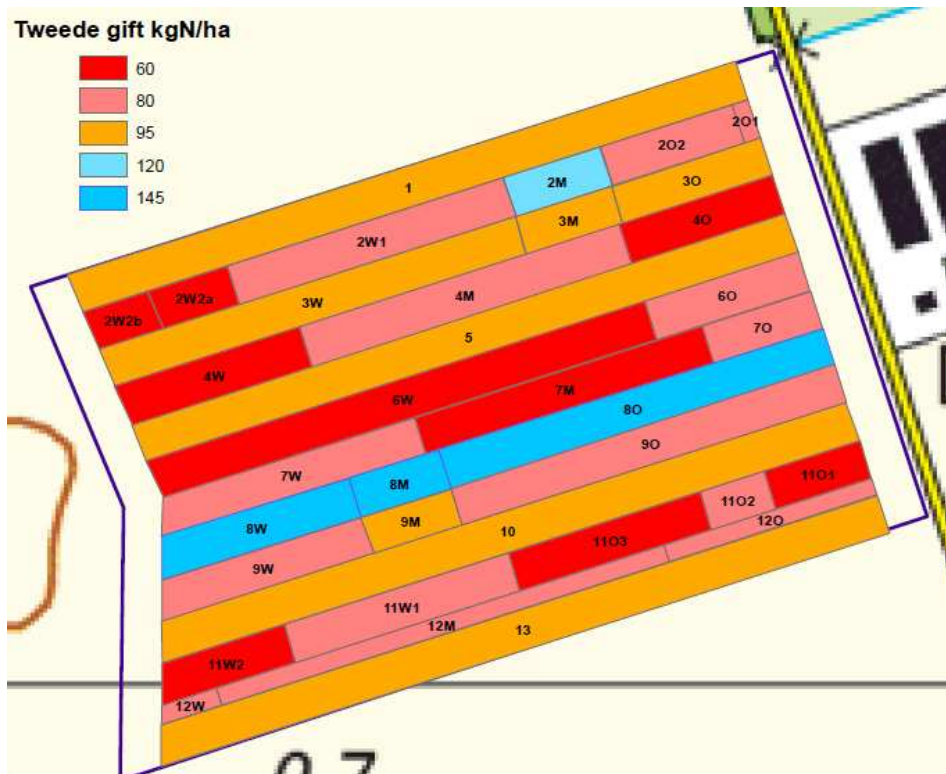
De eerste bemesting is uitgevoerd op 19 maart. Bij die eerste bemesting zijn er een aantal trappen aangelegd. Deze zijn weergegeven in Figuur 11. Er zijn twee nul veldjes aangelegd, twee stroken met 50 kg N/ha en twee stroken met 150 kg N/ha. Op de rest van de stroken is 100kg/ha toegediend, wat overeenkomt met de gebruikelijke gift van de eerste bemesting op dit bedrijf.



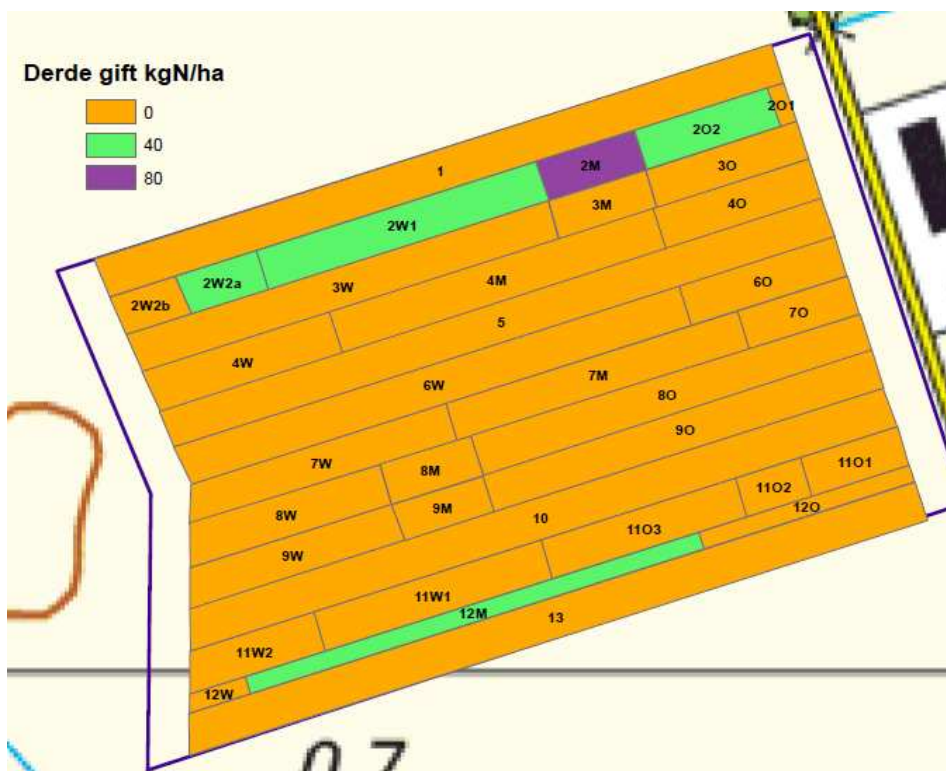
Figuur 11. Niveau van de eerste bemesting op het perceel "Over de Weg".

De tweede bemesting is uitgevoerd rond 20 april. Op zes banen (inclusief die aan de rand) is de "standaard" gift voor de tweede bemesting toegepast. Deze bedroeg 95 kg/ha, wat samen met de standaard gift van 100 kg in de eerste bemesting neer komt op een bedoelde gift van 195 kg/ha. Omdat niet overal in de eerste gift 100 kg/ha was gedoseerd wijken de totale giften af van de op dit bedrijf gebruikte niveau van 195 kg/ha. Op de andere banen (7 stuks) is de hoeveelheid afgestemd op de gewas reflectie. De gemeten NDVI van 9 en 19 april is gebruikt om de tweede bemestingsgift voor een aantal stroken te bepalen. Hierbij is uitgegaan van veronderstelling dat de gemeten achterblijvende groei weergaf zoals beschreven in hoofdstuk 4.3. Bij de uitvoering van de bemesting is er een misverstand geweest over de positie van de stroken in relatie tot de rijrichting tijdens het strooien. Hierdoor is op de banen 7, 9 en 11 niet conform de wens gestrooid.

Op strook 2 en strook 12 was bij de derde bemesting wat stikstof ruimte achter de hand gehouden voor een derde, op NDVI gebaseerde bemesting. Die derde bemesting is uitgevoerd op 19 mei.



Figuur 12. De bemesting niveaus tijdens de tweede gift op "Over de weg".



Figuur 13. Niveau van de derde bemesting gift op "Over de weg".

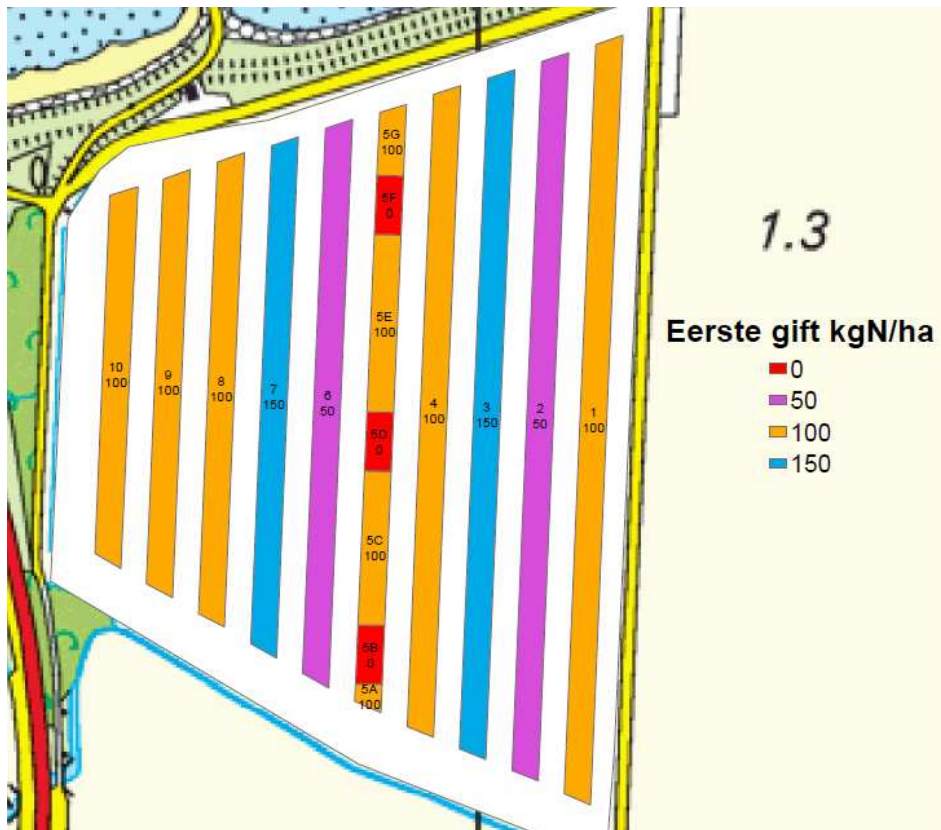
Tabel 2. De verschillende bemesting strategieën (behandelingen) op het perceel "Over de weg".

strook	vlaknr	gift1	gift2	gift3	gifttot	behandeling
1	1	100	95	0	195	trt9-standaard
2	2W1	50	80	40	170	trt7
2	2W2a	50	60	40	150	trt5
2	2W2b	50	60	0	110	trt2
2	2M	0	120	80	200	trt10
2	2O1	50	80	0	130	trt3
2	2O2	50	80	40	170	trt7
3	3W	100	95	0	195	trt9-standaard
3	3M	0	95	0	95	trt1
3	3O	100	95	0	195	trt9-standaard
4	4W	150	60	0	210	trt11
4	4M	150	80	0	230	trt13
4	4O	150	60	0	210	trt11
5	5	100	95	0	195	trt9-standaard
6	6W	100	60	0	160	trt6
6	6O	100	80	0	180	trt8
7	7W	100	80	0	180	trt8
7	7M	100	60	0	160	trt6
7	7O	100	80	0	180	trt8
8	8W	50	145	0	195	trt15
8	8M	0	145	0	145	trt4
8	8O	50	145	0	195	trt15
9	9W	100	80	0	180	trt8
9	9M	0	95	0	95	trt1
9	9O	100	80	0	180	trt8
10	10	150	95	0	245	trt14
11	11W1	100	80	0	180	trt8
11	11W2	100	60	0	160	trt6
11	11O1	100	60	0	160	trt6
11	11O2	100	80	0	180	trt8
11	11O3	100	60	0	160	trt6
12	12W	100	80	0	180	trt8
12	12M	100	80	40	220	trt12
12	12O	100	80	0	180	trt8
13	13	100	95	0	195	trt9-standaard

Tabel 2 geeft een overzicht van de verschillende bemestingsstrategieën op "Over de weg".

5.1.2. BIS1020 (KMWP)

De eerste bemesting is uitgevoerd op 17 maart 2010. De toegediende giften zijn weergegeven in Figuur 15. In één van de stroken zijn drie nul veldjes aangelegd. Daarnaast is in twee stroken 50 kg N/ha toegediend en in twee andere 150 kg N/ha. Op de andere stroken is een standaard gift van 100 kg N/ha gegeven.



Figuur 15 Toediende hoeveelheden in de eerste bemesting op perceel BIS1020.

De tweede bemesting is toegediend op 20 mei 2010. Deze bemesting is op een aantal stroken afgestemd op de VI waarden die zijn bepaald met de CropCircle. De methode is beschreven in paragraaf 4.3. Een belangrijk verschil met de tarwe op perceel "Over de Weg" is dat hier op groei potentieel is gestuurd, terwijl op "Over de Weg" is gecorrigeerd voor achterblijvende groei. In vijf stroken is de standaard hoeveelheid voor de tweede gift toegediend, 116 kg N/ha resulterende in een totale gift van 216 kg N/ha.

De toegediende hoeveelheden in de 2^e gift zijn weergegeven in **Error! Reference source not found.** en de totalen over twee giften in **Error! Reference source not found. Error! Reference source not found..** De hoeveelheid stikstof in kg N/ha toegediend in de tweede gift.

Error! Reference source not found. Totale hoeveelheid N in kg/ha over twee giften op perceel BIS1020.

Tabel 3 geeft een overzicht van de verschillende bemesting strategieën op "BIS1020".

Tabel 3. De verschillende bemesting strategieën (behandelingen) op het perceel "BIS1020".

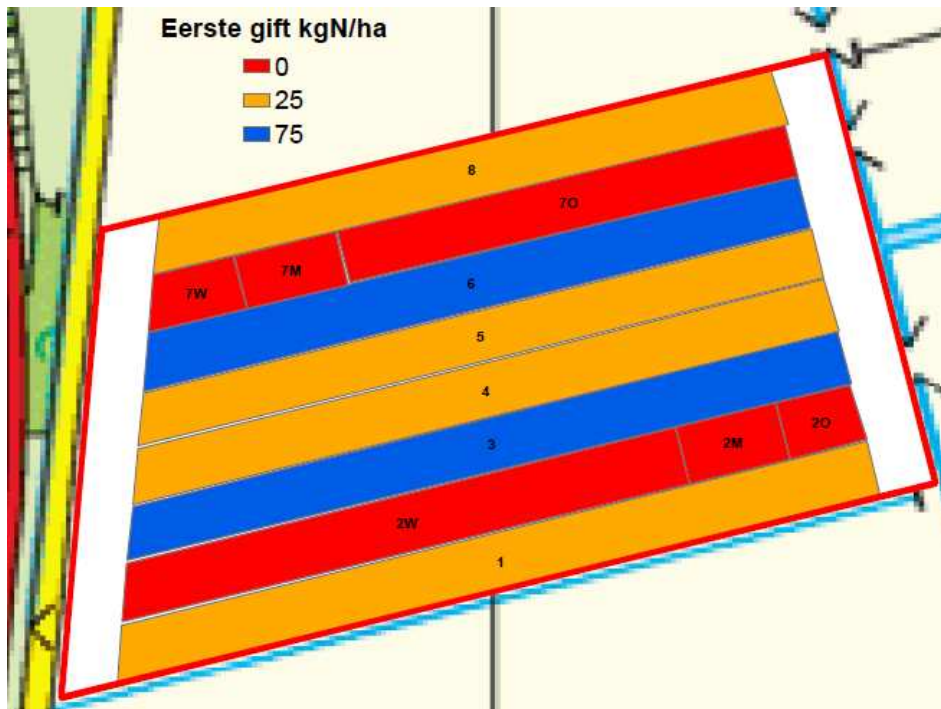
vlaknr	strook	KMgift1	KMgift2	KMtotaal	behandeling
1	1	100	116	216	trt7=standaard
2A	2	50	100	150	trt4
2B	2	50	120	170	trt5
2C	2	50	70	120	trt2
2D	2	50	100	150	trt4
3	3	150	116	266	trt9
4A	4	100	100	200	trt6
4B	4	100	120	220	trt8
4C	4	100	100	200	trt6
5A	5	100	116	216	trt7=standaard
5B	5	0	116	116	trt1
5C	5	100	116	216	trt7=standaard
5D	5	0	116	116	trt1
5E	5	100	116	216	trt7=standaard
5F	5	0	116	116	trt1
5G	5	100	116	216	trt7=standaard
6A	6	50	100	150	trt4
6B	6	50	120	170	trt5
6C	6	50	80	130	trt3
6D	6	50	100	150	trt4
7	7	150	116	266	trt9
8	8	100	120	220	trt8
9	9	100	116	216	trt7=standaard
10	10	100	130	230	trt10

5.1.3. Perceel_3 (Wage)

Op Perceel_3 is in het oogstjaar 2009 wintertarwe geteeld. Het stro is gehakseld en in de herfst heeft er bladrammenas gestaan waarop 11 m³ digistaat is toegediend (NPK = 6-3-6)

De eerste bemesting met kunstmest is uitgevoerd vlak voor het poten op 20 april, met de hoeveelheden zoals aangegeven in Figuur 16. Op dit perceel is ook 23,5 m³ organische mest in de vorm van kippenmest toegediend met een samenstelling van npk 6.2-3.3-6.0. De voorvrucht op dit perceel was tarwe met een zeer goed geslaagde groenbemester die in augustus bemest is met 11 kuub digistaat met een samenstelling van 4-2-4 npk.

Omdat als standaardgift 25 kg N/ha is aangehouden komt de behandeling standaard – 50 kg/ha uit op een nul gift. Daarom zijn de oorspronkelijk bedoelde nul veldjes nul stroken geworden.



Figuur 16. Hoeveelheid toegediende stikstof in kg / ha bij de eerste bemesting met kunstmest op perceel 3.

Op het moment dat een tweede bemesting aan de orde was deden zich wat logistieke problemen met de meststoffen voor en werd het zo laat in het seizoen dat er geen tweede bemesting meer is uitgevoerd. Tabel 4 geeft een overzicht van de verschillende bemesting strategieën op "BIS1020".

Tabel 4. de verschillende bemesting strategieën (behandelingen) op het perceel "BIS1020".

vlaknr	strook	gift1	gift2	behandeling
1	1	25	0	trt2
2M	2	0	0	trt1
2O	2	0	0	trt1
2W	2	0	0	trt1
3	3	75	0	trt3
4	4	25	0	trt2
5	5	25	0	trt2
6	6	75	0	trt3
7M	7	0	0	trt1
7O	7	0	0	trt1
7W	7	0	0	trt1
8	8	25	0	trt2

5.2. GreenSeeker opnamen

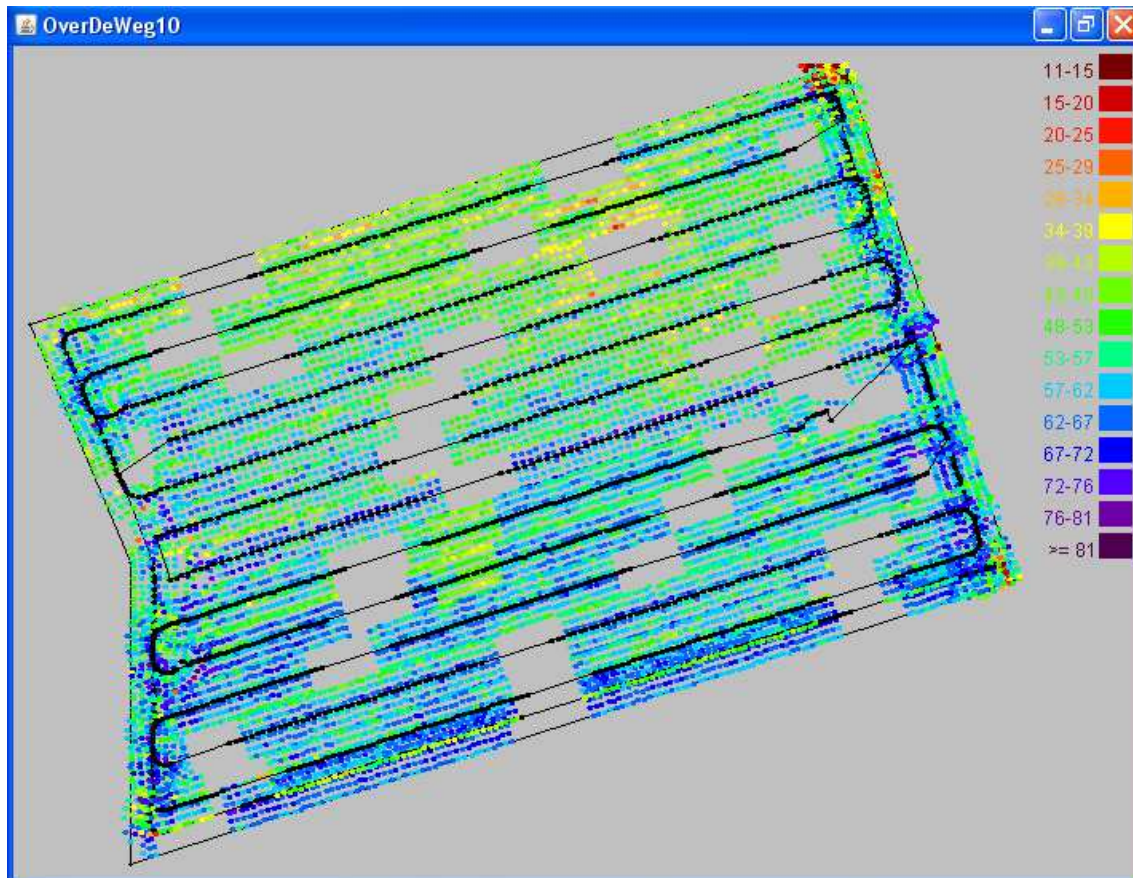
5.2.1. "Over de Weg" (Hamster)

Op het perceel "Over de Weg" zijn in totaal drie GreenSeeker opnamen uitgevoerd. De eerste opname was op 19 april 2010. (Figuur 17). In deze figuur is de NDVI weergegeven als NDVI *100.

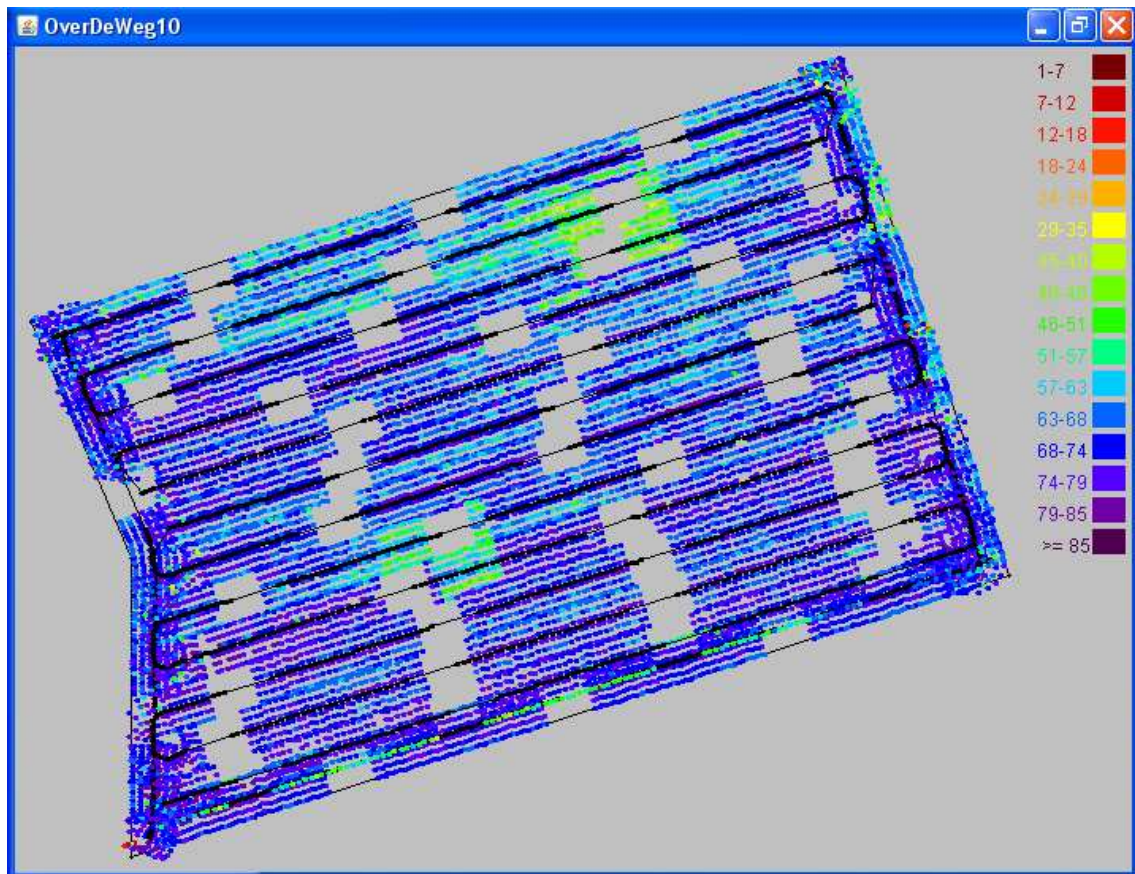
In deze opname is een duidelijke Noord-Zuid trend waarneembaar. Omdat in de twee voorgaande seizoenen een dergelijke trend niet is waargenomen kwam de vraag op of er sprake zou kunnen zijn van een meet probleem, zoals bijvoorbeeld het moeten "warm lopen" van de sensoren. Dit werd mede ingegeven omdat de boer zelf visueel geen duidelijke verschillen kon waarnemen.

Om deze reden is gevraagd om alvorens over te gaan tot de tweede bemesting nog een keer een meting uit te voeren, wat op 29 april is gebeurd. (Figuur 18). In deze opname komen duidelijk de nul veldjes naar voren, terwijl die tien dagen eerder nog maar zwak naar voren kwamen.

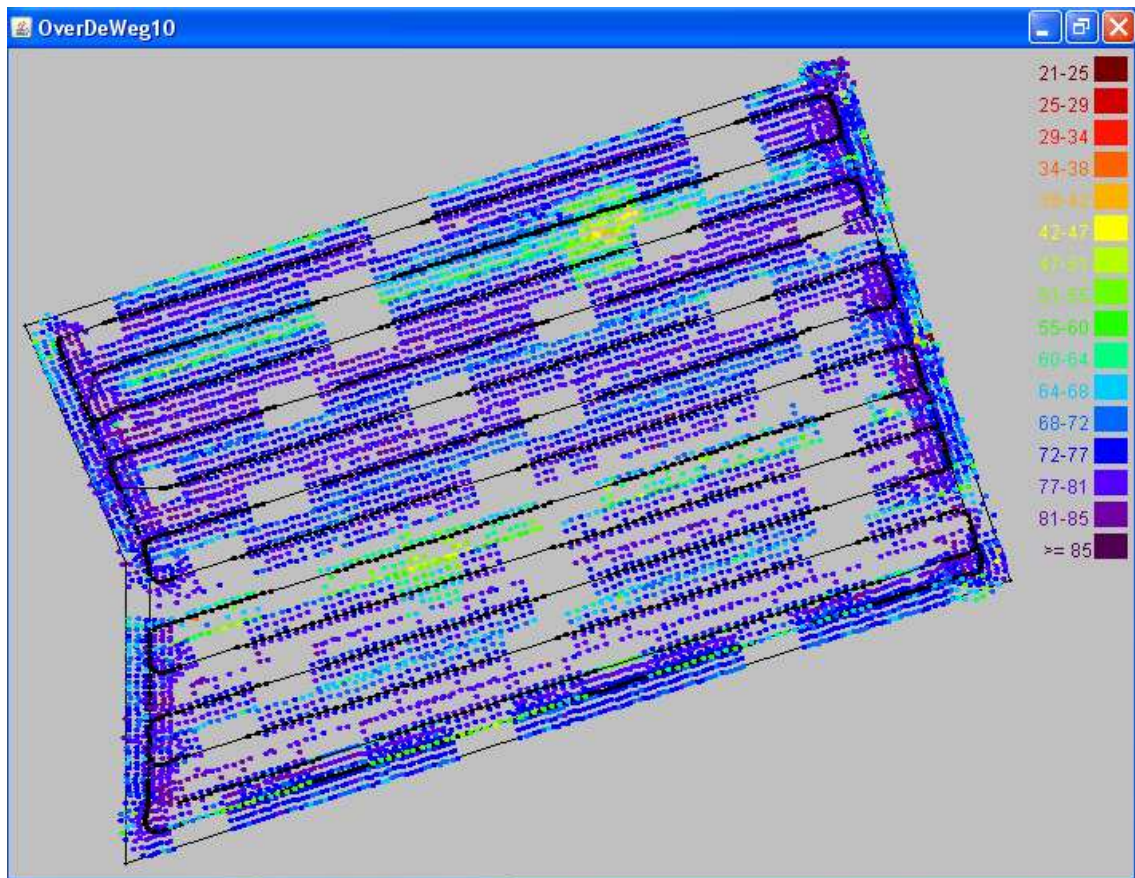
Op 1 juni is nog een keer een opname met de GreenSeeker gemaakt, die als basis voor de derde bemesting is gebruikt. Hierop zijn duidelijk lagere NDVI's waarneembaar als gevolg van lagere N giften.



Figuur 17. NDVI (*100) uit GreenSeeker opname van 19 april 2010 voor "Over de weg".

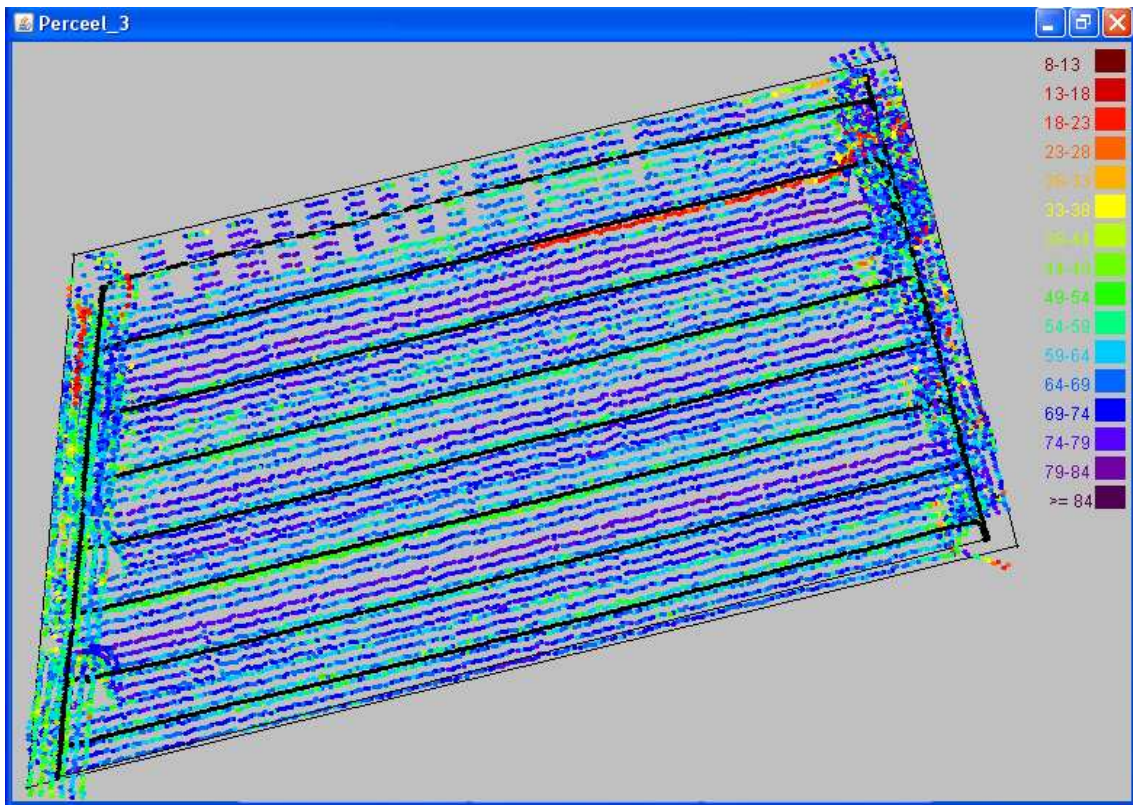


Figuur 18. NDVI (*100) uit GreenSeeker opnamen van 29 april 2010 voor "Over de weg".

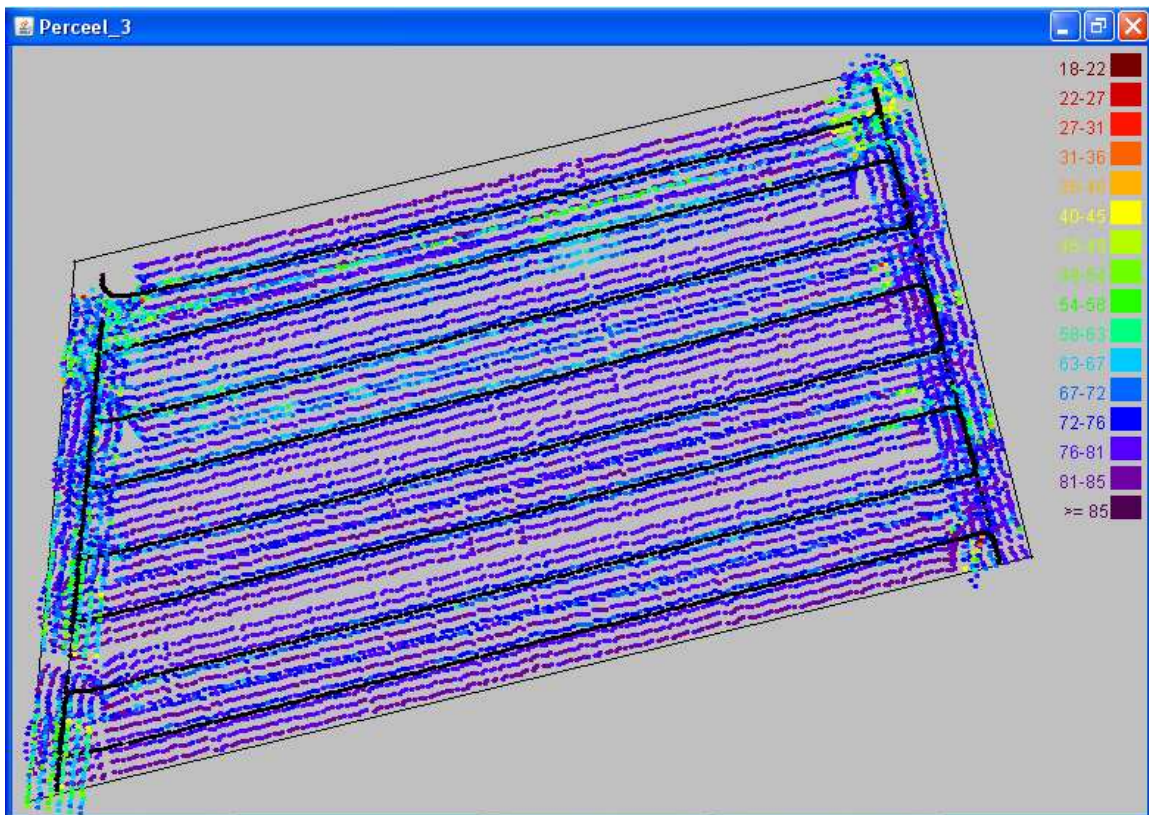


Figuur 19. NDVI (* 100) uit GreenSeeker opname van 1 juni 2010 voor "Over de weg".

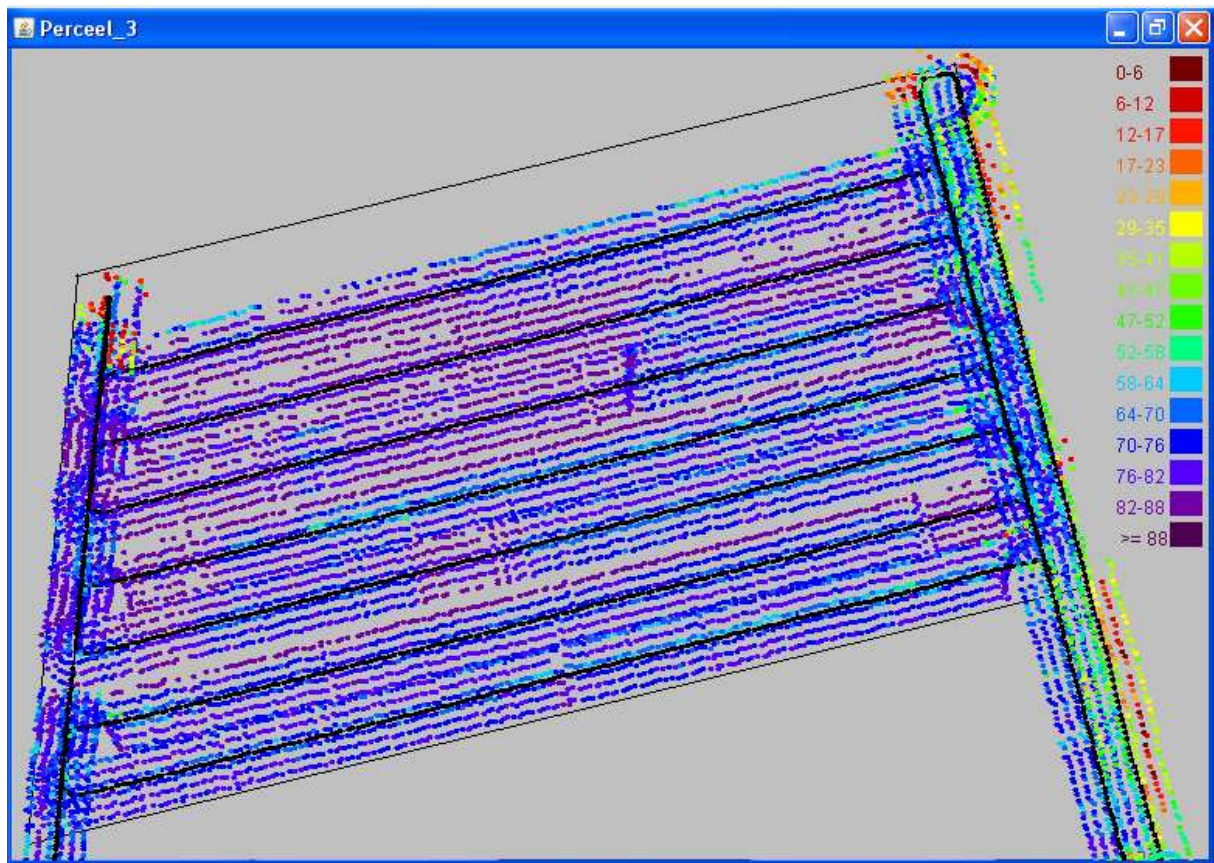
5.2.2. "Perceel_3" (Wage)



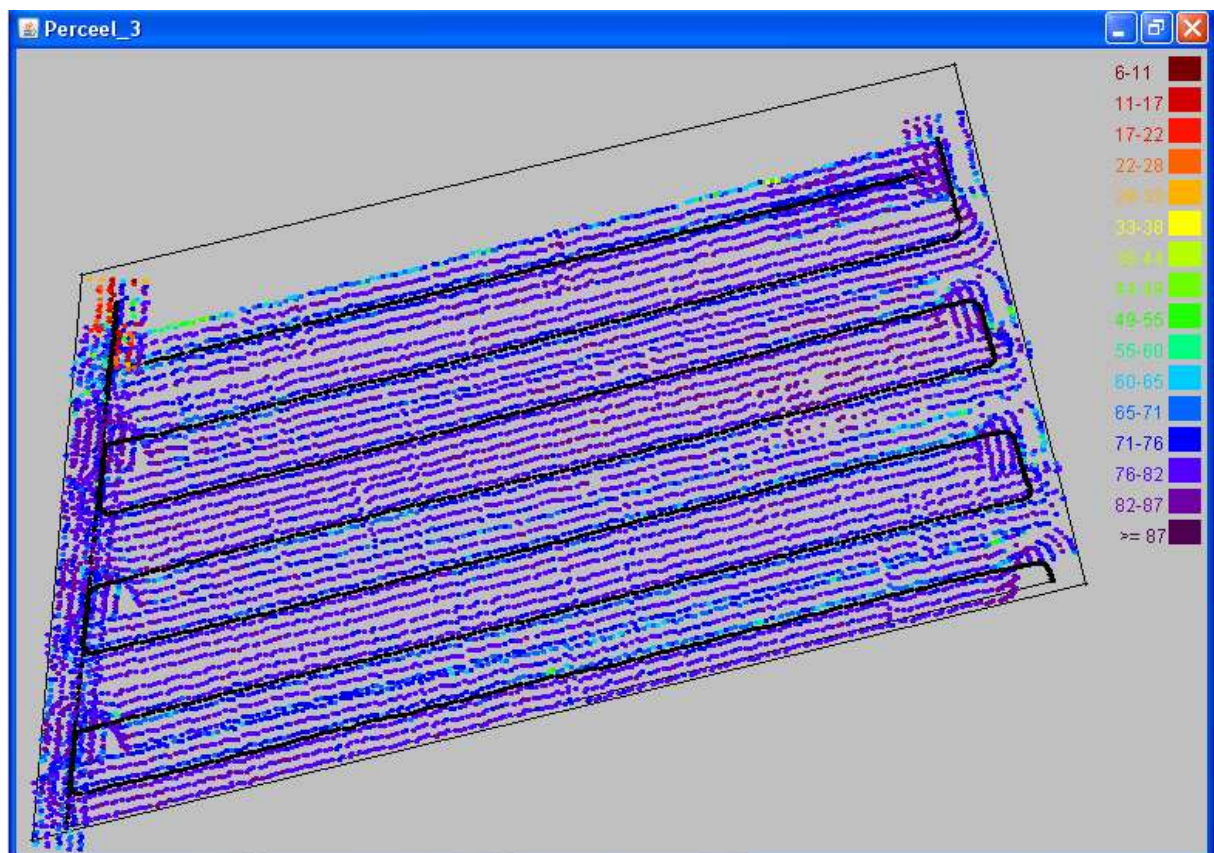
Figuur 20. NDVI (*100) volgens GreenSeeker opname van 18 juni 2010 voor perceel 3.



Figuur 21. NDVI (*100) volgens GreenSeeker opname van 28 juli 2010 voor perceel 3.



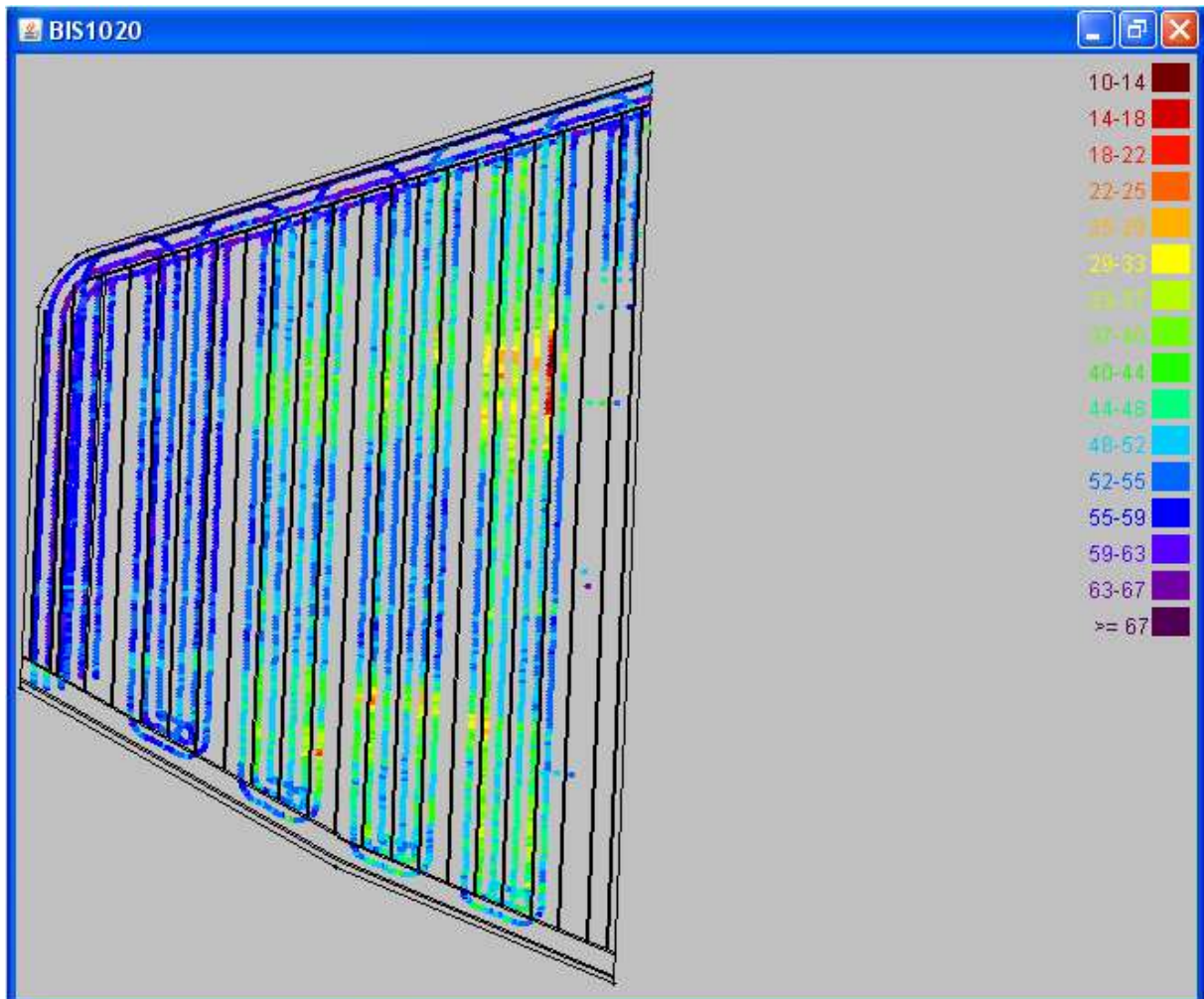
Figuur 22. NDVI (*100) volgens GreenSeeker opname van 28 augustus 2010 voor perceel 3.



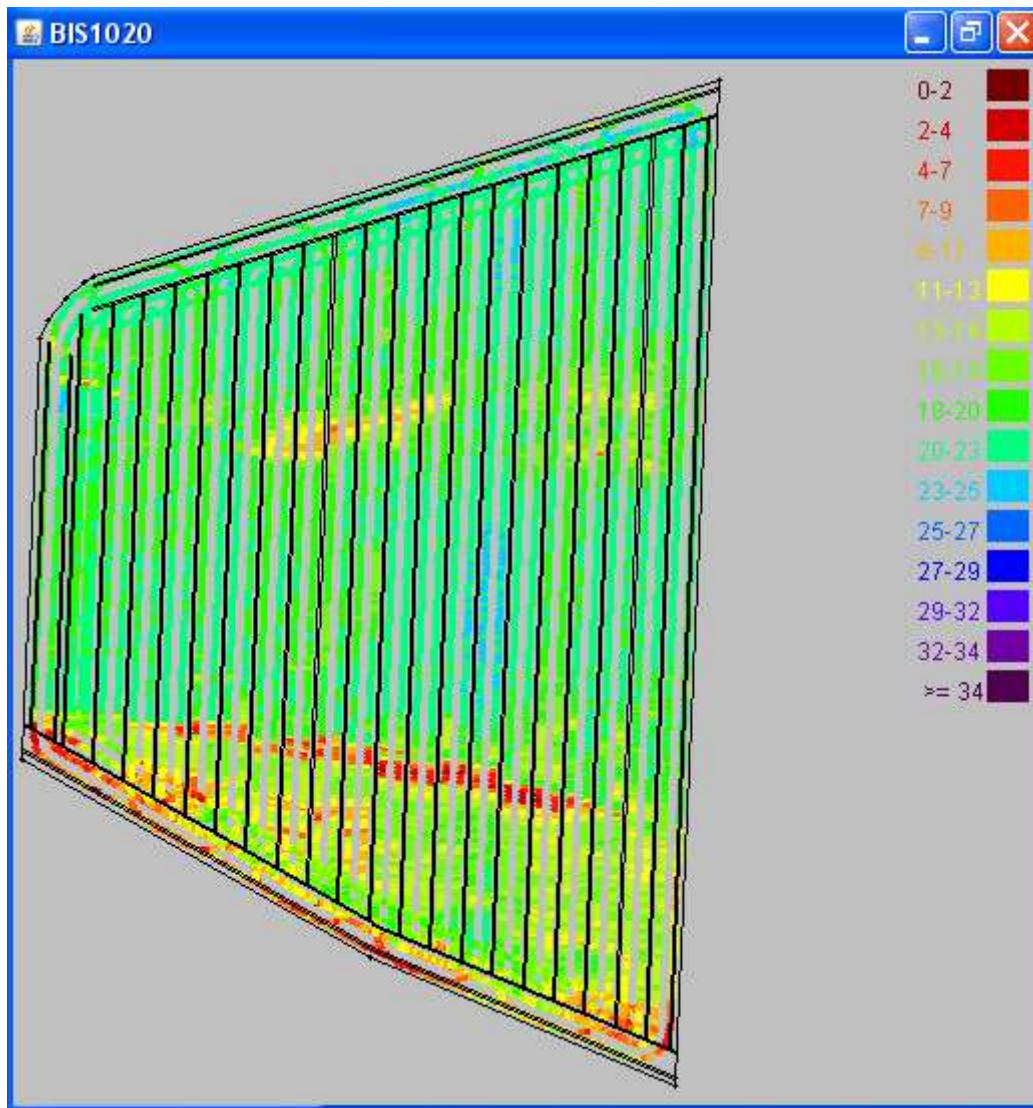
Figuur 23. NDVI volgens GreenSeeker opname van 5 september 2010 voor perceel 3.

5.2.3. BIS (KMWP)

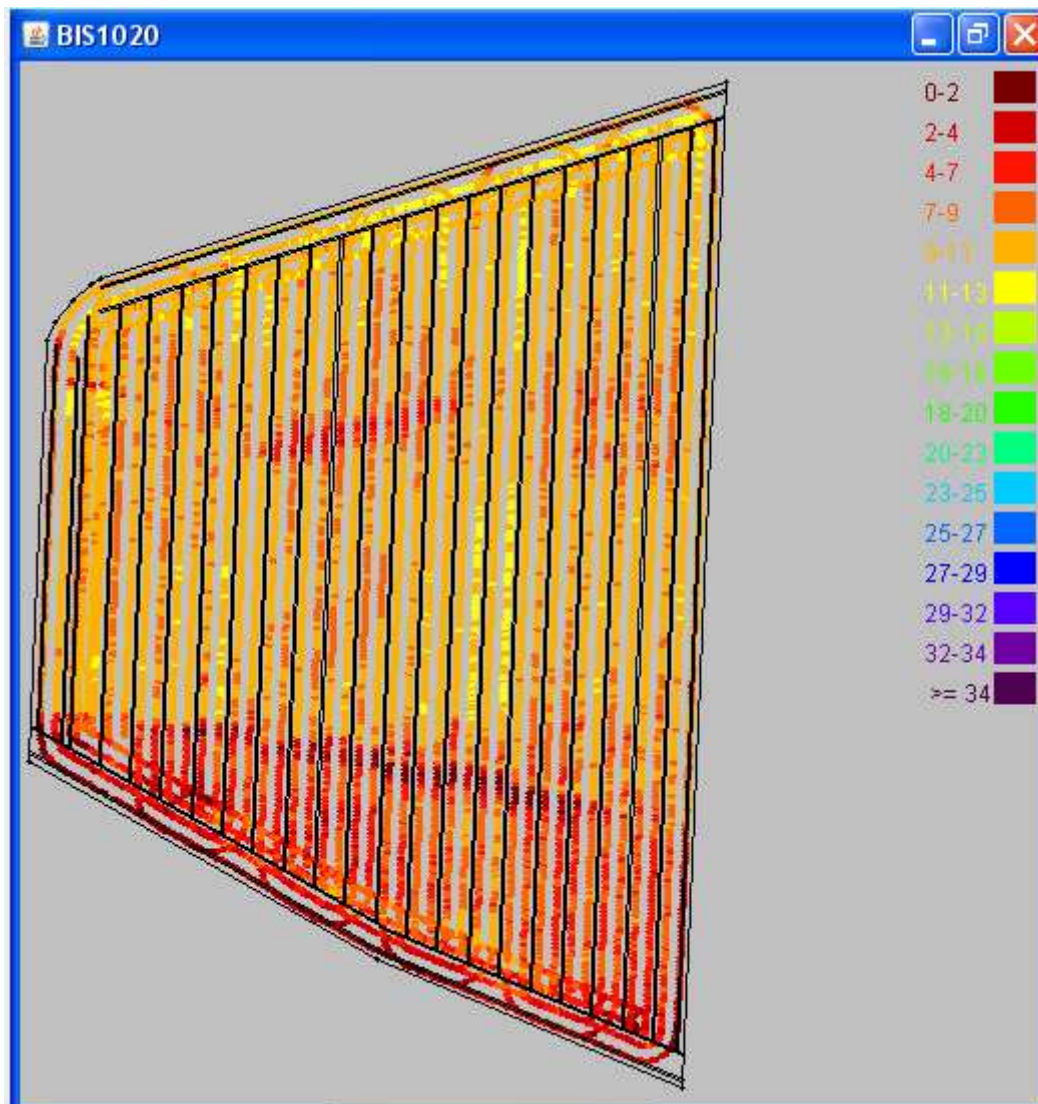
Op 7 mei is er een opname met de "oude" CropCircle uitgevoerd. Deze opname is de basis geweest voor de tweede bemesting. Op 6 juli is er weer een meting uitgevoerd, maar nu met de "Nieuwe" CropCircle, die naast de NDVI ook een andere vegetatie index oplevert.



Figuur 24. Vegetatie index volgens "de oude" CropCircle opname van 7 mei 2010 op "BIS1020".



Figuur 25. NDVI (*100) gemeten met de tweede generatie CropCircle op 6 juli 2010 op "BIS 1020".



Figuur 26. De vegetatie index VI1 (NDRE) van de 2e generatie CropCircle gemeten op 6 juli 2010 op "BIS2010".

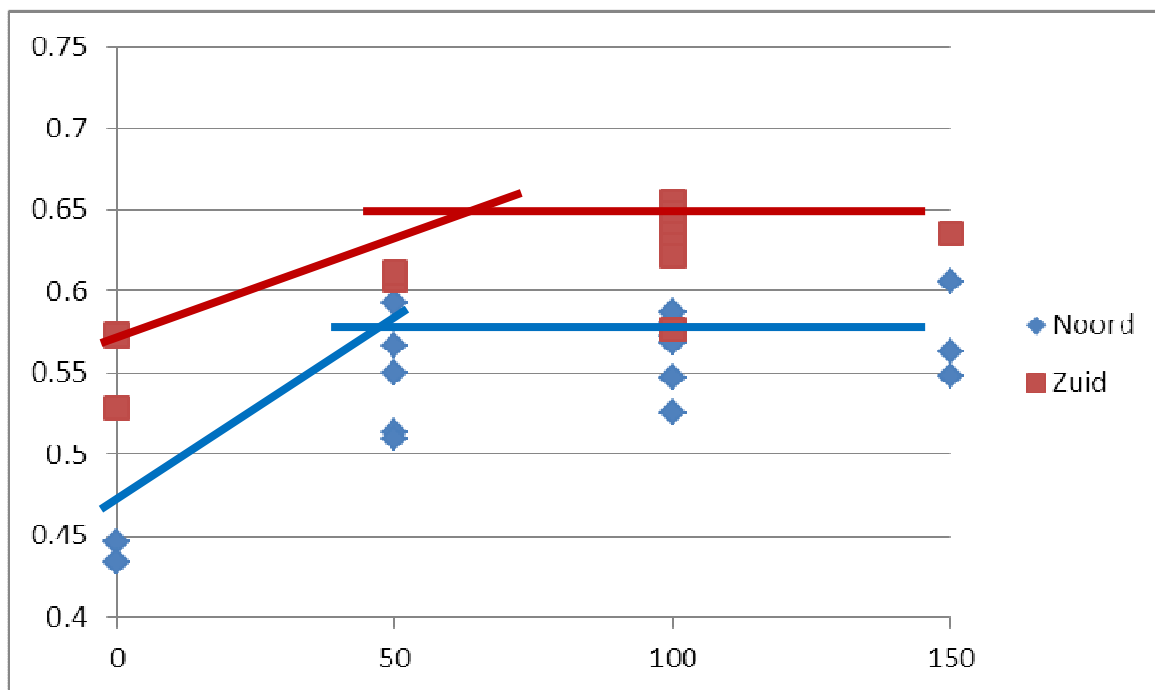
5.3. Respons op stikstof en bepaling van de stikstofgift

5.3.1. "Over de Weg" (Hamster)

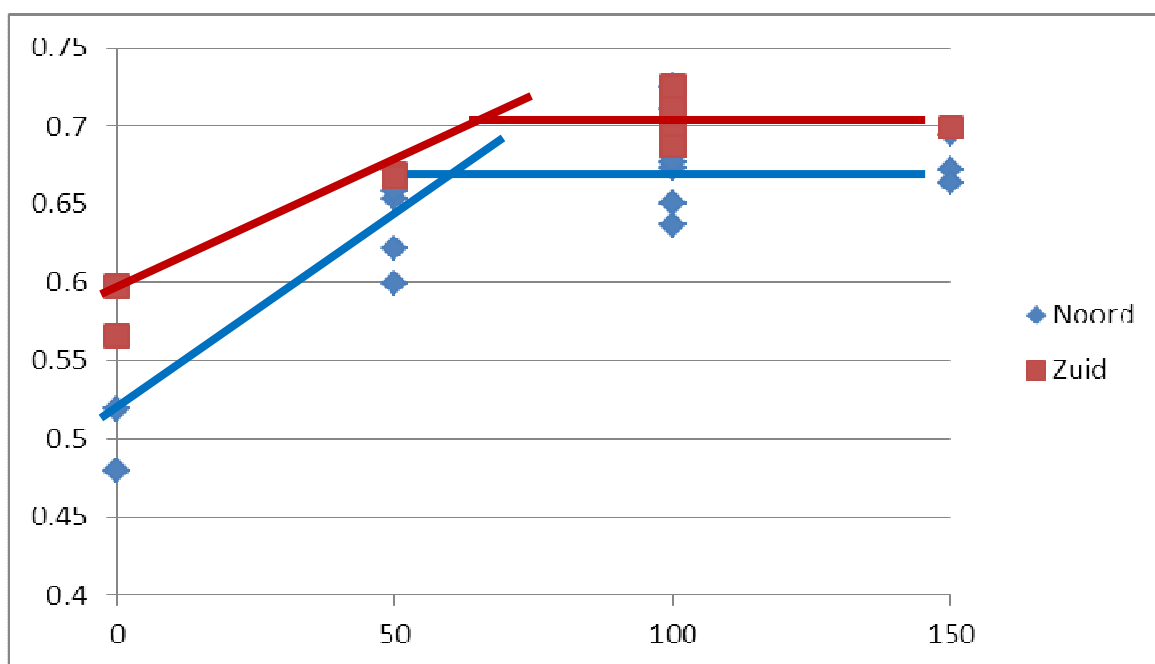
In Figuur 27 en Figuur 28 is duidelijk een respons van de NDVI op de toegediende hoeveelheid stikstof tijdens de eerste bemesting zichtbaar. Zoals in 5.2.1 al is vermeld is er een duidelijk onderscheid tussen noord en zuid. Dit heeft er ook toe geleid om twee verschillende waarden voor de delta NDVI en delta N aan te houden in de formule die in

Figuur 8 is weergegeven. Figuur 27 en Figuur 28 laten voor beide data de twee curves voor het noordelijke en het zuidelijke deel zien. Op basis van deze curves is voor zowel 19 april als 29 april voor de daarvoor in aanmerking komende stroken de mestgift voor de tweede bemesting bepaald. Zoals in paragraaf 4.3 omschreven zijn binnen die stroken trajecten vastgesteld met een bepaald bemesting niveau, waarbij in dit specifiek geval de gemiddelde berekende N gift van beide data van de opname is gebruikt.

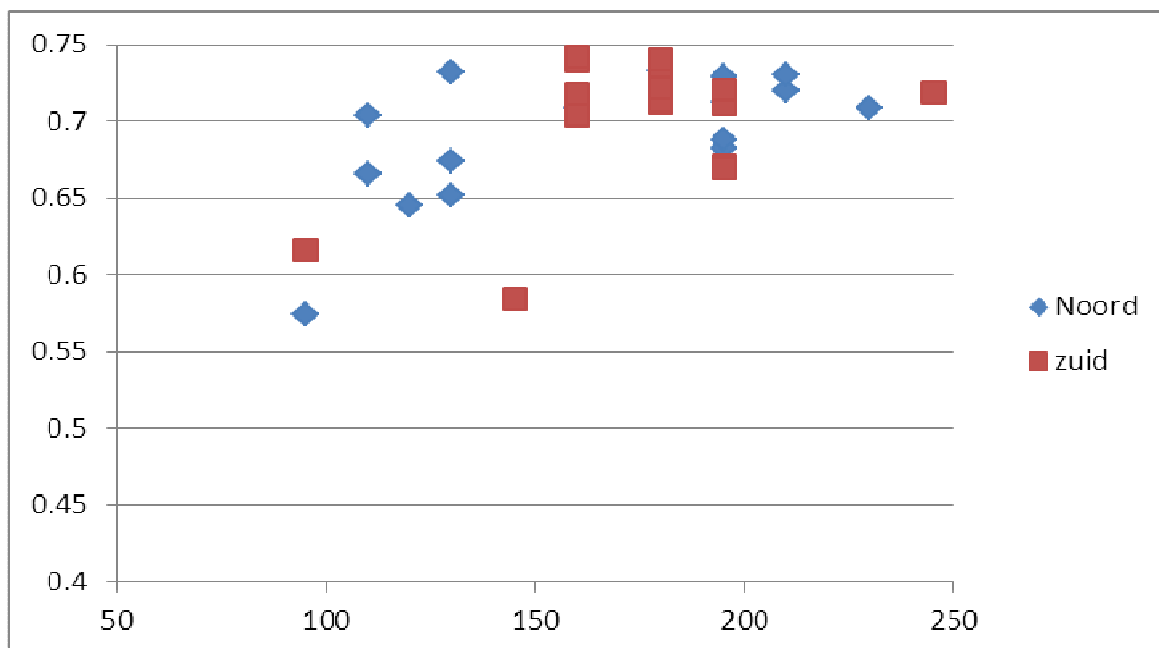
Op 1 juni is nog een keer een NDVI bepaald. Op grond van de achter gebleven NDVI is op een aantal plaatsen een derde bemesting toegediend. Delta NDVI is de maximum NDVI – de minimum NDVI. Als delta N is de achtergehouden 40 kg N/ha gehanteerd.



Figuur 27. NDVI gemeten op 19 april als respons op de initiële N gift in kg N / ha..



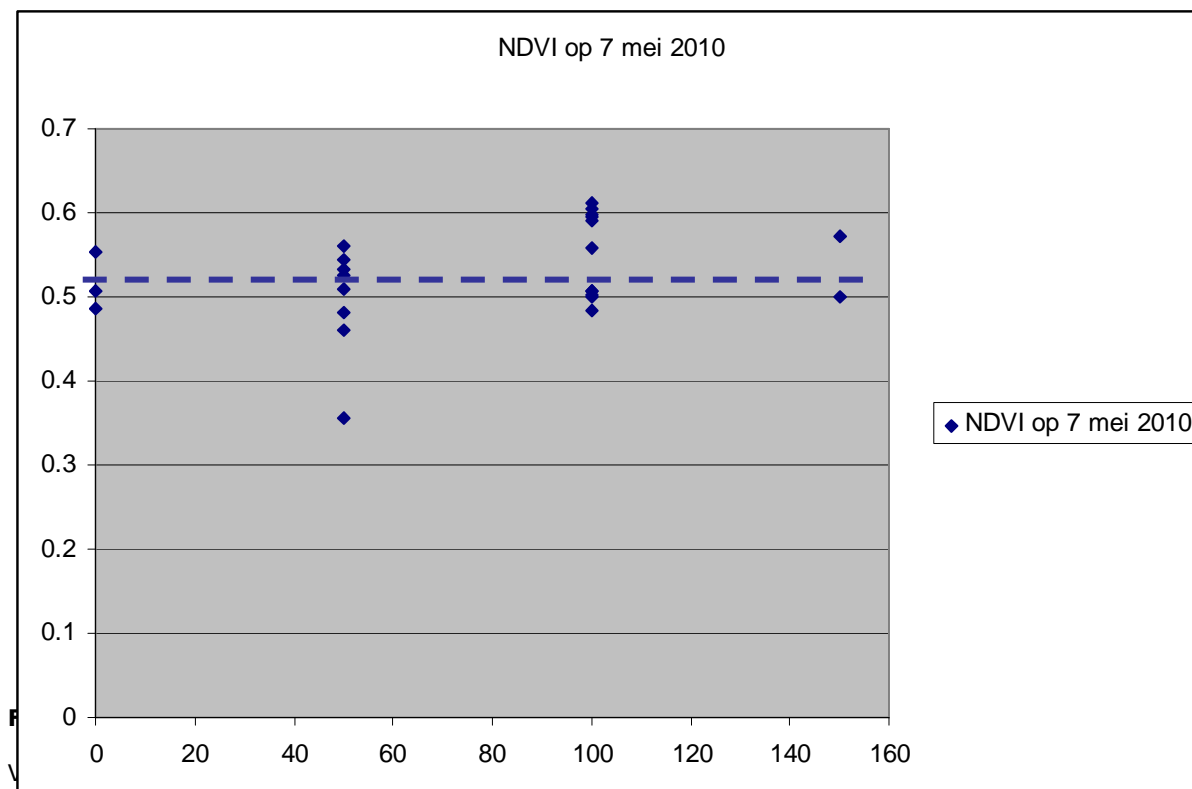
Figuur 28. NDVI gemeten op 29 april als respons op de initiële bemesting in kg N /ha.



Figuur 29. NDVI gemeten op 1 juni als respons op de tot dat tijdstip gegeven hoeveelheid stikstof in kg N /ha op "Over de Weg".

5.3.2. Perceel BIS (KMWP)

In Figuur 30 is duidelijk te zien dat er op het perceel BIS1020 geen duidelijke respons op de mestgift zichtbaar is. Met name de nul veldjes tonen geen effect. Tussen 50 kg N/ha en 100 kg N/ha zou men van een respons kunnen spreken, maar onder aanname dat bemesting op de nul veldjes inderdaad nul is, is de conclusie getrokken dat het gewas op dit perceel geen respons op stikstof vertoont.



opkomst van het gewas. De westelijke kant heeft volgens mededeeling van de bedrijfsleider een duidelijk hoger plantenaantal dan de oostelijke kant. Daarnaast doet zich plaatselijk ganzenschade voor.

Hieruit is de conclusie getrokken dat het verschil in NDVI meer het verschil in opbrengstpotentieel weergeeft dan het effect is van een tekort aan stikstof. Op grond hiervan is besloten de tweede strategie te volgen zoals die in paragraaf 4.3 is aangegeven.

Als standaardgift wordt op dit perceel door de KMWP 116 kg N/ha toegediend. Vrij arbitrair is de volgende vergelijking opgesteld:

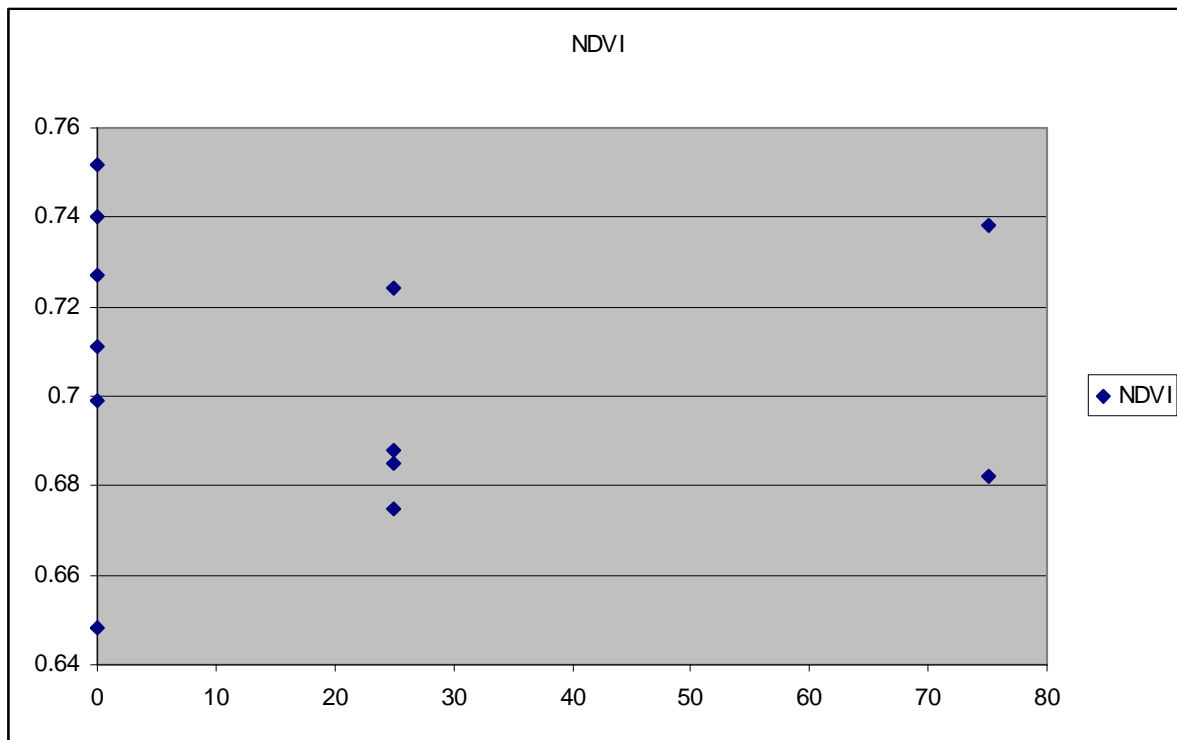
$$\text{Gift} = 60 + 20 * (\text{NDVI} - \text{NDVimin}) / 0.075$$

Dit betekent dat achterblijvende delen binnen het perceel minder stikstof krijgen toegediend en goed ontwikkelde delen komen boven de standaardgift uit.

De door de verschillende bemesting niveaus ontstane plots en de daarop toegediende hoeveelheden zijn weergegeven in tabel xx weergegeven in paragraaf 5.1

5.3.3. Perceel_3 (Wage)

Op perceel 3 is geen response van de stikstofverschillen op de NDVI zichtbaar. Stikstof is dus niet bepalend voor de NDVI van het gewas. Net als bij de KMWP is er voor de 2^e bemesting uitgegaan van het groeipotentieel op een bepaalde locatie. Er is echter geen tweede bemesting uitgevoerd.

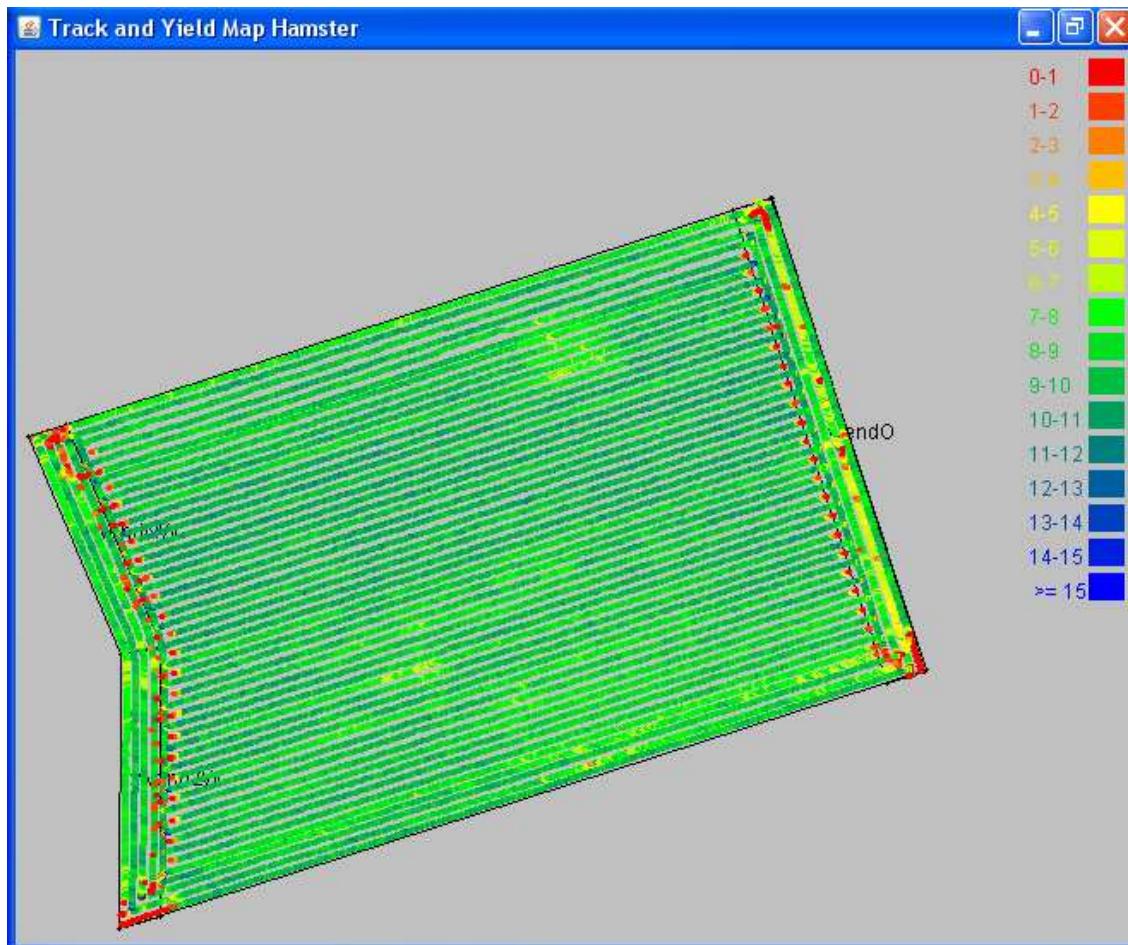


Figuur 31. NDVI als respons op de eerste kunstmest gift in kg n /ha op "Perceel_3"

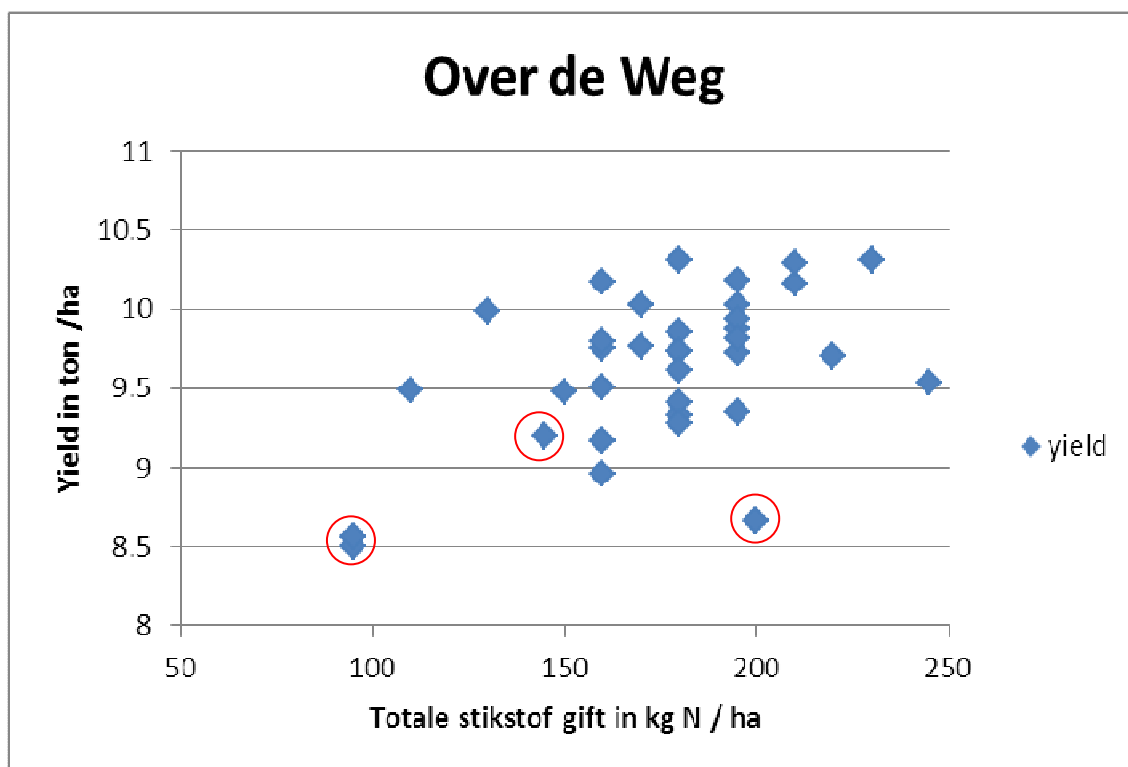
5.4. Oogst

5.4.1. "Over de Weg" (Hamster)

Bij het uitwerken van de oogstdata speelt de daadwerkelijke werkbreedte een belangrijke rol. Als een schatting wordt gemaakt van de werkbreedte op basis van de gps sporen dan blijkt die van Noord naar zuid te verlopen van 5.3, 5.8, 6.6, 6.8, 6.2, 5.3, 5.5, 6.0, 5.8, ... m gemiddeld is dit 5.92 m. De maximale snijbreedte van het maai bord is 6.15 m. Uit de getallen 6.6 en 6.8 blijkt dat het gps spoor soms meerdere tientallen centimeters verschoven kan zijn. Na overleg met de uitvoerders van het dorsen, lijkt het verstandig een vaste werkbreedte aan te houden. De enig restrictie is de laatste baan, waar een smallere werkbreedte is overgebleven.



Figuur 32. De opbrengst in ton/ha op perceel "Over de Weg"



Figuur 33. De opbrengst als respons op de totale stikstof gift. De plots met een initiële nul gift zijn omcirkeld.

Tabel 5. Plots met standaard stikstof gift, opbrengst per plot, lengte per plot en gewogen gemiddelde opbrengst.

plot	1e gift	2e gift	3e gift	totale gift	opbrengst	lengte
1 = 100 + 95 kgN	100	95	0	195	9.9	420
3O = 100 + 95 kg N	100	95	0	195	10.0	90
baan_3W = 100 + 95 kgN	100	95	0	195	9.9	260
baan_5 = 100 + 95 kgN	100	95	0	195	10.2	410
13 = 100+95+0kgN	100	95	0	195	9.3	450
gewogen gemiddelde				195	9.8	1630

Tabel 6. Plots met precisie bijbemesting, de giften, de opbrengst, lengte van de plots en het gewogen gemiddelde van de gift en de opbrengst.

plot	1e gift	2e gift	3e gift	totale gift	opbrengst	lengte
baan_6O = 100 + 80 kgN	100	80	0	180	10.3	95
baan_6W = 100 +60 kgN	100	60	0	160	10.2	310
baan_7M = 100 + 60 kgN	100	60	0	160	9.8	180
baan_7O = 100 + 80 kgN	100	80	0	180	9.9	65
baan_7W = 100 + 80 kgN	100	80	0	180	9.7	160
baan_9O = 100 + 60 kgN	100	60	0	160	9.8	240
baan_9W = 100 + 80 kgN	100	80	0	180	9.7	130
baan_11W1 = 100+80 kgN	100	80	0	180	9.6	140
baan_11O3 = 100 + 60 kgN	100	60	0	160	9.0	120
baan_11O2 = 100 + 80 kgN	100	80	0	180	9.3	40
baan_11O1 = 100 + 60 kgN	100	60	0	160	9.2	60
baan_11W2 = 100+60 kgN	100	60	0	160	9.5	80
12O = 100+80+0kgN	100	80	0	180	9.4	130
12M = 100+80+40kgN	100	80	40	220	9.7	280
12W = 100+80+0kgN	100	80	0	180	9.3	30
gewogen gemiddelde				175.8	9.7	2060

In de tabellen 5 en 6 zijn de opbrengsten voor de standaard behandelde plots, respectievelijk die met precisie bij bemesting weergegeven. Van zowel de totale kunstmest gift als de opbrengst is per behandeling een gewogen gemiddelde berekend. Als weging is de lengte van de plots aangehouden. Hieruit blijkt dat met precisie bij bemesting 19 kg N per hectare is bespaard, maar dat er ook een opbrengst reductie is waargenomen van 101 kg/ha.

Het effect van de precisie bij bemesting is in financiële termen als volgt samen te vatten:

- Besparing = 19 kg N/ha = € 19,-/ha
- Opbrengst reductie = 101 kg/ha a 0.22 = €22,-/ha

5.4.2. "BIS" (KMWP)

Bij de oogst is, zoals in Figuur 34 is te zien een gedeelte in het zuid westen van het perceel overdwars geoogst. Dit heeft invloed op de toerekening van opbrengsten aan de stroken, maar met de huidige verwerking programmatuur is het niet mogelijk het overdwars geoogste gedeelte uit te sluiten. Gezien de lengte van de stroken wordt het effect beperkt geacht.

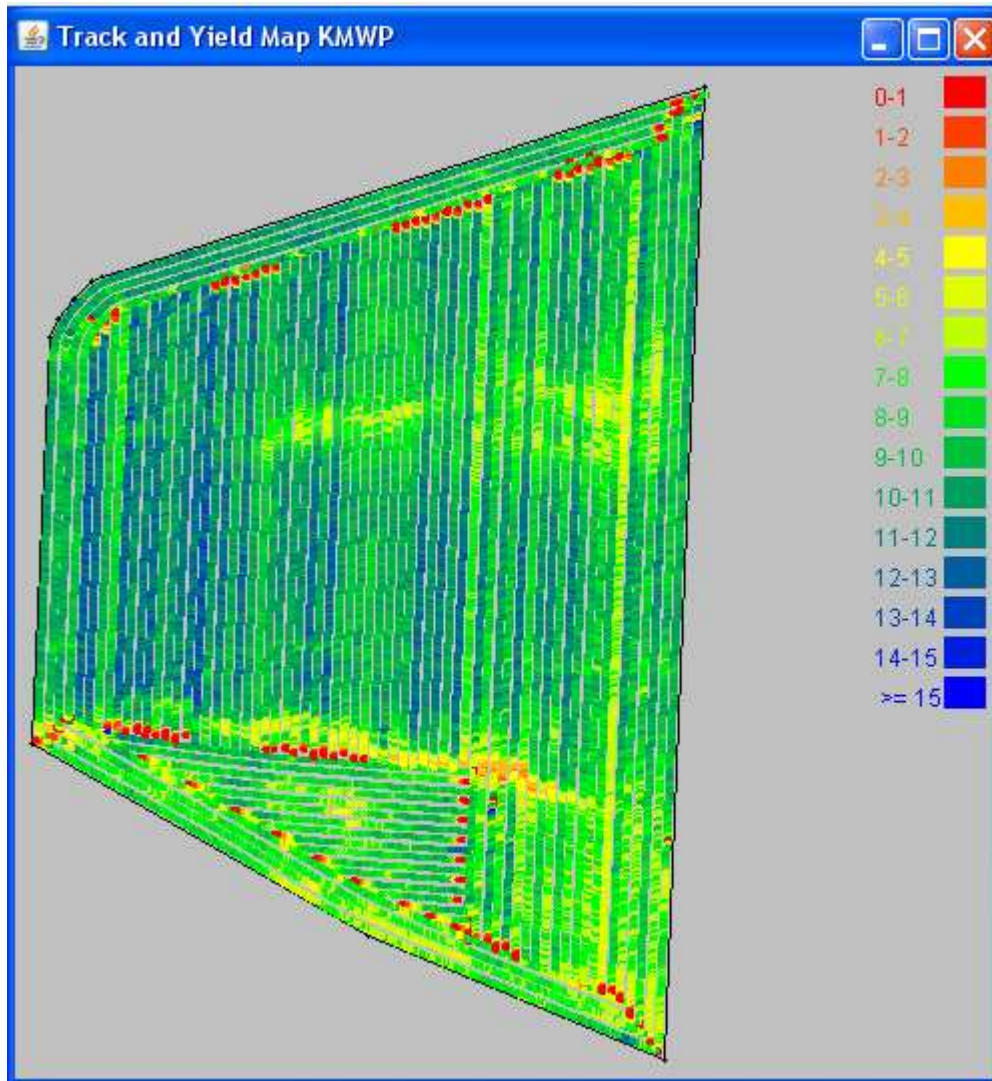
De gebieden met een duidelijk lager kleigehalte (zie

Figuur 2) komen in de opbrengst duidelijk naar voren.

In Tabel 7 en Tabel 8 zijn plots met de standaard mestgift en respectievelijk de plots met precisie bij bemesting weergegeven. Op basis van de lengte van de plots is voor beide behandelingen een gewogen gemiddelde van de mestgift en de opbrengst bepaald. Beide behandelingen hebben in vrijwel hetzelfde bemesting niveau geresulteerd, maar de opbrengst is in het geval van precisie bij bemesting met 1102 kg/ha beduidend hoger.

Het effect van de precisie bij bemesting is in financiële termen als volgt samen te vatten:

- Meerkosten = 1 kg N/ha = € 1,-
- Opbrengst vermeerdering = 1102 kg/ha a 0.22 = €243,-/ha



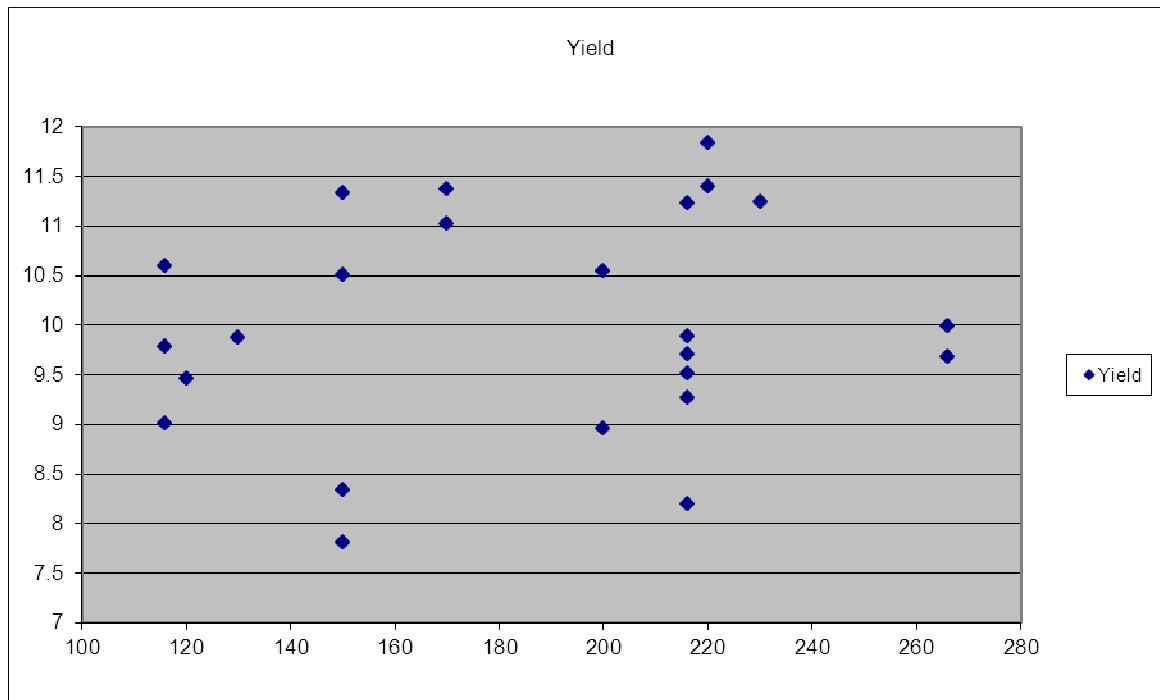
Figuur 34. De opbrengst van het perceel BIS10.20 in ton/ha.

Tabel 7. Plots op perceel BIS10.20 met de standaard stikstof gift, de opbrengst per plot, lengte per plot en gewogen gemiddelde opbrengst.

standaard	Gift1	Gift2	Gift3	total N	Yield	length
1 = 100 + 116 kgN	100	116	0	216	9.27	700
5A = 100 + 116 kgN	100	116	0	216	8.19	25
5C = 100 + 116 kgN	100	116	0	216	9.52	150
5E = 100 + 116 kgN	100	116	0	216	9.70	175
5G = 100 + 116 kgN	100	116	0	216	9.89	45
9 = 100 + 116 kgN	100	116	0	216	11.23	375
Gewogen gemiddelde				216	9.85	1470

Tabel 8. Plots op perceel BIS10.20 met precisie bij bemesting, de giften, de opbrengst, lengte van de plots en het gewogen gemiddelde van de gift en de opbrengst.

plaats specifiek	Gift1	Gift2	Gift3	total N	Yield	length
4A = 100 + 100 kgN	100	100	0	200	8.96	175
4B = 100 + 120 kgN	100	120	0	220	11.84	175
4C = 100 + 100 kgN	100	100	0	200	10.54	225
8 = 100 + 120 kgN	100	120	0	220	11.40	400
10 = 100 + 130 kgN	100	130	0	230	11.24	350
Gewogen gemiddelde				217	10.95	1325

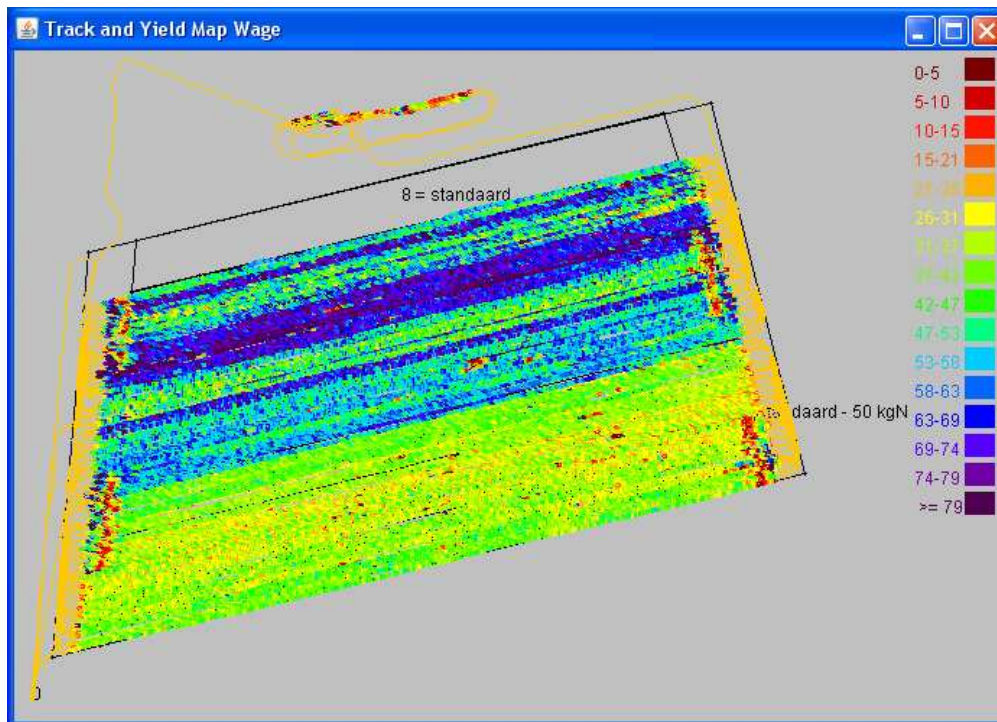


Figuur 35. Het effect van de totale stikstofgift in kg N/ha op de opbrengst in ton/ha op het perceel BIS10.20

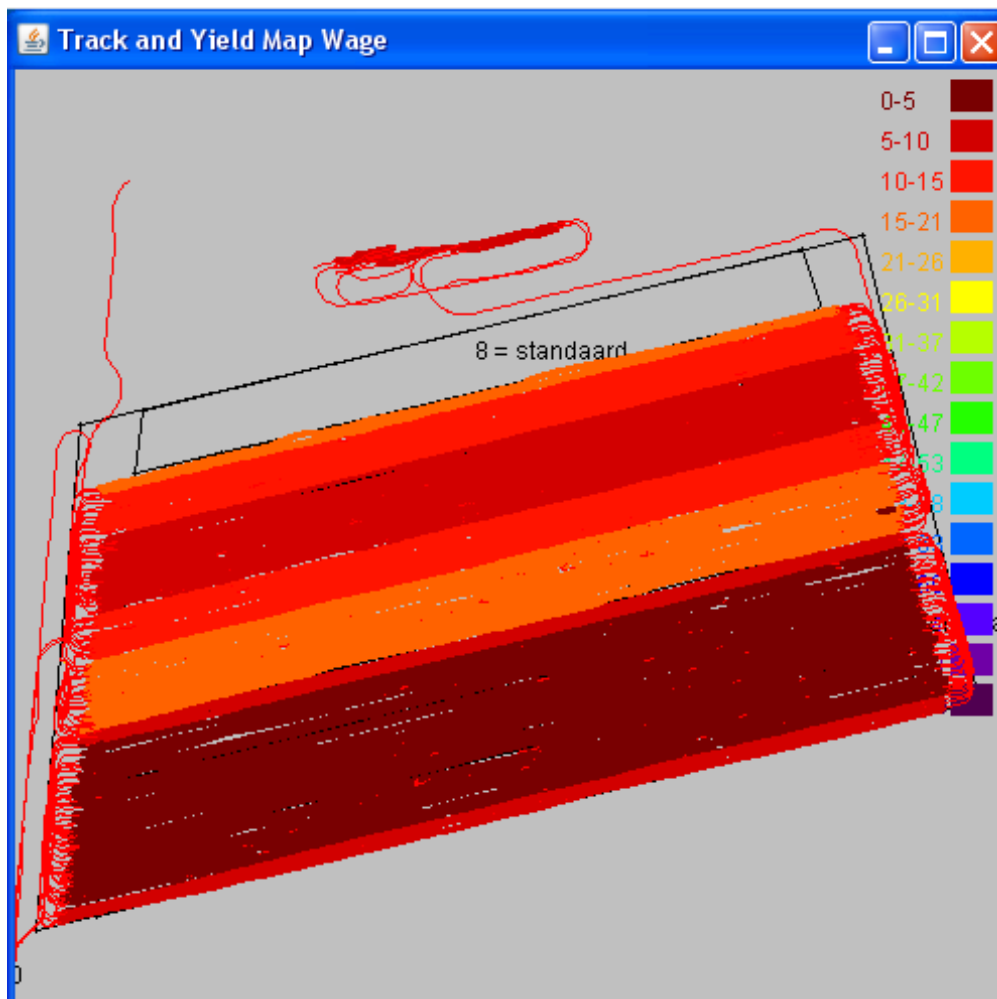
5.4.1. "Perceel_3" (Wage)

Van perceel_3 is de noordelijkste strook eerder als pootgoed geoogst en daar is geen opbrengstmeting uitgevoerd. Bij de andere stroken is een duidelijk effect van stroken op de opbrengst zichtbaar. Om uit te sluiten dat mogelijke afwijkingen of beïnvloeding van het opbrengstmeetsysteem hierbij een rol speelt is de oogstdatum en de rijnsnelheid in Figuur 37 en Figuur 38 in kaart gebracht. Dit geeft geen aanleiding om aan de correctheid van de opbrengstmeting te twijfelen.

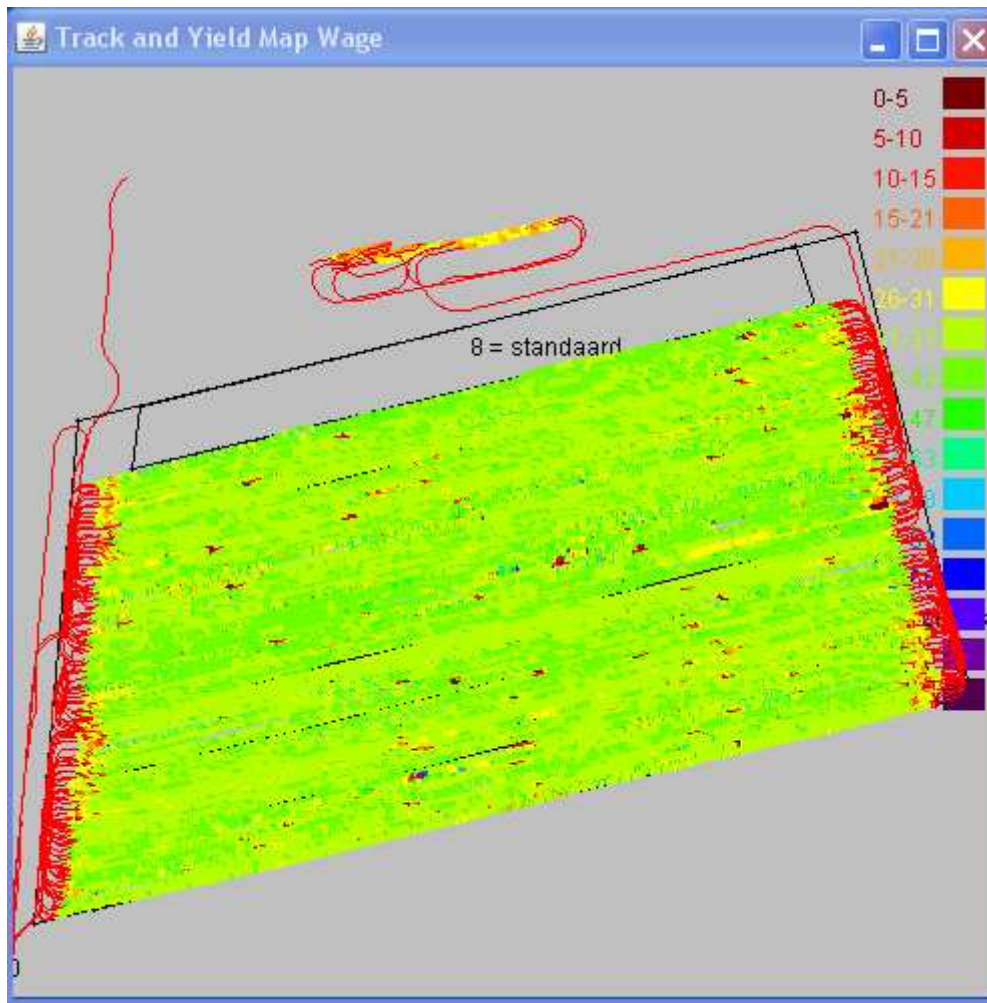
In Figuur 36, de opbrengstkaart en in Figuur 39 is een duidelijk verschil in opbrengst tussen het zuidelijke en het noordelijke deel van het perceel zichtbaar. In het noorden is de opbrengst duidelijk hoger. Uit Figuur 40 blijkt ook een duidelijk effect van de stikstofgift. Op het noordelijke stuk heeft een gift van 75 kg N/ha een duidelijke meeropbrengst ten opzichte van de standaard gift van 25 kg N/ha. Op het zuidelijke stuk lijkt dit effect er niet te zijn.



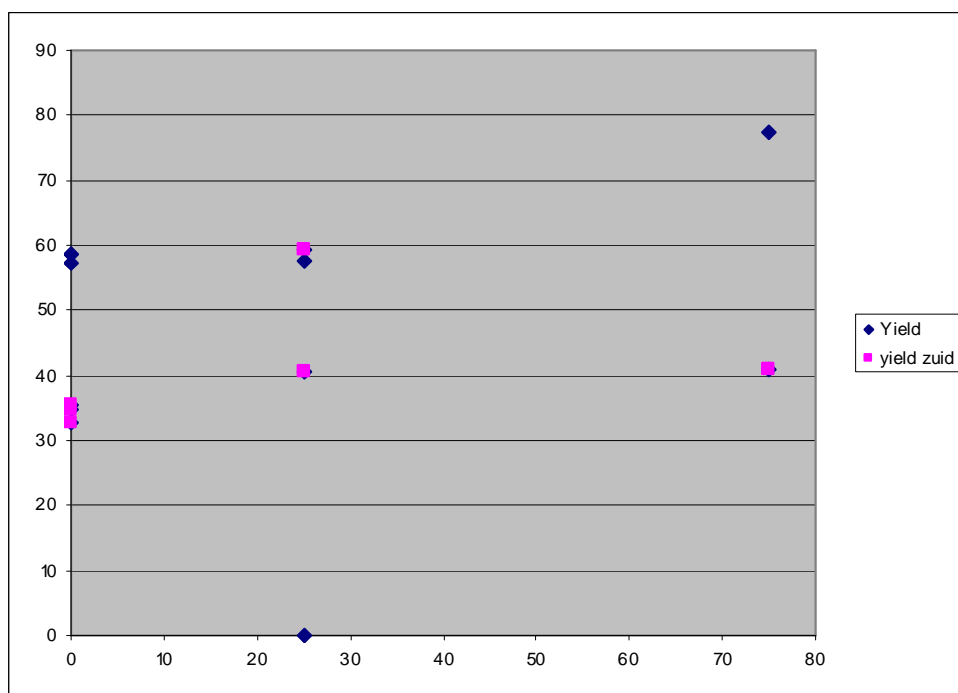
Figuur 36. Opbrengst zetmeel aardappelen in ton/ha op perceel_3.



Figuur 37 Verschillende dagen waarop de aardappeloogst heeft plaats gevonden op perceel 3.



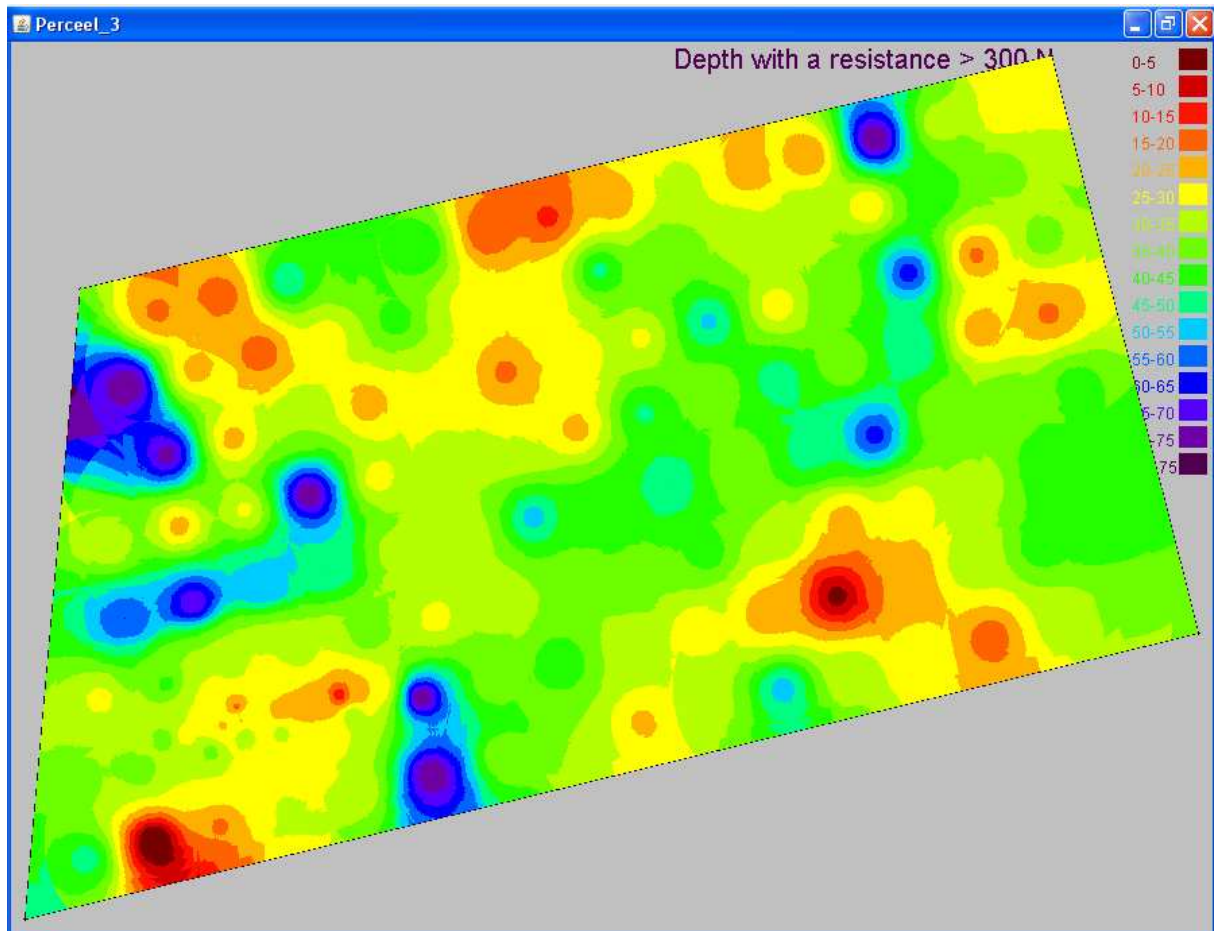
Figuur 38. De rijnelheid tijdens het oogsten op perceel_3.



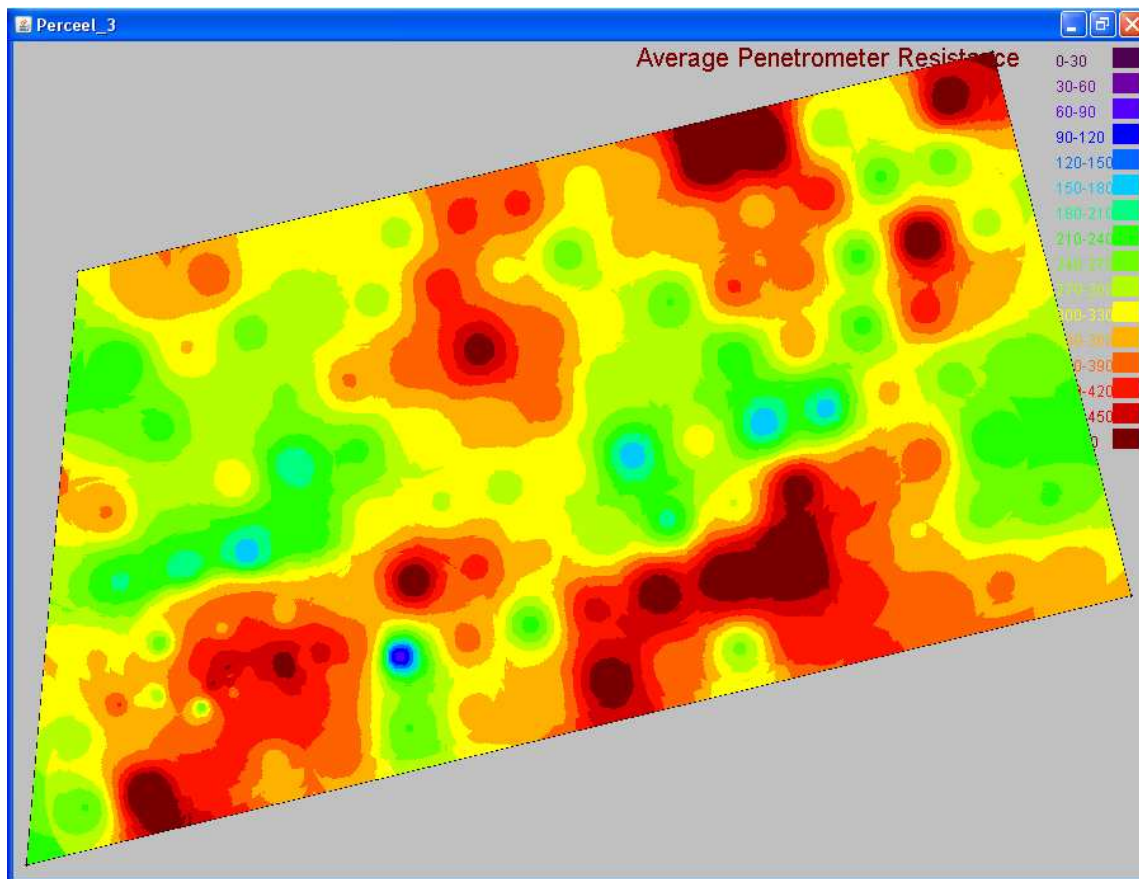
Figuur 39. De opbrengst in ton/ha als functie van de totale kunstmest gift op perceel_3.

5.5. Penetrometer waarnemingen perceel_3

Op perceel_3 zijn penetrometer waarnemingen uitgevoerd. In Figuur 40 is de diepte weergegeven waarop een kritische grens van 300 N/cm² wordt overschreden. Dit treed op een aantal plekken in het perceel al vrij ondiep voor, maar er is geen duidelijk patroon binnen het perceel herkenbaar. De gemiddelde indringweerstand over het gehele profiel (tot 80 cm diepte) is weergegeven in Figuur 41. Op een aantal plaatsen wordt deze vrij hoog, maar ook hier is geen duidelijk patroon in te herkennen.



Figuur 40. De diepte in cm waarop de indringingsweerstand boven de 330 N komt.

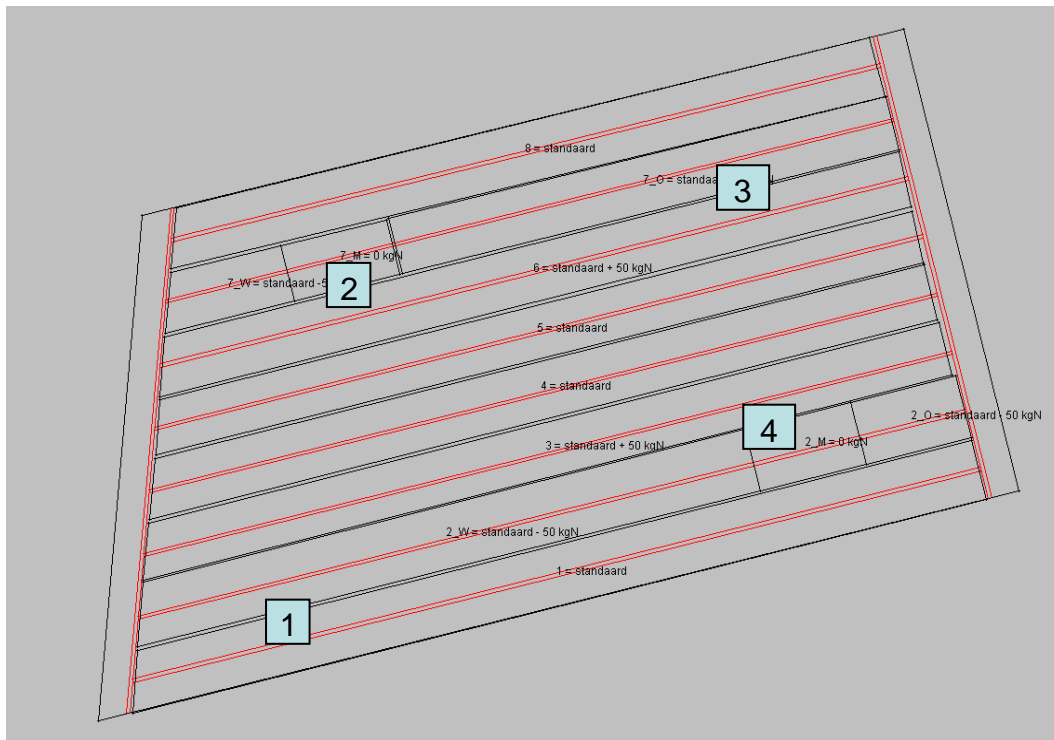


Figuur 41. De gemiddelde indringingsweerstand in N/cm² in de bodemlaag van 25 tot 50 cm diepte

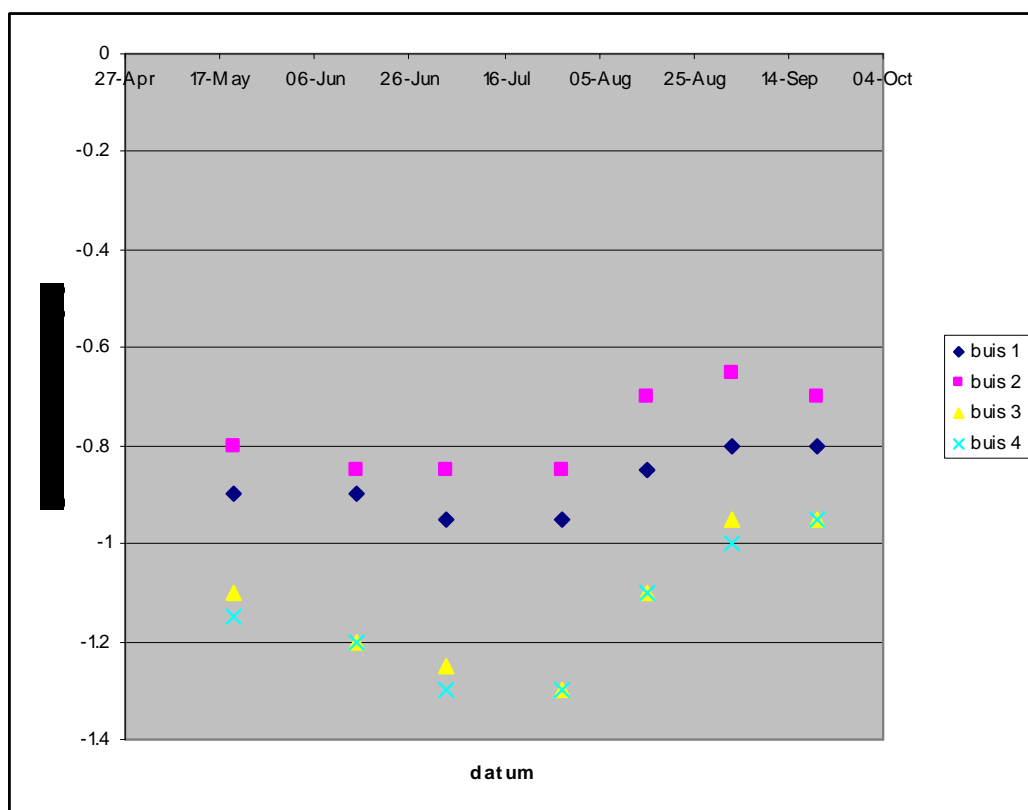
5.6. Grondwaterstanden op Perceel_3

Op Perceel 3 zijn een viertal grondwater buizen geplaatst. De nummering en de locaties daarvan zijn weergegeven in Figuur 42. het verloop van de grondwaterstand Figuur 43 laat zien dat er een duidelijk verschil is tussen de westkant en de oostkant van het perceel. In het oosten is er duidelijk sprake van een lagere grondwaterstand waardoor de kans op capillaire opstijging minder is en daar eerder droogte zou moeten optreden. De grondwaterstanden in het westen hebben niet een zodanig hoog niveau bereikt dat op basis hiervan een opbrengstreductie verwacht mag worden.

Bij de opbrengsten is er een duidelijke Noor-Zuid trend zichtbaar. Het is niet aannemelijk dat de grondwaterstand daar een rol in speelt.



Figuur 42. De nummering en locaties van de grondwaterbuizen in perceel_3.

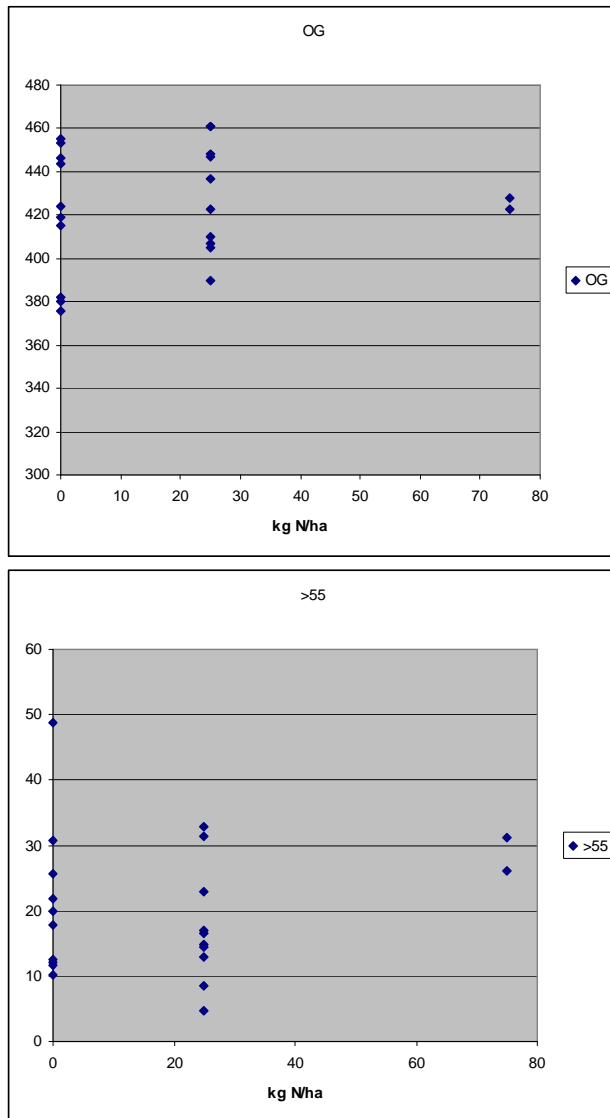


Figuur 43. Verloop van de grondwaterstand van vier pijlbuizen.

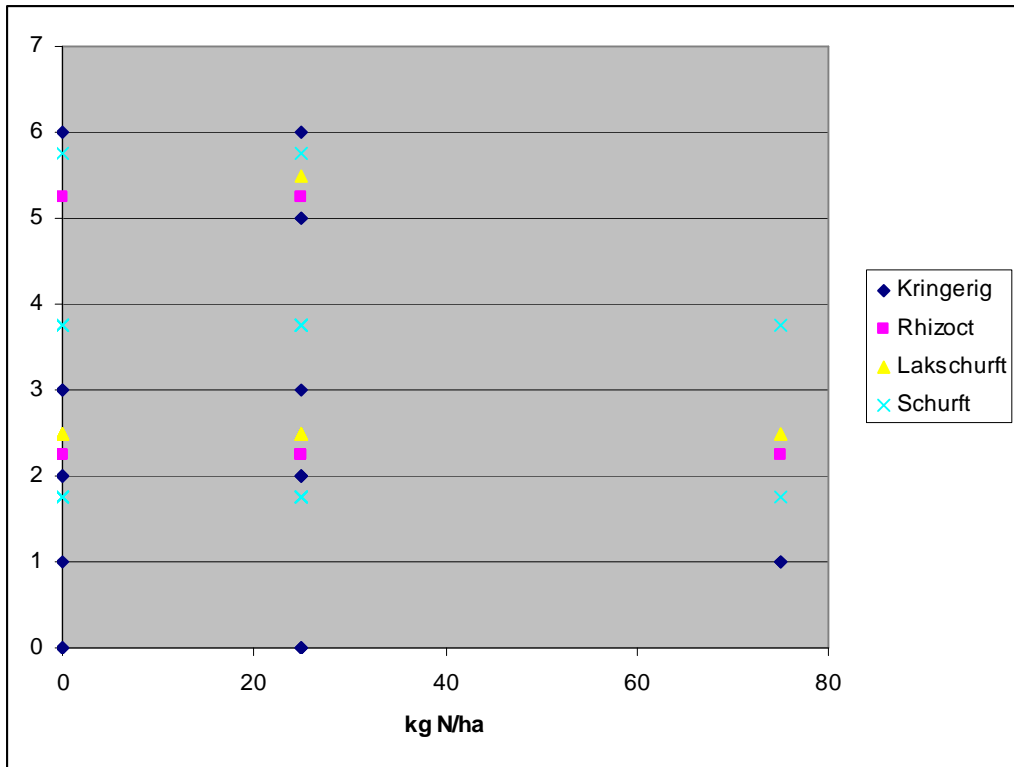
5.7. *Kwaliteit aardappelen op Perceel_3.*

Van de aardappelmonsters is het onderwater gewicht en de sortering bepaald. Het is jammer dat er niet meer monsters op de plots met 75 kg N/ha zijn genomen. De visuele indruk dat 25 kgN/ha optimaal is voor wat betreft deze twee kwaliteitskenmerken.

De beoordeling op kringerigheid, Rhizoctonia, Lakschurft en Schurft is wat betreft het eerste kenmerk in een schaal van 1-6 uitgedrukt. De beoordeling licht of matig voor Rhizoctonia is uitgedrukt als 2.25 of 5.25, en voor Lakschurft als 2.50 of 5.50. Licht, matig en veel als beoordeling voor Schurft is uitgedrukt als 1.75, 3.75 en 5.75 respectievelijk. De beoordeling op ziektekenmerken is samengevat in Figuur 45. Daarbij kan gezegd worden dat hoge aantastingen bij het hoge bemesting niveau niet voorkomen, maar ook hier geldt dat het beperkte aantal monsters bij de hoge mestgiften het twijfelachtig maken of dit een significant verschil aangeeft.



Figuur 44. Het onderwatergewicht (links) en het percentage aardappelen in de grove sortering (rechts) als functie van de hoeveelheid toegediende stikstof kunstmest.



Figuur 45. Beoordeling op aantasting van een viertal ziektes uitgedrukt in een schaal van 1-6.

6. Beantwoording van de vragen

6.1. Vraag 1: verschillen de opbrengsten per behandeling?

Om de vraag te beantwoorden of opbrengsten significant van elkaar verschillen als gevolg van verschil in behandeling zijn eerst alle plots gerangschikt in "treatments" met een gelijke timing en hoeveelheid kunstmest.

Bij een analyse van alle opbrengstdata blijkt deze niet normaal verdeeld te zijn. Daarom is voor de beoordeling of er significante verschillen optreden de opbrengstdata logaritmisch getransformeerd.

6.1.1. Behandelingen op "Over de Weg" (Hamster)

Tabel 9. Verschillende behandelingen op "Over de Weg". Trt9 is de standaardbehandeling, de geel gemarkeerde behandelingen verschillen significant van de standaardbehandeling.

treatment	gift1	gift2	gift3	Gift totaal	Vlak nr.
trt1	0	95	0	95	3M, 9M
trt2	50	60	0	110	2W2b
trt3	50	80	0	130	2O1
trt4	0	145	0	145	8M
trt5	50	60	40	150	2W2a
trt6	100	60	0	160	6W, 7M, 11O1, 11O3, 11W2
trt7	50	80	40	170	2O2, 2W1
trt8	100	80	0	180	6O, 7O, 7W, 9W, 9O, 11O2, 11W1, 12O, 12W
trt9	100	95	0	195	1, 3O, 3W, 5, 13
trt10	0	120	80	200	2M
trt11	150	60	0	210	4O, 4W
trt12	100	80	40	220	12M
trt13	150	80	0	230	4M
trt14	150	95	0	245	10
trt15	50	145	0	195	8O, 8W

Zoals ook al uit Figuur 33 blijkt, blijven de nul veldjes significant achter in opbrengst, ook in dat geval waar tot over het standaardniveau wordt bij bemest. De veldjes met een initiële gift van 50 kg N/ha laten een wisselend beeld zien; soms lager, soms geen verschil.

De behandelingen waarin in de tweede gift 60 of 80 kg N/ha is toegediend, (trt6 en trt7) lijken significant iets achter te blijven.

6.1.2. Behandelingen op BIS10.20 (KMWP)

Bij de KMWP zijn er statistisch gezien weliswaar een aantal behandelingen die significant van de standaard behandeling verschillen, maar als naar de opbrengsten wordt gekeken binnen die afwijkende behandelingen liggen er in veel gevallen een aantal plots qua opbrengst zowel boven als onder het niveau van de standaard behandeling. Zoals in Figuur 35 al duidelijk wordt is er geen goede richting aan te geven.

Tabel 10. Verschillende behandelingen op BIS10.20. Trt7 is de standaardbehandeling, de geel gemarkeerde behandelingen verschillen significant van de standaardbehandeling.

trt	KMgift1	KMgift2	KMtotaal	vlaknr
trt1	0	116	116	5B, 5D, 5F
trt2	50	70	120	2C
trt3	50	80	130	6C
trt4	50	100	150	2A, 2D, 6A, 6D
trt5	50	120	170	2B, 6B
trt6	100	100	200	4A, 4C
trt7	100	116	216	1, 5A, 5C, 5E, 5G, 9
trt8	100	120	220	4B, 8
trt10	100	130	230	10
trt9	150	116	266	3, 7

6.1.3. Behandelingen op "Perceel_3" (Wage)

Bij Wage verschillen alle drie de behandelingen significant. Wat ook al uit Figuur 39 bleek, is hier een duidelijk effect van het niveau van stikstof bemesting aanwezig. Omdat er geen tweede bemesting is toegediend kan er hier eigenlijk niet over een plaats specifieke behandeling gesproken worden en is alleen het effect van de initiële bemesting zichtbaar gemaakt.

Tabel 11. De behandelingen op Perceel_3 met hun stikstofgiften en de plots die van de behandeling deel uitmaken.

trt	gift1	gift2	vlaknr
trt1	0	0	2M, 2O, 2W, 7M, 7O, 7W
trt2	25	0	1, 4, 5, 8
trt3	75	0	3, 6

Tabel 12. De gemiddelde opbrengst per behandeling en de vergelijking van die opbrengst op basis van Tukey.

Behandeling	gemiddelde opbrengst	Tukey pairwise comparison
trt1	43.41	A
trt2	50.25	B
trt3	54.88	C

6.2. **Vraag2: kan NDVI gebruikt worden als voorspeller van de uiteindelijke opbrengst?**

Om de vraag te kunnen beantwoorden of de NDVI gebruikt kan worden als voorspeller voor de opbrengst is gebruik gemaakt van de NDVI data, de opbrengst data en het toegepaste bemesting niveau.

De opbrengstdata is terug gerekend naar een schatting voor rasterpunten met een onderlinge afstand van 5 x 5 meter. Daarmee is het aantal punten met een opbrengst terug gebracht van 17673 naar 3677 bij Hamster en van 19263 naar 3095 bij de KMWP. Het grotere perceel van de KMWP heeft een beperkt aantal rasterpunten omdat de berekening alleen is uitgevoerd voor de plots waarvan ook de bemesting bekend is. Ieder rasterpunt geeft de gemiddelde opbrengst weer van de cel van 5 x 5 m rondom dat rasterpunt. Voor elk rasterpunt is ook een schatting van de NDVI gemaakt door de NDVI waarde te nemen van een punt die binnen een straal van 3 meter ligt Als er meerdere sensordata punten binnen de straal van drie meter liggen is het gemiddelde van die punten als waarde genomen.

Voor de verzameling van punten is de correlatie coëfficiënt berekend tussen de beschikbare NDVI opnamen en de opbrengst. Daarna is er een stapsgewijze regressie uitgevoerd om de opbrengst te verklaren uit de beschikbare NDVI's en de toegediende hoeveelheid stikstof bemesting. In deze stapsgewijze regressie analyse blijven allen de variabelen die significant bijdragen over in het model.

6.2.1. Over de Weg (Hamster)

Uit Tabel 13 blijkt dat de NDVI's van 19 en 29 april een redelijke onderlinge correlatie vertonen, maar dat de correlatie met de latere NDVI van 1 juni en van alle drie de NDVI opnamen met de eindopbrengst erg zwak en absoluut niet significant is.

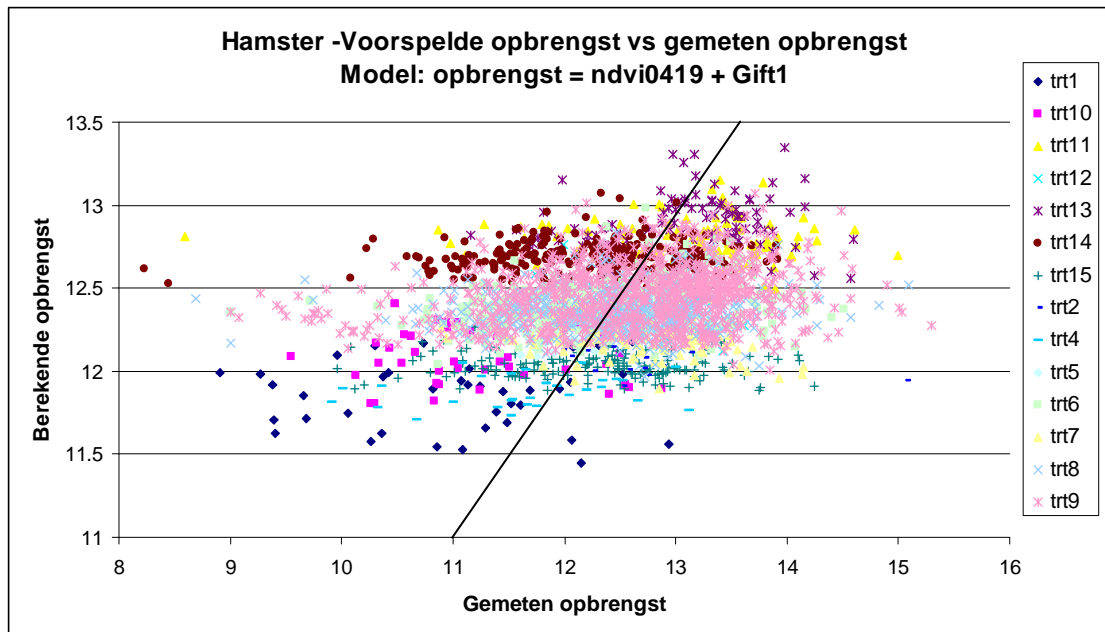
Het beste model om de eindopbrengst te verklaren heeft als verklarende variabelen de eerste N gift en de NDVI waarden van 19 april. De verklaarde variantie is met 0.048 zodanig laag dat eigenlijk niet van een verklarend model gesproken mag worden. Dit is ook goed te zien in Figuur 46 waar de 45 graden lijn niet gevolgd wordt. De residuen in Figuur 47 geven geen aanleiding tot een andersoortig model.

Tabel 13. Correlatie coëfficiënten tussen NDVI op drie tijdstippen en opbrengst voor het perceel "Over de Weg".

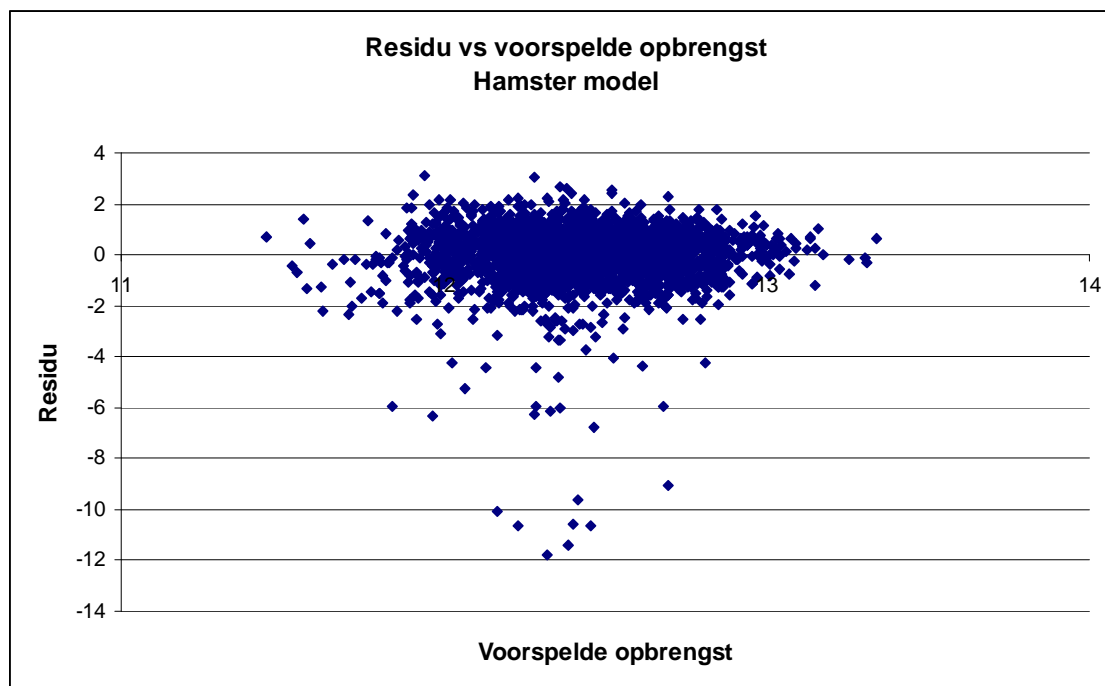
Pearson Correlation Coefficients				
Prob > r under H0: Rho=0				
Number of Observations				
	avgndvi0419	avgndvi0429	avgndvi0601	YIELD
avgndvi0419	1.00000	0.61315	0.25918	-0.09721
NDVI0419		<.0001	<.0001	<.0001
	2742	2246	1884	2742
avgndvi0429	0.61315	1.00000	0.46736	-0.02440
NDVI0429	<.0001		<.0001	0.1920
	2246	2861	1958	2861
avgndvi0601	0.25918	0.46736	1.00000	0.14286
NDVI0106	<.0001	<.0001		<.0001
	1884	1958	2407	2407
YIELD	-0.09721	-0.02440	0.14286	1.00000
YIELD	<.0001	0.1920	<.0001	
	2742	2861	2407	3482

Tabel 14. Het beste model voor verklaring van de opbrengst aan de hand van stikstof gift en NDVI voor het perceel "Over de weg".

Model: MODEL1						
Dependent Variable: YIELD YIELD						
Number of Observations Read					3482	
Number of Observations Used					2742	
Number of Observations with Missing Values					740	
Analysis of Variance						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	2	172.34097	86.17048	69.42	<.0001	
Error	2739	3399.87403	1.24128			
Corrected Total	2741	3572.21500				
Root MSE		1.11413	R-Square	0.0482		
Dependent Mean		12.41632	Adj R-Sq	0.0475		
Coeff Var		8.97310				
Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	Intercept	1	13.09854	0.18253	71.76	<.0001
avgndvi0419	NDVI0419	1	-2.23707	0.30255	-7.39	<.0001
GIFT1	GIFT1	1	0.00690	0.00065341	10.57	<.0001



Figuur 46. De daadwerkelijk gemeten opbrengst en de door het "beste" regressie model geschatte opbrengst voor het perceel "Over de weg".



Figuur 47. Residuen van het verklarende regressie model van de opbrengst op het perceel "Over de Weg".

6.2.1. BIS10.20 (KMWP)

Uit Tabel 15 blijkt dat de NDVI's van 7 mei en 6 juli een redelijke onderlinge correlatie vertonen. De correlatie tussen de NDVI van 6 juli met de eindopbrengst is ook redelijk.

Het beste model om de eindopbrengst te verklaren heeft drie verklarende variabelen; beide NDVI's en de tweede mest gift. De verklaarde variantie is met 0.24 beter dan bij het perceel "Over de Weg", maar nog steeds erg laag.

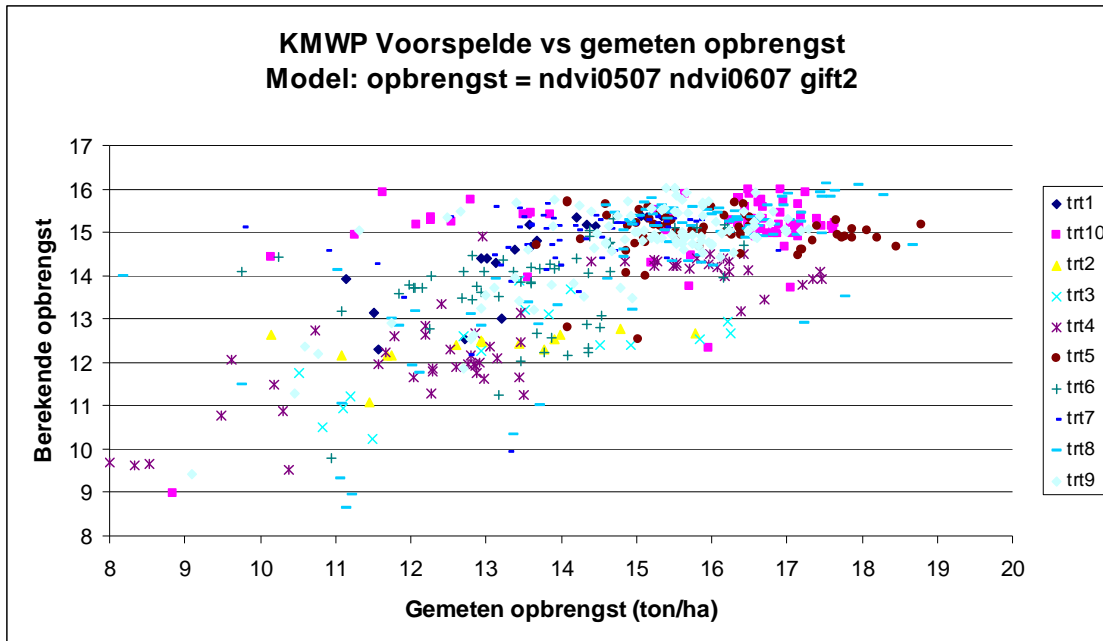
Figuur 48 laat zien dat de 45 graden lijn redelijk gevolgd wordt, maar dat de spreiding rond die lijn erg groot is. De residuen in Figuur 49 geven geen aanleiding tot een andersoortig model.

Tabel 15. Correlatie coëfficiënten tussen NDVI op twee tijdstippen en opbrengst voor het perceel "BIS10.20".

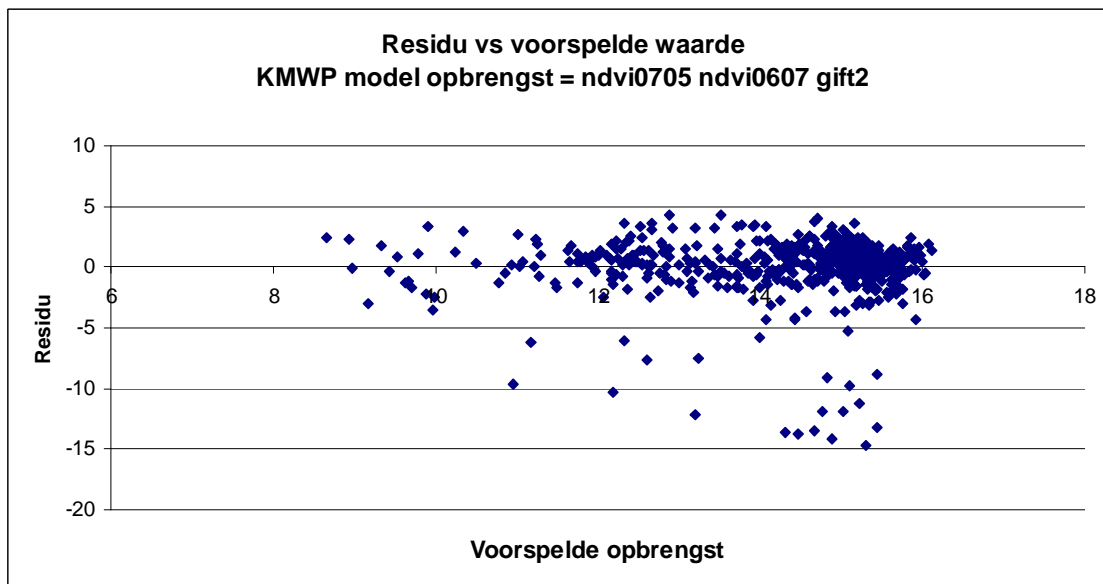
Pearson Correlation Coefficients			
Prob > r under H0: Rho=0			
Number of Observations			
	avgndvi0705	avgndvi0607	YIELD
avgndvi0705	1.00000	0.44945	0.21756
NDVI0705		<.0001	<.0001
	941	570	941
avgndvi0607	0.44945	1.00000	0.55652
NDVI0607	<.0001		<.0001
	570	1503	1503
YIELD	0.21756	0.55652	1.00000
YIELD	<.0001	<.0001	
	941	1503	1874

Tabel 16. Het beste model voor verklaring van de opbrengst aan de hand van stikstof gift en NDVI voor het perceel "BIS10.20".

The REG Procedure						
Model: MODEL1						
Dependent Variable: YIELD YIELD						
Number of Observations Read			1874			
Number of Observations Used			570			
Number of Observations with Missing Values			1304			
Analysis of Variance						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	3	1196.45123	398.81708	61.13	<.0001	
Error	566	3692.86836	6.52450			
Corrected Total	569	4889.31959				
Root MSE		2.55431	R-Square	0.2447		
Dependent Mean		14.26434	Adj R-Sq	0.2407		
Coeff Var		17.90697				
Parameter Estimates						
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	Intercept	1	3.81659	1.05493	3.62	0.0003
avgndvi0705	NDVI0705	1	-7.25865	2.33352	-3.11	0.0020
avgndvi0607	NDVI0607	1	14.77018	1.28523	11.49	<.0001
GIFT2	GIFT2	1	0.05398	0.01100	4.91	<.0001



Figuur 48. De daadwerkelijk gemeten opbrengst en de door het "beste" regressie model geschatte opbrengst voor het perceel "Over de weg".



Figuur 49. Residuen van het verklarende regressie model van de opbrengst op het perceel "Over de Weg".

6.2.2. Perceel_3 (Wage)

De NDVI waarden binnen het perceel_3 verschillen dusdanig weinig dat geen moeite is gedaan om hier een statistische uitwerking toe te passen.

6.3. **Vraag2A: kan NDVI samen met bodemparameters (afkomstig van SoilCompany) gebruikt worden als voorspeller van de uiteindelijke opbrengst?**

Om de vraag te beantwoorden of de NDVI samen met kennis over de bodem een goede voorspelling is van de eindopbrengst zijn voor de rasterpunten uit 6.2 de bodemvariabelen geschat aan de hand van de beschikbare scans van the SoilCompany. Om de punten waar de maaidorser moet aanlopen of uitlopen uit te sluiten zijn alleen de punten met een opbrengst van boven de 8 ton/ha² gebruikt. Alle punten die op de randen van de plots liggen zijn buiten de data analyse gelaten.

6.3.1. Bis10.20 (KMWP)

Op het perceel BIS10.20 is er is een redelijk correlaties tussen de ndvi0607 en de opbrengst. Zie Tabel 17. De conclusie is hier dat een vroege NDVI opname op zichzelf weinig voorspellende waarde heeft, de latere opname wel. Bij het opstellen van een lineair regressie model blijkt echter ook de vroege NDVI opname significant bij te dragen.

Tabel 18 laat zien dat de bulkdichtheid sterk correleert sterk met CaCO₃, Lutum en pH. De correlatie met lutum ligt voor de hand omdat the SoilCompany bulkdichtheid berekent volgens Wösten, waar lutum een van de input variabelen voor de berekening van bulkdichtheid is.

Het Kgetal correleert sterk met M0 en OS en Mg correleert ook sterk met M0 en OS

Er is een stapsgewijze multiple regressie uitgevoerd om een verklarend model voor de opbrengst op te stellen. Als verklarende variabelen zijn naast de NDVI's gebruikt: bulkdichtheid, OS, M0 en Pw

Het uiteindelijk significant model is:

opbrengst = ndvi0507, ndvi0607, bulkdichtheid, en Pw

Het geselecteerde model verklaart 53% van de variatie!

De voorspelde opbrengsten uitgezet tegen de gemeten opbrengsten laten in Figuur 50 zien dat ze redelijk overeenkomen, met een zekere mate van overschatting van de lage opbrengsten. De Analyse van de residuen in Figuur 51 laat zien dat er een toename van residuen is bij toenemende opbrengsten. Dit duidt er op dat er vermoedelijk geen sprake is van een normale verdeling van de opbrengsten.

Tabel 17. Correlatie coefficient n tussen NDVI op twee data en de opbrengst van perceel BIS10.20.

Variable	Label	avgndvi0705	avgndvi0607	YIELD
avgndvi0705	pearson	1.0000	0.4315	0.3787
	p-waarde		0.0000	0.0000
	N	899	547	899
avgndvi0607	NDVI0607	0.4345	1.0000	0.6036
	p-waarde	0.0000		0.0000
	N	547	1453	1453
YIELD	NDVI0607	0.3787	0.6036	1.0000
	p-waarde	0.0000	0.0000	
	N	899	1453	2868

Tabel 18. Correlatie coefficient tussen bodem variabelen en opbrengst voor perceel BIS10.20

Variable	AVGBD	AVGCACO3	AVGKGETAL	AVGLIGGING	AVGLUTUM
AVGBD	1.0000	0.9907	-0.8795	-0.3813	-0.9907
		0	0	1.4193E-99	0
AVGCACO3	0.9907	1.0000	-0.8185	-0.3537	-1.0000
	0		0	5.68495E-85	0
AVGKGETAL	-0.8795	-0.8185	1.0000	0.3912	0.8185
	0	0		3.6229E-105	0

² Dit betreft de niet gekalibreerde opbrengst.

AVGLIGGING	-0.3813	-0.3537	0.3912	1.0000	0.3537
	1.4E-99	5.68495E-85	3.6229E-105		5.68496E-85
AVGLUTUM	-0.9907	-1.0000	0.8185	0.3537	1.0000
	0	0	0	5.68496E-85	
AVGMO	0.8769	0.8218	-0.9621	-0.3789	-0.8218
	0	0	0	3.13309E-98	0
AVGMG	-0.8795	-0.8185	1.0000	0.3912	0.8185
	0	0	0	3.6229E-105	0
AVGOS	-0.8412	-0.7640	0.9664	0.3935	0.7640
	0	0	0	1.7473E-106	0
AVGPH	-0.9960	-0.9836	0.9088	0.3798	0.9836
	0	0	0	9.3169E-99	0
AVGPW	0.2225	0.2720	-0.2020	-0.0901	-0.2720
	2.11E-33	1.21188E-49	1.07442E-27	1.38601E-06	1.21188E-49
YIELD	-0.5631	-0.5607	0.5112	0.1826	0.5607
	7.7E-239	1.9842E-236	3.8886E-190	7.47196E-23	1.9842E-236

Vervolg

Variable	AVGMO	AVGMG	AVGOS	AVGPH	AVGPW	YIELD
AVGBD	0.8769	-0.8795	-0.8412	-0.9960	0.2225	-0.5631
	0	0	0	0	2.11284E-33	7.6992E-239
AVGCACO3	0.8218	-0.8185	-0.7640	-0.9836	0.2720	-0.5607
	0	0	0	0	1.21188E-49	1.9842E-236
AVGKGETAL	-0.9621	1.0000	0.9664	0.9088	-0.2020	0.5112
	0	0	0	0	1.07442E-27	3.8886E-190
AVGLIGGING	-0.3789	0.3912	0.3935	0.3798	-0.0901	0.1826
	3.13E-98	3.6E-105	1.7473E-106	9.3169E-99	1.38601E-06	7.47196E-23
AVGLUTUM	-0.8218	0.8185	0.7640	0.9836	-0.2720	0.5607
	0	0	0	0	1.21188E-49	1.9842E-236
AVGMO	1.0000	-0.9621	-0.9194	-0.8992	0.2379	-0.5089
		0	0	0	4.74695E-38	3.7533E-188
AVGMG	-0.9621	1.0000	0.9664	0.9088	-0.2020	0.5112
	0		0	0	1.07442E-27	3.8885E-190
AVGOS	-0.9194	0.9664	1.0000	0.8587	0.0312	0.4631
	0	0		0	0.095242842	6.6801E-152
AVGPH	-0.8992	0.9088	0.8587	1.0000	-0.2610	0.5680
	0	0	0		9.90537E-46	7.7335E-244
AVGPW	0.2379	-0.2020	0.0312	-0.2610	1.0000	-0.2310
	4.75E-38	1.07E-27	0.095242842	9.90537E-46		6.08016E-36
YIELD	-0.5089	0.5112	0.4631	0.5680	-0.2310	1.0000
	3.8E-188	3.9E-190	6.6801E-152	7.7335E-244	6.08016E-36	1

Tabel 19. Statistische grootheden voor het lineaire regressiemodel ter verklaring van de opbrengst op BIS10.20.

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: YIELD YIELD

Number of Observations Read	2868
Number of Observations Used	545
Number of Observations with Missing Values	2323

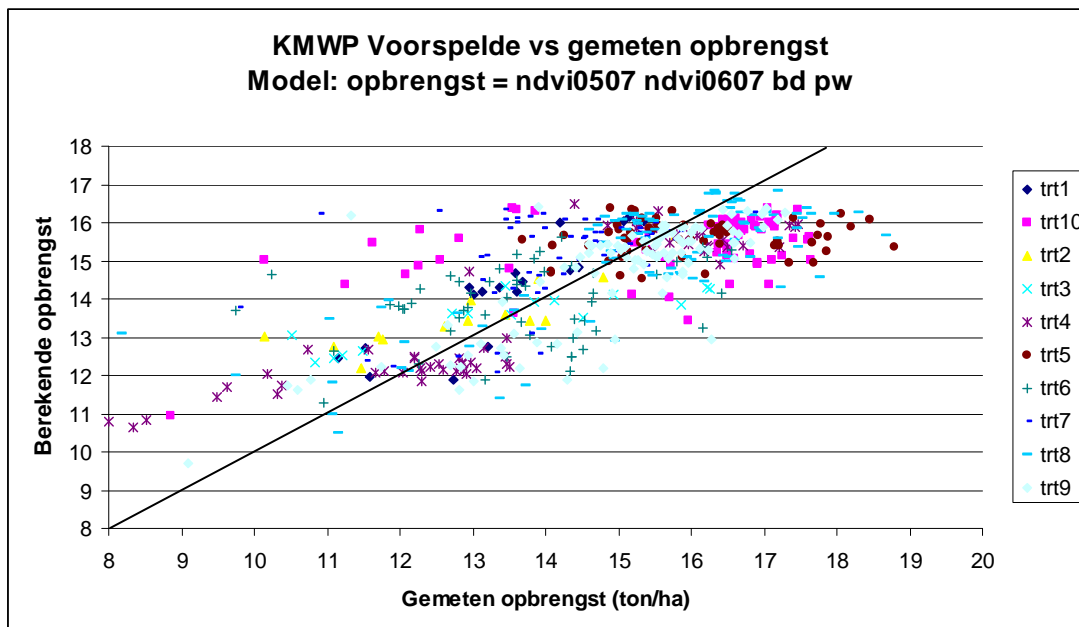
Analysis of Variance

Source	DF	Squares	Sum of Square	F Value	Pr > F
Model	4	1128.60365	282.15091	154.12	<.0001
Error	540	988.55951	1.83067		
Corrected Total	544	2117.16316			

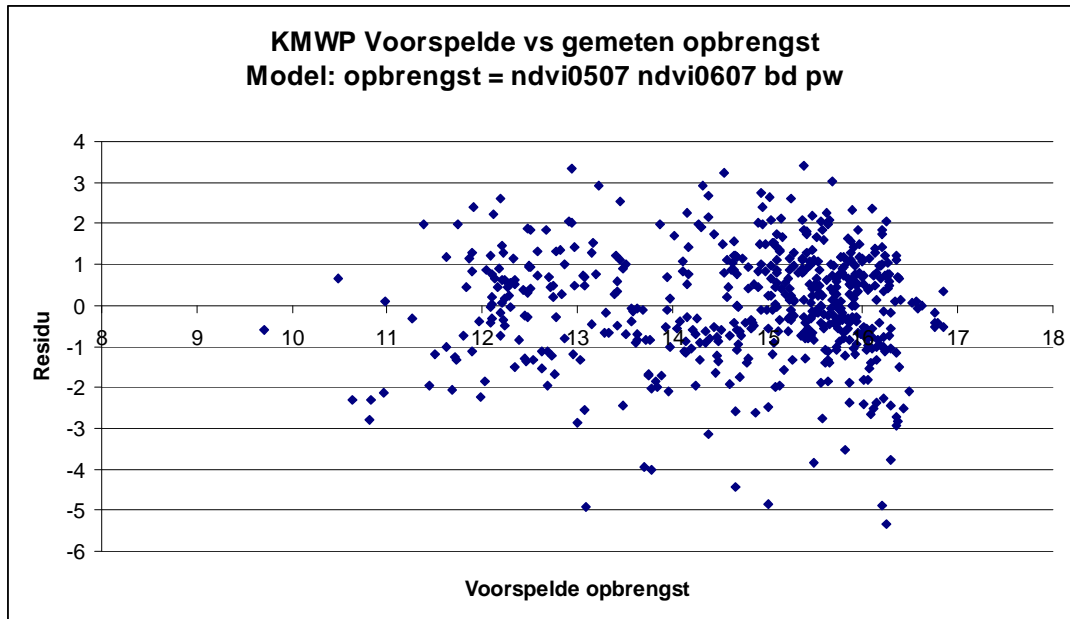
Root MSE	1.35302	R-Square	0.5331
Dependent Mean	14.71217	Adj R-Sq	0.5296
Coeff Var	9.19661		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	Intercept	1	31.33369	2.66689	11.75	<.0001
avndvi0705	NDVI0705	1	4.60358	1.03024	4.47	<.0001
avndvi0607	NDVI0607	1	7.00067	0.93933	7.45	<.0001
AVGBD	BULKDICHTH	1	-15.02206	1.60458	-9.36	<.0001
AVGPW	PW	1	-0.03888	0.00908	-4.28	<.0001



Figuur 50. De opbrengst zoals voorspeld door een lineair regressie model uitgezet tegen de werkelijk gemeten opbrengst op perceel BIS10.20.



Figuur 51. De residuen van het lineair regressie model voor de voorspelling van de opbrengst als functie van de werkelijk gemeten opbrengst op perceel BIS10.20.

6.3.2. Perceel_3 (Wage)

Bij de aardappeloogst doen zich met de opbrengstmetingen nauwelijks aanloop- en uitloop problemen voor, maar in de software worden opbrengsten naar boven afgekapt op 85 ton. Om die reden zijn voor deze analyse alle punten met een opbrengst van 85 ton achterwege gelaten. Op deze manier is de data gereduceerd van 54067 opbrengst punten naar 2900 rasterpunten met een onderlinge afstand van 5 x 5 m. Voor de onderlinge correlatie berekeningen zijn er tussen de 1842 en 1885 rasterpunten beschikbaar met een schatting van de betreffende variabelen.

Op perceel_3 zijn voor een viertal data NDVI metingen beschikbaar. Deze NDVI metingen hebben een zwakke onderlinge correlatie en hebben op zichzelf nauwelijks voorspellende waarde voor de opbrengst. Zie

Tabel 20.

De onderlinge correlatie tussen verschillende bodem variabelen onderling en met de opbrengst is weergegeven in Tabel 21. Er is een sterke correlaties $-0.95 < \text{Pearson} < 0.95$ tussen bulkdichtheid en organische stof (OS), lutum en bulkdichtheid (BD) en uitspoeling met organische stof en waterretentie. Ook hier geldt de opmerking dat de variabelen bulkdichtheid, uitspoeling en waterretentie door de SoilCompany berekend worden waarbij Lutum en Organische stof input variabelen zijn. De ligging, dit is de hoogte van het perceel, is de enige variabele die een redelijke relatie heeft met de opbrengst.

In een stapsgewijs opgebouwd lineair regressie model voor de voorspelling van de opbrengst. Op grond van 'expert judgement' zijn uiteindelijk de volgende variabelen gekozen als van belang voor het model: hoogteligging, M50 en stikstof gift. Daarnaast is er voor gekozen dat de ook de NDVI van 18 juni gebruikt wordt als mogelijke parameter voor de opbrengst schatting. Het uiteindelijke model verklaart 59% van de variatie, waarbij de belangrijkste bijdrage van de ligging komt.

Als de berekende opbrengst wordt uitgezet tegen de gemeten opbrengst (Figuur 52) dan blijkt het model toch niet te voldoen. Uit de residu analyse (Figuur 53) blijkt dat het model qua normaliteit niet goed is.

Tabel 20. De onderlinge correlatie tussen een viertal NDVI waarnemingen en de opbrengst op Perceel_3.

Variable	Label	Avgndvi 1806	Avgndvi 2807	Avgndvi 2808	Avgndvi 0509	YIELD
avgndvi1806	pearson	1.0000	0.2780	0.3150	0.2521	0.1068
	p-waarde		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
avgndvi2807	pearson	0.2780	1.0000	0.2853	0.4491	-0.2750
	p-waarde	0.0000		0.0000	0.0000	0.0000
avgndvi2808	pearson	0.3150	0.2853	1.0000	0.3902	0.2832
	p-waarde	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000
avgndvi0509	pearson	0.2521	0.4491	0.3902	1.0000	0.1536
	p-waarde	0.0000	0.0000	0.0000		0.0000
YIELD	pearson	0.1068	-0.2750	0.2832	0.1536	1.0000
	p-waarde	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Tabel 21. Correlaties tussen soil company parameters en opbrengst op Perceel_3. Eerste getal is pearsoncoefficient, 2^e getal is p-waarde.

Variable	AVGLIGGING	AVGBD	AVGKGETAL	AVGLUTUM	AVGM50	AVGMG
AVGLIGGING	1.0000	0.4948	-0.3466	-0.2368	0.3908	-0.2901
		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGBD	0.4948	1.0000	-0.8000	-0.4219	0.2936	-0.2290
	<0.0001		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGKGETAL	-0.3466	-0.8000	1.0000	-0.1599	-0.1998	0.1620
	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGLUTUM	-0.2368	-0.4219	-0.1599	1.0000	-0.2252	0.1559
	<0.0001	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001
AVGM50	0.3908	0.2936	-0.1998	-0.2252	1.0000	-0.9517
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		0
AVGMG	-0.2901	-0.2290	0.1620	0.1559	-0.9517	1.0000
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
AVGOS	-0.4875	-0.9942	0.8525	0.3237	-0.2696	0.2113
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGPW	0.1979	0.0312	-0.1798	0.2070	0.8535	-0.8869
	<0.0001	0.172552	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGUITSP	0.4901	0.9800	-0.6746	-0.5932	0.3010	-0.2294
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGWATER	-0.4671	-0.9074	0.5043	0.7553	-0.3285	0.2481
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGZANDF	0.2345	0.4195	0.1621	-0.9994	0.2204	-0.1511
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
YIELD	-0.7268	-0.3830	0.2313	0.2382	-0.4138	0.3362
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Vervolg Tabel 21.

Variable	AVGOS	AVGPW	AVGUITSP	AVGWATER	AVGZANDF	YIELD
AVGLIGGING	-0.4875	0.1979	0.4901	-0.4671	0.2345	-0.7268
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGBD	-0.9942	0.0312	0.9800	-0.9074	0.4195	-0.3830
	<0.0001	0.172551867	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGKGETAL	0.8525	-0.1798	-0.6746	0.5043	0.1621	0.2313
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGLUTUM	0.3237	0.2070	-0.5932	0.7553	-0.9994	0.2382
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGM50	-0.2696	0.8535	0.3010	-0.3285	0.2204	-0.4138
	<0.0001	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGMG	0.2113	-0.8869	-0.2294	0.2481	-0.1511	0.3362
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGOS	1.0000	-0.0476	-0.9537	0.8579	-0.3210	0.3702
		0.037357371	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGPW	-0.0476	1.0000	-0.0253	0.0601	-0.2117	-0.2427
	0.037357		0.268159	0.008482366	<0.0001	<0.0001
AVGUITSP	-0.9537	-0.0253	1.0000	-0.9699	0.5908	-0.3907
	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001	<0.0001
AVGWATER	0.8579	0.0601	-0.9699	1.0000	-0.7530	0.3841
	<0.0001	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001
AVGZANDF	-0.3210	-0.2117	0.5908	-0.7530	1.0000	-0.2376
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		<0.0001
YIELD	0.3702	-0.2427	-0.3907	0.3841	-0.2376	1.0000
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	

Tabel 22. De verandering in F-waarde van het regressie model door het toevoegen van verklarende variabelen. R - en R-adjusted geven aan hoeveel variatie het model verklaart.

Model parameters (significant)	F	R2	R2-adjusted
Intercept, avgndvi1806	21.7	0.010	0.010
Intercept, avgndvi1806 + hoogteligging	1110.2	0.542	0.541
Intercept, avgndvi1806 + hoogteligging + Gift1	857.24	0.578	0.577
Intercept, avgndvi1806 + hoogteligging + Gift1 + M50	692.68	0.596	0.595

Tabel 23. Statistische grootheden voor het lineaire regressiemodel ter verklaring van de opbrengst op Perceel_3.

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: YIELD YIELD

Number of Observations Read	1916
Number of Observations Used	1883
Number of Observations with Missing Values	33

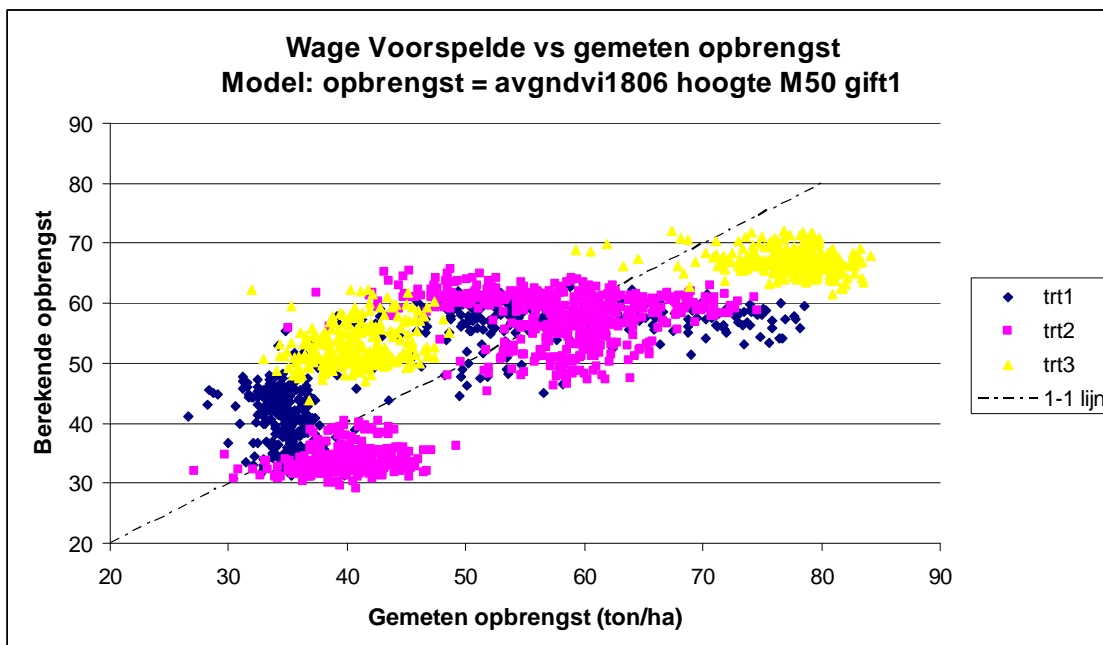
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	247169	61792	692.68	<.0001
Error	1878	167533	89.20805		
Corrected Total	1882	414702			

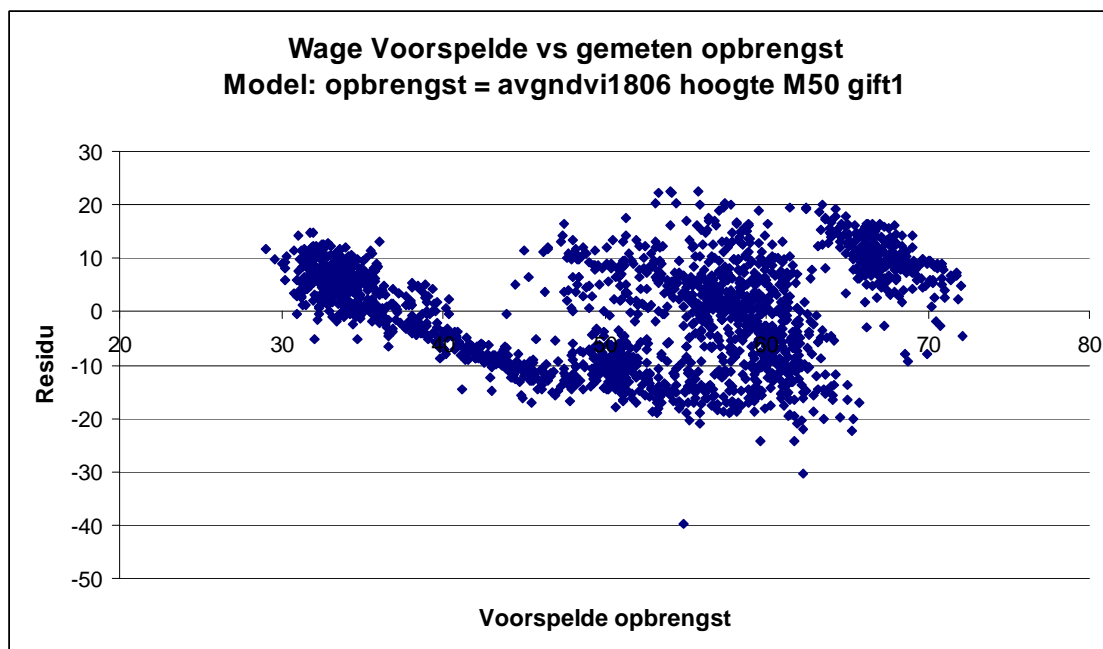
Root MSE	9.44500	R-Square	0.5960
Dependent Mean	51.54008	Adj R-Sq	0.5952
Coeff Var	18.32555		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	Intercept	1	312.51172	38.18270	8.18	<.0001
avgndvi1806	NDVI	1	21.98274	2.91599	7.54	<.0001
AVGLIGGING	LIGGING	1	-24.84285	0.63457	-39.15	<.0001
AVGM50	M50	1	-2.22921	0.24239	-9.20	<.0001
GIFT1	GIFT1	1	0.09584	0.00770	12.45	<.0001



Figuur 52. De opbrengst zoals voorspeld door een lineair regressie model uitgezet tegen de werkelijk gemeten opbrengst op perceel Perceel_3.



Figuur 53. De residuen van het lineair regressieve model voor de voorspelling van de opbrengst als functie van de werkelijk gemeten opbrengst.

6.4. *Vraag 3: wat is de invloed van de bodem (via soil company data) op de NDVI en de opbrengsten.*

Beschikbare SoilCompany data en opbrengstdata weergegeven in Tabel 24 die binnen twee meter van elkaar liggen, en niet op de randen van een plot, zijn gepaard om de volgende vragen te beantwoorden:
 1) kan variatie in NDVI verklaard worden door bodem variabelen
 2) kan de variatie in opbrengst verklaard worden door de bodem variabelen?

Deze analyse is alleen uitgevoerd binnen de plots met een standaard behandeling om de effecten van verschillen in stikstof bemesting uit te sluiten.

Tabel 24. Beschikbare bodemscans en near sensing opnamen op drie bedrijven.

Bedrijf	Soil company data	Near-sensing beeld	Type sensor
KMWP	2004	cc070510 (corr); cc060710 (corr)	CropCircle
Hamster	2009	20100419; 20100429; 20100601	GreenSeeker
Wage	2006	20100618.txt; 20100728.txt; 20100828.txt; 20100905.txt	GreenSeeker

6.4.1. Over de Weg (Hamster)

6.4.2. Resultaten Hamster

In Tabel 25 staan de correlaties voor de standaard behandeling. Alhoewel een aantal correlaties significant zijn, zijn de correlatiecoëfficiënten zodanig laag (allemaal tussen -0.4 en +0.4) dat geconcludeerd kan worden dat de bodem variabelen niet van invloed zijn op opbrengstgegevens en op de gemeten NDVI's.

In bovenstaand geval zijn verschillende locaties op het veld samengenomen (namelijk de vlakken, 1, 30, 3W, 5 en 13). Echter, als de dataset wordt opgesplitst naar deze locaties op het veld en dan gekeken wordt naar mogelijke verbanden tussen bodem variabelen en opbrengst, en NDVI's, worden ook geen duidelijke verbanden aangetroffen. Tabel 26 t/m Tabel 30.

Tabel 25. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor perceel "Over de Weg".

	YIELD		NDVI 1904		NDVI 2904		NDVI 0106	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
BULKDICHTHEID	-0.06	0.015	0.08	0.002	0.05	0.031	-0.09	0.001
CACO3	0.05	ns	-0.26	<0.0001	-0.16	<0.0001	0.07	0.005
K_GETAL	0.09	0.001	-0.13	<0.0001	-0.14	<0.0001	0.08	0.002
LIGGING	0.16	0.000	-0.30	<0.0001	-0.26	<0.0001	-0.08	0.003
LUTUM	-0.03	ns	0.26	<0.0001	0.16	<0.0001	-0.04	ns
MO	0.01	ns	0.01	ns	0.00	ns	-0.02	ns
MG	0.06	0.019	0.02	ns	-0.06	0.013	0.03	ns
OS	0.04	ns	-0.23	<0.0001	-0.12	<0.0001	0.09	0.001
PW	0.03	ns	-0.04	ns	-0.05	0.026	0.06	0.020
UITSPOELING	0.01	ns	-0.19	<0.0001	-0.13	<0.0001	-0.03	ns
WATERRETENTIE	0.04	0.088	-0.25	<0.0001	-0.13	<0.0001	0.06	0.022
ZANDFRACTIE	0.03	ns	-0.26	<0.0001	-0.16	<0.0001	0.04	ns
PH	0.00	ns	0.28	<0.0001	0.16	<0.0001	-0.05	0.038
min	-0.06		-0.30		-0.26		-0.09	
max	0.16		0.28		0.16		0.09	

Tabel 26 De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 1 op perceel "Over de Weg".

baan 1	YIELD		NDVI 1904		NDVI 2904		NDVI 0106	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
BULKDICHTHEID	-0.10	0.040						
CACO3	0.11	0.024	-0.11	0.033	-0.14	0.005	-0.19	0.000
K_GETAL	0.15	0.003	-0.21	<0.001	-0.11	0.027		
HOOGTE	0.14	0.004	-0.26	<0.001	-0.21	<0.001	0.17	0.001
LUTUM			-0.12	<0.001			0.30	<0.001
MO	-0.11	0.027	0.31	<0.001	0.18	0.000		
MG							0.17	0.0011
OS	0.13	0.007	-0.12	0.019	-0.16	0.001	-0.12	0.019
PW			-0.15	0.0042			-0.27	<0.001
UITSPOELING			0.14	0.0073			-0.26	<0.001
WATERRETENTIE							-0.30	<0.001
ZANDFRACTIE			0.11	0.029	0.11	0.027	0.36	<0.001
PH								
min	-0.11		-0.26		-0.21		-0.30	
max	0.15		0.31		0.18		0.36	
aantal datapunten	402		360		413		361	

Tabel 27. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 13 op perceel "Over de Weg".

baan 13	YIELD		NDVI 1904		NDVI 2904		NDVI 0106	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
BULKDICHTHEID								
CACO3								
K_GETAL								
HOOGTE	0.17	0.000	0.15	0.001			-0.25	<0.001
LUTUM								
M0					-0.09	0.029		
MG					-0.09	0.029		
OS					0.09	0.030		
PW					-0.09	0.033		
UITSPOELING								
WATERRETENTIE								
ZANDFRACTIE			0.00					
PH								
min	0.17		0.00		-0.09		-0.25	
max	0.17		0.15		0.09		-0.25	
aantal datapunten	521		481		548		507	

Tabel 28. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 30 op perceel "Over de Weg".

baan 30	YIELD		NDVI 1904		NDVI 2904		NDVI 0106	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
BULKDICHTHEID			-0.22	0.040				
CACO3	-0.28	0.009	0.24	0.025			-0.37	0.001
K_GETAL			0.32	0.003				
HOOGTE								
LUTUM							0.44	<0.0001
M0			-0.33	0.0019				
MG			-0.22	0.0388			0.25	0.03
OS	-0.24	0.040					-0.38	0.001
PW								
UITSPOELING			-0.34	0.0016	-0.23	0.032	-0.28	0.015
WATERRETENTIE							-0.50	<0.0001
ZANDFRACTIE							-0.43	<0.0001
PH	0.26	0.015					0.37	0.001
min	-0.28		-0.34		-0.23		-0.50	
max	0.26		0.32		-0.23		0.44	
aantal datapunten	85		86		85		76	

Tabel 29. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 3W op perceel "Over de Weg".

baan 3W	YIELD		NDVI 1904		NDVI 2904		NDVI 0106	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
BULKDICHTHEID								
CACO3			-0.20	0.0033	-0.29	<0.0001	0.18	0.005
K_GETAL			-0.25	0.003	-0.35	<0.0001		
HOOGTE			-0.46	<0.0001	-0.48	<0.0001		
LUTUM			0.19	0.0056	0.30	<0.0001	-0.15	0.0235
M0								
MG	0.12	0.045	-0.23	0.001	-0.28	<0.0001		
OS					-0.29	<0.0001		
PW	0.13	0.033	-0.21	0.0023				
UITSPOELING			-0.17	0.0119	-0.21	0.0009		
WATERRETENTIE			-0.17	0.0118	-0.28	<0.0001	0.18	0.006
ZANDFRACTIE			-0.19	0.0057	-0.30	<0.0001	0.15	0.023
PH			0.16	0.024	0.26	<0.0001	-0.15	0.022

min	0.12		-0.46		-0.48		-0.15
max	0.13		0.19		0.30		0.18
aantal datapunten	261		209		239		238

Tabel 30. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 5 op perceel "Over de Weg".

baan 5	YIELD		NDVI 1904		NDVI 2904		NDVI 0106	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
BULKDICHTHEID			-0.32	<0.0001	-0.20	0.000		
CACO3	0.13	0.009	0.24	<0.0001	0.16	0.003		
K_GETAL			0.16	0.0065				
HOOGTE			-0.21	0.0004	-0.19	0.000	-0.36	<0.0001
LUTUM			-0.18	0.002	-0.13	0.017		
M0			0.13	0.0245			0.21	0.0001
MG					-0.13	0.015		
OS	0.11	0.030	0.28	<0.0001	0.24	<0.0001		
PW								
UITSPOELING								
WATERRETENTIE			0.19	0.001	0.16	0.0032		
ZANDFRACTIE			0.18	0.002	0.13	0.017		
PH			-0.23	<0.0001	-0.21	<0.0001		
min	0.11		-0.32		-0.21		-0.36	
max	0.13		0.28		0.24		0.21	
aantal datapunten	395		284		357		314	

6.4.3. BIS10.20 (KMWP)

Een groot aantal bodemkarakteristieken correleert relatief sterk (<-0.5 of > 0.5) met opbrengsten. en met de NDVI van 7 mei en 6 juli. (Tabel 31).

Uitgesplitst naar locatie (vlak/baan) in het veld komen veel van deze correlaties terug. In Tabel 32 t/m Tabel 37 zijn alleen significante correlaties (p-waarde <0.05) weergegeven.. De bodem heeft een duidelijke invloed bij de KMWP op opbrengst en CropCircle metingen.

Tabel 31. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor perceel "BIS10.20".

	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID	-0.52	<0.0001	-0.45	<0.0001	-0.66	<0.0001
CACO3	-0.53	<0.0001	-0.49	<0.0001	-0.63	<0.0001
K_GETAL	0.41	<0.0001	0.38	<0.0001	0.62	<0.0001
HOOGTE	0.07	0.011	0.03	ns	-0.11	0.001
LUTUM	0.53	<0.0001	0.49	<0.0001	0.63	<0.0001
M0	-0.41	<0.0001	-0.39	<0.0001	-0.62	<0.0001
MG	0.41	<0.0001	0.38	<0.0001	0.62	<0.0001
OS	0.37	<0.0001	0.26	<0.0001	0.58	<0.0001
PW	-0.23	<0.0001	-0.44	<0.0001	-0.21	<0.0001
UITSPOELING	-0.53	<0.0001	-0.47	<0.0001	-0.65	<0.0001
WATERRETENTIE	-0.53	<0.0001	-0.48	<0.0001	-0.63	<0.0001
ZANDFRACTIE	-0.53	<0.0001	-0.48	<0.0001	-0.64	<0.0001
PH	0.52	<0.0001	0.48	<0.0001	0.65	<0.0001
min	-0.53		-0.49		-0.66	
max	0.53		0.49		0.65	
aantal datapunten	1347		240		839	

Tabel 32. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 1 op perceel "BIS10.20".

baan 1	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID	-0.65	<0.0001			-0.74	<0.0001
CACO3	-0.65	<0.0001			-0.73	<0.0001
K_GETAL	0.60	<0.0001			0.68	<0.0001
HOOGTE	-0.13	0.001			-0.19	<0.0001
LUTUM	0.65	<0.0001			0.73	<0.0001
M0	-0.58	<0.0001			-0.69	<0.0001
MG	0.60	<0.0001			0.68	<0.0001
OS	0.53	<0.0001	-0.32	0.0317	0.64	<0.0001
PW	-0.25	<0.0001	-0.61	<0.0001	-0.30	<0.0001
UITSPOELING	-0.65	<0.0001			-0.74	<0.0001
WATERRETENTIE	-0.64	<0.0001			-0.72	<0.0001
ZANDFRACTIE	-0.65	<0.0001			-0.73	<0.0001
PH	0.65	<0.0001			0.73	<0.0001
min	-0.65		-0.61		-0.74	
max	0.65		-0.32		0.73	
aantal datapunten	616		44			

Tabel 33. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 5A op perceel "BIS10.20".

baan 5A	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID	-0.66	0.007			0.76	0.002
CACO3	-0.56	0.030			0.75	0.002
K_GETAL	0.81	0.003				
HOOGTE	-0.55	0.036				
LUTUM	0.56	0.030			-0.75	0.002
M0	-0.81	0.000				
MG	0.81	0.000				
OS	0.73	0.002				
PW	0.71	0.003			-0.60	0.022
UITSPOELING	-0.57	0.027			0.73	0.0031
WATERRETENTIE	-0.57	0.027			0.72	0.0039
ZANDFRACTIE	-0.56	0.030			0.75	0.0018
PH	0.67	0.006			-0.75	0.0018
min	-0.81		0.00		-0.75	
max	0.81		0.00		0.76	
aantal datapunten	15		4		14	

Tabel 34. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 5C op perceel "BIS10.20".

baan 5C	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID	-0.63	<0.0001	-0.82	<0.0001	-0.76	<0.0001
CACO3	-0.65	<0.0001	-0.83	<0.0001	-0.77	<0.0001
K_GETAL	0.65	<0.0001	0.82	<0.0001	0.77	<0.0001
HOOGTE	-0.52	<0.0001	-0.67	<0.0001	-0.63	<0.0001
LUTUM	0.65	<0.0001	0.83	<0.0001	0.77	<0.0001
M0	0.66	<0.0001	-0.83	<0.0001	-0.78	<0.0001
MG	0.65	<0.0001	0.82	<0.0001	0.77	<0.0001
OS	0.65	<0.0001	0.84	<0.0001	0.81	<0.0001
PW						
UITSPOELING	-0.64	<0.0001	-0.83	<0.0001	-0.77	<0.0001
WATERRETENTIE	-0.64	<0.0001	-0.83	<0.0001	-0.77	<0.0001
ZANDFRACTIE	-0.65	<0.0001	-0.83	<0.0001	-0.77	<0.0001
PH	0.64	<0.0001	0.82	<0.0001	0.75	<0.0001
min	-0.65		-0.83		-0.78	
max	0.66		0.84		0.81	
aantal datapunten	153		38		78	

Tabel 35. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 5E op perceel "BIS10.20".

baan 5E	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID	-0.69	<0.0001	-0.45	0.003	-0.82	<0.0001
CACO3	-0.67	<0.0001	-0.38	0.013	-0.81	<0.0001
K_GETAL	0.69	<0.0001	0.92	<0.0001	0.69	<0.0001
HOOGTE	0.35	<0.0001	0.81	<0.0001	0.29	0.006
LUTUM	0.67	<0.0001	0.38	0.013	0.81	<0.0001
M0	-0.70	<0.0001	-0.93	<0.0001	-0.69	<0.0001
MG	0.69	<0.0001	0.92	<0.0001	0.69	<0.0001
OS	0.68	<0.0001	0.92	<0.0001	0.69	<0.0001
PW						<0.0001
UITSPOELING	-0.68	<0.0001	-0.43	0.005	-0.83	<0.0001
WATERRETENTIE	-0.65	<0.0001			-0.77	<0.0001
ZANDFRACTIE	-0.67	<0.0001	-0.38	0.013	-0.81	<0.0001
PH	0.71	<0.0001	0.48	0.001	0.83	<0.0001
min	-0.70		-0.93		-0.83	
max	0.71		0.92		0.83	
aantal datapunten	169		41		88	

Tabel 36. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 5G op perceel "BIS10.20".

baan 5G	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID						
CACO3						
K_GETAL						
HOOGTE			-0.88	<0.0001		
LUTUM						
M0						
MG						
OS			-0.54	0.037		
PW			-0.80	0.000		
UITSPOELING						
WATERRETENTIE						
ZANDFRACTIE						
PH						
min	0.00		-0.88		0.00	
max	0.00		-0.54		0.00	
aantal datapunten	54		15		40	

Tabel 37. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor baan 9 op perceel "BIS10.20".

baan 9	YIELD		NDVI0705		NDVI0607	
	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde	spearman	p-waarde
BULKDICHTHEID	-0.36	<0.0001	-0.39	<0.0001	-0.58	<0.0001
CACO3	-0.33	<0.0001	-0.48	<0.0001	-0.60	<0.0001
K_GETAL	0.32	<0.0001	0.40	<0.0001	0.55	<0.0001
HOOGTE	0.19	0.001	0.25	0.032		
LUTUM	0.33	<0.0001	0.48	<0.0001	0.60	<0.0001
M0	-0.31	<0.0001	-0.38	0.000	-0.55	<0.0001
MG	0.32	<0.0001	0.40	<0.0001	0.55	<0.0001
OS	0.32	<0.0001	0.37	0.000	0.49	<0.0001
PW	0.14	0.009				
UITSPOELING	-0.35	<0.0001	-0.44	<0.0001	-0.58	<0.0001
WATERRETENTIE	-0.33	<0.0001	-0.47	<0.0001	-0.59	<0.0001
ZANDFRACTIE	-0.32	<0.0001	-0.47	<0.0001	-0.64	<0.0001
PH	0.35	<0.0001	0.39	<0.0001	0.58	<0.0001
min	-0.36		-0.48		-0.64	
max	0.35		0.48		0.60	
aantal datapunten	340		98		223	

6.4.4. Perceel_3 (Wage)

Opvallend is dat de opbrengst relatief sterk gerelateerd is met de hoogteligging van het perceel. (

Tabel 38) De lagere delen geven een significante hogere opbrengst. Dit is ook duidelijk terug te zien in de hoogteligging en de opbrengstfiguren. De gedachte dat dit samen kan hangen met verschil in grondwaterstand lijkt op basis van de uitgevoerde metingen zoals beschreven in xxxx naar de grondwaterstand niet aannemelijk. Relaties tussen bodemkarakteristieken en NDVI metingen zijn nauwelijks van waarde; over het algemeen is de correlatiecoëfficiënt te laag om een goed verband te kunnen aanwijzen.

Uitsplitsen van de relaties naar locatie in het veld (vlak/strook) geeft zoals te zien is in Tabel 39 t/m Tabel 42 geen sterkere verbanden tussen SoilCompany bodemkenmerken en opbrengsten en NDVI metingen.

Tabel 38. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI op perceel_3.

	YIELD		NDVI 1806		NDVI 2807		NDVI 2808		NDVI 0509	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
HOOGTE	-0.55	<0.0001	0.02	ns	0.27	<0.0001	-0.28	<0.0001	-0.17	<0.0001
BULKDICHTH	-0.32	<0.0001	-0.02	ns	0.15	<0.0001	-0.07	0.005	-0.09	0.000
KGETAL	0.07	0.002	-0.02	ns	-0.09	0.000	0.15	<0.0001	0.07	0.005
LUTUM	0.29	<0.0001	0.05	0.045	-0.11	<0.0001	-0.07	0.006	0.05	0.037
M50	-0.28	<0.0001	0.02	ns	0.11	<0.0001	-0.27	<0.0001	-0.09	0.001
MG	0.11	<0.0001	-0.04	0.076	-0.05	0.021	0.22	<0.0001	0.02	ns
OS	0.29	<0.0001	0.02	ns	-0.15	<0.0001	0.08	0.002	0.08	0.003
PW	-0.10	<0.0001	0.05	0.017	0.02	0.500	-0.26	<0.0001	-0.03	ns
UITSPOELING	-0.33	<0.0001	-0.02	ns	0.16	<0.0001	-0.05	ns	-0.09	0.000
WATERRETENTIE	0.34	<0.0001	0.02	ns	-0.17	<0.0001	0.03	ns	0.09	0.001
ZANDFRACTIE	-0.29	<0.0001	-0.05	0.046	0.11	<0.0001	0.07	0.006	-0.05	0.038
min	-0.55		-0.05		-0.17		-0.28		-0.17	
max	0.34		0.05		0.27		0.22		0.09	
aantal datapunten	1710		1921		1874		1463		1481	

Tabel 39. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor vlak 1 op perceel_3.

vlak 1	YIELD		NDVI1806		NDVI2807		NDVI2808		NDVI0509	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
HOOGTE										
BULKDICHTH										
KGETAL	-0.10	0.015								
LUTUM										
M50	-0.08	0.034			-0.10	0.015			-0.12	0.003
MG					0.10	0.023			0.11	0.008
OS										
PW	-0.09	0.027			-0.09	0.025			-0.10	0.021
UITSPOELING										
WATERRETENTIE										
ZANDFRACTIE										
min	-0.10		0.00		-0.10		0.00		-0.12	
max	-0.08		0.00		0.10		0.00		0.11	
aantal datapunten	660		590		560		557		576	

Tabel 40. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor vlak 4 op perceel_3.

vlak 4	YIELD		NDVI1806		NDVI2807		NDVI2808		NDVI0509	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
HOOGTE			-0.12	0.008	-0.09	0.046			-0.14	0.001
BULKDICHTH	-0.12	0.003			-0.10	0.020			-0.15	0.001
KGETAL	0.15	0.000			0.13	0.003	0.25	<0.0001	0.16	0.000
LUTUM	-0.08	0.046			-0.13	0.005	-0.28	<0.0001	-0.17	0.000
M50	-0.08	<0.0001					-0.24	<0.0001		
MG		<0.0001					0.24	<0.0001	-0.09	0.044
OS	0.14	0.001			0.12	0.008	0.10	0.030	0.16	0.000
PW					-0.09	0.047	-0.28	<0.0001		
UITSPOELING	-0.09	0.034							-0.11	0.016
WATERRETENTIE						-0.140	0.002			
ZANDFRACTIE	0.09	0.044			0.13	0.005	0.28	<0.0001	0.18	<0.0001
min	-0.12		-0.12		-0.13		-0.28		-0.17	
max	0.15		-0.12		0.13		0.28		0.18	
aantal datapunten	561		497		496		487		487	

Tabel 41. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor vlak 5 op perceel_3.

vlak 5	YIELD		NDVI1806		NDVI2807		NDVI2808		NDVI0509	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
HOOGTE	0.17	0.000	-0.16	0.001			0.26	<0.0001		
BULKDICHTH							0.15	0.002		
KGETAL	-0.10	0.021					-0.18	0.000		
LUTUM							-0.15	0.002		
M50									0.13	0.007
MG									-0.11	0.028
OS							-0.16	0.001		
PW									0.11	0.027
UITSPOELING							0.16	0.001		
WATERRETENTIE						-0.17	0.001			
ZANDFRACTIE							0.15	0.002		
min	-0.10		-0.16		0.00		-0.18		-0.11	
max	0.17		-0.16		0.00		0.26		0.13	
aantal datapunten	489		446		423		418		418	

Tabel 42. De correlaties tussen bodem variabelen en opbrengst en NDVI voor vlak 8 op perceel_3.

vlak 8	YIELD		NDVI1806		NDVI2807		NDVI2808		NDVI0509	
	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p	Spear.	p
HOOGTE			0.25	<0.0001	0.25	<0.0001				
BULKDICHTH					0.19	0.000				
KGETAL					-0.16	0.001				
LUTUM			-0.28	<0.0001						
M50			-0.14	0.005	0.21	<0.0001				
MG			0.20	<0.0001	-0.19	0.000				
OS					-0.17	0.001				
PW			-0.19	0.000	0.16	0.001				
UITSPOELING			0.18	0.001	0.17	0.001				
WATERRETENTIE		-0.25	<0.0001	-0.14	0.007					
ZANDFRACTIE			0.28	<0.0001						
min	0.00		-0.28		-0.19		0.00		0.00	
max	0.00		0.28		0.25		0.00		0.00	
aantal datapunten	0		388		395		1		0	

6.5. Vraag 4: is sturen met behulp van de MijnAkker data mogelijk? Resultaten van MijnAkker vergelijken met de GreenSeeker en CropCircle resultaten.

Om de vraag te beantwoorden of het mogelijk is om op basis van remote sensing opnamen zoals beschikbaar gesteld door MijnAkker met behulp van stikstof bemesting te sturen, is een vergelijking gemaakt tussen NDVI data van MijnAkker met NDVI data van de CropCircle en de GreenSeeker. Hiertoe zijn opnamen van vergelijkbare datum zoals weergegeven in

Tabel 43 gebruikt.

Hiermee worden de volgende vragen beantwoord:

- 1) komt de NDVI van de 2 beelden in de verschillende plots overeen?
- 2) komt de NDVI van de 2 beelden in de verschillende behandelingen overeen?

Als basis zijn de MijnAkker rasterpunten genomen. Daaraan is gepaard de near sensing opname die binnen een afstand van 5 meter van dit rasterpunt beschikbaar is. In geval dat er meer near-sensing data binnen vijf meter beschikbaar is, is het gemiddelde gebruikt.

Van de punten die gepaarde waarnemingen hebben zijn alleen die punten gebruikt die duidelijk binnen de behandelde plots liggen.

Tabel 43. Beschikbare remote- en near-sensing opnamen op een tweetal bedrijven.

Bedrijf	MijnAkker beeld	Near-sensing beeld	Type sensor
KMWP	14 mei 2010	7 mei 2010	CropCircle
Lenus Hamster	23 april 2010	19 april 2010	GreenSeeker
Lenus Hamster	23 april 2010	29 april 2010	GreenSeeker

6.5.1. Methode KMWP:

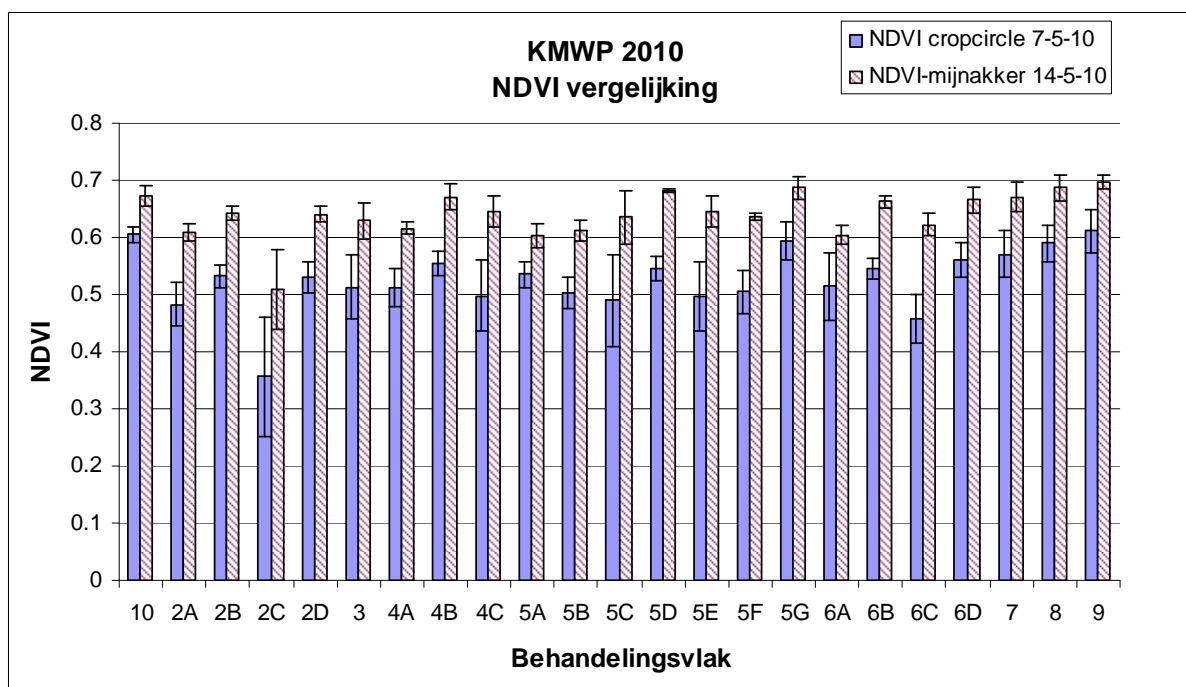
Omdat de NDVI-waarden van de cropcircle sensoren bij de KMWP gecorrigeerd zijn (1 sensor gaf hele lage waarden), is de spearman correlatiecoëfficiënt berekend (deze gaat uit van rangcorrelatie en niet van de absolute waarden).

Tabel 44. Overzicht van de vlakken met hun behandelingen bij de KMWP

trt	omschrijving	vlak	KMgift1	KMgift2	KMtotaal
trt1	5B = 0 kgN	5B	0	116	116
trt1	5D = 0 kgN	5D	0	116	116
trt1	5F = 0 kgN	5F	0	116	116
trt2	2C = 50 + 70 kgN	2C	50	70	120
trt3	6C = 50 + 80 kgN	6C	50	80	130
trt4	2A = 50 + 100 kgN	2A	50	100	150
trt4	2D = 50 + 100 kgN	2D	50	100	150
trt4	6A = 50 + 100 kgN	6A	50	100	150
trt4	6D = 50 + 100 kgN	6D	50	100	150
trt5	2B = 50 + 120 kgN	2B	50	120	170
trt5	6B = 50 + 120 kgN	6B	50	120	170
trt6	4A = 100 + 100 kgN	4A	100	100	200
trt6	4C = 100 + 100 kgN	4C	100	100	200
trt7	1 = 100 kgN	1	100	116	216
trt7	5A = 100 kgN	5A	100	116	216
trt7	5C = 100 kgN	5C	100	116	216
trt7	5E = 100 kgN	5E	100	116	216
trt7	5G = 100 kgN	5G	100	116	216
trt7	9 = 100 kgN	9	100	116	216
trt8	10 = 100 + 130 kgN	10	100	130	230
trt8	4B = 100 + 120 kgN	4B	100	120	220
trt8	8 = 100 + 120 kgN	8	100	120	220
trt9	3 = 150 kgN	3	150	116	266
trt9	7 = 150 kgN	7	150	116	266

Resultaten

Vergelijking NDVI van de cropcircle van 7 mei met de NDVI van mijnakker



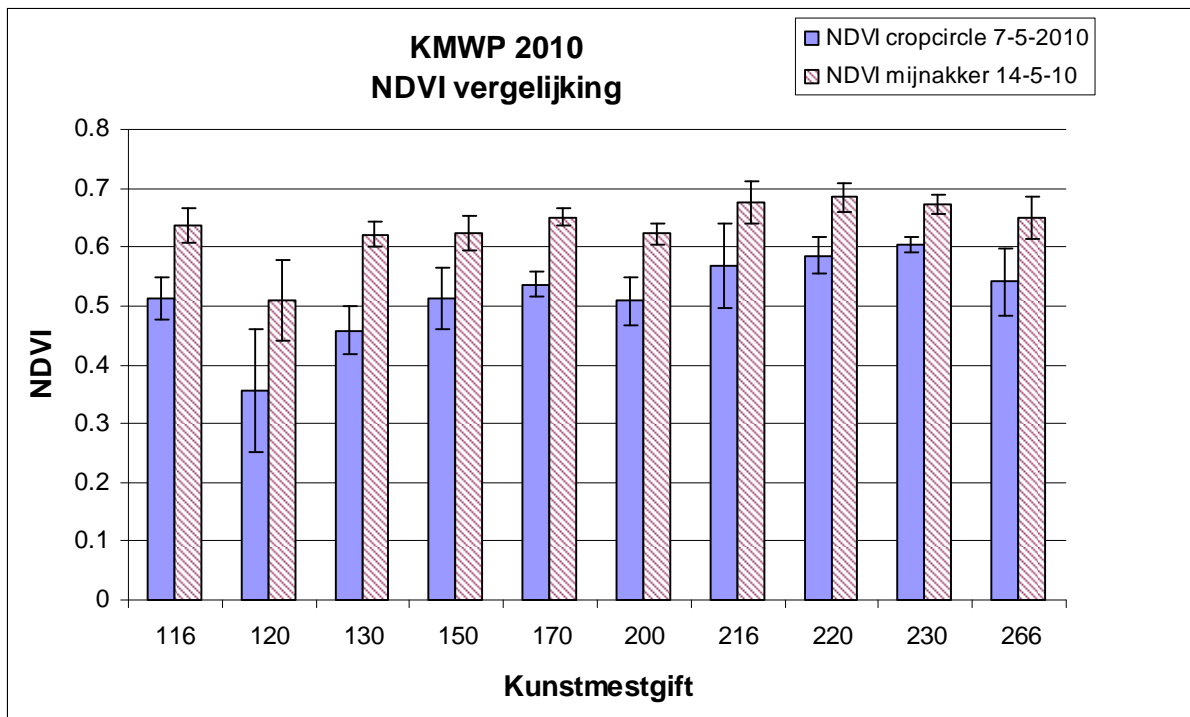
Figuur 54. Gemiddelde NDVI van MijnAkker en van de CropCircle per plot op perceel BIS10.20.

Tabel 45.

vlak	spearman	p-waarde	N
gehele perceel	0.81	<0.0001	2634
10	0.54	<0.0001	497
2A	0.13	ns	134
2B	0.04	ns	111
2C	0.83	<0.0001	53
2D	0.61	0.002	32
3	0.82	<0.0001	165
4A	0.54	<0.0001	329
4B	0.33	0.0259	45
4C	0.65	<0.0001	85
5A	N.A.*	N.A.*	5
5B	-0.03	ns	37
5C	0.64	<0.0001	39
5D	0.24	ns	18
5E	0.61	<0.0001	84
5F	0.27	ns	27
5G	0.79	<0.0001	65
6A	0.28	0.02	74
6B	0.19	ns	65
6C	0.63	<0.0001	54
6D	0.88	<0.0001	71
7	0.82	<0.0001	152
8	0.58	<0.0001	324
9	0.45	<0.0001	168

* te weinig waarnemingen om een correlatie te bepalen.

Voor niet alle vlakken komt de NDVI van mijnakker overeen met de NDVI van de cropcircle. Dit zou betekenen dat voor deze vakken de NDVI tot een ander bemestingsadvies zou hebben geleid.



Figuur 55. Gemiddelde NDVI van MijnAkker en van de CropCircle per behandeling op perceel BIS10.20.

Tabel 46. Correlaties tussen MijnAkker beeld van 14 mei en een CropCircle beeld van 7 mei per behandeling op perceel "BIS10.20".

KMgift	spearman	p-waarde	N
116	0.48	<0.0001	82
120	0.83	<0.0001	52
130	0.63	<0.0001	54
150	0.58	<0.0001	311
170	0.33	<0.0001	176
200	0.42	<0.0001	414
216	0.83	<0.0001	361
220	0.6	<0.0001	369
266	0.88	<0.0001	317

Als gekeken wordt naar de totale stikstofgift en de correlaties tussen de NDVI van mijnakker en van de CropCircle valt op dat alle correlaties significant zijn. Echter, bij bepaalde kunstmestgiften zijn de spearmancoëfficiënten erg laag (bv KMgift 116, Spearman = 0.48; KMgift = 170, spearman = 0.42). Ook dit zou kunnen leiden tot een verkeerd bemestingsadvies.

6.5.2. Methode Hamster:

in arcgis: near-sensing spatial join met mijnakker punt data, afstand maximaal 5 meter. Dit betekent dat de mijnakker punten aan meerdere near-sensing punten gekoppeld worden.

Hamster: filenaam: H_NDVI1904_MA2305_Jo en H_NDVI2904_MA2304_Jo

Daarna per vlak (inclusief behandeling, omschrijving en Ngift) de gecombineerde mijnakker-cropcircle data geselecteerd. Als vlak is het gebufferde vlak gebruikt (aan alle zijden 3 meter smaller).

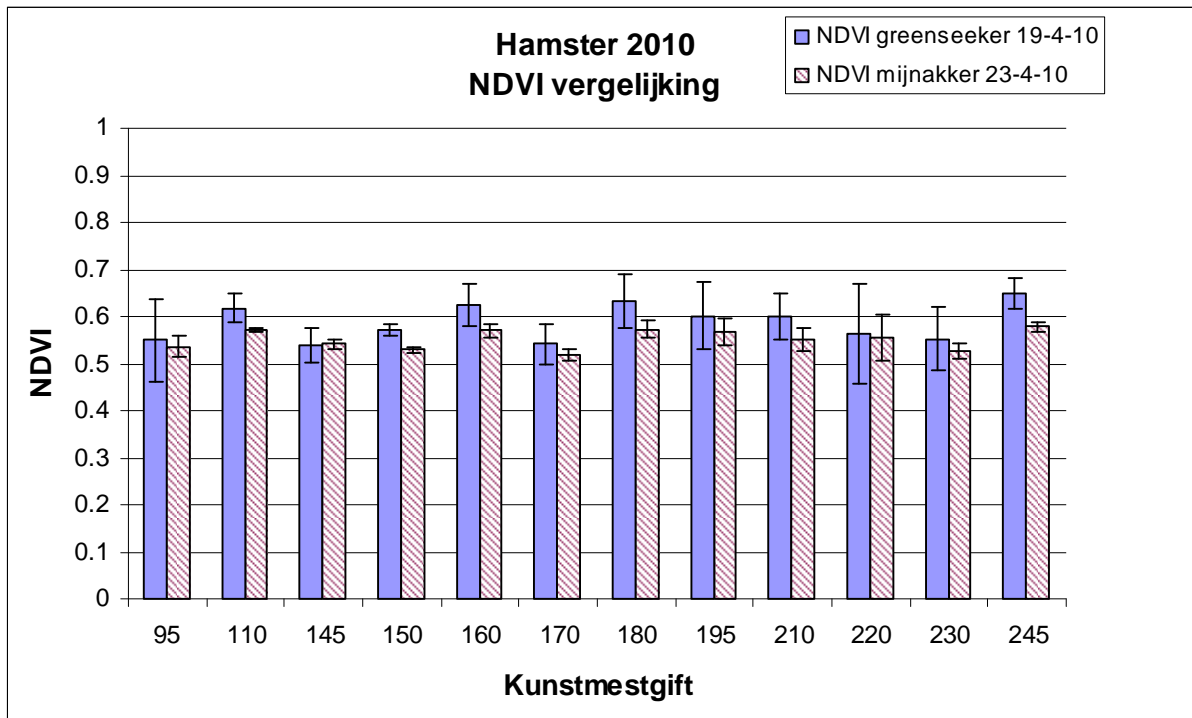
H_NDVI1904_MA2304_bufvlak.dbf

H_NDVI2904_MA2304_bufvlak.dbf

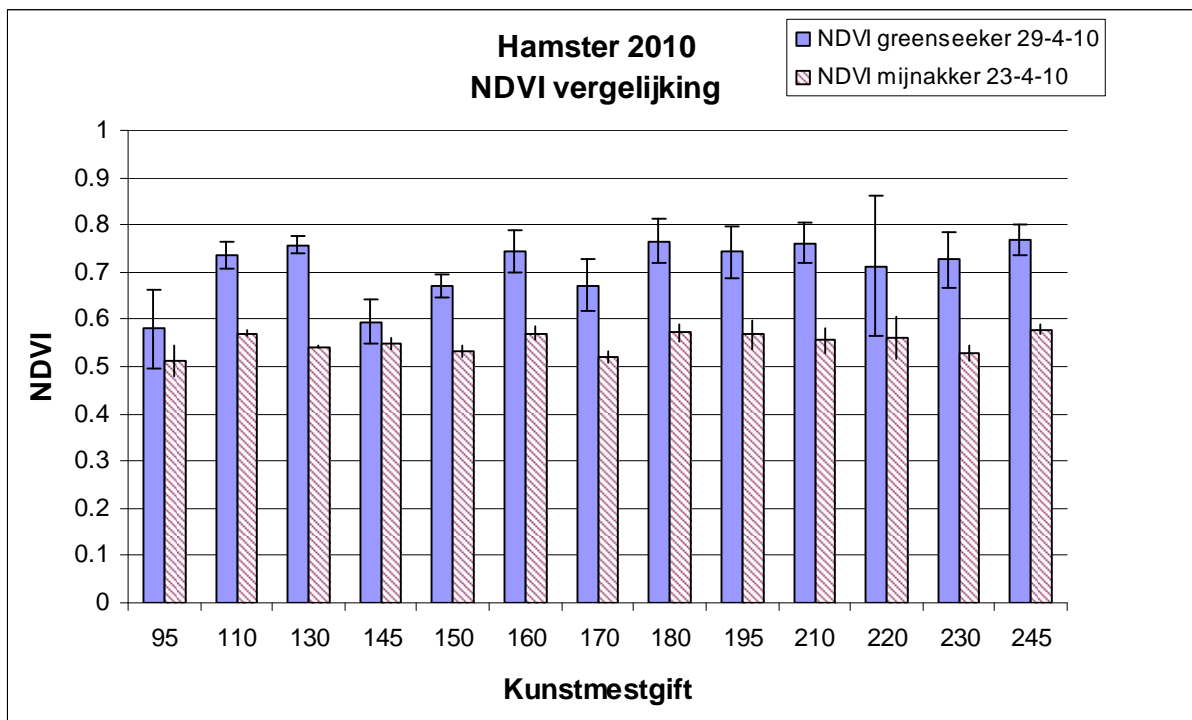
In statistiek gemiddelde NDVI vanuit near-sensing per pointid (van mijnakker) berekenen.

Daarna correlatie tussen NDVI van mijnakker met gemiddelde NDVI van de greenseker per mijnakker punt per plot en per behandeling. Als correlatiecoëfficiënt is de spearman correlatiecoëfficiënt berekend (deze gaat uit van rangcorrelatie en niet van de absolute waarden).

Resultaten per kunstmestgift



Figuur 56. Gemiddelde NDVI van MijnAkker van 23 april en van de GreenSeeker van 19 april per behandeling op perceel "Over de Weg".



Figuur 57. Gemiddelde NDVI van MijnAkker van 23 april en van de GreenSeeker van 29 april per behandeling op perceel "Over de Weg".

Tabel 47. Correlaties tussen MijnAkker beeld van 23 april en een GreenSeeker beeld van 19 april en van 29 april per behandeling op perceel "Over de Weg".

KMgift	N	gs19-4 met ma23-4		KMgift	gs29-4 met ma23-4		p-waarde
		spearman	p-waarde		spearman	p-waarde	

95	18	0.78	<0.0001		95	22	0.62	0.002
110	9	0.74	0.02		110	11	0.63	0.04
130	0				130	3	0.87	ns
145	13	-0.01	ns		145	10	0.34	ns
150	7	-0.32	ns		150	9	0.25	ns
160	182	0.33	<0.0001		160	184	0.41	<0.0001
170	61	0.35	0.006		170	71	0.43	0.0002
180	164	0.34	<0.0001		180	178	0.48	<0.0001
195	551	0.46	<0.0001		195	586	0.36	<0.0001
210	54	0.57	<0.0001		210	53	0.42	0.002
220	45	0.69	<0.0001		220	35	0.7	<0.0001
230	49	0.58	<0.0001		230	55	0.41	0.002
245	108	0.13	ns		245	104	0.22	0.02

Voor veel behandelingen zijn de correlaties niet significant of is de spearman coefficient laag. Dit kan tot gevolg hebben dan een bemestingsadvies op grond van de NDVI van mijnakker er anders uit zou zien dan het advies op grond van de NDVI van de greenseeker.

Zeker als je de correlaties per behandelingsvlak bekijkt (mijnakkerbeeld van 23 april met greenseeker van 19 april), dan valt op dat in veel vlakken er geen of een slecht correlatie wordt gevonden.

Tabel 48. Correlaties tussen MijnAkker beeld van 23 april en een GreenSeeker beeld van 19 april per plot op perceel "Over de Weg".

correlatie Mijnakker -Greenseeker van 19-4-10			
vlak	N	spearman	p-waarde
gehele perceel	1261	0.54	<0.0001
			<0.0001
1	101	0.19	ns
10	108	0.13	ns
11O1	9	0.46	ns
11O2	11	0.25	ns
11O3	35	-0.18	ns
11W1	32	0.53	0.002
11W2	15	-0.47	ns
12M	28	0.05	ns
12O	13	-0.74	0.004
12W	3	-0.5	ns
13	122	0.16	ns
2M	17	-0.17	ns
2O2	19	0.55	0.01
2W1	42	-0.01	ns
2W2a	7	-0.32	ns
2W2b	9	0.74	0.02
3M	3	NA	NA
3O	26	0.53	0.006
3W	65	0.72	<0.0001
4M	49	0.58	<0.0001
4O	20	0.28	ns
4W	34	-0.005	ns
5	95	0.62	<0.0001
6O	21	0.09	ns
6W	80	0.16	ns
7M	43	-0.14	ns
7O	9	0.07	ns

7W	45	0.09	ns
8M	13	-0.01	ns
8O	51	-0.002	ns
8W	28	0.28	ns
9M	15	0.64	0.009
9O	63	-0.18	ns
9W	30	-0.12	ns

7. Conclusies

7.1. Algemeen

Een plaats specifieke bemesting strategie heeft in het seizoen 2010 goed uitgewerkt. Met compenseren van achterblijvende groei is er kunstmest bespaard, bij stimuleren van een goede gewas ontwikkeling is er een opbrengst verhoging geconstateerd.

De NDVI blijkt op zichzelf geen goede voorspeller van de eindopbrengst, behalve een late opname op perceel BIS10.20. Individuele bodem parameters tonen zich alleen op perceel BIS10.20 een goede voorspeller voor gewas ontwikkeling en opbrengst. Lineaire regressie modellen van meerdere variabelen geven een weinig verbetering t.o.v de enkele variabelen.

De relatie tussen MijnAkker remote sensing opnamen en eigen sensor waarnemingen is redelijk goed.

7.2. Praktische aanbevelingen

- Nul veldjes aanleggen met of:
 - Spuit → vloeibaar
 - Pneumaat → grote investering
- GreenSeeker op "raw data" zetten
 - NDVI is niet onderscheidend genoeg
 - Uit die data de WDVI berekenen
 - → MijnAkker moet ook WDVI leveren
- Compenseren van achterblijvende groei:
 - Kunstmest besparing met iets lagere opbrengst
- Potentieel uitbaten
 - Meer opbrengst bij gelijke kunstmest gift

8. Appendices.

8.1. Appendix 1. Toets op het significant verschillen van behandelingen op "Over de Weg"(Hamster).

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	15	trt1 trt10 trt11 trt12 trt13 trt14 trt15 trt2 trt3 trt4 trt5 trt6 trt7 trt8 trt9

Number of Observations Used 17673

Dependent Variable: logyield

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	15.8465142	1.1318939	40.62	<.0001
Error	17658	492.0009611	0.0278628		
Corrected Total	17672	507.8474753			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	logyield Mean
	0.031203	6.644270	0.166921	2.512262

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	15.84651423	1.13189387	40.62	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	15.84651423	1.13189387	40.62	<.0001

8.2. Appendix 1. Toets op het significant verschillen van behandelingen op "BIS" (KMWP).

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	10	trt1 trt10 trt2 trt3 trt4 trt5 trt6 trt7 trt8 trt9

Number of Observations Read 19263

The GLM Procedure

Dependent Variable: logyield

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	89.275720	9.919524	97.09	<.0001
Error	19253	1967.125304	0.102172		
Corrected Total	19262	2056.401025			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	logyield Mean
	0.043414	12.37679	0.319644	2.582611

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	9	89.27572041	9.91952449	97.09	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	9	89.27572041	9.91952449	97.09	<.0001

8.3. Appendix 1. Toets op het significant verschillen van behandelingen op "Perceel_3" (Wage).

The GLM Procedure

Class Level Information
 Class Levels Values
 TRT 3 trt1 trt2 trt3
 Number of Observations Used 35088

Dependent Variable: logyield

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	288.951338	144.475669	1404.99	<.0001
Error	35085	3607.804666	0.102830		
Corrected Total	35087	3896.756004			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	logyield Mean
0.074152	8.336491	0.320672	3.846604

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	288.9513381	144.4756691	1404.99	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	2	288.9513381	144.4756691	1404.99	<.0001