

# Effecten van een verlaagde stikstofbemesting op marktbaar opbrengst en stikstofopname van akker- en tuinbouwgewassen

W. van Dijk, S. Burgers, H.F.M. ten Berge, A.M. van Dam, W.C.A. van Geel & J.R. van der Schoot

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 366; € .....

Projectnummer: 3250033000

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

AGV

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 83 00  
Fax : 0317 - 47 83 01  
E-mail : info.ppo@wur.nl  
Internet : www.ppo.wur.nl

# Inhoudsopgave

pagina

WOORD VOORAF.....	7
SAMENVATTING.....	8
1 INLEIDING .....	19
1.1 Aanleiding .....	19
1.2 Doel en afbakening .....	19
1.3 Leeswijzer.....	20
2 AANPAK.....	21
2.1 Selectie gewassen.....	21
2.2 Selectie datasets.....	21
2.3 Analyse data.....	21
2.3.1 Modelkeuze.....	21
2.3.2 Regressie-analyse .....	22
2.3.3 Gebruik responscurve .....	24
3 RESULTATEN ANALYSE PER GEWAS.....	25
3.1 Consumptieaardappelen.....	25
3.1.1 Beschikbare data.....	25
3.1.2 Resultaten analyse .....	26
3.1.3 Discussie .....	29
3.2 Zetmeelaardappelen .....	31
3.2.1 Beschikbare data.....	31
3.2.2 Resultaten analyse .....	32
3.2.3 Discussie .....	34
3.3 Suikerbieten.....	37
3.3.1 Beschikbare data.....	37
3.3.2 Resultaten analyse .....	37
3.3.3 Discussie .....	43
3.4 Snijmais.....	44
3.4.1 Beschikbare data.....	44
3.4.2 Resultaten analyse .....	44
3.4.3 Discussie .....	48
3.5 Korrelmais .....	49
3.5.1 Beschikbare data.....	49
3.5.2 Resultaten analyse .....	49
3.5.3 Discussie .....	52
3.6 Graszaad (Engels raigras).....	53
3.6.1 Beschikbare data :.....	53
3.6.2 Resultaten analyse .....	53
3.6.3 Discussie .....	58
3.7 Triticale.....	60
3.7.1 Beschikbare data.....	60
3.7.2 Resultaten analyse .....	60
3.7.3 Discussie .....	62
3.8 Broccoli.....	63
3.8.1 Beschikbare data.....	63

3.8.2	Resultaten analyse .....	63
3.8.3	Discussie .....	69
3.9	Bloemkool.....	70
3.9.1	Beschikbare data.....	70
3.9.2	Resultaten analyse .....	70
3.9.3	Discussie .....	75
3.10	Spinazie .....	76
3.10.1	Beschikbare data .....	76
3.10.2	Resultaten analyse.....	76
3.10.3	Discussie.....	80
3.11	Ijssla.....	81
3.11.1	Beschikbare data .....	81
3.11.2	Resultaten analyse.....	82
3.11.3	Discussie.....	97
3.12	Kropsla.....	98
3.12.1	Beschikbare data .....	98
3.12.2	Resultaten analyse.....	98
3.12.3	Discussie.....	104
3.13	Chinese kool .....	105
3.13.1	Beschikbare data .....	105
3.13.2	Resultaten analyse.....	105
3.13.3	Discussie.....	113
3.14	Knolselderij.....	114
3.14.1	Beschikbare data .....	114
3.14.2	Resultaten analyse.....	114
3.14.3	Discussie.....	117
3.15	Knolvenkel.....	118
3.15.1	Beschikbare data .....	118
3.15.2	Resultaten analyse.....	118
3.16	Prei.....	120
3.16.1	Beschikbare data .....	120
3.16.2	Resultaten analyse.....	121
3.16.3	Discussie.....	129
3.17	Stamslaboon.....	130
3.17.1	Beschikbare data .....	130
3.17.2	Resultaten analyse.....	130
3.18	Tulp .....	132
3.18.1	Beschikbare data .....	132
3.18.2	Resultaten analyse.....	133
3.18.3	Discussie.....	141
3.19	Lelie.....	142
3.19.1	Beschikbare proeven Orientals .....	142
3.19.2	Resultaten analyse Orientals.....	142
3.19.3	Discussie Oriental.....	145
3.19.4	Beschikbare proeven Aziaten .....	146
3.19.5	Resultaten analyse Aziaten .....	146
3.19.6	Discussie Aziaten .....	154
3.19.7	Combinatie Aziaten en Orientals .....	155
3.20	Gladiool.....	156
3.20.1	Beschikbare data .....	156
3.20.2	Resultaten analyse.....	156
3.20.3	Discussie.....	158
4	SYNTHESE.....	160

4.1	Kwaliteit datasets .....	160
4.2	Respons op verlaging van de N-bemesting.....	163
4.2.1	Marktbare opbrengst .....	163
4.2.2	N-opname marktbaar product .....	171
4.3	Discussie .....	176
4.4	Conclusies .....	180
5	REFERENTIES.....	181



## Woord vooraf

In 2006 is Minas vervangen door een stelsel van gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat. Voor zand- en lössgronden is de stikstofgebruiksnorm in 2006 gebaseerd op het bemestingsadvies. Voor uitspoelingsgevoelige gewassen is de gebruiksnorm in 2007 met 5% verlaagd. In 2009 is voor een aantal gewassen een verdere verlaging voorzien. Wanneer niet wordt voldaan aan waterkwaliteitsnormen zal op termijn mogelijk een verdere aanscherping plaatsvinden. In opdracht van LNV is een studie uitgevoerd naar zowel de landbouwkundige en financiële effecten als naar de milieukundige gevolgen (effecten op stikstofafvoer in marktbaar product) van verlaging van de stikstofbemesting bij deze gewassen. Onderhavig rapport beschrijft de resultaten.

Vanaf deze plaats willen we het Instituut voor Rationele Suikerproductie (IRS) bedanken voor het beschikbaar stellen van gegevens van suikerbietenproeven. Verder gaat een woord van dank uit naar de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) voor het kritisch beoordelen van het concept-rapport.

De auteurs

# Samenvatting

Voor uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond is bij de gebruiksnorm voor stikstof (N) in 2007 een korting van 5% doorgevoerd ten opzichte van het niveau van 2006. Een uitspoelingsgevoelig gewas is hierbij gedefinieerd als een gewas, waarbij bij bemesting volgens advies de nitraatnorm wordt overschreden (volgens methodiek Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen). In 2009 is voor een aantal gewassen een verdere verlaging voorzien. Wanneer niet wordt voldaan aan waterkwaliteitsnormen zal op termijn mogelijk een verdere aanscherping plaatsvinden. De N-gebruiksnorm komt daarmee voor de genoemde gewassen onder het bemestingsadvies te liggen. In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is in 2006 een studie uitgevoerd naar de consequenties van een suboptimale N-bemesting op de marktbaar opbrengst en de N-afvoer in het marktbaar product van een groot aantal akker- en tuinbouwgewassen. Onderhavig rapport beschrijft de resultaten.

## Aanpak

In de studie is gebruik gemaakt van resultaten van veldproeven met N-trappen. Er is zo veel mogelijk uitgegaan van proeven op zand- en lössgrond. Bij onvoldoende informatie zijn ook proeven op andere grondsoorten meegenomen. Dit was vooral het geval bij vollegrondsgroente- en bloembolgewassen. Bij de uiteindelijke vaststelling van de respons zijn proeven uitgesloten met minder dan vier N-trappen. Ook proeven waarbij de N-gebruiksnorm 2006 buiten het bereik van de N-trappen lag of waarbij de verdeling van de N-trappen zeer ongelijkmatig was, zijn buiten beschouwing gelaten. Deze proeven zijn wel beschreven in het rapport, omdat ze wel informatie geven over de reactie op N-bemesting.

Er is niet geselecteerd op voorvrucht en hoeveelheid minerale bodem-N bij aanvang van de teelt. Enerzijds omdat niet in alle gevallen deze informatie beschikbaar was en anderzijds omdat er ook in de praktijk sprake is van een bepaalde variatie in voorvrucht en minerale bodem-N.

De studie richtte zich op de uitspoelingsgevoelige gewassen. Er is uitgegaan van de indeling zoals die in 2005 wettelijk is vastgesteld. Niet voor alle uitspoelingsgevoelige gewassen waren gegevens beschikbaar. Met uitzondering van de fruitteeltgewassen, zijn per sector de qua areaal belangrijkste gewassen vertegenwoordigd.

De respons (marktbaar opbrengst en N-opname) is vastgesteld met behulp van regressie-analyse, waarbij is uitgegaan van twee kromlijnjige modellen:

- Tweedegraads polynoom:  $Y = \beta_0 + \beta_1 N_{\text{werkzaam}} + \beta_2 N_{\text{werkzaam}}^2$

- Exponentieel model:  $Y = \alpha + \beta \rho^{N_{\text{werkzaam}}}$

Bij Nwerkzaam is uitgegaan van de werkzame N uit meststoffen. In de meeste gevallen betrof het kunstmestproeven. Indien wel dierlijke mest is gebruikt, is op basis van de samenstelling en toedieningstijdstip de N-werking berekend.

De respons is per proef vastgesteld zodat ook informatie wordt verkregen over de spreiding. De gemiddelde respons (gemiddelde van alle beschikbare proeven) is bepaald door per proef voor een range aan N-bemestingsniveaus de marktbaar opbrengst en N-opname uit te rekenen op basis van de responscurve van de afzonderlijke proeven en vervolgens per N-bemestingsniveau het gemiddelde te nemen van de uitkomsten van alle proeven.

## Beschikbare datasets

Van een aanzienlijk aantal gewassen was wetenschappelijke informatie beschikbaar over de effecten van N-bemesting op opbrengst en kwaliteit. Informatie over de gevolgen voor de N-opname in het marktbaar product was schaarser.

De meeste proeven waren beschikbaar bij de grotere akkerbouwgewassen aardappelen, suikerbieten en snijmaïs, maar ook bij de vollegrondsgroentegewassen ijssla, kropsla, prei, knolselderij, bloemkool en knolvenkel en de bloembolgewassen tulp, lelie en gladiol stonden voldoende proeven ter beschikking voor



de vaststelling van de respons (Tabel 1).

In het algemeen waren er bij de zojuist genoemde gewassen in een groot deel van de proeven voldoende N-trappen ( $\geq 5$ ) aanwezig om de respons betrouwbaar te kunnen vaststellen. Alleen bij de lössproeven (consumptieaardappelen, suikerbieten en snijmais) en bij de gewassen triticale, stamslaboon en Chinese kool waren bij de meeste proeven slechts vier N-trappen beschikbaar.

### **Respons marktbaar opbrengst**

In Tabel 1 is de respons weergegeven van de marktbaar opbrengst bij een aantal N-gebruiksnormniveaus. Hierbij zijn de resultaten van zowel de polynoom als het exponentiële model vermeld. Tevens is het gemiddelde van beide modellen en is de minimale en maximale respons weergegeven. Daar waar informatie beschikbaar was is rekening gehouden met de kwaliteit van het product.

Bij veel gewassen gaf de polynoom een iets scherpere respons dan het exponentiële model bij de lagere gebruiksnormniveaus (50 en 60% van niveau 2006). Het verschil was het sterkst bij bloemkool. Qua percentage verklaarde variantie presteerden de beide modellen bij de meeste gewassen vergelijkbaar. Bij suikerbieten en zetmeelaardappelen was er bij veel proeven sprake van een afname van de suikeropbrengst (suikerbieten) en het uitbetalingsgewicht (zetmeelaardappelen) bij de hogere N-bemestingsniveaus. Om die reden ligt het meer voor de hand om bij deze gewassen uit te gaan van de polynoom, omdat die in tegenstelling tot het exponentiële model, een daling bij hoge N niveaus toelaat.

Er was sprake van aanzienlijke verschillen in respons op N-bemesting tussen de gewassen. De scherpste respons werd waargenomen bij Engels raaigras (zandgrond, opbrengstderving van 3, 7, 11, 17 en 25% bij verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van 2006), de zwakste bij lelies (Orientals, opbrengstderving van 0, 0, 0, 1 en 2% bij verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van 2006). Hieronder volgt een toelichting per sector.

#### *Akkerbouw*

Vooral bij gewassen waarbij de kwaliteit toeneemt bij een lagere N-bemesting (zetmeelaardappelen en suikerbieten) is de respons relatief zwak. De lagere fysieke opbrengst wordt hier deels gecompenseerd door een betere kwaliteit.

Bij consumptieaardappelen, suikerbieten en snijmais is onderscheid gemaakt tussen zand- en lössproeven. De respons op zandgrond was zwakker dan op lössgrond. Dit verschil was het sterkst bij consumptieaardappelen en snijmais. Dit hangt mogelijk samen met de aard van de gebruikte proeven op lössgrond. Deze maakten deel uit van een meerjarige proefserie van zeven jaar, waarin geen dierlijke mest is gebruikt. Daarnaast lagen de N-trappen elk jaar op dezelfde plaats. Er kan dus sprake zijn geweest van cumulatieve effecten. Deze situatie wijkt af van de praktijk waarin veelal dierlijke mest wordt gebruikt. De scherpere respons op löss, indien inderdaad door deze factoren veroorzaakt, geeft echter wel een aanwijzing dat op termijn de gevolgen van verlaagde normen groter kunnen zijn dan hier vermeld.

#### *Vollegrondsgroenten*

Hoewel de studie zicht richt op zandgronden waren niet voor alle gewassen zandproeven beschikbaar. Zo is bij bloemkool, spinazie en knolselderij de respons gebaseerd op kleiproeven, bij broccoli op klei- en dalgrondproeven. Bij laatstgenoemde gewas was de respons bij de kleiproeven aanzienlijk sterker dan bij de dalgrondproeven, waarbij de opbrengst zeer zwak reageerde op N-bemesting.

De respons bij prei is grotendeels gebaseerd op proeven uitgevoerd op Meterik. Dit is een vrij N-rijke locatie. De gevonden respons is daarom niet representatief voor armere zandgronden. Bij prei werd in geen van de beschikbare proeven een effect van N-bemesting op de kwaliteit (% klasse I) gevonden. De kg-opbrengst daalde overigens wel (licht) bij verlaging van de N-bemesting.

Voor ijssla en kropsla is geen gemiddelde respons weergegeven in Tabel 1, omdat de marktbaar opbrengst minder eenvoudig in een hoeveelheid product per ha uit te drukken. Dit komt omdat sla per stuk wordt betaald. Meest belangrijk voor het financiële resultaat is om zoveel mogelijk kroppen in de kwaliteitsklasse 1 te verkrijgen. Bij ijssla was er in het traject 50-100% van de gebruiksnorm 2006 vrijwel geen effect op de kwaliteit (% klasse I). Bij de kropslaproeven kan hierover geen uitspraak worden gedaan, omdat de kwaliteit niet is vastgesteld. Het kropgewicht nam zowel bij ijssla als kropsla bij een deel van de proeven weliswaar licht toe met de N-bemesting, echter bij het grootste deel van de proeven werd het minimaal vereiste

kropgewicht behaald in het traject van 50-100% van de gebruiksnorm 2006. Verder bleek, dat bij een belangrijk deel van de proeven waar dat niet het geval was, het kropgewicht vrijwel niet af te hangen van de N-bemesting. Bij beide slagewassen moet worden benadrukt dat een belangrijk deel van de proeven waarop de respons is gebaseerd, zijn uitgevoerd op de N-rijke locaties Meterik en Breda. Anderzijds was bij de ijssla- en kropslaproeven op kleigrond het beeld vergelijkbaar.

Bij Chinese kool en stamslabonen was de respons op N-bemesting, evenals bij sla, in het algemeen zwak. Bovendien waren bij beide gewassen onvoldoende proeven met voldoende N-trappen beschikbaar. Dat laatste speelde vooral bij stamslabonen waarbij in ruim de helft van de proeven slechts drie N-trappen aanwezig waren. Hierdoor was het niet mogelijk een goede respons te fitten en is geen informatie gegeven in Tabel 1.

Bij de beschikbare knolvenkelproeven was er bij geen van de proeven sprake van een significante N-respons. Dit hangt mogelijk samen met de locaties waarop de proeven zijn uitgevoerd (Zwaagdijk en Valthermond). Dit waren beide vrij N-rijke locaties.

### *Bloembollen*

Bij tulp en lelies was er sprake van een zwakke respons. Bij lelies betrof het proeven in de periode 1979-1992. Mogelijk was de reguliere organische bemesting in die jaren hoger dan na invoering van het mineralenbeleid vanaf 1998. Doordoor zou de mineralisatie in de percelen waarop de proeven hebben gelegen hoger kunnen zijn geweest dan nu.

Benadrukt moet worden dat bij de lelies en de gladiolen een groot deel van de beschikbare zandproeven hebben gelegen op duinzand, terwijl deze soorten nu vooral op dekzand worden geteeld.

De weergegeven respons heeft betrekking op het gewicht van de geoogste bollen. N-bemesting heeft echter ook effect op het N-gehalte en daarmee op de kwaliteit van de bloemen (aantal knoppen en bloemen) die uit de bollen gebroeid worden. Slechts in een tweetal lelieproeven zijn de bollen afgebroeid. Hieruit bleek dat de kwaliteit licht afnam bij verlaging van de N-bemesting. Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van gebruiksnorm 2006 leidde tot een daling van het aantal knoppen en bloemen met respectievelijk 0, 1, 1, 2 en 3%. Hoewel het slechts twee proeven betrof was de relatie tussen N-bemesting en bloemkwaliteit wel significant.

Tabel 1. **Relatieve respons (%) van de marktbaar opbrengst op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					Opbrengst bij 100%
				50	60	70	80	90	
<b>Akkerbouw</b>									
Consumptieaardappel	Zand	20	Polynoom	90,3	93,0	95,4	97,3	98,9	59,5 ton/ha
			Exponentiee	92,1	94,2	96,0	97,5	98,8	58,9 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>91,2</b>	<b>93,6</b>	<b>95,7</b>	<b>97,4</b>	<b>98,8</b>	<b>59,2 ton/ha</b>
			Min	97,2	98,1	98,8	99,4	99,8	46,8 ton/ha
			Max	85,1	88,7	92,0	95,0	97,6	76,5 ton/ha
	Löss	9	Polynoom	81,9	87,2	91,6	95,3	98,0	50,1 ton/ha
			Exponentiee	83,4	87,8	91,5	94,8	97,6	49,9 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>82,6</b>	<b>87,5</b>	<b>91,6</b>	<b>95,0</b>	<b>97,8</b>	<b>50,0 ton/ha</b>
			Min	92,1	95,0	97,1	98,6	99,6	49,1 ton/ha
			Max	72,2	78,4	84,3	89,8	95,1	48,8 ton/ha
Zetmeelaardappel	Zand/dal	10	Polynoom	95,5	97,1	98,3	99,2	99,7	70,1 ton/ha
			Exponentiee	96,7	97,7	98,5	99,1	99,6	69,5 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>96,1</b>	<b>97,4</b>	<b>98,4</b>	<b>99,1</b>	<b>99,7</b>	<b>69,8 ton/ha</b>
			Min	100,1	100,2	100,3	100,3	100,2	75,8 ton/ha
			Max	90,5	93,0	95,4	97,4	98,9	86,6 ton/ha
Suikerbiet	Zand <sup>1</sup>	16	Polynoom	93,0	95,5	97,5	98,9	99,7	2895 €/ha
			Exponentiee	95,8	97,1	98,1	98,9	99,5	2830 €/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>94,4</b>	<b>96,3</b>	<b>97,8</b>	<b>98,9</b>	<b>99,6</b>	<b>2863 €/ha</b>
			Min	100,2	99,9	99,7	99,7	99,8	2745 €/ha
			Max	89,6	92,6	95,1	97,2	98,8	2699 €/ha
	Löss	28	Polynoom	92,1	95,3	97,8	99,4	100,1	2584 €/ha
			Exponentiee	95,1	96,5	97,6	98,5	99,3	2556 €/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>93,6</b>	<b>95,9</b>	<b>97,7</b>	<b>99,0</b>	<b>99,7</b>	<b>2570 €/ha</b>
			Min	97,7	100,5	102,1	102,6	102,8	2597 €/ha
			Max	84,7	87,8	90,9	94,0	96,9	2024 €/ha
Snijmais	Zand	28	Polynoom	93,1	95,5	97,3	98,7	99,6	14,1 ton/ha
			Exponentiee	93,1	95,0	96,5	97,8	99,0	14,0 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>93,1</b>	<b>95,2</b>	<b>96,9</b>	<b>98,3</b>	<b>99,3</b>	<b>14,1 ton/ha</b>
			Min	99,1	99,5	99,8	100,0	100,1	12,6 ton/ha
			Max	70,4	76,5	82,5	88,4	94,2	15,0 ton/ha
	Löss	7	Polynoom	80,1	85,9	90,7	94,7	97,8	18,9 ton/ha
			Exponentiee	80,3	85,5	90,0	93,8	97,1	18,9 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>80,2</b>	<b>85,7</b>	<b>90,3</b>	<b>94,3</b>	<b>97,5</b>	<b>18,9 ton/ha</b>
			Min	87,3	91,6	94,9	97,4	99,1	17,2 ton/ha
			Max	76,3	82,5	87,9	92,6	96,6	20,0 ton/ha
Korrelmais	Zand	5	Polynoom	92,0	95,1	97,5	99,1	100,0	8479 kg/ha
			Exponentiee	92,6	94,9	96,6	98,0	99,1	8402 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>92,3</b>	<b>95,0</b>	<b>97,1</b>	<b>98,6</b>	<b>99,5</b>	<b>8441 kg/ha</b>
			Min	96,8	98,6	99,8	100,4	100,4	8308 kg/ha
			Max	87,2	90,1	92,8	95,3	97,7	8394 kg/ha
Engels raai gras	Zand	3	Polynoom	74,5	81,3	87,3	92,4	96,6	1543 kg/ha
			Exponentiee	75,3	83,7	89,7	94,2	97,5	1539 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>74,9</b>	<b>82,5</b>	<b>88,5</b>	<b>93,3</b>	<b>97,0</b>	<b>1541 kg/ha</b>
			Min	79,7	87,1	92,3	95,9	98,3	1596 kg/ha
			Max	70,6	78,7	85,5	91,3	96,1	1512 kg/ha
	Klei	5	Polynoom	76,1	82,9	88,7	93,4	97,2	2531 kg/ha
			Exponentiee	77,1	83,9	89,3	93,7	97,1	2522 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>76,6</b>	<b>83,4</b>	<b>89,0</b>	<b>93,5</b>	<b>97,2</b>	<b>2527 kg/ha</b>
			Min	84,4	88,2	91,6	94,8	97,5	2452 kg/ha
			Max	72,1	78,6	84,5	90,1	95,2	2208 kg/ha
Triticale	Zand	5	Polynoom	87,1	92,7	96,9	99,4	100,5	6395 kg/ha
			Exponentiee	89,5	93,5	96,2	98,0	99,2	6386 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>88,3</b>	<b>93,1</b>	<b>96,5</b>	<b>98,7</b>	<b>99,8</b>	<b>6391 kg/ha</b>
			Min	101,1	102,5	103,1	102,5	101,0	5352 kg/ha
			Max	78,5	86,3	92,0	96,0	98,6	6141 kg/ha

<sup>1</sup> Gebaseerd op proeven vanaf 1995

Tabel 1 (vervolg). **Relatieve respons (%) van de marktbaar opbrengst op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					Opbrengst bij 100%
				50	60	70	80	90	
<b>Vollegrondsgroenten</b>									
Broccoli	Klei	3	Polynoom	84,8	89,4	93,3	96,3	98,6	12,4 ton/ha
			Exponentieel	86,0	89,8	93,0	95,6	98,0	12,1 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>85,4</b>	<b>89,6</b>	<b>93,2</b>	<b>96,0</b>	<b>98,3</b>	<b>12,3ton/ha</b>
			Min	98,9	100,2	100,9	101,1	100,8	9,1 ton/ha
			Max	80,5	85,7	90,3	94,1	97,4	13,5 ton/ha
	Dal	3	Polynoom	99,8	102,7	104,3	104,3	102,9	9,2 ton/ha
			Exponentieel	99,3	99,7	99,9	100,0	100,0	9,4 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>99,5</b>	<b>101,2</b>	<b>102,1</b>	<b>102,2</b>	<b>101,4</b>	<b>9,3 ton/ha</b>
			Min	100,0	102,4	103,5	103,5	102,3	9,5 ton/ha
			Max	99,0	99,9	100,5	100,7	100,5	9,1 ton/ha
Bloemkool	Klei	7	Polynoom	87,6	91,7	95,0	97,4	99,1	81,2 % zessen
			Exponentieel	92,3	94,6	96,4	97,9	99,0	79,1 % zessen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>89,9</b>	<b>93,1</b>	<b>95,7</b>	<b>97,6</b>	<b>99,1</b>	<b>80,2 % zessen</b>
			Min	99,2	100,0	100,4	100,5	100,4	84,0 % zessen
			Max	65,2	74,3	82,3	89,2	95,1	77,0 % zessen
Spinazie	Klei	2	Polynoom	83,3	90,4	95,2	98,7	100,4	22,8 ton/ha
			Exponentieel	83,9	89,1	92,6	95,7	97,8	23,0 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>83,6</b>	<b>89,8</b>	<b>95,4</b>	<b>97,2</b>	<b>99,1</b>	<b>22,9 ton/ha</b>
			Min	96,4	100,2	102,6	103,2	102,1	23,5 ton/ha
			Max	70,6	78,4	85,2	91,2	96,0	22,3 ton/ha
Prei	Zand/dal	7	Polynoom	96,4	97,6	98,6	99,3	99,8	42,1 ton/ha
			Exponentieel	96,9	97,6	98,3	99,0	99,5	42,0 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>96,7</b>	<b>97,6</b>	<b>98,5</b>	<b>99,2</b>	<b>99,6</b>	<b>42,1 ton/ha</b>
			Min	101,1	101,2	101,1	100,9	100,4	46,1 ton/ha
			Max	80,3	84,6	88,4	92,6	96,4	23,7 ton/ha
Knolselderij	Klei	7	Polynoom	91,3	93,4	95,4	97,1	98,7	46,2 ton/ha
			Exponentieel	93,0	94,8	96,4	97,7	98,9	45,8 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>92,1</b>	<b>94,1</b>	<b>95,9</b>	<b>97,4</b>	<b>98,8</b>	<b>46,0 ton/ha</b>
			Min	98,7	99,1	99,5	99,7	99,9	48,5 ton/ha
			Max	84,4	88,2	91,6	94,7	97,5	52,3 ton/ha
<b>Bloembollen</b>									
Tulp	Duinzand	11	Polynoom	95,6	97,2	98,3	99,2	99,8	32,3 ton/ha
			Exponentieel	96,2	97,3	98,2	98,9	99,5	32,2 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>95,9</b>	<b>97,2</b>	<b>98,3</b>	<b>99,1</b>	<b>99,6</b>	<b>32,2 ton/ha</b>
			Min	99,8	100,3	100,5	100,5	100,3	31,1 ton/ha
			Max	93,3	95,1	96,7	98,1	99,2	30,7 ton/ha
Lelie, Aziaten	Duinzand	16	Polynoom	95,2	96,6	97,8	98,8	99,5	3,02 kg/100 bollen
			Exponentieel	97,4	98,3	98,9	99,4	99,7	2,98 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>96,3</b>	<b>97,5</b>	<b>98,4</b>	<b>99,1</b>	<b>99,6</b>	<b>3,00 kg/100 bollen</b>
			Min	100,4	100,4	100,4	100,3	100,2	3,64 kg/100 bollen
			Max	89,4	92,7	95,4	97,5	99,0	3,22 kg/100 bollen
Lelie, Orientals	Duinzand	3	Polynoom	97,4	98,9	99,9	100,5	100,5	3,74 kg/100 bollen
			Exponentieel	98,3	98,9	99,4	99,7	99,9	3,69 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>97,8</b>	<b>98,9</b>	<b>99,6</b>	<b>100,1</b>	<b>100,2</b>	<b>3,71 kg/100 bollen</b>
			Min	99,2	100,0	100,4	100,5	100,4	4,28 kg/100 bollen
			Max	95,3	97,0	98,3	99,2	99,7	3,12 kg/100 bollen
Gladiolen	Duinzand	4	Polynoom	87,0	91,4	94,9	97,5	99,2	3,12 kg/100 bollen
			Exponentieel	87,1	90,8	93,8	96,3	98,4	3,11 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>87,0</b>	<b>91,1</b>	<b>94,4</b>	<b>96,9</b>	<b>98,8</b>	<b>3,11 kg/100 bollen</b>
			Min	89,9	93,9	96,8	98,8	99,8	3,82 kg/100 bollen
			Max	82,6	87,1	91,1	94,6	97,5	2,54 kg/10 bollen
	Zavel	2	Polynoom	98,9	100,2	101,0	101,2	100,9	3,66 kg/100 bollen
			Exponentieel	99,0	99,3	99,6	99,8	99,9	3,68 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>98,9</b>	<b>99,8</b>	<b>100,3</b>	<b>100,5</b>	<b>100,4</b>	<b>3,67 kg/100 bollen</b>
			Min	100,7	101,4	101,7	101,6	101,0	3,47 kg/100 bollen
			Max	97,3	98,3	99,0	99,5	99,8	3,87 kg/100 bollen

## **Financiële gevolgen**

In Tabel 2 zijn de financiële gevolgen weergegeven van verlaging van de N-gebruiksnorm (ten opzichte van de norm in 2006). Het gaat hierbij om de financiële opbrengst (opbrengst\*prijs). Deze is gebaseerd op de gevonden respons (gemiddelde van polynoom en exponentieel model), het opbrengstniveau zoals gevonden in de proeven en een gemiddelde productprijs. Er is geen rekening gehouden met meststofkosten.

In het algemeen was de derving van de financiële opbrengst bij verlaging van de gebruiksnorm bij de akkerbouwgewassen kleiner dan bij de vollegrondsgroente- en bloembolgewassen. Bij een verlaging van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% ten opzichte van 2006 liep gemiddeld over de proeven de daling van de financiële opbrengst uiteen van 10-200 € per ha (akkerbouw), 85-445 € per ha (vollegrondsgroenten) en -140-740 € per ha (bloembollen).

Binnen de akkerbouwgewassen waren de financiële gevolgen het geringst bij maïs, triticale en zetmeelaardappelen. Het sterkste effect werd gevonden bij consumptieaardappelen. Bij de groentegewassen waren de effecten het sterkst bij broccoli, bloemkool en spinazie. Hoewel de opbrengstderving bij verlaging van de N-gebruiksnorm bij bloembolgewassen in het algemeen in percentages uitgedrukt meeviel, is de financiële derving aanzienlijk. Dit komt door de hoge economische waarde van deze gewassen.

Binnen een gewas was er sprake van een grote spreiding. Zo leidde bijvoorbeeld bij consumptieaardappelen op zand een korting van de gebruiksnorm met 20% ten opzichte van gebruiksnorm 2006 gemiddeld tot een derving van €125 per ha, terwijl dat tussen de proeven uiteen liep van €20 per ha tot ruim €300 per ha.

In Tabel 2 zijn geen meststofkosten verdisconteerd. Uitgaande van gebruik van kunstmest zullen bij het wel verdisconteren van meststofkosten met name bij akkerbouwgewassen met een relatief zwakke respons en/of lage productprijs de financiële gevolgen verhoudingsgewijs sterk verminderen. Anderzijds wordt juist bij akkerbouwgewassen op zandgrond een flink deel van de bemestingsbehoefte gedekt door goedkope dierlijke mest. Hierbij moet wel worden aangegeven, dat de N-behoefte lang niet altijd volledig wordt gedekt door dierlijke mest.

Tabel 2. Financiële gevolgen (daling van de financiële opbrengst, € per ha) bij verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.

Gewas	Grondsoort		N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)				
			50	60	70	80	90
<b>Akkerbouwgewassen</b>							
Consumptieaardappel	Zand	Gem	415	305	205	125	55
		Min	105	70	45	20	5
		Max	910	690	490	305	145
	Löss	Gem	695	500	335	200	90
		Min	310	195	115	55	15
		Max	1090	845	615	395	195
Zetmeelaardappel <sup>1</sup>	Zand/dal	Gem	120	80	45	20	5
		Min	-5	-5	-10	-10	-5
		Max	315	230	155	90	40
Suikerbiet <sup>1,2</sup>	Zand	Gem	205	125	65	25	5
		Min	-5	5	10	10	5
		Max	280	200	130	75	30
	Löss	Gem	165	105	60	25	10
		Min	60	-15	-55	-70	-75
		Max	310	245	185	120	65
Snijmais	Zand	Gem	105	75	50	25	10
		Min	5	-5	-10	-15	-10
		Max	485	385	290	190	95
	Löss	Gem	410	300	200	120	55
		Min	240	160	95	50	20
		Max	520	385	265	165	75
Korrelmais	Zand	Gem	85	55	30	15	5
		Min	35	15	0	-5	-5
		Max	140	110	80	50	25
Engels raaigras	Zand	Gem	290	200	135	80	35
		Min	245	155	90	50	20
		Max	335	240	165	100	45
	Klei	Gem	445	315	210	120	55
		Min	285	215	155	95	45
		Max	460	355	255	165	80
Triticale	Zand	Gem	75	45	20	10	0
		Min	-5	-15	-15	-15	-10
		Max	145	95	55	25	10

1 Gebaseerd op polynoom

2 Gebaseerd op proeven vanaf 1995

3 Een negatieve waarde houdt in dat er sprake is van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving

Tabel 2 (vervolg). **Financiële gevolgen (daling van de financiële opbrengst, € per ha) bij verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort		N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)				
			50	60	70	80	90
<b>Vollegroendgroenten</b>							
Broccoli	Klei	Gem	1630	1160	765	445	190
		Min	90	-15 <sup>1</sup>	-75	-90	-70
		Max	2410	1745	1180	705	310
	Dal	Gem	40	-100	-175	-180	-120
		Min	0	-210	-305	-300	-195
		Max	80	5	-45	-60	-45
Bloemkool	Klei	Gem	1070	730	465	250	95
		Min	85	5	-45	-60	-45
		Max	3535	2610	1800	1100	500
Spinazie	Klei	Gem	1295	830	475	210	70
		Min	300	-20	-210	-265	-175
		Max	2295	1680	1155	685	315
Prei	Zand	Gem	540	370	235	130	50
		Min	-205	-210	-195	-150	-90
		Max	1760	1390	1030	680	335
Knolselderij	Klei	Gem	255	190	135	85	40
		Min	45	30	20	10	5
		Max	570	435	310	195	90
<b>Bloembollen</b>							
Tulp	Duinzand	Gem	1400	955	595	325	125
		Min	50	-90	-160	-165	-110
		Max	2220	1595	1070	635	280
Lelie, aziatisch	Duinzand	Gem	2070	1425	910	505	205
		Min	-1510	-1265	-990	-690	-360
		Max	6365	4350	2755	1520	615
Lelie, orientals	Duinzand	Gem	1055	520	165	-35	-85
		Min	435	30	-205	-280	-210
		Max	1910	1215	700	335	105
Gladiool	Duinzand	Gem	3105	2130	1350	740	295
		Min	2885	2035	1335	770	325
		Max	3405	2520	1740	1065	485
	Zavel	Gem	305	65	-85	-140	-115
		Min	-190	-385	-470	-430	-275
		Max	800	515	305	150	50

1 Een negatieve waarde houdt in dat er sprake is van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving

### N-opname marktbaar product

In Tabel 3 is de relatieve respons weergegeven van de N-opname in het marktbaar product. Dit is gedaan voor beide regressiemodellen. Tevens is de minimale en maximale respons weergegeven. In het algemeen zijn de verschillen tussen de modellen zeer gering. Alleen bij ijssla (1<sup>e</sup> teelt) en knolselderij is de respons bij de polynoom scherper dan bij het exponentiële model.

In vergelijking met de marktbaar opbrengst was de respons van de N-opname bij de meeste gewassen sterker. Ook hier waren er duidelijke verschillen tussen de gewassen. Een verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een relatieve afname van de N-opname die uiteen liep van 1, 1, 3, 4 en 5% bij ijssla (volgteelt, klei) tot 7, 15, 23, 30 en 38% bij snijmaïs op

lössgrond. Bij snijmaïs op löss moeten wel weer de kanttekeningen worden gemaakt zoals genoemd bij de respons van de marktbaar opbrengst.

Benadrukt moet worden dat bij een aantal gewassen de respons van de N-opname slechts is gebaseerd op een zeer beperkt aantal proeven (bloemkool, kropsla, knolselderij, lilies).

Tabel 3. **Relatieve respons (%) van de N-opname op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					N opname bij 100% (kg N per ha)
				50	60	70	80	90	
Consumptieaardappel	Zand	9	Polynoom	75,5	81,4	86,4	91,4	95,9	220
			Exponentieel	75,8	81,3	86,8	91,3	95,9	219
			<b>Gemiddeld</b>	<b>75,6</b>	<b>81,3</b>	<b>86,6</b>	<b>91,3</b>	<b>95,9</b>	<b>220</b>
			Min	81,6	86,2	90,3	94,0	97,2	198
			Max	71,3	78,9	85,5	91,2	96,0	242
	Löss	9	Polynoom	71,1	78,2	84,4	90,2	95,6	225
			Exponentieel	71,6	78,2	84,4	89,8	95,1	225
			<b>Gemiddeld</b>	<b>71,3</b>	<b>78,2</b>	<b>84,4</b>	<b>90,0</b>	<b>95,3</b>	<b>225</b>
			Min	82,9	88,4	92,8	96,1	98,5	186
			Max	64,6	71,6	78,7	85,8	92,9	217
Zetmeelaardappel	Zand/dal	4	Polynoom	77,8	83,6	88,4	92,8	96,6	207
			Exponentieel	78,6	84,0	88,3	92,7	96,1	206
			<b>Gemiddeld</b>	<b>78,2</b>	<b>83,8</b>	<b>88,4</b>	<b>92,7</b>	<b>96,4</b>	<b>207</b>
			Min	85,0	89,4	92,8	95,7	98,1	207
			Max	70,3	77,3	83,3	89,3	94,8	201
Suikerbiet	Löss	10	Polynoom	81,6	86,1	90,3	94,3	97,4	84
			Exponentieel	82,9	86,8	90,2	93,9	97,0	84
			<b>Gemiddeld</b>	<b>82,3</b>	<b>86,5</b>	<b>90,3</b>	<b>94,1</b>	<b>97,2</b>	<b>84</b>
			Min	89,3	92,9	95,8	98,2	99,4	84
			Max	73,0	79,1	84,7	90,2	94,9	108
	Klei	3	Polynoom	83,9	88,4	92,1	95,2	97,9	97
			Exponentieel	84,2	88,4	91,8	94,9	97,3	97
			<b>Gemiddeld</b>	<b>84,1</b>	<b>88,4</b>	<b>92,0</b>	<b>95,0</b>	<b>97,6</b>	<b>97</b>
			Min	87,0	90,8	93,9	96,6	98,5	131
			Max	78,9	83,8	88,7	93,0	96,5	71
Snijmaïs	Zand	28	Polynoom	83,9	87,8	91,1	94,4	97,2	180
			Exponentieel	83,8	87,7	91,1	94,4	97,2	179
			<b>Gemiddeld</b>	<b>83,8</b>	<b>87,7</b>	<b>91,1</b>	<b>94,4</b>	<b>97,2</b>	<b>180</b>
			Min	98,7	99,3	99,7	100,0	100,1	211
			Max	58,1	64,9	72,5	80,8	90,0	167
	Löss	7	Polynoom	62,0	69,5	77,0	84,5	92,5	200
			Exponentieel	62,0	69,5	77,0	84,5	92,5	200
			<b>Gemiddeld</b>	<b>62,0</b>	<b>69,5</b>	<b>77,0</b>	<b>84,5</b>	<b>92,5</b>	<b>200</b>
			Min	72,7	79,0	84,9	90,4	95,4	159
			Max	54,2	62,2	70,8	80,0	89,7	229
Korrelmaïs	Zand	5	Polynoom	87,5	91,9	95,3	98,0	99,5	133
			Exponentieel	87,6	91,4	94,3	96,5	98,2	133
			<b>Gemiddeld</b>	<b>87,6</b>	<b>91,6</b>	<b>94,8</b>	<b>97,3</b>	<b>98,9</b>	<b>133</b>
			Min	91,2	94,6	97,3	99,2	99,6	130
			Max	84,9	88,5	92,1	95,3	97,8	140



Tabel 3 (vervolg). **Relatieve respons (%) van de N-opname op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					N opname bij 100% (kg N per ha)
				50	60	70	80	90	
Bloemkool	Klei	2	Polynoom	85,3	88,8	92,2	94,8	97,4	116
			Exponentieel	87,0	90,4	93,0	95,7	98,3	115
			<b>Gemiddeld</b>	<b>86,1</b>	<b>89,6</b>	<b>92,6</b>	<b>95,2</b>	<b>97,8</b>	<b>116</b>
			Min	96,5	97,8	98,3	99,1	100,0	116
			Max	76,6	81,8	87,0	91,8	96,1	116
Ijssla, 1 <sup>e</sup> teelt	Zand	7	Polynoom	87,3	91,1	94,9	97,5	98,7	79
			Exponentieel	89,6	92,2	94,8	96,1	98,7	77
			<b>Gemiddeld</b>	<b>88,5</b>	<b>91,7</b>	<b>94,9</b>	<b>96,8</b>	<b>98,7</b>	<b>78</b>
			Min	77,0	82,7	87,9	92,4	96,5	78
			Max	94,9	96,6	98,0	99,0	99,6	60
	Klei	3	Polynoom	85,7	89,6	93,5	96,1	98,7	77
			Exponentieel	94,5	95,9	97,3	98,6	98,6	73
			<b>Gemiddeld</b>	<b>90,1</b>	<b>92,8</b>	<b>95,4</b>	<b>97,4</b>	<b>98,7</b>	<b>75</b>
			Min	88,6	92,3	95,2	97,4	98,9	73
			Max	92,1	94,6	96,6	98,1	99,2	77
Ijssla, volgteelt	Zand	8	Polynoom	92,3	93,6	96,2	97,4	98,7	78
			Exponentieel	94,8	96,1	97,4	98,7	100,0	77
			<b>Gemiddeld</b>	<b>93,6</b>	<b>94,8</b>	<b>96,8</b>	<b>98,1</b>	<b>99,4</b>	<b>78</b>
			Min	75,4	82,2	88,0	92,8	96,8	62
			Max	101,1	101,2	101,2	101,0	100,6	103
	Klei	3	Polynoom	92,3	94,9	96,2	97,4	98,7	78
			Exponentieel	97,3	97,3	98,7	100,0	100,0	75
			<b>Gemiddeld</b>	<b>94,8</b>	<b>96,1</b>	<b>97,4</b>	<b>98,7</b>	<b>99,4</b>	<b>77</b>
			Min	92,4	94,4	96,1	97,7	98,9	93
			Max	96,8	96,9	97,3	98,0	98,9	78
Kropsla	Klei	3	Polynoom	74,8	81,6	88,3	93,2	97,1	103
			Exponentieel	79,0	85,0	90,0	94,0	97,0	100
			<b>Gemiddeld</b>	<b>76,9</b>	<b>83,3</b>	<b>89,2</b>	<b>93,6</b>	<b>97,0</b>	<b>102</b>
			Min	71,2	78,5	85,4	90,9	95,9	110
			Max	87,2	91,1	93,3	96,1	97,8	90
Prei	Zand	4	Polynoom	90,4	93,4	96,3	97,8	99,3	136
			Exponentieel	90,4	93,4	95,6	97,1	98,5	136
			<b>Gemiddeld</b>	<b>90,4</b>	<b>93,4</b>	<b>96,0</b>	<b>97,4</b>	<b>98,9</b>	<b>136</b>
			Min	93,5	95,8	97,5	98,6	99,2	177
			Max	87,9	91,3	94,0	96,3	98,3	149
Knolselderij	Klei	2	Polynoom	87,5	90,4	93,3	96,2	98,1	104
			Exponentieel	91,3	93,2	96,1	97,1	99,0	103
			<b>Gemiddeld</b>	<b>89,4</b>	<b>91,8</b>	<b>94,7</b>	<b>96,6</b>	<b>98,6</b>	<b>104</b>
			Min	92,8	94,9	96,6	98,3	98,7	118
			Max	84,3	88,2	91,6	94,9	97,8	89
Tulp	Duinzand	11	Polynoom	63,0	72,3	80,4	87,8	94,3	77
			Exponentieel	63,8	72,4	80,3	87,3	94,0	77
			<b>Gemiddeld</b>	<b>63,4</b>	<b>72,4</b>	<b>80,3</b>	<b>87,6</b>	<b>94,1</b>	<b>77</b>
			Min	49,3	61,0	71,2	81,5	91,1	73
			Max	73,7	82,5	89,1	93,4	97,8	69
Lelie (Aziaten)	Duinzand	2	Polynoom	75,6	81,4	86,0	91,9	96,5	43
			Exponentieel	77,6	83,5	87,1	91,8	96,5	43
			<b>Gemiddeld</b>	<b>76,6</b>	<b>82,5</b>	<b>86,6</b>	<b>91,8</b>	<b>96,5</b>	<b>43</b>
			Min	85,1	88,6	91,2	94,7	98,2	57
			Max	83,2	87,6	90,5	94,2	97,1	69

### **Slotopmerking**

De resultaten van de studie laten zien dat er tussen gewassen aanzienlijke verschillen zijn in de gevolgen van een verlaagde N-bemesting voor de marktbaar opbrengst. Met name bij gewassen, waarbij de kwaliteit toeneemt bij verlaging van de N-bemesting (o.a. suikerbieten en zetmeelaardappelen) was de respons zwak. De financiële gevolgen waren in het algemeen het sterkst bij tuinbouwgewassen vanwege de hoge economische waarde van deze gewassen. De N-opname reageerde in het algemeen sterker op de verlaging van de N-bemesting dan de marktbaar opbrengst.

Verder moet worden benadrukt dat de respons is vastgesteld bij de bodemvruchtbaarheidsniveaus zoals die golden bij de uitvoering van de proeven. Indien door verdere aanscherping van de gebruiksnormen (zowel stikstof als fosfaat) het gebruiksniveau van organische mest verder afneemt kan, in het geval de bodemvruchtbaarheid (N-leverend vermogen bodem) hierdoor afneemt, de respons mogelijk toenemen.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Voor zand- en lössgrond is de N-gebruiksnorm in 2006 gebaseerd op het bemestingsadvies. In 2007 is voor uitspoelingsgevoelige gewassen een korting van 5% doorgevoerd ten opzichte van het niveau van 2006. Een uitspoelingsgevoelig gewas is hierbij gedefinieerd als een gewas, waarbij bij bemesting volgens advies de nitraatnorm wordt overschreden (volgens methodiek Werkgroep Onderbouwning Gebruiksnormen). In 2009 is voor een aantal gewassen een verdere verlaging voorzien. Wanneer niet wordt voldaan aan waterkwaliteitsnormen zal op termijn mogelijk een verdere aanscherping plaatsvinden. De N-gebruiksnorm komt daarmee voor de genoemde gewassen onder het bemestingsadvies te liggen.

Zowel uit landbouwkundig als milieukundig oogpunt is het van belang de consequenties van suboptimale N-giften op de (N)-opbrengst in kaart te brengen. Landbouwkundig zijn vooral de financiële gevolgen van een verlaagde gebruiksnorm belangrijk. Hierbij gaat het niet alleen om derving van de fysieke opbrengst maar ook om achteruitgang van kwaliteit. Kennis over de N-respons kan o.a. gebruikt worden om kortingen op de gebruiksnorm meer gewasspecifiek in te vullen (bij een gelijke financiële derving als uitgangspunt zouden gewassen met een zwakke respons meer gekort kunnen worden dan die met een sterkere respons). Milieukundig is vooral de respons van de *N-opname* op de N-bemesting van belang. De afleiding van de toegestane N-gebruiksruimte voor een gewas verloopt via het N-bodemoverschot. Een belangrijke balanspost daarbij is de N-afvoer met marktbaar product. Bij de afleiding van de N-gebruiksnormen is in 2004 bij akker- en tuinbouwgewassen uitgegaan van een lineair verband tussen N-bemesting en N-afvoer (Schröder et al., 2004). In veel gevallen zal dit echter niet het geval zijn, maar zal er sprake zijn van een kromlijng verband (een afnemende stijging van de N-opname bij hogere N-giften). Dit betekent dat de afname van de N-afvoer bij suboptimale bemesting minder sterk zal zijn als bij het veronderstelde lineair verband. De hogere N-afvoer geeft een lager N-bodemoverschot waardoor de vereiste reductie van de gebruiksnorm om te voldoen aan de milieunorm minder hoog hoeft te zijn. Bij toekomstige studies is het daarom belangrijk te kunnen beschikken over goed onderbouwde kromlijng relaties.

Ten behoeve van de toekomstige normstelling is vanwege de zojuist genoemde redenen, een goede inschatting van de N-respons relevant voor het beleid met het oog op de vaststelling van de N-gebruiksnormen voor de verschillende gewassen waarbij economische en milieukundige aspecten tegen elkaar worden afgewogen.

## 1.2 Doel en afbakening

Het project heeft de volgende doelstellingen:

- Kwantificering van de relatie tussen N-bemesting enerzijds en marktbaar opbrengst (inclusief kwaliteitsaspecten) en N-opname anderzijds.
- Het in kaart brengen van de spreiding waarmee genoemde relaties omgeven zijn.

### *Afbakening*

- Het project richt zich op de N-gewasrespons ten behoeve van gebruiksnormstelling. De landbouwkundige en milieukundige effecten van verdeling van het beschikbare N-quotum binnen een bedrijf is geen onderwerp van studie maar kan, indien gewenst, in een vervolgstudie worden meegenomen. Telers zullen naar verwachting de beschikbare N zo verdelen dat de hoogst renderende gewassen zo optimaal mogelijk worden bemest. Hierdoor kunnen de milieukundige effecten van gebruiksnormen mogelijk anders uitpakken dan op basis van de gewasgerichte afleiding zou worden verwacht.

- Het project richt zich primair op de gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm en niet op het vaststellen van de N-behoefte van gewassen cq. toetsing van bestaande bemestingsadviezen.

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de aanpak beschreven (o.a. selectie gewassen en datasets, regressiemodellen). Vervolgens zijn in hoofdstuk 3 per gewas de resultaten weergegeven. Hierbij wordt telkens onderscheid gemaakt tussen de beschrijving van de gebruikte datasets, de resultaten van de analyse en een korte discussie. Er is gekozen voor een zo compleet mogelijke weergave van de resultaten zodat voor lezers duidelijk is waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt. Tevens geeft dit een goede documentatie van het beschikbare onderzoeksmateriaal. Voor lezers die snel een overzicht willen van de resultaten vindt in hoofdstuk 4 een synthese plaats van de gevonden resultaten. Dit omvat een samenvattend overzicht van de respons bij de verschillende gewassen, een algemene discussie en de meest relevante conclusies.

## 2 Aanpak

### 2.1 Selectie gewassen

De studie richt zich op uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond. Uitspoelingsgevoelige gewassen betreft die gewassen waarbij vanaf 2007 een korting plaatsvindt op de N-gebruiksnorm. Een gewas wordt als uitspoelingsgevoelig aangemerkt indien bij bemesting volgens advies de nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter wordt overschreden. In Bijlage 1 is een overzicht gegeven. Hierbij is uitgegaan van de indeling zoals die in 2005 wettelijk is vastgesteld. Verder ligt de focus vooral bij gewassen die op zandgrond worden geteeld. Gewassen die hoofdzakelijk op klei worden geteeld (o.a. witte kool, spruitkool) zijn vooralsnog buiten beschouwing gelaten.

### 2.2 Selectie datasets

Voor deze studie is uitgegaan van veldproeven met N-trappen. Aan de geselecteerde proeven zijn de volgende eisen gesteld:

- Alle proeven waarin minimaal drie N-niveaus waren opgenomen zijn meegenomen,
- Er zijn geen restricties gesteld aan het aantal herhalingen,
- Andere nutriënten dan N mogen niet beperkend zijn voor de gewasgroei,
- De volgende gewasparameters zijn van belang:
  - Fysieke opbrengst (marktbaar product)
  - Kwaliteitskenmerken
  - N-gehalte en/of N-opname (in marktbaar product)
- Bij gebruik van organische mest moet samenstelling, dosering, toedieningstijdstip en toedieningswijze bekend zijn,
- Er is bij voorkeur een goede documentatie beschikbaar. Belangrijke aspecten hierbij zijn:
  - Bodemkenmerken (pH, organische stof, Ntotaal, Pw en K-getal, minerale bodem-N bij aanvang proef)
  - Voorvrucht
  - Bemestingsverleden (o.a. gebruiksniveau dierlijke mest).

Bij het verzamelen van gegevens is uitgegaan van objectgemiddelden (gemiddelde van herhalingen met dezelfde N-bemesting). Verder wordt in eerste instantie uitgegaan van proeven op zand- en lössgrond. Bij onvoldoende informatie worden ook proeven op andere grondsoorten meegenomen. Zoals hierboven aangegeven is zo veel mogelijk gestreefd naar een goede documentatie van de gebruikte proeven. In lang niet alle gevallen was deze echter compleet. Toch zijn in de meeste gevallen de betreffende proeven wel meegenomen omdat anders voor veel (kleine) gewassen slechts een zeer beperkt aantal datasets zou resteren. Bij de bespreking van de resultaten (hoofdstuk 3) is wel aangegeven in welke mate kengetallen ontbraken.

### 2.3 Analyse data

#### 2.3.1 Modelkeuze

De respons op N-bemesting is vastgesteld met behulp van regressie-analyse. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is de keuze van het regressiemodel. Ervaringen uit voorgaande studies leren dat de keuze van het model sterk de uitkomsten kan bepalen (Schröder et al., 1998; Cerrato & Blackmer, 1990). In deze studie is uitgegaan van een kromlijng verband. Dit benadert in veel gevallen meer de werkelijkheid waarbij er

doorgaans sprake is van afnemende meeropbrengsten bij toenemende N-giften. Deze keuze sluit rechtlijnige verbanden, zoals broken-stick-modellen (lineair+plateau), uit. Bij de kromlijnige modellen is vervolgens gekozen voor een tweedegraads polynoom en een exponentieel model (voor beschrijving zie kader). Voor alle betrokken gewassen zijn beide modellen getoetst en de consequenties van verlaagde N-giften in kaart gebracht.

### 2.3.2 Regressie-analyse

Voor alle relevante responsvariabelen is per gewas een gezamenlijke analyse uitgevoerd over de gehele dataset (totaal van beschikbare proeven). Omdat in veel gevallen de respons (vorm en helling) verschilt tussen afzonderlijke proeven, is de analyse zo uitgevoerd dat per proef een fit wordt verkregen (per proef worden alle parameterwaarden van beide modellen geschat, dus geen aanname van parallel verloop). Voor zowel de polynoom als het exponentiële model wordt het percentage verklaarde variantie gegeven.

Wat betreft de resultaten kunnen zich de volgende situaties voordoen:

1. Voldoende proeven met voldoende N-trappen, goede relatie tussen N-gift en responsvariabele
2. Voldoende proeven met voldoende N-trappen, slechte relatie tussen N-gift en responsvariabele
3. Proeven met onvoldoende N-trappen, goede relatie tussen N-gift en responsvariabele
4. Proeven met onvoldoende N-trappen, slechte relatie tussen N-gift en responsvariabele

Situatie 1 is de ideale situatie. Hier kan de respons goed gekwantificeerd worden. Situatie 2 doet zich voor wanneer er geen of slechts een zwak verband is tussen N-bemesting en responsvariabele, terwijl er voldoende N-trappen ( $\geq 5$ ) waren om deze goed te kunnen vaststellen. Er is geen reden om deze proeven buiten beschouwing te laten. Het gewas reageert zwak tot niet op stikstof, maar de respons kan goed worden vastgesteld. In de derde situatie is er wel sprake van een goede relatie tussen N-bemesting en responsvariabele (fit gaat wel goed door de punten) maar zijn er onvoldoende N-trappen om de betreffende modelparameters statistisch betrouwbaar te kunnen vaststellen. Ook in dit geval is er geen reden om de proeven buiten beschouwing te laten, wel geldt de kanttekening dat voorzichtiger moet worden omgegaan met de resultaten. Bij de vierde situatie tenslotte, is het niet mogelijk een zinnige uitspraak te doen over de respons.

Per gewas wordt voor de gehele dataset aangegeven van welke situatie er sprake is.

Naast de gezamenlijke analyse is ook een afzonderlijke analyse per proef uitgevoerd. Dit levert dezelfde parameterwaarden dan bij de gezamenlijke analyse, maar het percentage verklaarde variantie wordt nu per afzonderlijke proef vastgesteld. Dit is gedaan bij zowel de polynoom als het exponentieel model.

Er is ook getracht één overall curve te construeren, die alle proeven samen vertegenwoordigt (gemiddelde curve). Dit kan zinvol zijn wanneer in studies (o.a. afleiden van gebruiksnormen) een gemiddelde respons is vereist. Er zijn verschillende mogelijkheden om tot een gemiddelde respons te komen:

1. Per proef voor een range aan N-giften de opbrengst en N-opname uitrekenen op basis van responscurve van de afzonderlijke proeven en vervolgens per N-niveau het gemiddelde nemen van de uitkomsten van alle proeven,
2. Fitten van één curve door alle datapunten van alle proeven,
3. Het gemiddelde van de nulveldjes nemen als de beste schatting voor het snijpunt met de Y-as en daarna alleen de stijgingsparameters nog schatten op basis van alle punten,
4. Het gemiddelde nemen van de parameterwaarden van de afzonderlijke proeven.

Er is uiteindelijk gekozen voor methode 1. Bij methode 2 en 3 wordt geen rekening gehouden met niveauverschillen tussen proeven waardoor het model meestal slecht fit. Bij methode 4 wordt geen rekening gehouden met het feit dat de parameters van één proef niet onafhankelijk zijn geschat. Middelen kan resulteren in een rare combinatie van parameterwaarden en daarmee in een responscurve die het beeld over de proeven heen niet goed weergeeft.

Bij de vaststelling van de gemiddelde respons is alleen gebruik gemaakt van proeven met minimaal vier N-niveaus en waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag (geen extrapolatie).

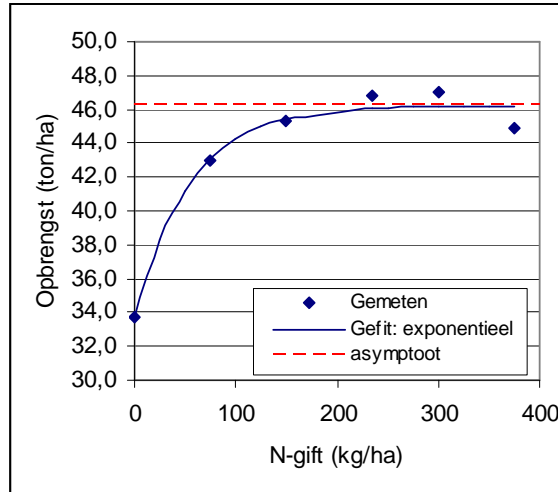
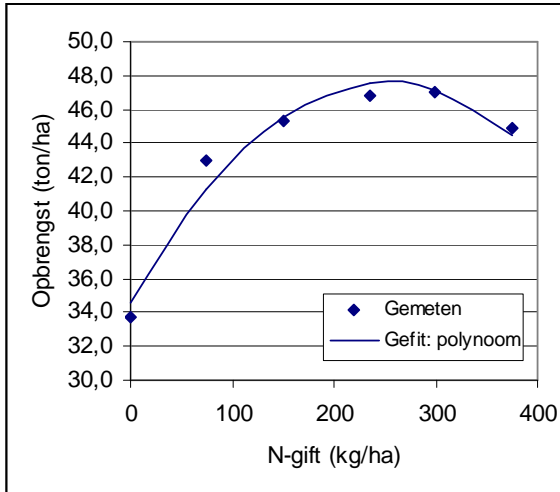
### Gebruikte regressiemodellen

Voor de vaststelling van respons is gebruikt gemaakt van twee kromlijnige modellen:

- Tweedegraads polynoom:  $Y = \beta_0 + \beta_1 N_{\text{werkzaam}} + \beta_2 N_{\text{werkzaam}}^2$

- Exponentieel model:  $Y = \alpha + \beta \rho^{N_{\text{werkzaam}}}$

In onderstaande figuur zijn beide modellen (links: 2<sup>e</sup> graads polynoom, rechts: exponentieel model) grafisch weergegeven voor een willekeurige preiproef.



Bij de parabool wordt onderscheid gemaakt in een berg- en een dalparabool. Voor de beschrijving van de N-respons wordt uitgegaan van de bergparabool. Deze geeft een stijging aan van de opbrengst bij toenemende N-gift tot het optimum wordt bereikt (de top van de bergparabool). Daarna daalt de opbrengst. De parabool is een symmetrische curve: indien door de top ervan een verticale lijn wordt getrokken, vormen de linker- en de rechterhelft van de parabool elkaars spiegelbeeld.

Voor de exponentiële curve is de wiskundige notatie overgenomen die in Genstat wordt gehanteerd. Het model geeft een stijging aan van de opbrengst bij toenemende N-gift. De opbrengsttoename wordt steeds kleiner en gaat naar een horizontale asymptoot toe ( $\alpha$ ). De asymptoot is een plafond dat wordt benaderd, maar nooit volledig wordt bereikt (pas bij N-gift =  $\infty$ ).

De parabool leent zich meer voor gewassen waarbij de respons bij hoge N-giften een dalende trend vertoont. Wanneer dat niet het geval is, komt het exponentieel model meer in beeld.

Het optimum bij de polynoom c.q. de N-gift bij maximale opbrengst is berekend door de afgeleide van het wiskundig model gelijk aan nul te stellen en hieruit de waarde voor Nwerkzaam te berekenen:

$$\beta_1 + 2\beta_2 N_{\text{werkzaam}} = 0$$

Bij het exponentieel model kan geen optimum worden berekend, omdat de opbrengst naar een asymptoot stijgt, die in theorie pas wordt bereikt bij een oneindig hoge N-gift.

Het economisch optimum is bij beide modellen berekend door de afgeleide gelijk te stellen aan de verhouding stikstofprijs gedeeld door productprijs. Dit is het omslagpunt waarboven de financiële opbrengst minder sterk toeneemt dan de extra bemestingskosten. De afgeleide van de exponentiële curve is gelijk aan:

$$LN(\rho) \beta \rho^{N_{\text{werkzaam}}} \quad (LN = \text{natuurlijke logaritme})$$

### 2.3.3 Gebruik responscurve

De gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm bij een bepaald gewas zijn gekwantificeerd door op basis van de responscurve de verwachte opbrengst en Nopname af te lezen bij de huidige gebruiksnorm (niveau 2006) en diverse verlaagde gebruiksnormniveaus (stappen van 5% tot een minimum van 50% van niveau 2006). De opbrengstderving wordt afgeleid uit het verschil tussen de verwachte opbrengst bij de norm en bij een verlaagde norm.

Door dit per proef te doen wordt ook een indruk verkregen van de spreiding tussen de proeven. Daarnaast zijn de ook de omvang en spreiding van de financiële gevolgen ingeschat. Hierbij is uitgegaan van de financiële opbrengst, gedefinieerd als het product van de opbrengst en de prijs. Bij het laatste is uitgegaan van de prijzen zoals weergegeven in de KWIN (De Wolf & van der Klooster, 2006). Bij de opbrengst is uitgegaan van de niveaus zoals behaald in de proeven.

Bij verlaging van de gebruiksnorm wordt er bespaard op kosten voor N. Deze zijn niet meegenomen bij het kwantificeren van financiële effecten. De reden hiervoor is, dat bij de N-bemesting de verhouding tussen (goedkope) dierlijke mest en (duurdere) kunstmest sterk kan variëren tussen en binnen gewassen.

De gebruiksnormen voor zand- en lössgrond zijn grotendeels gebaseerd op de bemestingsadviezen. Laatstgenoemde zijn vaak gebaseerd op andere datasets dan gebruikt in deze studie. Daarnaast is bij kleine gewassen vaak onduidelijk, waarop de onderbouwing berust. Om een indicatie te krijgen hoe de optimale N-giften in de betrokken proeven zich verhouden tot het bemestingsadvies cq. gebruiksnorm, zijn voor elk beschouwd gewas voor alle proeven de volgende optima afgeleid (voor berekeningswijze zie kader):

- N-gift bij maximale opbrengst (alleen mogelijk bij polynoom)
- N-gift waarboven de kosten voor N niet meer opwegen tegen de meeropbrengst (economisch optimum)
- N-gift waarbij respectievelijk 99, 97,% en 95% van de maximale opbrengst wordt bereikt

Bij de berekening van het economische optimum is uitgegaan van een prijs van €0,83 per kg N (De Wolf & van der Klooster, 2006). Deze is gebaseerd op bemesting met kunstmest. Wanneer alleen wordt bemest met dierlijke mest kan worden uitgegaan van het optimum bij maximale opbrengst omdat, met name op zandgrond, er geen kosten zijn verbonden aan werkzame N uit dierlijke mest.



## 3 Resultaten analyse per gewas

### 3.1 Consumptieaardappelen

#### 3.1.1 Beschikbare data

Voor consumptieaardappelen waren 40 proeven beschikbaar. In een drietal proeven is de N-respons getoetst bij vier rassen. Elke proefcombinatie is bij de analyse beschouwd als afzonderlijke proef. Hierdoor waren totaal 49 proef/ras-combinaties (hierna verder aangeduid als proef) beschikbaar. Hieronder volgen de meest relevante gegevens (zie ook Tabel 1):

- 37 proeven lagen op zandgrond, 12 proeven op lössgrond.
- Van 38 proeven (26 zand en 12 löss) was de hoeveelheid minerale bodem-N ( $N_{min}$ ) in het voorjaar bekend. Bij de zandproeven was de  $N_{min}$  in circa 40% van de proeven lager dan 50 kg per ha. Bij de lössproeven was dat bij alle proeven het geval.
- In negen proeven waren naast een eenmalige bemesting ook objecten opgenomen waarin gedeeld bemest is.
- Het aantal N-trappen liep uiteen van drie tot zeven. Op drie proeven na was in alle proeven een nultrap opgenomen. Bij 29 proeven (20 zand en negen löss) lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen.
- Van 34 zandproeven was de voorvrucht bekend. Dit betrof graan (24 proeven), mais (zes proeven), waspeen (één proef), suikerbiet (één proef), stamslaboon (één proef) en schorseneer (één proef).
- Bij 20 zandproeven is het ras Bintje geteeld. Andere rassen waren Hansa (zes proeven), Saturna (drie proeven), Eba (twee proeven) en Nicola (één proef). Van vijf zandproeven was het ras niet bekend. Bij alle lössproeven is het ras Maritiema geteeld.
- De proeven zijn uitgevoerd in de periode 1973-2001 (voor frequentieverdeling zie Tabel 1).
- Voor zand waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen beschikbaar. Bij de lössproeven waren slechts vier N-trappen opgenomen. Voor beide grondsoorten was er sprake van een gemiddelde tot goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 265 (zand) en 250 kg N per ha (löss). Dit betreft de gebruiksnorm voor de middengroep qua rassen.
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de netto-knolopbrengst per ha (30 mm opwaarts). Er is een productprijs gehanteerd van €80 per ton (De Wolf & van der Klooster, 2006).

Tabel 1. **Frequentieverdeling proefjaar en hoeveelheid minerale bodem-N consumptie-aardappelproeven.**

	Aantal proeven	
	Zand	Löss
<i>Proefjaar</i>		
- 1977-1984	26	0
- 1985-1994	1	0
- 1995-2001	10	12
<i><math>N_{min}</math> (kg per ha, 0-30 cm)</i>		
- < 50	10	12
- 50-100	16	0
- > 100	0	0

### 3.1.2 Resultaten analyse

#### Marktbare opbrengst

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 is zowel een afzonderlijke analyse per proef uitgevoerd als een gezamenlijke analyse van de totale dataset.

Eerst is per proef het percentage verklaarde variantie (PVV) en het economische optimum bepaald.

Vanwege het grote aantal proeven zijn de uitkomsten niet per proef weergegeven, maar is een frequentieverdeling gegeven (Tabel 2 en 3). Uit tabel 2 blijkt dat er in vier (polynoom) en vijf proeven (exponentieel model) geen enkel verband was tussen de N-gift en de opbrengst. Dit betrof alle zandproeven. In respectievelijk 15 en 12 proeven was het PVV kleiner dan 80%. Ook hier betrof het vooral zandproeven. In de meeste proeven presteerden de polynoom en het exponentiële model vergelijkbaar. In negen en drie proeven paste respectievelijk het exponentiële model en de polynoom beter (verschil in PVV > 5%).

Tabel 3 geeft de frequentieverdeling van de berekende economisch optimale N-gift (rekening houdend met de prijs voor kunstmest-N). Bij de polynoom was bij 25 proeven (20 zand en vijf löss) de optimale N-gift lager dan de gebruiksnorm (265 en 250 kg N per ha voor zand en löss). Bij het exponentiële model was dit bij 18 proeven (15 zand en drie löss) het geval. Laatstgenoemd model gaf bij een groot aantal proeven hoge optima.

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 95% voor zowel de polynoom als het exponentiële model.

Tabel 2. **Frequentieverdeling (aantal proeven) percentage verklaarde variantie (PVV, %) consumptie-aardappel.**

	Polynoom			Exponentieel		
	Totaal	Zand	Löss	Totaal	Zand	Löss
Geen verband	4	4	0	5	5	0
PVV < 80 %	15	13	2	12	11	1
PVV ≥ 80 %	30	20	10	32	21	11

Tabel 3. **Frequentieverdeling (aantal proeven) economisch optimale N-gift consumptieaardappel.**

Optimale N-gift (kg/ha)	Polynoom			Exponentieel		
	Totaal	Zand	Löss	Totaal	Zand	Löss
Niet vast te stellen	1	1	0	2	2	0
0-100	6	6	0	7	8	0
100-200	7	6	1	7	6	1
200-300	21	15	6	10	6	4
300-400	10	7	3	7	7	0
> 400	4	2	2	15	8	7
< 265/250 <sup>1</sup>	26	21	5	20	17	3
> 265/250 <sup>1</sup>	22	15	7	27	18	9

1 Exclusief proeven waarbij optimale N-gift niet is vast te stellen

In Tabel 4 is de gemiddelde respons weergegeven van de totale dataset en een aantal subsets. De resultaten zijn weergegeven voor een subset van proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag en voor de totale dataset. Omdat niet is geëxtrapoleerd betekent dit voor het laatste geval, dat het gemiddelde niet voor elk niveau van de N-gift op eenzelfde aantal proeven is gebaseerd. Bij de beschrijving van de resultaten wordt verder uitgegaan van de subset waarin de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag (20 zandproeven en negen lössproeven).

In het algemeen gaf de polynoom een iets sterkere respons dan het exponentiële model. In de lössproeven was de respons scherper dan in de zandproeven. De lössproeven zijn alle uitgevoerd in de periode tussen 1995 en 2001 terwijl de zanddataset ook een groot aantal minder recente proeven bevatte (zie Tabel 1).

Wanneer alleen de zandproeven vanaf 1994 werd beschouwd, was de respons echter vergelijkbaar met die van de totale zandset. De scherpere respons op löss wordt daarom niet toegeschreven aan de latere uitvoering van de proeven.

Gemiddeld leidde een korting van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 bij de polynoom tot opbrengstderving van 1, 3, 5, 7 en 10% (zand) en 2, 5, 8, 13 en 18% (löss). Bij het exponentiële model bedroeg de dervingen 1, 2, 4, 6 en 8% (zand) en 2, 4, 7, 12 en 17% (löss). Uitgaande van de opbrengstniveaus in de proeven leidde dit gemiddeld over beide modellen tot een financiële derving van 55, 125, 205, 305 en 415 (zand) en 90, 200, 335, 500 en 695 € per ha (löss). De variatie in respons tussen proeven is weergegeven in Tabel 5 (min/max betreft proef met respectievelijk de zwakste en sterkste respons bij een gebruiksnormniveau van 50% ten opzichte van niveau 2006). De variatie is aanzienlijk. Zo lopen de financiële gevolgen bij een korting van 20% uiteen van vrijwel geen effect tot ruim €300 per ha (zand) en van €40 tot bijna €400 per ha (löss).

Tabel 4. **Gefitte opbrengst consumptieaardappel (relatief, %) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006, 265 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Alle proeven		Proeven met GN < hoogste N-trap	
		Zand	Löss	Zand	Löss
Polynoom	50	84,4	84,1	90,3	81,9
	55	85,4	86,5	91,7	84,6
	60	86,3	88,7	93,0	87,2
	65	88,4	90,7	94,2	89,5
	70	95,8	92,5	95,4	91,6
	75	96,8	94,1	96,4	93,5
	80	97,3	95,6	97,3	95,3
	85	98,1	96,8	98,1	96,8
	90	98,9	97,9	98,9	98,0
	95	99,5	98,8	99,5	99,1
	100	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 = ...(ton/ha)	61,0	53,3	59,5	50,1
Exponentieel	50	85,5	85,6	92,1	83,4
	55	86,4	87,5	93,2	85,7
	60	87,3	89,3	94,2	87,8
	65	89,5	90,9	95,2	89,7
	70	96,8	92,5	96,0	91,5
	75	97,6	93,9	96,8	93,2
	80	97,7	95,2	97,5	94,8
	85	98,3	96,4	98,2	96,2
	90	98,9	97,5	98,8	97,6
	95	99,5	98,6	99,4	98,8
	100	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 = ...(ton/ha)	60,4	53,1	58,9	49,9

Tabel 5. **Derving financiële opbrengst consumptieaardappel (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van polynoom en exponentieel model).**

	N-gift (% van GN)	Gem (€ per ha)	Min	Max	Aantal proeven waarbij saldoverschil ligt in bereik ... (€ per ha)						
					< 0	0-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	>1000
Zand	50	415	105	910	0	0	0	4	10	6	0
	60	305	70	690	0	0	4	3	9	4	0
	70	205	45	490	0	4	3	5	8	0	0
	80	125	20	305	1	5	4	5	5	0	0
	90	55	5	160	2	10	3	5	0	0	0
Löss	50	695	310	1090	0	0	0	0	3	3	3
	60	500	195	845	0	0	0	1	2	6	0
	70	335	115	615	0	0	0	3	2	4	0
	80	200	55	395	0	2	1	0	6	0	0
	90	90	15	195	0	3	1	5	0	0	0

### N-opname marktbaar product

In 23 proeven is de N-opname in marktbaar product bepaald. Dit betrof 11 proeven op zand en 12 proeven op löss. Het ging in alle gevallen om relatief recente proeven (1994-2001). Bij 18 proeven (negen op zand en negen op löss) lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen.

Bij zowel de polynoom als het exponentiële model was slechts bij één proef het percentage verklaarde variantie lager dan 80%. Verder waren er bij één proef slechts drie N-trappen opgenomen waardoor het fitten van een curve niet goed mogelijk is.

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie voor beide modellen 97%.

In Tabel 6 is de respons weergegeven bij zowel de totale set als subset van proeven waarbij de gebruiksnorm binnen bereik N-trappen lag. De bespreking beperkt zich tot laatstgenoemde subset. De uitkomsten bij de beide regressiemodellen waren vergelijkbaar. De respons was bij de lössproeven iets scherper dan bij de zandproeven. Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% tot een relatieve daling van de N-opname van respectievelijk 4, 9, 13, 19 en 24% bij de zandproeven en 5, 10, 16, 22 en 29% bij de lössproeven.

Tabel 7 geeft een indicatie van de spreiding tussen de proeven (subset van proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag).

Tabel 6. Gefitte N-opname knollen consumptieaardappel (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm 2006 (GN), 265 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Alle proeven		Proeven met GN<hoogste Ntrap	
		Zand	Löss	Zand	Löss
Polynoom	50	174	164	166	160
	55	180	172	172	168
	60	187	179	179	176
	65	194	185	185	183
	70	200	192	190	190
	75	206	198	196	197
	80	203	204	201	203
	85	209	209	206	209
	90	213	215	211	215
	95	218	220	216	220
	100	222	225	220	225
Exponentieel	50	174	165	166	161
	55	180	172	172	169
	60	187	179	178	176
	65	193	185	184	183
	70	199	191	190	190
	75	205	197	195	196
	80	203	203	200	202
	85	208	209	205	208
	90	213	214	210	214
	95	217	219	215	220
	100	222	225	219	225

Tabel 7. Spreiding (min/max) in N-opname knollen consumptieaardappel (relatief, % ten opzichte van N-opname bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).

N-gift (% van GN)	Zandproeven		Lössproeven	
	Min	Max	Min	Max
50	81,6	71,3	82,9	64,6
60	86,2	78,9	88,4	71,6
70	90,3	85,5	92,8	78,7
80	94,0	91,2	96,1	85,8
90	97,2	96,0	98,5	92,9

### 3.1.3 Discussie

Bij de lössproeven moeten de volgende kanttekeningen worden gemaakt. Voor een nauwkeurige inschatting van de respons met de genoemde modellen zijn eigenlijk minimaal vijf N-niveaus vereist. Bij alle proeven waren slechts vier N-niveaus aanwezig zodat enige terughoudendheid bij gebruik van de uitkomsten gewenst is.

Daarnaast maakten alle proeven deel uit van een meerjarige proefserie van zeven jaar. Hierbij zijn verschillende teeltsystemen met elkaar vergeleken waaronder bemesting met alleen kunstmest en bemesting met dierlijke mest + kunstmest, beide in een akkerbouwrotatie met consumptieaardappelen, suikerbieten, wintertarwe en snijmaïs. Voor deze studie zijn alleen de kunstmestobjecten meegenomen. Gedurende de gehele onderzoeksperiode is op **dit deel** van het proefveld geen dierlijke mest gebruikt. Daarnaast lagen bovendien de N-trappen elk jaar op dezelfde plaats. Deze situatie wijkt af van de praktijk waarin veelal dierlijke mest wordt gebruikt.

Bij de gebruiksnormen voor consumptieaardappelen wordt onderscheid gemaakt tussen drie rassengroepen, namelijk lage, gemiddelde en hoge N-behoefte. In deze studie is uitgegaan van de gemiddelde norm van respectievelijk 165 en 250 kg N per ha voor zand en löss. Bij de zandproeven is dat gedaan omdat er verschillende rassen zijn gebruikt en het ras niet altijd bekend was. Bij de lössproeven is er maar één ras gebruikt (Maritiema) die in de hoge groep valt (gebruiksnorm van 275 kg N per ha). Omdat deze norm buiten het bereik van de N-trappen valt van de meeste proeven is daarom gerekend met de gemiddelde norm. De respons kan zodoende enigszins zijn overschat.

De zandproeven zijn voor een belangrijk deel uitgevoerd op de locatie Vredepeel. De lössproeven zijn alle uitgevoerd op de locatie Wijnandsrade. Er is dus sprake van weinig variatie in locatie tussen de proeven.

## 3.2 Zetmeelaardappelen

### 3.2.1 Beschikbare data

Voor zetmeelaardappelen waren 46 proeven beschikbaar. In 26 proeven is de N-respons getoetst bij verschillende rassen. Omdat bij deze proeven slechts drie N-trappen aanwezig waren, is het niet goed mogelijk een regressie-analyse uit voeren per proef/ras-combinatie (teveel parameters ten opzichte van het aantal meetpunten), maar is gekozen voor een analyse waarbij de rassen alleen in niveau verschillen. Het resultaat zijn parallelle lijnen waarbij het optimale uitbetalingsgewicht bereikt wordt bij dezelfde N-gift voor de verschillende rassen. Kanttekening bij deze aanpak is dat voorbij wordt gegaan aan rasverschillen in N-behoefte. De resultaten van beide subsets (1: proeven met meer dan drie N-trappen, 2: rassenproeven met drie N-trappen) zijn daarom gescheiden weergegeven. De resultaten van subset 2 zijn alleen als ondersteunend te gebruiken bij het resultaat van de analyse van subset 1.

Tabel 8. **Frequentieverdeling proefjaar en hoeveelheid minerale bodem-N aardappelproeven.**

	Subset 1	Subset 2
Grondsoort		
- Dal	11	13
- Zand	9	13
Voorvrucht		
- Graan	8	22
- Suikerbiet	9	3
- Graszaad	2	
- Stamslaboon		1
- Niet bekend	1	
Nmin (kg per ha, 0-30 cm)		
- < 50	10	3
- 50-100	6	0
- Niet bekend	4	23

Hieronder volgen de meest relevante gegevens (zie ook Tabel 8):

- De proeven liggen voor beide subsets redelijk verdeeld over zand- en dalgrond.
- Bij subset 1 was de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar in de helft van de proeven lager dan 50 kg per ha. Bij subset 2 was de Nmin bij de meeste proeven niet bekend.
- In subset 1 is naast eenmalige toediening in 10 proeven aanvullend ook gedeeld bemest. In subset 2 is alle N eenmalig toegediend.
- Het aantal N-trappen liep in subset 1 uiteen van 4-6. In alle proeven was een nultrap opgenomen. Bij 10 van de 20 proeven lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen. In subset 2 zijn in alle proeven drie N trappen aangelegd. Er was geen nultrap aanwezig. De gebruiksnorm lag in alle proeven binnen het bereik van de N-trappen.
- In subset 1 waren de belangrijkste voorvruchten suikerbiet en graan, in subset 2 was dit voornamelijk graan.
- In subset 1 zijn de volgende rassen gebruikt: Astarte (5), Elkana (4), Elles (5), Mercator (2), Seresta (2), Karuva (1) en Logita (1). In subset 2 zijn een groot aantal rassen gebruikt.
- Bij subset 1 zijn 16 proeven uitgevoerd in de periode 1987-1993 en vier proeven in 2002-2003. De proeven in subset 2 zijn uitgevoerd in de periode 1994-2003.
- Bij subset 1 waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen en was er sprake van een redelijk tot goede respons. Bij subset 2 waren er te weinig N-trappen (drie) om de respons op een goede manier te kunnen vaststellen.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 240 kg N per ha.

- Voor het marktbaar product is uitgegaan van het uitbetalingsgewicht. Hierin is reeds het onderwatergewicht verdisconteerd. Laatstgenoemd is een maat voor het zetmeelgehalte en is een belangrijke kwaliteitsparameter. Er is uitgegaan van een prijs van €38 per ton uitbetalingsgewicht.

### 3.2.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Vanwege het grote aantal proeven zijn de resultaten niet per proef weergegeven.

Uit Tabel 9 blijkt dat bij subset 1 er bij één (polynoom) en drie proeven (exponentieel model) geen enkel verband was tussen de N-gift en de opbrengst. In respectievelijk acht en zeven proeven was het percentage verklaarde variantie kleiner dan 80%. Bij beide modellen was er bij 10 proeven sprake van een significante relatie tussen N-gift en opbrengst. In de meeste proeven presteerden de polynoom en het exponentiële model vergelijkbaar. Bij drie proeven paste de polynoom beter en in drie proeven was het omgekeerde het geval (verschil in PVV > 5%). Bij subset 2 was de relatie tussen N-gift en opbrengst slechter dan bij subset 1. Bij de meeste proeven was het PVV lager dan 80%. Dit komt waarschijnlijk door het ontbreken van een nultrap. Er waren geen grote verschillen tussen beide modellen.

Tabel 10 geeft de frequentieverdeling van de berekende economisch optimale N-gift (rekening houdend met de prijs voor kunstmest-N). Bij subset 1 was bij de polynoom bij 17 proeven de optimale N-gift lager dan de gebruiksnorm (240 kg N per ha). Bij het exponentiële model was dit bij 14 proeven het geval.

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg bij subset 1 het percentage verklaarde variantie 92 (polynoom) en 93% (exponentieel model). Bij subset 2 bedroegen dit 80% bij voor beide modellen.

Tabel 9. **Frequentieverdeling (aantal proeven) percentage verklaarde variantie (PVV, %) zetmeelaardappel.**

	Polynoom		Exponentieel	
	Subset 1	Subset 2	Subset 1	Subset 2
Geen verband	1	0	3	0
PVV < 80 %	8	23	7	23
PVV ≥ 80 %	11	3	10	3

Tabel 10. **Frequentieverdeling (aantal proeven) economisch optimale N-gift zetmeelaardappel.**

Optimale N-gift (kg per ha)	Polynoom		Exponentieel	
	Subset 1	Subset 2	Subset 1	Subset 2
Niet vast te stellen	2	1	4	9
0-100	3	2	8	0
100-200	11	17	4	14
200-400	4	4	4	2
> 400	0	2	0	1
< 240	17	21	14	14

In Tabel 11 is de gemiddelde respons weergegeven van beide subsets. De resultaten zijn weergegeven voor enkel de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag en voor alle proeven. Omdat niet is geëxtrapolerd betekent dit, dat het gemiddelde niet voor elk gebruiksnormniveau op eenzelfde aantal proeven is gebaseerd. Bij de beschrijving van de resultaten wordt verder uitgegaan van de subset waarin de gebruiksnorm binnen bereik N-trappen lag.

Bij subset 1 was de respons bij beide modellen vergelijkbaar. Gemiddeld leidde een korting van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstderving van 0, 1, 2, 3 en 4% (polynoom) en 0, 1, 2, 2 en 3% (exponentieel model). Omdat uitbetalingsgewicht doorgaans daalt bij hogere N-giften wordt hierna uitgegaan van de polynoom. Uitgaande van de opbrengstniveaus in de



proeven leidde dit gemiddeld tot een financiële derving van 5, 20, 45, 80 en 120 € per ha. De variatie in financiële respons tussen proeven is weergegeven in Tabel 12.

Subset 2 gaf voor de polynoom resultaten die vergelijkbaar waren met die van subset 1. Bij het exponentiële model kon bij een deel vande proeven geen goede fit worden verkregen waardoor geen gemiddelde kon worden berekend.

Tabel 11. **Gefit uitbetalingsgewicht (relatief, %) zetmeelaardappelen in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006, 240 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Alle proeven		Proeven met GN < hoogste N-trap	
		Subset 1	Subset 2	Subset 1	Subset 2
Polynoom	50	100,6	96,6	95,5	96,8
	55	101,2	97,1	96,3	97,6
	60	101,7	97,8	97,1	98,2
	65	102,0	98,4	97,7	98,8
	70	102,1	99,0	98,3	99,2
	75	100,4	99,4	98,8	99,6
	80	100,4	99,7	99,2	99,9
	85	99,6	100,0	99,5	100,1
	90	99,5	100,1	99,7	100,1
	95	99,3	100,1	99,9	100,1
	100	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 = ...(ton/ha)	70,1	77,6	70,1	77,4
Exponentieel <sup>1</sup>	50	100,7	-	96,7	-
	55	101,1	-	97,2	-
	60	101,4	-	97,7	-
	65	101,7	-	98,1	-
	70	102,0	-	98,5	-
	75	100,0	-	98,8	-
	80	100,2	-	99,1	-
	85	99,5	-	99,4	-
	90	99,7	-	99,6	-
	95	99,8	-	99,8	-
	100	100,0	-	100,0	-
	100 = ...(ton/ha)	69,5	-	69,5	-

1 Doordat bij groot deel van de proeven geen goede fit werd verkregen, zijn bij subset 2 geen gemiddelden weergegeven

Tabel 12. **Derving financiële opbrengst bij zetmeelaardappelen (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (op basis van polynoom).**

	N-gift (% van GN)	Gem	Min (€/ha)	Max	Aantal proeven waarbij saldoverschil ligt in bereik ... (€ per ha)					
					< 0	0-50	50-100	100-150	150-200	>200
Subset 1	50	120	-5 <sup>1</sup>	315	1	2	3	1	1	2
	60	80	-5	230	2	2	2	3	0	1
	70	45	-10	155	2	4	3	0	1	0
	80	20	-10	90	3	4	3	0	0	0
	90	5	-5	40	3	7	0	0	0	0

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

### **N-opname marktbaar product**

In 11 proeven is de N-opname in marktbaar product bepaald (alle behorend bij subset 1). Het betrof zes proeven uit 1991-1992 en vier recentere proeven uit 2003-2003. Bij slechts vier proeven (2002-2003) lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen.

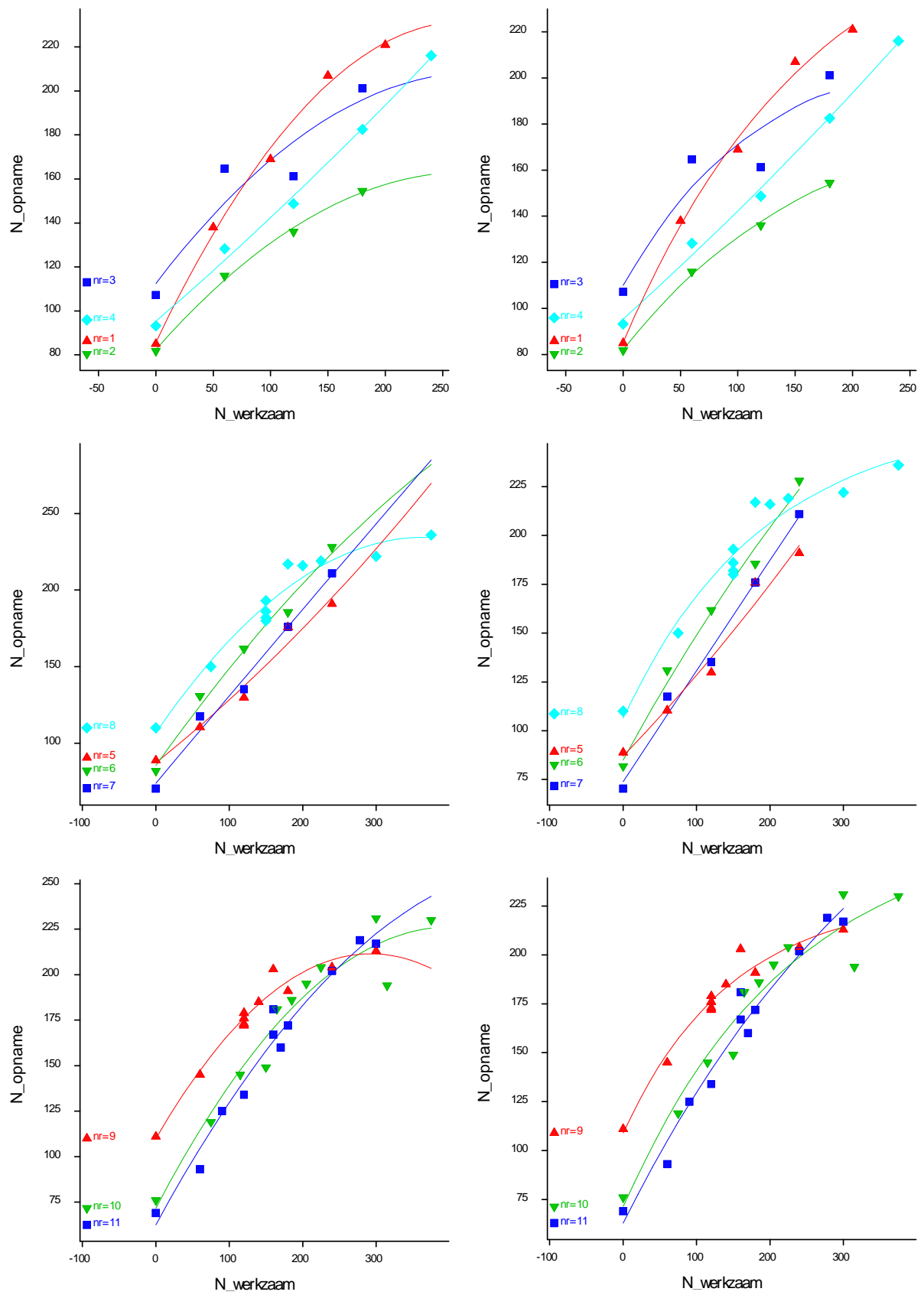
Bij zowel de polynoom als het exponentiële model was slechts bij één proef het percentage verklaarde variantie lager dan 80%. In alle andere proeven was de relatie tussen N-gift en N-opname significant. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie voor beide modellen 95%.

In Figuur 1 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijn voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten). Bij één proef was er sprake van een dalparabool/omgeklapte exponentiële curve (sterkere stijging bij hogere N-giften). Deze proef is bij de vaststelling van de gemiddelde respons wel meegenomen.

In Tabel 13 is de respons weergegeven van de 11 proeven. De uitkomsten bij de beide regressiemodellen waren vergelijkbaar. Gemiddeld over de vier proeven waarbij de gebruiksnorm binnen bereik van de N-trappen lag, leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve daling van de N-opname van 3, 7, 12, 16 en 22% (polynoom) en 4, 7, 12, 16 en 21% (exponentieel model). Er waren wel duidelijke verschillen tussen proeven. Bij een reductie van 20% bijvoorbeeld liep de daling van de N-opname uiteen van 4 tot 11%.

### **3.2.3 Discussie**

Alleen bij de minder recente proeven (subset 1) waren voldoende N-trappen aanwezig om een betrouwbare respons te kunnen inschatten. De recentere subset 2, met drie N-niveaus, gaf wel een vergelijkbare respons.



Figuur 1. N-opname knollen zetmeelaardappelen (kg per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel).

Tabel 13. Gefitte N-opname knollen zetmeelaardappel in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef											Gem1	Gem2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Polynoom	50	187	138	177	152	137	160	142	177	176	150	141	158	161
	55	194	142	181	158	143	167	149	182	181	157	148	164	167
	60	200	145	186	164	148	174	156	188	185	163	155	169	173
	65	206	148	189	171	154	181	162	193	189	169	161	175	178
	70	211	151	193	177	159	187	169	197	193	174	167	180	183
	75	216			183	165	194	176	202	196	179	173	187	188
	80	220			189	171	200	183	206	199	184	179	192	192
	85				196	177	206	190	210	202	189	185	194	196
	90				202	183	212	196	213	204	193	190	199	200
	95				209	189	218	203	216	206	197	196	204	204
100								219	208	201	201	207	207	
Exponentieel	50	186	138	178	152	137	161	142	178	176	151	141	158	162
	55	193	141	182	158	143	168	149	183	181	157	148	164	167
	60	199	145	185	164	148	174	156	188	185	163	155	169	173
	65	205	148	188	170	154	181	163	192	188	168	161	174	177
	70	210	151	191	177	159	187	169	197	191	174	167	179	182
	75	215			183	165	194	176	200	194	178	173	187	187
	80	220			189	171	200	183	204	197	183	179	192	191
	85				196	177	206	190	208	200	187	184	193	195
	90				202	183	212	196	211	202	191	190	198	198
	95				209	189	218	203	214	204	195	195	203	202
100								217	206	199	200	206	206	

## 3.3 Suikerbieten

### 3.3.1 Beschikbare data

Voor suikerbieten waren 95 proeven beschikbaar. Vanwege het grote aantal beschikbare proeven zijn proeven waarbij de hoogste N-gift lager was dan de gebruiksnorm buiten beschouwing gelaten. Hieronder volgen de meest relevante gegevens (zie ook Tabel 14):

- 79 proeven lagen op zandgrond (voor een belangrijk deel ter beschikking gesteld door IRS), 13 proeven op lössgrond, drie proeven op kleigrond.
- Van 91 proeven was de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar bekend. Bij de zandproeven was deze in ruim de helft van de proeven lager dan 50 kg per ha. Bij de lössproeven was dat bij circa 75% van de proeven het geval.
- In alle proeven is de N eenmalig toegediend. Daarnaast is aanvullend gedeeld bemest (10 proeven) of is de N in de rij toegediend (vier proeven).
- Het aantal N-trappen liep uiteen van 4-6. In alle proeven was een nultrap opgenomen.
- De proeven zijn uitgevoerd in de periode 1977-2005 (voor frequentieverdeling zie Tabel 14).
- Voor zand waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen, voor löss waren slechts vier N-trappen opgenomen. Voor beide grondsoorten was er sprake van een redelijke tot goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 150 kg N per ha.
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de winbare suikeropbrengst per ha. Deze is omgerekend in een financiële opbrengst met behulp van de formule die op dit moment wordt gebruikt voor de uitbetaling. Dit is gedaan omdat de uitbetalingsprijs niet constant is maar afhangt van diverse kwaliteitsparameters.

Tabel 14. **Frequentieverdeling proefjaar en hoeveelheid minerale bodem-N suikerbietenproeven.**

	Aantal proeven		
	Zand	Löss	Klei
<i>Proefjaar</i>			
- 1977-1984	37	3	0
- 1985-1994	26	0	1
- 1995-2005	16	10	2
<i>N<sub>min</sub> (kg per ha, 0-60 cm)</i>			
- < 50	40	10	2
- 50-100	26	2	1
- > 100	9	1	0

### 3.3.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Vanwege het grote aantal proeven zijn de resultaten niet per proef weergegeven. De kleiproeven zijn buiten beschouwing gelaten omdat dit project zich richt op zand en löss en er wat betreft marktbaar opbrengst voldoende proeven op deze grondsoorten beschikbaar waren.

Uit Tabel 15 blijkt dat er bij 12 (polynoom) en 14 proeven (exponentieel model) geen enkel verband was tussen de N-gift en de financiële opbrengst. In respectievelijk 32 en 36 proeven was het percentage verklaarde variantie kleiner dan 80%. In beide gevallen betrof het vooral zandproeven. In het algemeen paste de polynoom beter dan het exponentiële model.

Tabel 16 geeft de frequentieverdeling van de berekende economisch optimale N-gift (rekening houdend met de prijs voor N). Bij de polynoom was bij 60 proeven de optimale N-gift lager dan de gebruiksnorm van 150 kg N per ha. Bij het exponentiële model was dit bij 44 proeven het geval. Bij laatstgenoemd model was het bij een groot aantal proeven (32) niet mogelijk een optimum af te leiden. Dat was vooral het gevolg van het

omklappen van de exponentiële curve: in plaats van een bovengrens (asymptoot) is er een ondergrens en neemt de opbrengst bij stijgende N-gift steeds sterker toe.

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 93 en 92% bij respectievelijk de polynoom en het exponentiële model. Bij laatstgenoemd model werd echter geen optimale fit verkregen (model convergeerde niet voor alle proeven).

Tabel 15. **Frequentieverdeling (aantal proeven) percentage verklaarde variantie (PVV) suikerbiet.**

	Polynoom			Exponentieel		
	Totaal	Zand	Löss	Totaal	Zand	Löss
Geen verband	12	11	1	14	13	1
PVV < 80 %	32	29	3	36	34	2
PVV ≥ 80 %	48	39	9	42	32	10

Tabel 16. **Frequentieverdeling (aantal proeven) economisch optimale N-gift suikerbiet.**

Optimale N-gift (kg/ha)	Polynoom			Exponentieel		
	Totaal	Zand	Löss	Totaal	Zand	Löss
Niet vast te stellen	14	12	2	32	30	2
0-50	11	11	0	18	13	5
50-100	11	11	0	14	13	1
100-150	38	28	10	12	11	1
150-200	13	13	0	6	5	1
200-300	1	1	0	9	7	2
> 300	4	3	1	1	0	1

In Tabel 17 is de gemiddelde respons weergegeven van de totale dataset en een aantal subsets. In het algemeen gaf de polynoom een sterkere respons dan het exponentiële model. Dit hangt waarschijnlijk mede samen met het feit dat laatstgenoemd model geen daling toestaat bij hogere N-giften, terwijl dit bij suikerbieten vaak wel het geval is (vooral suikergehalte reageert negatief op te veel N waardoor suikeropbrengst weer afneemt). Om deze reden is in de verdere rapportage voor deze responsvariabele uitgegaan van de polynoom.

Wanneer alle proeven worden beschouwd blijkt dat de respons bij de zandproeven zwakker is dan bij de proeven op löss. Bij laatstgenoemde proeven gaat het voor een belangrijk deel (10 van de 13 proeven) om relatief recente proeven (vanaf 1995). Worden alleen de proeven beschouwd vanaf 1995 (16 zand en 10 löss) dan zijn de verschillen tussen zand en löss geringer. In de totale zandset bevinden zich een groot aantal proeven uit de jaren zeventig en tachtig. In deze periode werd vooral op zandgrond veel meer dierlijke mest gebruikt dan de laatste 10 jaar. Mogelijk dat het hieruit voortvloeiende hogere mineralisatieniveau heeft geleid tot een zwakkere respons. Ook verschillen in Nmin in voorjaar kunnen een rol hebben gespeeld. Voor de totale set bedroeg deze gemiddeld voor de zand- en lössproeven respectievelijk 65 en 30 kg N per ha terwijl bij de subset van proeven na 1995 er zich gemiddeld 20 en 15 kg N per ha in de bodem bevond. Ook dit wijst op een mogelijk hogere N-levering op zand in de vroegere proefjaren.

Vooral bij de zandproeven was in deze subset de relatie tussen de N-gift en de financiële opbrengst beter dan voor de totale set. Bij 12 van de 16 zandproeven was het percentage verklaarde variantie groter dan 80% (polynoom). Het economische optimum lag bij 11 proeven tussen 100 en 150 kg N per ha en bij vijf proeven tussen 150 en 200 kg N per ha. Bij de lössproeven lag het optimum bij negen proeven tussen 100 en 150 kg N per ha en bij één proef lag deze ver boven de hoogste N-trap (180 kg N per ha).

Tabel 17. Gefitte financiële opbrengst (relatief, %) suikerbieten in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006, 150 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Alle proeven		Proeven vanaf 1995	
		Zand	Löss	Zand	Löss
Polynoom	50	97,3	93,8	93,0	92,1
	55	98,0	95,3	94,3	93,8
	60	98,6	96,6	95,5	95,3
	65	99,1	97,6	96,6	96,7
	70	99,5	98,5	97,5	97,8
	75	99,8	99,2	98,3	98,7
	80	100,0	99,8	98,9	99,4
	85	100,2	100,1	99,4	99,8
	90	100,2	100,3	99,7	100,1
	95	100,2	100,2	99,9	100,2
	100	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 = ... (€/ha)	2197	2495	2895	2584
Exponentieel	50	99,0	96,3	95,8	95,1
	55	99,3	96,9	96,5	95,8
	60	99,5	97,4	97,1	96,5
	65	99,7	97,9	97,7	97,1
	70	99,8	98,3	98,1	97,6
	75	99,9	98,6	98,5	98,1
	80	100,0	99,0	98,9	98,5
	85	100,0	99,3	99,2	98,9
	90	100,1	99,6	99,5	99,3
	95	100,0	99,8	99,8	99,7
	100	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 = ... (€/ha)	2160	2461	2830	2556

De variatie in respons tussen proeven is weergegeven in Tabel 18. Voor zand is hierbij uitgegaan van de proeven vanaf 1995. Bij een korting van de gebruiksnorm van bijvoorbeeld 20% treedt in circa 80% van de zandproeven een derving op tussen 0 en 100 € per ha. Bij de lössproeven is dat in circa 50% van de proeven het geval.

Tabel 18. **Derving financiële opbrengst suikerbieten (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (op basis van tweedegraads respons).**

	N-gift (% van GN)	Gem	Min (€ per ha)	Max	Aantal proeven waarbij saldooverschil ligt in bereik. ...: (€ per ha)			
					< 0	0-100	100-200	> 200
Zand <sup>1</sup>	50	205	-5 <sup>2</sup>	280	1	0	7	8
	60	130	5	200	0	6	7	3
	70	70	10	135	0	12	4	0
	80	30	10	75	3	13	0	0
	90	5	5	30	5	11	0	0
Löss	50	205	60	390	0	2	4	4
	60	120	-10	260	1	4	3	2
	70	55	-55	155	2	5	3	0
	80	15	-65	75	4	5	1	0
	90	-5	-50	25	6	4	0	0

1. Proeven vanaf 1995

2. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

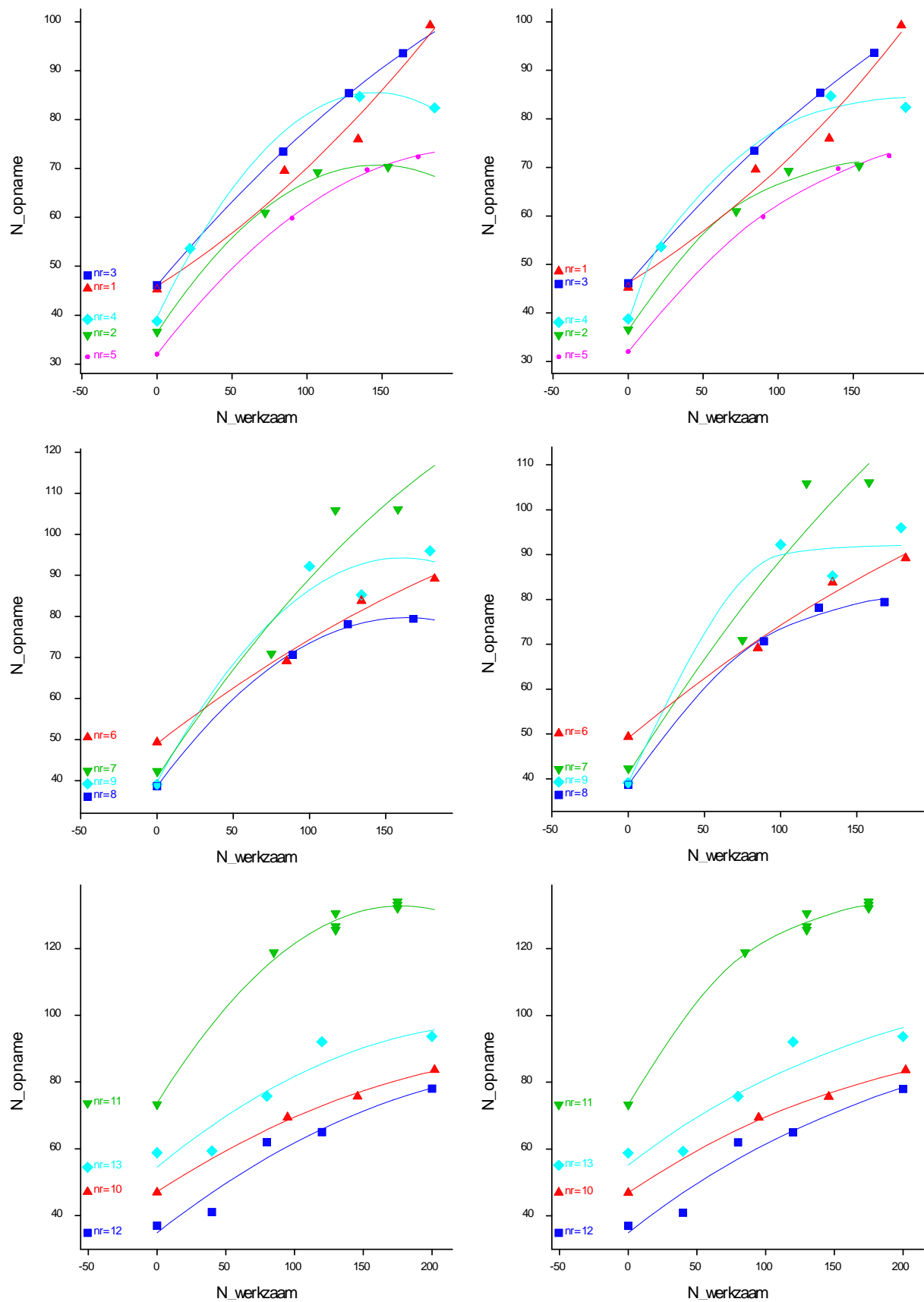
### **N-opname marktbaar product**

In 13 proeven is de N-opname in de geogste bieten bepaald. Dit betrof 10 proeven op löss en drie proeven op klei. Omdat de N-opname in veel minder proeven is bepaald zijn de kleiproeven ook meegenomen. M.u.v. één kleiproef (1989) zijn de proeven uitgevoerd in de periode 1995-2005.

Bij zowel de polynoom als het exponentiële model was slechts bij één proef het percentage verklaarde variantie lager dan 80%. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie voor beide modellen 96%. In Figuur 2 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten). Bij één proef was er sprake van een dalparabool/omgeklapte exponentiële curve (sterkere stijging bij hogere N-giften). Deze is wel meegenomen bij de vaststelling van de gemiddelde respons.

In Tabel 19 is de respons weergegeven van de 13 proeven. De uitkomsten bij de beide regressiemodellen waren vergelijkbaar. Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve daling van de N-opname van 3, 6, 9, 14 en 18% (polynoom) en 3, 6, 9, 13 en 17% (exponentieel model). Er waren wel duidelijke verschillen tussen proeven. Bij een reductie van bijvoorbeeld 20% bijvoorbeeld liep de daling van de N-opname uiteen van 1 tot 12%.





Figuur 2. N-opname in de geogste bieten (kg per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel).

Tabel 19. Gefitte N-opname suikerbieten in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef													Gem
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Polynoom	50	63	63	71	75	57	69	79	68	79	65	113	56	76	72
	55	65	64	73	77	58	70	82	70	81	66	116	58	78	74
	60	67	66	75	79	60	72	85	71	84	68	118	60	80	76
	65	69	67	77	81	62	74	88	73	86	69	121	61	81	78
	70	72	68	79	82	63	75	91	74	88	70	123	63	83	79
	75	74	69	81	83	65	77	94	76	89	72	125	64	84	81
	80	76	70	83	84	66	79	97	77	91	73	127	66	85	83
	85	79	70	85	85	67	80	100	78	92	74	128	67	87	84
	90	81	70	87	85	69	82	102	78	93	75	129	69	88	85
	95	83	71	89	86	70	83	105	79	94	76	130	70	89	87
100	86	71	91	85	70	84	107	79	94	77	131	71	90	88	
Exponentieel	50	63	63	71	75	57	69	78	69	87	65	115	56	75	73
	55	65	64	73	76	59	70	81	70	88	66	118	58	77	74
	60	67	65	75	77	60	72	85	72	89	68	120	59	79	76
	65	69	66	77	78	62	74	88	73	90	69	122	61	80	78
	70	71	67	79	79	63	75	91	74	90	70	123	63	82	79
	75	74	68	81	80	65	77	94	75	91	72	125	64	83	81
	80	76	69	83	81	66	78	97	76	91	73	126	66	85	82
	85	78	69	85	82	67	80	99	77	91	74	127	67	86	83
	90	81	70	87	82	68	82	102	78	91	75	129	68	87	85
	95	83	70	89	83	69	83	105	78	92	76	130	70	88	86
100	86	71	91	83	70	84	108	79	92	77	131	71	90	87	

### 3.3.3 Discussie

Bij de lössproeven moeten, evenals bij de consumptieaardappelen, de volgende kanttekeningen worden gemaakt. Voor een nauwkeurige inschatting van de respons met de genoemde modellen zijn eigenlijk minimaal vijf N-niveaus vereist. Bij alle proeven waren slechts vier N-niveaus aanwezig zodat enige terughoudendheid bij gebruik van de uitkomsten gewenst is.

Daarnaast maakten alle proeven deel uit van een meerjarige proefserie van zeven jaar. Hierbij zijn verschillende teeltsystemen met elkaar vergeleken waaronder bemesting met alleen kunstmest en bemesting met dierlijke mest + kunstmest, beide in een akkerbouwrotatie met consumptieaardappelen, suikerbieten, wintertarwe en snijmaïs. Voor deze studie zijn alleen de kunstmestobjecten meegenomen. Gedurende de gehele onderzoeksperiode is op **dit deel** van het proefveld geen dierlijke mest gebruikt. Daarnaast lagen bovendien de N-trappen elk jaar op dezelfde plaats. Deze situatie wijkt af van de praktijk waarin veelal dierlijke mest wordt gebruikt.

## 3.4 Snijmaïs

### 3.4.1 Beschikbare data

Voor snijmaïs waren 57 proeven beschikbaar. Hieronder volgen de meest relevante gegevens (zie ook Tabel 20):

- 39 proeven lagen op zandgrond, 11 proeven op lössgrond en zeven op kleigrond.
- Van alle proeven was de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar bekend. Bij het grootste deel van de proeven was deze lager dan 50 kg per ha (0-30 cm).
- Het aantal N-trappen liep uiteen van 4-6. In negen proeven was geen nultrap opgenomen. De laagste gift in deze proeven betrof een startgift van 20-30 kg N per ha. Bij 38 proeven (28 zand, drie löss en zeven klei) lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen.
- Bij de zandproeven was de voorvrucht meestal snijmaïs (continueeltsituatie). Bij de kleiproeven was de voorvrucht voornamelijk wintertarwe, bij de lössproeven was de voorvrucht niet bekend.
- De proeven zijn uitgevoerd in de periode 1982-2001 (voor frequentieverdeling zie Tabel 20).
- Voor zand en klei waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen, voor löss waren er in alle proeven slechts vier N-trappen opgenomen. Voor alle grondsoorten was er sprake van een redelijke tot goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 185 kg N per ha (norm voor niet-derogatiebedrijven).
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de drogestofopbrengst. Er is een productprijs gehanteerd van €0,11 per kg drogestof.

Tabel 20. **Frequentieverdeling proefjaar en hoeveelheid minerale bodem-N snijmaïsproeven.**

	Aantal proeven		
	Zand	Löss	Klei
<i>Proefjaar</i>			
- 1982-1990	15	0	1
- 1991-2001	24	11	6
<i>N<sub>min</sub> (kg per ha, 0-30 cm)</i>			
- < 50	34	11	7
- 50-100	4	0	0
- > 100	1	0	0

### 3.4.2 Resultaten analyse

#### **Marktbaar opbrengst**

Vanwege het grote aantal proeven zijn de resultaten niet per proef weergegeven.

Uit Tabel 21 blijkt dat er bij zowel de polynoom als het exponentiële model er in zes proeven geen enkel verband was tussen de N-gift en de opbrengst. In respectievelijk 13 en 16 proeven was het percentage verklaarde variantie (PVV) kleiner dan 80%. In beide gevallen betrof het vooral zandproeven. In de meeste proeven presteerden de polynoom en het exponentiële model vergelijkbaar. In vier proeven paste de polynoom beter (verschil in PVV > 5%), in vier proeven was het omgekeerde het geval.

Tabel 22 geeft de frequentieverdeling van de berekende economisch optimale N-gift (rekening houdend met de prijs voor kunstmest-N). Bij de polynoom was bij 39 proeven (26 zand, negen löss en vier klei) de optimale N-gift lager dan de gebruiksnorm (185 kg N per ha). Bij het exponentiële model was dit bij 31 proeven (19 zand, 10 löss en 2 klei) het geval.

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 97% voor zowel de polynoom als het exponentiële model.

Tabel 21. **Frequentieverdeling (aantal proeven) percentage verklaarde variantie (PVV, %) snijmaïs.**

	Polynoom				Exponentieel			
	Totaal	Zand	Löss	Klei	Totaal	Zand	Löss	Klei
Geen verband	6	6	0	0	6	6	0	0
PVV < 80 %	13	13	0	0	16	14	2	0
PVV ≥ 80 %	38	20	11	7	35	19	9	7

Tabel 22. **Frequentieverdeling (aantal proeven) economisch optimale N-gift snijmaïs.**

Optimale N-gift (kg per ha)	Polynoom				Exponentieel			
	Totaal	Zand	Löss	Klei	Totaal	Zand	Löss	Klei
Niet vast te stellen	4	4	0	0	5	4	1	0
0-50	3	3	0	0	8	5	3	0
50-100	4	3	1	0	12	7	5	0
100-150	17	11	6	0	3	2	1	0
150-200	17	10	2	5	10	6	1	3
200-300	7	3	2	2	11	9	0	2
> 300	5	5	0	0	7	5	0	2
< 185	39	26	9	4	31	19	10	2
> 185	14	9	2	3	20	15	0	5

In Tabel 23 is de gemiddelde respons weergegeven. De resultaten zijn weergegeven voor een subset van proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag (38 proeven: 28 zand, drie löss, zeven klei). Daarbinnen is onderscheid gemaakt tussen grondsoort.

In algemeen waren de verschillen in uitkomsten tussen beide modellen gering. Gemiddeld leidde een korting van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstderving van 0, 1, 3, 5 en 7% (zandproeven), 2, 5, 9, 14 en 20% (lössproeven) en 1, 3, 5, 8 en 11% (kleiproeven). De uitkomsten van het exponentiële model waren vergelijkbaar. Uitgaande van de opbrengstniveaus in de proeven leidde dit gemiddeld over beide modellen tot een financiële derving van 10, 25, 50, 75 en 105 € per ha (zand), 55, 120, 200, 300 en 410 € per ha (löss) en 30, 60, 105, 160 en 220 € per ha (klei). De variatie in respons tussen proeven is weergegeven in Tabel 24. Een korting van bijvoorbeeld 20% gaf in circa 70% van de zandproeven een derving tussen 0 en 50 € per ha. Bij de klei- en lössproeven was de derving bij een groot deel van de proeven hoger dan €50 per ha.

Tabel 23. Gefitte drogestofopbrengst (relatief, %) snijmaïs in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006, 185 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

	N-gift (% van GN)	Zand	Löss	Klei
Polynoom	50	93,1	80,1	88,8
	55	94,4	83,1	90,6
	60	95,5	85,9	92,2
	65	96,4	88,4	93,7
	70	97,3	90,7	95,0
	75	98,0	92,8	96,2
	80	98,7	94,7	97,3
	85	99,2	96,4	98,2
	90	99,6	97,8	98,9
	95	99,8	99,0	99,5
	100	100,0	100,0	100,0
	100 = ...(kg/ha)	14098	18899	17894
Exponentieel	50	93,1	80,3	88,7
	55	94,1	83,0	90,2
	60	95,0	85,5	91,7
	65	95,8	87,8	93,0
	70	96,5	90,0	94,3
	75	97,2	92,0	95,4
	80	97,8	93,8	96,5
	85	98,4	95,5	97,5
	90	99,0	97,1	98,4
	95	99,5	98,6	99,2
	100	100,0	100,0	100,0
	100 = ...(kg/ha)	14018	18921	17857

Tabel 24. Derving financiële opbrengst van snijmaïs (€ per ha ten opzichte van niveau gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van polynoom en exponentieel model).

	N-gift (% van GN)	Gem (€ per ha)	Min	Max	Aantal proeven waarbij saldoverschil ligt in bereik ... (€ per ha)					
					< 0	0-50	50-100	100-200	200-500	>500
Zand	50	105	5	485	0	11	3	11	3	0
	60	75	-5 <sup>1</sup>	385	2	12	7	5	2	0
	70	50	-10	290	4	15	5	3	1	0
	80	25	-15	190	5	19	3	1	0	0
	90	10	-10	95	7	20	1	0	0	0
Löss	50	410	240	520	0	0	0	0	2	1
	60	300	160	385	0	0	0	1	2	0
	70	200	95	265	0	0	1	0	2	0
	80	120	50	165	0	0	1	2	0	0
	90	55	20	75	0	1	2	0	0	0
Klei	50	220	115	390	0	0	0	3	4	0
	60	160	80	295	0	0	3	2	2	0
	70	105	45	210	0	1	2	3	1	0
	80	60	20	135	0	3	3	1	0	0
	90	30	5	65	0	6	1	0	0	0

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

## N-opname marktbaar product

In alle proeven (57) is de N-opname in marktbaar product bepaald.

Bij zowel de polynoom als het exponentiële model was er bij vier proeven geen enkel verband tussen N-gift en N-opname (Tabel 25). Dit betrof alle zandproeven. Bij acht (polynoom) en negen proeven (exponentieel) was het percentage verklaarde variantie lager dan 80%. Ook hier ging het grotendeels om zandproeven. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie voor beide modellen 91%.

Zoals reeds eerder vermeld lag bij 38 proeven (28 op zand, drie op löss en zeven op klei) de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen. Alleen deze proeven zijn gebruikt voor het vaststellen van de gemiddelde respons (Tabel 26).

De uitkomsten bij de beide regressiemodellen waren vergelijkbaar. De respons was bij de lössproeven scherper dan bij de zand- en kleiproeven. Gemiddeld leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve daling van de N-opname van 3, 6, 9, 12 en 16% (zandproeven), 8, 16, 23, 31 en 38% (lössproeven) en 5, 10, 15, 20 en 25% (kleiproeven).

Tabel 27 geeft een indicatie van de spreiding tussen de proeven.

Tabel 25. **Frequentieverdeling (aantal proeven) percentage verklaarde variantie (PVV, %) snijmaïs.**

	Polynoom				Exponentieel			
	Totaal	Zand	Löss	Klei	Totaal	Zand	Löss	Klei
Geen verband	4	4	0	0	4	4	0	0
PVV < 80%	8	7	1	0	9	7	2	0
PVV ≥ 80%	45	28	10	7	44	28	9	7

Tabel 26. **Gefitte N-opname (kg per ha) snijmaïs in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006, 185 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Zand	Löss	Klei
Polynoom	50	151	124	149
	55	154	131	155
	60	158	139	160
	65	161	146	165
	70	164	154	170
	75	167	162	175
	80	170	169	180
	85	173	177	185
	90	175	185	190
	95	178	193	195
	100	180	200	199
Exponentieel	50	150	124	149
	55	154	131	154
	60	157	139	160
	65	160	146	165
	70	163	154	170
	75	166	161	175
	80	169	169	180
	85	171	177	185
	90	174	185	190
	95	177	192	194
	100	179	200	199

Tabel 27. **Spreiding (min/max) in N-opname snijmaïs (relatief ten opzichte van N-opname bij gebruiksnorm (GN) 2006, %) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Zand		Löss		Klei	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
50	98,7	58,1	72,7	54,2	82,9	68,1
60	99,3	64,9	79,0	62,2	87,2	73,8
70	99,7	72,5	84,9	70,8	91,1	79,8
80	100,0	80,8	90,4	80,0	94,5	86,2
90	100,1	90,0	95,4	89,7	97,5	92,9

### 3.4.3 Discussie

De sterkste opbrengstrespons werd gevonden op löss, gevolg door klei en daarna zand. Het bemestingsverleden kan hierbij mogelijk een rol hebben gespeeld. De meeste zandproeven waren aangelegd op percelen waar continu maïs werd geteeld. Op deze percelen wordt jaarlijks dierlijke mest toegediend. Bovendien ging het in het verleden vaak om relatief hoge giften. De kleiproeven zijn alle uitgevoerd in Lelystad op percelen waar in het verleden geen dierlijke mest is gebruikt. Alle lössproeven zijn uitgevoerd op hetzelfde perceel waar gedurende de onderzoeksperiode geen dierlijke mest is gebruikt. De maïs werd geteeld in een rotatie met aardappelen, suikerbieten en winterarwe. Naast het bemestingsverleden kan ook het opbrengstniveau een rol hebben gespeeld bij de gevonden verschillen. Bij de klei en lössproeven was deze hoger dan bij de zandproeven.

Bij de relatief steile respons van de lössproeven moet nog het volgende worden opgemerkt. De gemiddelde respons is slechts gebaseerd op drie proeven. Bij de andere acht lössproeven viel de gebruiksnorm buiten het bereik van de N-niveaus van de proeven. Wel is de optimale N-gift in laatstgenoemde proeven in alle gevallen lager dan de gebruiksnorm (het hoogste optimum bevond zich op circa 80% van de gebruiksnorm) en ook lager dan bij de eerstgenoemde drie proeven (respectievelijk 170, 225 en 235 kg N per ha). Dit is een indicatie dat verlaging van de gebruiksnorm bij deze proeven minder snel leidt tot opbrengstreducties.



## 3.5 Korrelmaïs

### 3.5.1 Beschikbare data

In Tabel 28 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren vijf proeven beschikbaar, deze lagen alle op zandgrond.
- In alle proeven waren vijf N-niveaus opgenomen inclusief een nultrap. Er is geen dierlijke mest gebruikt.
- De voorvrucht was in vier van de vijf proeven korrelmaïs, in één proef was de voorvrucht niet bekend.
- In alle proeven is zowel de korrelopbrengst als de N-opname in de korrel bepaald.
- Bij alle proeven waren er voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons en was er sprake van een goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 185 kg N per ha.
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de korrelopbrengst. Deze is hier uitgedrukt in hoeveelheid droge stof per ha. Er is een productprijs gehanteerd van €0,13 per kg drogestof.

Tabel 28. **Karakterisering gebruikte proeven korrelmaïs.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Nmin (0-30 cm)	N-niveaus		
						Aantal	Min	Max
1	1992	Vredepeel	Zand	Korrelmaïs	Nb <sup>1</sup>	5	0	200
2	1993	Vredepeel	Zand	Korrelmaïs	49	5	0	200
3	1994	Vredepeel	Zand	Korrelmaïs	12	5	0	200
4	1995	Vredepeel	Zand	Korrelmaïs	14	5	0	300
5	1996	Vredepeel	Zand	Korrelmaïs	35	5	0	200

1 Nb = niet bekend

### 3.5.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

In tabel 29 zijn de resultaten weergegeven van de regressieanalyse weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima). In Figuur 3 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Met uitzondering van proef 1 was het percentage verklaarde variantie hoger dan 80% bij beide modellen. De beide modellen presteerden vergelijkbaar (percentage verklaarde variantie van dezelfde grootte orde). Bij beide modellen was alleen bij proef 1 het berekende economische optimum hoger dan de gebruiksnorm van 185 kg N per ha.

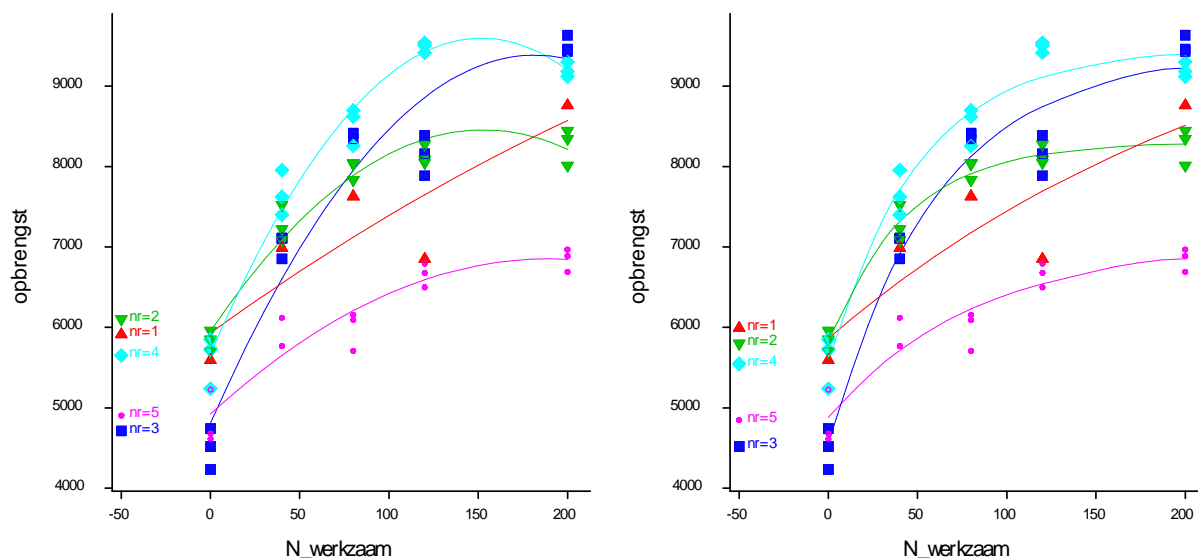
Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 94 en 95% voor respectievelijk de polynoom en het exponentiële model.

Tabel 29. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en korrelopbrengst en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij korrelmaïs.**

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	max	econ	99	97,5	95	PVV	max	econ	99	97,5	95
1	54	565	340	479	429	373	54	-	278	964	732	557
2	94	153	123	125	108	90	97	-	95	148	108	78
3	91	182	159	156	140	123	95	-	152	235	181	139
4	97	152	133	128	114	99	96	-	125	187	141	106
5	88	189	130	154	133	110	88	-	116	279	204	148

In Tabel 30 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006 (stappen van 5%). Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006

tot een opbrengstdaling van respectievelijk 0, 1, 2, 5 en 8% (polynoom) en 1, 2, 3, 5 en 7% (exponentieel model). De verschillen in uitkomsten tussen polynoom en exponentieel model waren relatief gering. Er waren wel duidelijke verschillen tussen de proeven. Bij proef 1 was de respons het scherpst en bij proef 2 het zwakst.



Figuur 3. Korrelopbrengst (kg ds per ha) maïs in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 28).

Tabel 30. Gefitte korrelopbrengst (kg ds per ha) maïs in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef						Gem
		1	2	3	4	5		
Polynoom	50	7292	8067	8284	8997	6346	7797	
	55	7414	8177	8501	9170	6437	7940	
	60	7535	8269	8694	9313	6520	8066	
	65	7653	8343	8863	9427	6594	8176	
	70	7769	8398	9009	9512	6658	8269	
	75	7882	8435	9131	9568	6713	8346	
	80	7993	8453	9229	9594	6759	8406	
	85	8101	8453	9304	9591	6795	8449	
	90	8207	8435	9354	9560	6823	8476	
	95	8310	8398	9381	9499	6841	8486	
	100	8411	8343	9384	9408	6850	8479	
exponentieel	50	7348	8010	8366	8851	6343	7783	
	55	7468	8067	8514	8955	6417	7884	
	60	7585	8113	8640	9041	6484	7972	
	65	7697	8150	8748	9113	6543	8050	
	70	7805	8180	8841	9173	6596	8119	
	75	7909	8204	8920	9223	6643	8180	
	80	8010	8224	8988	9264	6685	8234	
	85	8106	8240	9047	9299	6723	8283	
	90	8200	8253	9096	9327	6757	8327	
	95	8290	8263	9139	9351	6787	8366	
	100	8377	8272	9176	9371	6813	8402	

### Financiële effecten

Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden geschat (Tabel 31). Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een daling van de financiële opbrengst van respectievelijk 5, 15, 30, 55 en 85 € per ha. Er was wel sprake spreiding tussen de proeven. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -5 tot €50 € per ha.

Tabel 31. **Derving financiële opbrengst korrelmaïs (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

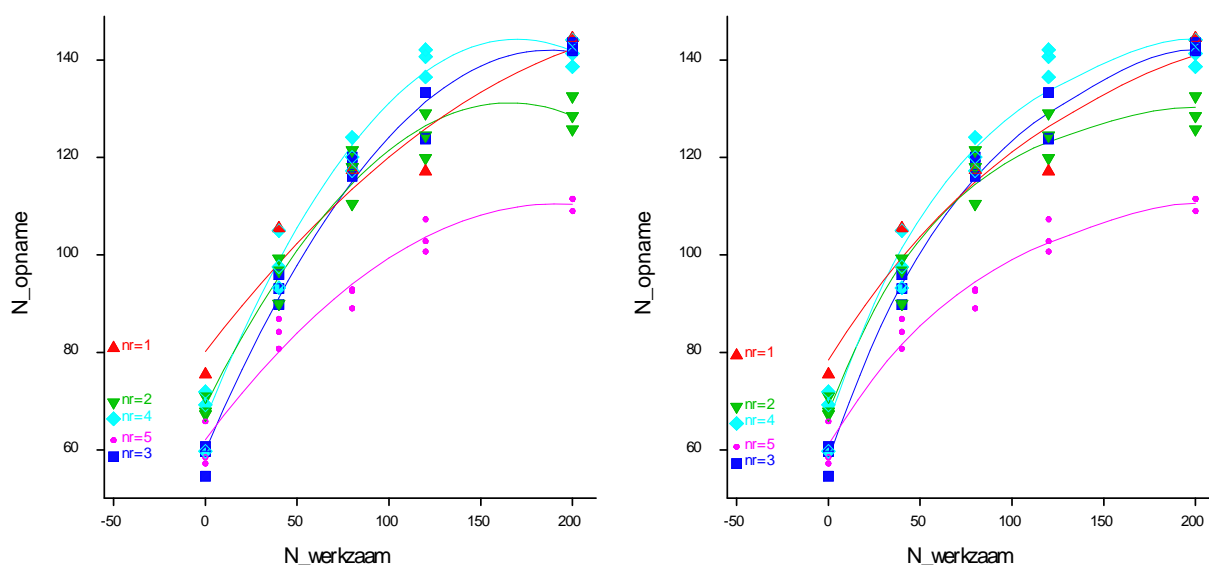
N-gift (% GN 2006)	Proef	1	2	3	4	5	Gem
50%		140	35	125	60	65	85
60%		110	15	80	30	45	55
70%		80	0	45	5	25	30
80%		50	-5 <sup>1</sup>	20	-5	15	15
90%		25	-5	5	-5	5	5

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

### N-opname marktbaar product

In alle proeven is de N-opname in de korrel bepaald. In Figuur 4 is de respons grafisch weergegeven. Bij alle vijf proeven was er sprake van een significante respons op N-bemesting. Het percentage verklaarde variantie bij de polynoom bedroeg 86, 97, 98, 98 en 96% voor respectievelijk proef 1 t/m 5. Voor het exponentiële model bedroegen deze percentages 88, 96, 99, 96 en 96%. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 97% voor zowel de polynoom als het exponentiële model.

In Tabel 32 is de gefitte N-opname in relatie tot N-gift weergegeven voor zowel de polynoom als exponentieel model. Beide modellen gaven vrijwel identieke uitkomsten. Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een relatieve daling van de N-opname van respectievelijk 1, 3, 5, 8 en 12%.



Figuur 4. N-opname in de korrel (kg per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 28).

Tabel 32. Gefitte N-opname (kg per ha) korrelmaïs in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef					Gem
		1	2	3	4	5	
Polynoom	50	118	119	121	128	97	117
	55	121	122	125	132	100	120
	60	123	124	128	135	102	123
	65	126	127	131	138	104	125
	70	128	128	134	140	105	127
	75	131	130	137	142	107	129
	80	133	131	138	143	108	131
	85	135	131	140	144	109	132
	90	137	131	141	144	110	133
	95	139	131	142	144	110	133
	100	140	130	142	144	110	133
exponentieel	50	119	118	121	126	97	116
	55	122	120	124	129	99	119
	60	124	122	127	132	101	121
	65	126	123	129	134	103	123
	70	129	125	131	136	104	125
	75	131	126	133	137	105	126
	80	133	127	135	139	106	128
	85	134	128	137	140	107	129
	90	136	128	138	141	108	130
	95	137	129	139	142	109	131
	100	139	130	141	143	110	132

### 3.5.3 Discussie

Alle vijf proeven zijn uitgevoerd op de locatie Vredepeel en ook nog op hetzelfde perceel. Verder lag elke N-trap jaarlijks op dezelfde plaats en is in de onderzoeksperiode ook geen dierlijke mest gebruikt. Hierdoor zijn lange termijn effecten niet uit te sluiten. De uitkomsten kunnen daarom niet direct als representatief voor de korrelmaïsteelt worden beschouwd. Er is echter geen trend zichtbaar dat de respons toeneemt gedurende de onderzoeksperiode.

## 3.6 Graszaad (Engels raaigras)

### 3.6.1 Beschikbare data :

In Tabel 33 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 13 proeven beschikbaar, waarvan drie op zand en 10 op klei.
- Vijf proeven zijn éénmalig bemest (de rassenproeven 9 t/m 13) en bij de andere proeven was er bij vier of vijf N-trappen sprake van een éénmalige bemesting en bij de rest van de objecten is de N-gift gedeeld.
- Teeltwijze: zeven proeven met een tetraploid ras, één proef met een tetraploid ras 2<sup>e</sup>-jaars (Proef 7) en de andere vijf (rassen)proeven zijn gedeeltelijk grasveld-, hooi-, tetra- en weidetype.
- Ras: In Proef 1 t/m 8 heeft Elgon gelegen en de andere vijf proeven betreft rassenproeven met vijf tot zeven rassen.
- In alle proeven is de zaadopbrengst, de bovengrondse gewasproductie en de bovengrondse N-opname (niet altijd in alle objecten) vastgesteld.
- Bij proeven 1-8 waren er voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons, bij proeven 9-13 waren slechts drie N-trappen opgenomen. Bij vrijwel alle proeven was er sprake van een goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt voor Engels raaigras 165 kg N per ha.
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de geschoonde zaadopbrengst. Er is een productprijs gehanteerd van €0,75 per kg.

Tabel 33. **Karakterisering gebruikte proeven Engels raaigras.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Type	Nmin 0-60 zand 0-90 klei	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	2002	Kooyenburg	Zand	Zomergerst	Tetraploid	4	6	70	205
2	2003	Kooyenburg	Zand	Triticale	Tetraploid	12	6	65	200
3	2005	Kooyenburg	Zand	Zomergerst	Tetraploid	4	6	70	205
4	2000	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Tetraploid	5	4	70	205
5	2001	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Tetraploid	13	4	65	190
6	2002	Colijnsplaat	Klei	Wintertarwe	Tetraploid	26	6	60	195
7	2003	Colijnsplaat	Klei	Graszaad	Tetraploid	0	6	70	205
8	2005	Colijnsplaat	Klei	Wintertarwe	Tetraploid	50	6	45	180
9	2000	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Divers	13	3	70	160
10	2001	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Divers	17	3	65	155
11	2002	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Divers	10	3	65	155
12	2003	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Divers	37	3	78	138
13	2004	Lelystad	Klei	Wintertarwe	Divers	23	3	61	151

### 3.6.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Gedeelde bemesting gaf in de twee van de drie proeven op Colijnsplaat (proef 6-8) wel hogere opbrengsten dan éénmalige giften. Bij de proeven op zandgrond (proef 1-3) met dezelfde getoetste N-niveau's werd bij één van de drie jaren door gedeelde bemesting hogere opbrengsten gehaald. De verschillen waren echter niet significant en daarom is in deze studie geen onderscheid gemaakt naar bemestingswijze.

In Tabel 34 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 5 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

De relatie tussen de N-gift en de zaadopbrengst was bij alle proeven significant. Het percentage verklaarde variantie was bij de proeven met één ras (proef 1 t/m 8), met uitzondering van proef 2, hoog. Bij de rassenproeven (proef 9 t/m 13) was het percentage verklaarde variantie veel lager, omdat de grote verschillen tussen de rassen en typen niet in het model waren meegenomen. Door het niveauverschil tussen rassen wel op te nemen steeg de PVV van 74 tot 93%. Het was niet goed mogelijk een curve per ras of type te fitten vanwege het geringe aantal meetpunten (slechts drie N-niveaus). Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) was er een significante relatie tussen de N-gift en de zaadopbrengst en een bedroeg de PVV voor zowel de polynoom als het exponentiële model 83%.

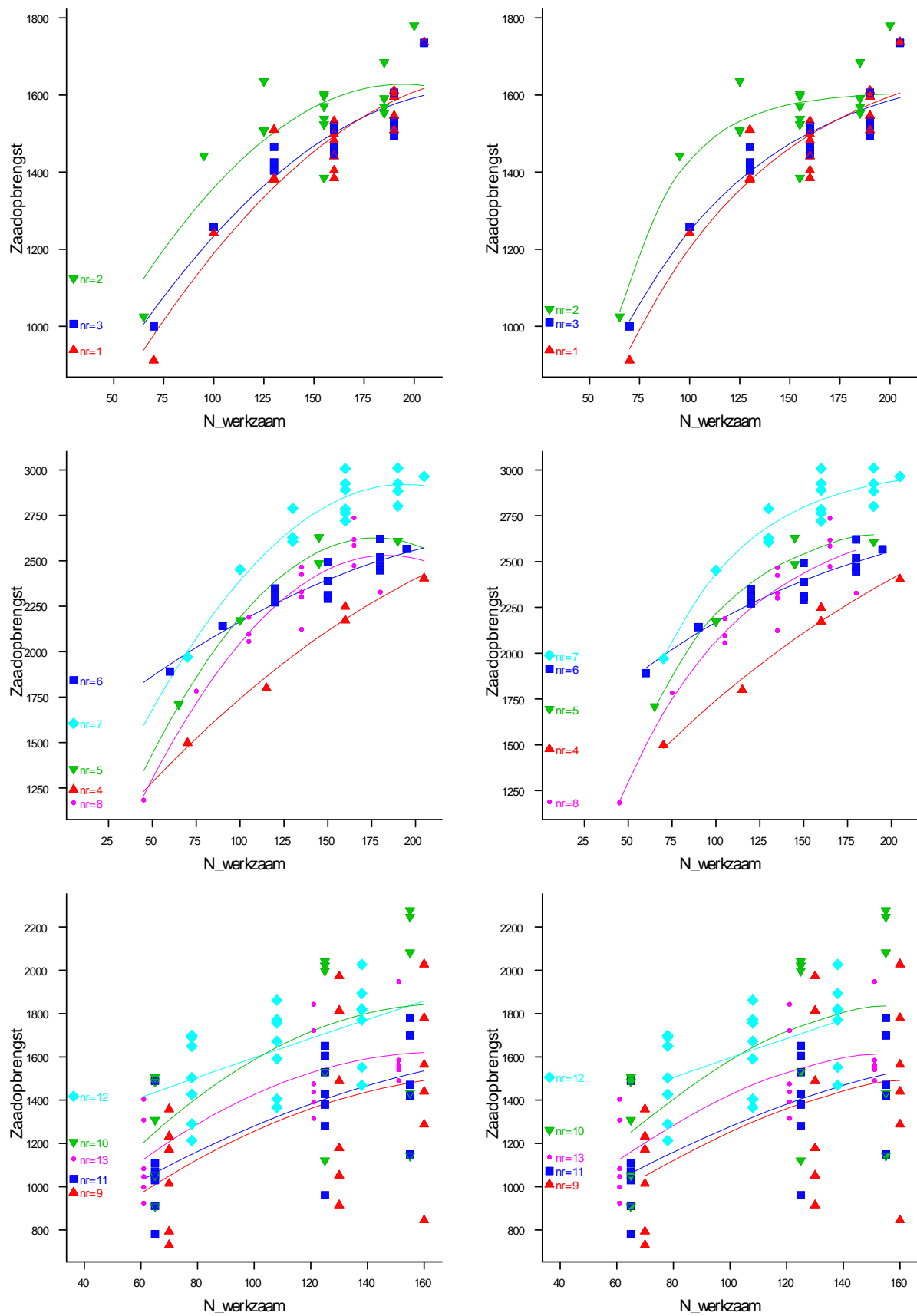
De Ngift bij de maximale opbrengst lag in negen van de 13 proeven boven de gegeven maximale gift en is daarmee een geëxtrapoleerd getal. Dit komt overeen met het beeld in de figuren waarbij veel polynomen het optimum nog niet hebben bereikt. De economisch optimale N-gift ligt logischerwijs wat lager en ligt in zes proeven boven de hoogste N-trap.

Tabel 34. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en de zaadopbrengst en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij Engels raai gras.**

Proef	Polynoom						Exponentieel						
	PVV	max	econ	99	97,5	95	PVV	max	econ	99	97,5	95	
1	82	245	220	218	202	184	84	-	240	358	289	237	
2	63	194	176	171	158	142	71	-	150	172	144	124	
3	85	232	207	205	189	171	87	-	224	335	269	219	
4	96	341	309	301	278	252	96	-	> 500	> 500	> 500	> 500	
5	96	177	170	158	147	135	95	-	212	248	202	167	
6	84	296	255	251	225	196	84	-	319	> 500	421	326	
7	87	194	185	172	159	145	88	-	221	254	207	171	
8	88	184	176	165	153	141	88	-	257	329	264	216	
9	14	189	173	168	155	141	14	-	209	309	248	202	
10	22	168	158	150	139	127	22	-	190	241	196	162	
11	41	232	206	204	188	169	41	-	283	> 500	398	318	
12	19	> 500	> 500	> 500	> 500	> 500	19	-	> 500	> 500	> 500	> 500	
13	55	166	154	147	136	124	55	-	181	244	197	161	

In Tabel 35 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Bij de rassenproeven 9 t/m 13 lag de huidige N-gebruiksnorm boven de hoogste N-trap.

Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde gemiddeld over de proeven 1 t/m 8 tot een relatieve opbrengstdaling van 3, 7, 12, 16 en 24 (polynoom) en 3, 7, 11, 16 en 24 % (exponentieel model). Hoewel verschil in opbrengstniveau tussen de zandproeven (1-3) en de kleiproeven met hetzelfde ras (4 t/m 8) relatief groot is, zijn de verschillen in relatieve derving tussen zand en klei gering.



Figuur 5. Zaadopbrengst Engels raigras (kg per ha geschoond zaad) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 33).

Tabel 35. **Gefitte zaadopbrengst (kg per ha) Engels raaigras in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef												Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>	Gem3 <sup>1</sup>	Gem4 <sup>1</sup>	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					13
Polynoom	50	1071	1251	1127	1591	1969	2068	2178	1826	1143	1437	1178	1517	1309	1513	1635	1150	1926
	55	1129	1305	1179	1664	2079	2114	2284	1936	1199	1512	1228	1554	1367	1581	1711	1204	2015
	60	1183	1354	1229	1734	2178	2159	2382	2037	1250	1580	1275	1592	1420	1644	1782	1255	2098
	65	1235	1399	1275	1802	2268	2202	2471	2128	1297	1639	1319	1629	1467	1702	1847	1303	2174
	70	1283	1441	1318	1867	2347	2244	2552	2210	1340	1692	1361	1666	1507	1756	1908	1347	2244
	75	1329	1478	1359	1930	2417	2283	2626	2283	1377	1736	1399	1702	1541	1805	1963	1388	2308
	80	1371	1511	1396	1991	2477	2321	2691	2346	1411	1773	1435	1738	1570	1848	2013	1426	2365
	85	1411	1539	1431	2049	2526	2356	2748	2400	1440	1803	1468		1592	1897	2058	1460	2416
	90	1447	1564	1462	2105	2566	2390	2797	2445	1464	1824	1498		1608	1931	2097	1491	2460
	95	1481	1585	1491	2159	2596	2422	2837	2480	1484					2059	2131	1519	2499
	100	1511	1602	1517	2210	2615	2452	2870	2506					2160	2160	1543	2531	
Exponentieel	50	1064	1291	1124	1594	2003	2069	2197	1857	1152	1460	1182	1517	1327	1526	1650	1159	1944
	55	1134	1368	1186	1666	2113	2118	2319	1961	1209	1536	1232	1554	1384	1598	1733	1229	2035
	60	1196	1426	1242	1735	2207	2165	2422	2054	1260	1599	1278	1592	1433	1662	1806	1288	2116
	65	1252	1470	1291	1802	2286	2208	2510	2137	1305	1653	1322	1629	1475	1718	1870	1338	2189
	70	1303	1504	1335	1866	2354	2249	2585	2210	1344	1699	1362	1666	1510	1768	1926	1381	2253
	75	1348	1529	1375	1928	2411	2288	2649	2275	1379	1737	1400	1702	1540	1812	1975	1417	2310
	80	1388	1548	1410	1988	2460	2325	2704	2333	1410	1770	1435	1738	1566	1852	2019	1449	2362
	85	1424	1563	1441	2045	2501	2359	2751	2384	1438	1797	1467		1588	1897	2059	1476	2408
	90	1457	1574	1469	2101	2536	2392	2791	2430	1462	1820	1498		1607	1928	2094	1500	2450
	95	1486	1583	1494	2154	2566	2422	2825	2471	1483					2054	2125	1521	2488
	100	1512	1589	1516	2206	2591	2451	2854	2507					2153	2153	1539	2522	

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven.

Gem2 = gemiddelde van de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (1 t/m 8).

Gem3 = gemiddelde van alle proeven op zand (1 t/m 3).

Gem4 = gemiddelde van de proeven op klei waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (4 t/m 8).



### Financiële effecten

Op basis van de vastgestelde gemiddelde respons (proef 1 t/m 8) kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden ingeschat (Tabel 36).

Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een derving van 45, 105, 180, 270 en 385 € per ha. De financiële derving op zandgrond (Gem3) was door het lagere opbrengstniveau geringer dan op kleigrond (Gem4).

Tabel 36. **Derving financiële opbrengst (€/ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) Engels raaigras in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen) bij de proeven.**

N-gift (% van GN)	Proef								Gem, zand+klei	Gem, zand	Gem, klei
	1	2	3	4	5	6	7	8			
50%	335	245	295	460	465	285	505	500	385	290	445
60%	240	155	210	355	310	215	345	345	270	200	315
70%	165	90	140	255	190	155	220	220	180	135	210
80%	100	50	85	165	100	95	125	125	105	80	120
90%	45	20	40	80	40	45	50	50	45	35	55

### N-opname marktbaar product

In alle proeven is de N-opname van het bovengrondse gewas bepaald en dus niet zoals bij de meeste andere gewassen aan het afgevoerde marktbaar product. Bij graszaad wordt de gewasrest (hooi) meestal afgevoerd. Wel moet worden benadrukt dat in de praktijk het gewas hoger wordt afgemaaid dan in de proeven met een daarbij behorende lagere N-afvoer.

In de proeven 1 t/m 3 en 6 t/m 8 is aan een beperkt aantal objecten de N-opname bepaald. De N-opname is in deze proeven, evenals in de rassenproeven 9 t/m 13, maar bij drie verschillende N-niveaus waargenomen.

In Tabel 37 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 6 is de respons grafisch weergegeven (zowel de gefitte lijnen voor beide modellen als de afzonderlijke meetpunten).

Tabel 37. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) voor relatie tussen N-gift en N-opname (zaad + hooi) bij Engels raaigras voor zowel polynoom als exponentieel model per proef bij Engels raaigras.**

Proef	Polynoom	Exponentieel
1	52	52
2	35	35
3	57	57
4	81	79
5	70	67
6	25	25
7	42	72
8	22	22
9	71	65
10	83	77
11	55	62
12	79	83
13	81	79

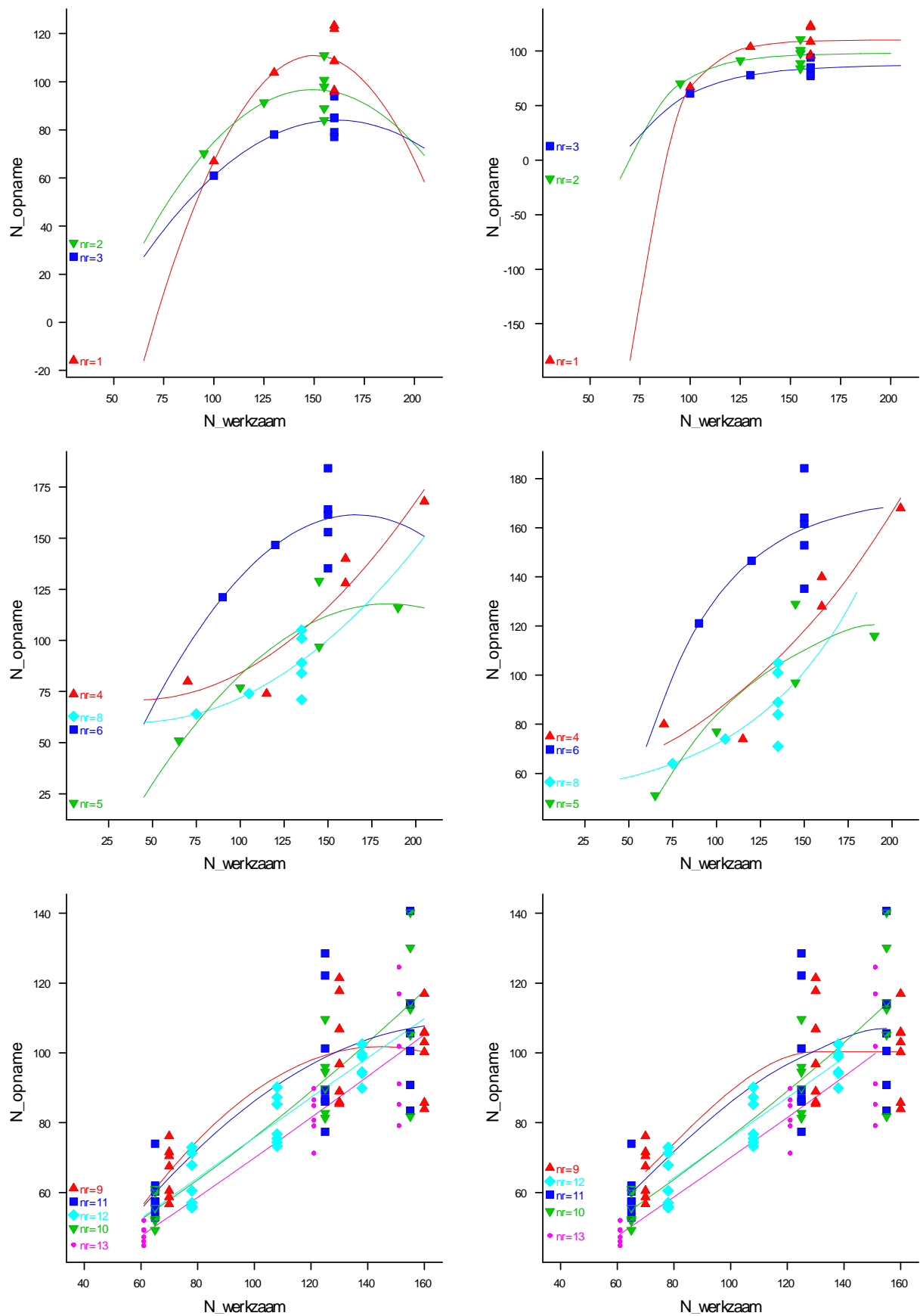
Bij een gezamenlijke analyse (wel fit per proef) was er een significante respons op de N-bemesting en bedroeg het percentage verklaarde variantie voor zowel de polynoom als het exponentiële model 82%. Van de acht proeven met één ras was de relatie tussen de N-gift en de N-opname op basis van de polynoom maar in één proef significant. In drie proeven (proef 4, 7 en 8) was er bij de polynoom sprake van een dalparabool in plaats van een bergparabool. Voor de rassenproeven 10, 12 en 13 was er sprake van een vrijwel lineair verband.

Vanwege het geringe aantal N-trappen waarbij de N-opname is vastgesteld is worden geen tabellen weergegeven met de respons per proef.

### 3.6.3 Discussie

Bij Engels raaigras was er sprake van een vrij scherpe respons van de opbrengst op de N-bemesting. Bij een groot deel van de proeven lag het berekende optimum bij de gebruikte kromlijnjige modellen buiten het bereik van de N-trappen. Om deze reden is het huidige advies (en daarmee de gebruiksnorm) gebaseerd op het broken stick model (lineair + plateau), dat doorgaans lagere optima geeft dan kromlijnjige modellen.

Op basis van de hierboven beschreven proeven kan niet worden vastgesteld of de N-respons verschilt per teeltwijze. In de meeste proeven lag het tetraploïde ras Elgon. Een nadere analyse van de diverse teeltwijzen is lastig, omdat in de proeven waarin de diverse teeltwijzen met elkaar zijn vergeleken maar drie N-trappen hebben gelegen. Daarbij komt ook nog dat de hoogste N-trap in deze proeven onder de gebruiksnorm lag. In een eerdere studie is wel vastgesteld dat de N-behoefte van graszaad verschilt per teeltwijze (Dekker & Van Dijk, 2005).



**Figuur 6. N-opname Engels raaigras (kg per ha, zaad+hooi) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 33).**

## 3.7 Triticale

### 3.7.1 Beschikbare data

In Tabel 38 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren acht proeven beschikbaar, waarvan vijf op zandgrond en drie op löss.
- In alle proeven is de korrelopbrengst vastgesteld, in geen enkele proef de N-opname.
- In zes proeven (1-5, 7) bevindt de gebruiksnorm zich binnen het bereik van de N-trappen.
- Er waren niet voldoende proeven met voldoende N-trappen (maximaal 4) voor een betrouwbare vaststelling van de respons. Er was wel sprake van een goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 160 kg N per ha.
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de korrelopbrengst (16% vocht). Er is een productprijs gehanteerd van €10 per ton.

Tabel 38. **Karakterisering gebruikte proeven triticale.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Nmin (0-60 cm)	N-niveaus		
						Aantal	Min	Max
1	1987	Kooyenburg	Zand	Aardappel	Nb <sup>1</sup>	4	60	180
2	1988	Kooyenburg	Zand	Aardappel	Nb	4	60	180
3	1989	Kooyenburg	Zand	Aardappel	Nb	4	60	180
4	1987	Vredepeel	Zand	Suikerbiet	Nb	4	40	160
5	1988	Vredepeel	Zand	Suikerbiet	Nb	4	60	180
6	1989	Vredepeel	Zand	Suikerbiet	Nb	3	60	140
7	1986	Wijnandsrade	Löss	Suikerbiet	Nb	3	80	160
8	1987	Wijnandsrade	Löss	Witlof	Nb	3	100	140

1 Nb = niet bekend

### 3.7.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

In Tabel 39 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. Omdat proef in 6 t/m 8 slechts drie N-niveaus waren opgenomen en er daardoor geen betrouwbare fit kan worden verkregen, zijn deze weggelaten in Tabel 39. In Figuur 7 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten). Bij vijf proeven (1-5) was er sprake van een significant verband tussen N-bemesting en opbrengst. De polynoom gaf bij proef 4 en 5 een beter resultaat dan het exponentiële model. Bij de andere proeven presteerden ze vergelijkbaar. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg de PVV 98 en 97% voor respectievelijk de polynoom en het exponentiële model.

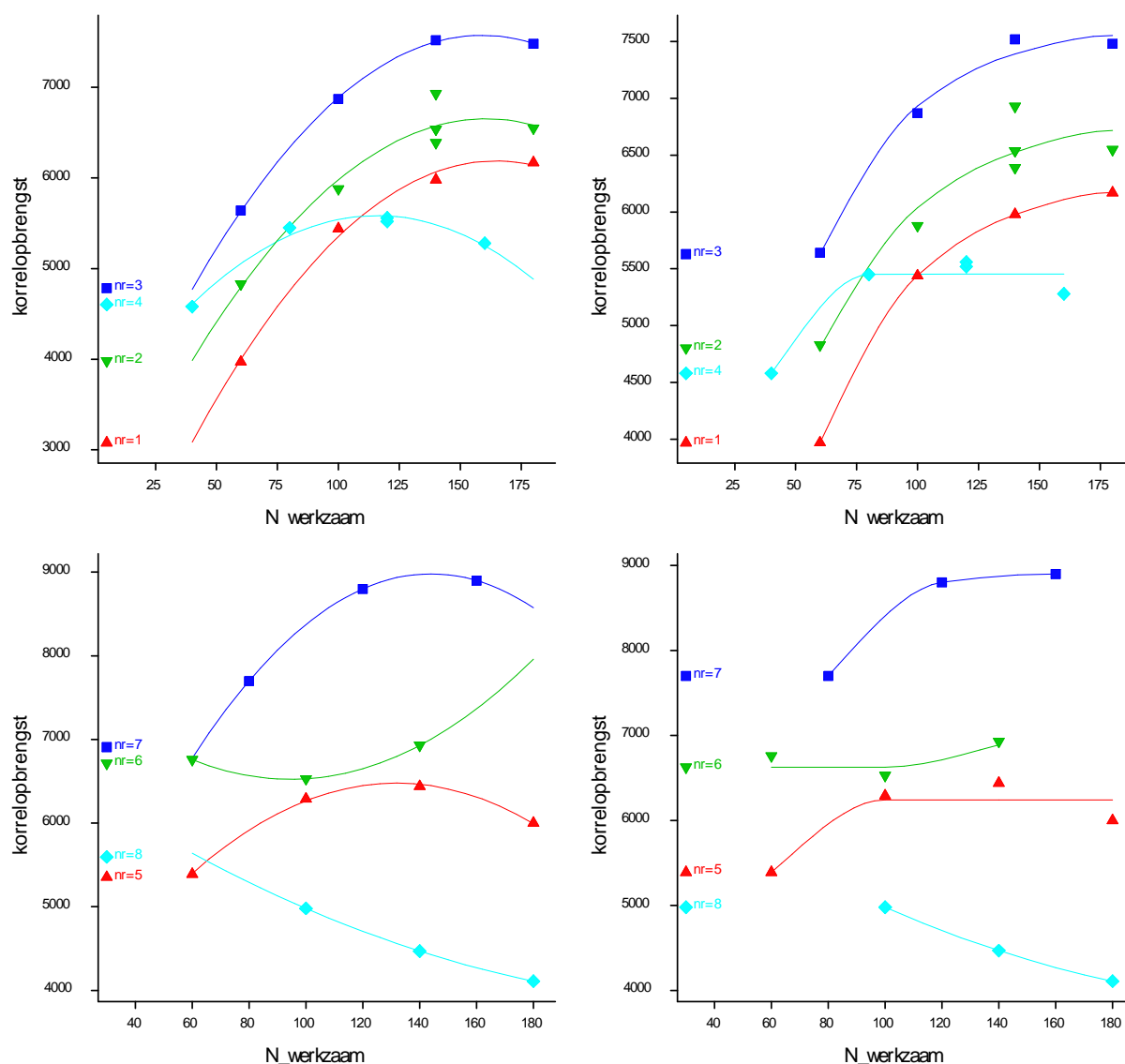
Bij beide modellen was bij alle vijf proeven het berekende economische optimum lager dan de gebruiksnorm van 160 kg N per ha.

In Tabel 40 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006.

Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstdaling van respectievelijk 0, 1, 3, 7 en 13% (polynoom) en 1, 2, 4, 6 en 10% (exponentieel model). De verschillen in uitkomsten tussen polynoom en exponentieel model waren relatief gering.

Tabel 39. Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en korrelopbrengst en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij triticale.

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	Max	econ	99	97,5	95	PVV	max	econ	99	97,5	95
1	98	165	145	147	137	125	100		139	203	166	139
2	91	161	139	142	130	118	88		137	206	167	137
3	100	159	139	139	128	115	97		132	186	151	124
4	96	116	92	98	87	75	86		59	59	52	48
5	99	132	113	114	104	92	54		68	65	63	62



Figuur 7. Korrelopbrengst (kg per ha) triticale in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 38).

Tabel 40. Gefitte korrelopbrengst triticale (kg per ha, 16% vocht) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef					Gem
		1	2	3	4	5	
Polynoom	50	4756	5462	6340	5367	5916	5568
	55	5014	5686	6578	5453	6076	5761
	60	5246	5888	6790	5518	6209	5930
	65	5453	6066	6977	5561	6316	6075
	70	5634	6220	7138	5582	6396	6194
	75	5790	6351	7274	5582	6449	6289
	80	5920	6458	7385	5559	6475	6359
	85	6024	6542	7470	5515	6474	6405
	90	6103	6602	7530	5449	6447	6426
	95	6156	6639	7565	5362	6393	6423
	100	6184	6653	7574	5251	6312	6395
exponentieel	50	4888	5562	6447	5451	6243	5718
	55	5143	5779	6672	5452	6243	5858
	60	5352	5960	6854	5453	6243	5972
	65	5522	6110	7003	5453	6243	6066
	70	5662	6234	7123	5453	6243	6143
	75	5776	6337	7221	5453	6243	6206
	80	5868	6423	7300	5453	6243	6258
	85	5944	6494	7365	5453	6243	6300
	90	6006	6553	7417	5453	6243	6335
	95	6057	6602	7460	5453	6243	6363
	100	6098	6643	7494	5453	6243	6386

#### Financiële effecten

Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden ingeschat (tabel 41). Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% tot een financiële derving van respectievelijk 0, 10, 20, 45 en 75 euro per ha. De verschillen tussen de proeven waren aanzienlijk. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -€15 tot €25 per ha.

Tabel 41. Derving financiële opbrengst triticale (€/ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).

N-gift (% van GN)	Proef					Gem
	1	2	3	4	5	
50%	145	115	115	-5	20	75
60%	95	70	70	-15	5	45
70%	55	40	40	-15	-5	20
80%	25	20	20	-15	-10	10
90%	10	5	5	-10	-5	0

### 3.7.3 Discussie

Bij de gebruikte proeven moeten de volgende kanttekening worden gemaakt. Voor een nauwkeurige inschatting van de respons met de genoemde modellen zijn eigenlijk minimaal vijf N-niveaus vereist. Bij alle proeven waren slechts vier N-niveaus aanwezig zodat enige terughoudendheid bij gebruik van de uitkomsten gewenst is.

## 3.8 Broccoli

### 3.8.1 Beschikbare data

In tabel 42 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 16 proeven beschikbaar waarvan 11 op kleigrond en vijf op dalgrond.
- Bij 11 proeven betrof het een zomerteelt en bij vijf een herfstteelt.
- Bij proeven 1-8 zijn alle N-giften zowel volvelds toegediend als via rijenbemesting.
- Bij proef 1-8 is bij één N-niveau de N zowel eenmalig als gedeeld toegediend, bij de ander N-niveaus is deze eenmalig toegediend. Bij proeven 9-16 is naast dosering tevens de verdeling over basis- en bijmestgift getoetst (op basis van vaste verdeling of op basis van een Nmineraalmeting).
- In alle proeven is de marktbaar opbrengst vastgesteld, in vier proeven tevens de N-opname in marktbaar product (5 t/m 8).
- Er waren voldoende proeven met voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons. Ook was er in het algemeen sprake van een goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 270 kg N per ha.
- Voor de marktbaar opbrengst is uitgegaan van de verse opbrengst van de schermen in kwaliteitsklasse I en II. Er is een productprijs gehanteerd van €910 per ton.

Tabel 42. **Karakterisering gebruikte proeven broccoli.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (0-60 cm)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1990	Andijk	Klei	Nb <sup>1</sup>	Zomer	52	5	0	204
2	1991	Andijk	Klei	Nb	Zomer	49	5	0	204
3	1991	Andijk	Klei	Nb	Herfst	45	5	0	212
4	1992	Andijk	Klei	Nb	Zomer	60	5	0	344
5	1990	Lelystad	Klei	Nb	Zomer	32	5	0	224
6	1991	Lelystad	Klei	Nb	Zomer	35	5	0	220
7	1991	Lelystad	Klei	Nb	Herfst	39	5	0	212
8	1992	Lelystad	Klei	Nb	Zomer	30	5	0	372
9	1991	Kollumerw	Klei	Suikerbiet	Zomer	50	4	0	70
10	1992	Kollumerw	Klei	Suikerbiet	Herfst	51	5	0	350
11	1993	Kollumerw	Klei	Pootaard	Herfst	109	9	0	210
12	1989	Valthermond	Dal	Nb	Zomer	Nb	5	0	300
13	1990	Valthermond	Dal	Tarwe	Zomer	Nb	4	0	130
14	1991	Valthermond	Dal	Tarwe	Zomer	57	4	0	146
15	1992	Valthermond	Dal	Tarwe	Zomer	16	3	122	198
16	1993	Valthermond	Dal	Tarwe	Herfst	116	9	60	274

1 Nb = niet bekend

### 3.8.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Er was geen sprake van significante effecten van rijenbemesting en deling van de N-gift. De data behorend bij deze objecten zijn wel meegenomen in de regressie-analyse.

In Tabel 43 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 8 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Met uitzondering van proef 15 en 16 was er in alle gevallen sprake van een significant verband tussen N-bemesting en opbrengst. De beide modellen presteerden vergelijkbaar (percentage verklaarde variantie van

dezelfde grootte orde). Dit was ook het geval bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef). De PVV bedroeg respectievelijk 87% en 86% voor respectievelijk de polynoom en het exponentieel model.

Bij de polynoom was alleen bij proef 4, 5 en 8 het berekende optimum (zowel maximaal als economisch) hoger dan de gebruiksnorm van 270 kg N per ha. Het exponentiële model gaf vooral bij de proeven 1 t/m 8 aanzienlijk hogere optima dan de polynoom. Bij proeven 9 t/m 16 was het omgekeerde het geval. Dat hangt waarschijnlijk samen met de relatief vlakke respons van laatstgenoemde proeven waardoor het exponentiële model sneller afbuigt dan de polynoom. Bij proef 9 en 11 kon bij beide modellen geen optimum worden afgeleid omdat de respons vrijwel lineair was. Bij proef 13 kon ook geen optimum worden berekend doordat de respons toenam bij stijgende giften.

Tabel 43. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en schermopbrengst en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij broccoli.**

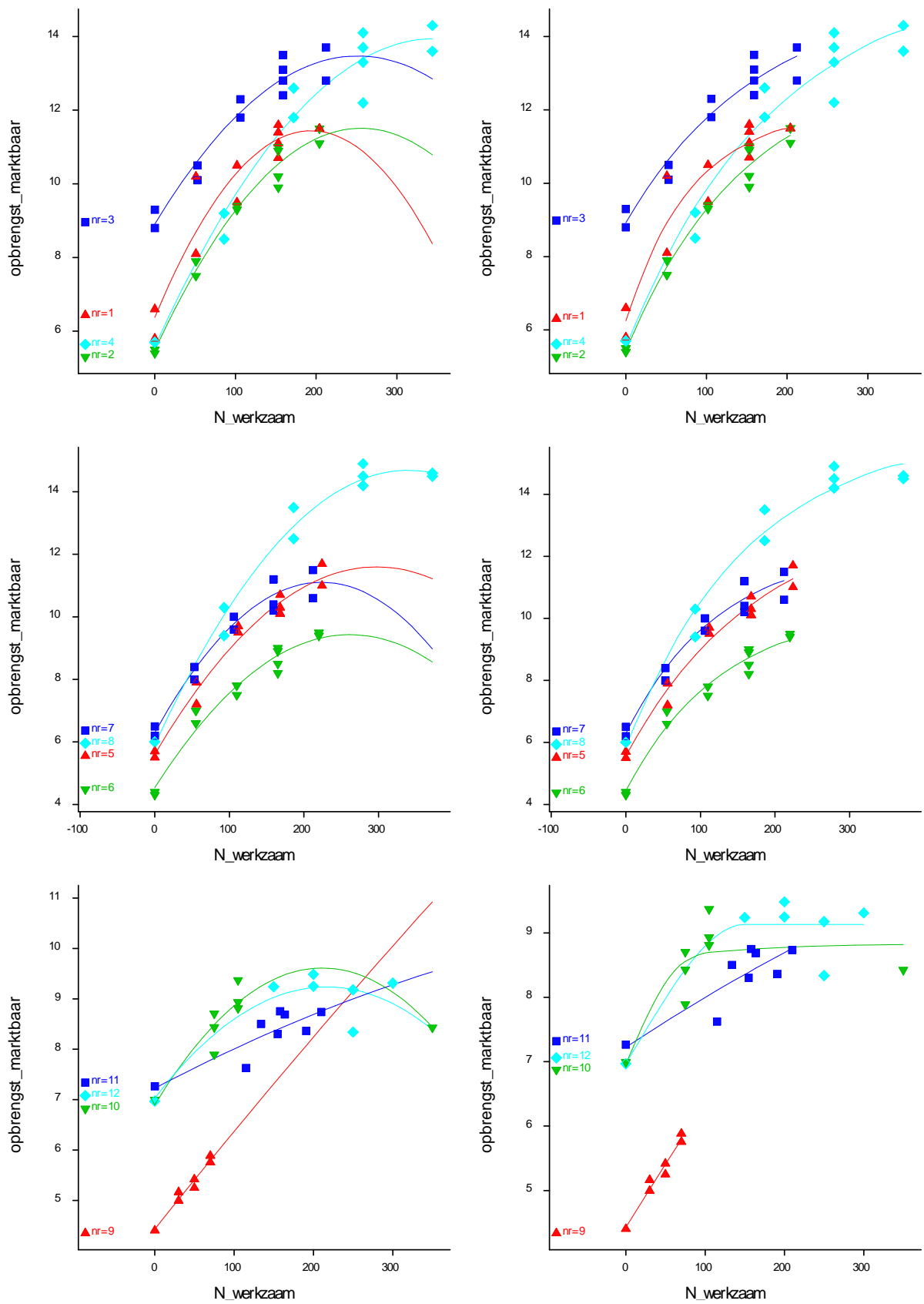
	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	max	econ	99	97,5	95	PVV	max	econ	99	97,5	95
1	88	193	190	164	147	128	89	-	351	312	238	182
2	97	256	251	220	200	177	97	-	608	611	474	370
3	93	251	245	208	183	155	93	-	616	614	463	349
4	96	347	340	302	276	247	96	-	756	767	598	471
5	97	297	290	256	232	205	97	-	694	726	563	439
6	96	261	255	225	204	180	97	-	499	514	397	309
7	95	223	219	189	170	147	95	-	492	481	367	282
8	99	339	333	295	270	241	98	-	688	675	526	413
9	94	-	-	-	-	-	94	-	-	-	-	-
10	77	211	204	171	148	122	57	-	152	117	81	55
11	63	-	-	-	-	-	63	-	-	-	-	-
12	69	216	207	172	146	117	75	-	27	14	10	7
13	92	-	-	-	-	-	94	-	-	-	-	-
14	68	112	110	94	83	71	68	-	19	10	8	6
15	-	178	177	164	155	146	-	-	157	140	134	129
16	-	199	196	172	156	139	-	-	184	147	122	102

In Tabel 44 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Proeven waarbij de hoogste N-gift lager of gelijk was aan 50% van de gebruiksnorm zijn weggelaten.

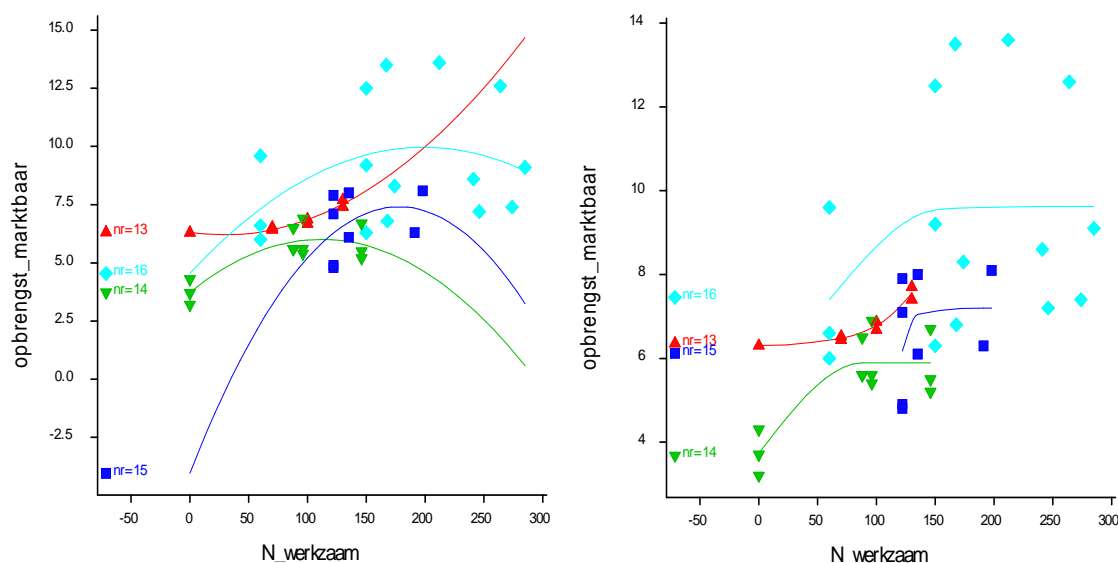
In slechts vijf proeven (4, 8, 10, 12 en 16) lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen. Gemiddeld over deze vijf proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstdaling van respectievelijk 0, 1, 3, 6 en 10% (polynoom) en 1, 3, 5, 7 en 9% (exponentieel model). De verschillen in uitkomsten tussen polynoom en exponentieel model waren relatief gering.

Er waren wel duidelijke verschillen tussen de proeven. Bij proeven 4 en 8 (beide kleigrond) was de respons veel sterker dan bij proeven 10 (kleigrond) en 12 en 16 (beide dalgrond).





Figuur 8. Schermopbrengst (ton per ha) broccoli in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 42).



Figuur 8 (vervolg). **Schermopbrengst (ton per ha) broccoli in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 42).**

#### *Financiële effecten*

Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden ingeschat (Tabel 45). Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een financiële derving van respectievelijk 65, 195, 390, 655 en 995 euro per ha. De verschillen tussen de klei- en dalgrondproeven waren groot. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -€180 op dalgrond tot bijna €450 op klei.

Tabel 45. **Derving financiële opbrengst broccoli (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Proef 4	Proef 8	Proef 10	Proef 13	Proef 16	Gem, klei	Gem, dal	Gem, Klei+dal
50%	2390	2410	90	80	0	1630	40	995
60%	1745	1745	-15 <sup>1</sup>	5	-210	1160	-100	655
70%	1190	1180	-75	-45	-305	764	-175	390
80%	725	705	-90	-60	-300	446	-180	195
90%	325	310	-70	-45	-195	188	-120	65

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

Tabel 44. **Gefitte schermopbrengst (ton per ha) broccoli in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef														Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	15	16			
Polynoom	50	11,0	10,2	12,5	10,8	9,8	8,3	10,4	11,5	9,3	8,3	8,9	6,7	9,4	9,5	10,0	
	55	11,2	10,5	12,7	11,2	10,1	8,5	10,6	11,9	9,4	8,4	9,0	7,1	9,6	10,0	10,2	
	60	11,3	10,7	12,9	11,6	10,4	8,7	10,7	12,3	9,5	8,4	9,1	7,3	9,8	10,2	10,4	
	65	11,4	10,9	13,1	11,9	10,6	8,9	10,9	12,6	9,5	8,5	9,2	7,4	9,9	10,4	10,6	
	70	11,4	11,1	13,2	12,2	10,8	9,1	11,0	13,0	9,6	8,6	9,2	7,4	10,0	10,5	10,8	
	75	11,4	11,3	13,3	12,5	11,0	9,2	11,1	13,3	9,6	8,7	9,2		10,0	10,9	10,9	
	80				12,8	11,2	9,3		13,5	9,6		9,2		9,9	10,8	11,0	
	85				13,0				13,8	9,6		9,2		9,8	11,1	11,1	
	90				13,2				14,0	9,6		9,2		9,7	11,1	11,1	
	95				13,4				14,2	9,5		9,2		9,5	11,1	11,1	
	100				13,5				14,3	9,4		9,1		9,3	11,1	11,1	
exponentieel	50	10,9	10,1	12,4	10,9	9,8	8,3	10,3	11,6	8,8	8,3	9,1	7,1	9,5	9,5	10,0	
	55	11,1	10,4	12,7	11,2	10,1	8,5	10,5	11,9	8,8	8,4	9,1	7,2	9,5	10,0	10,1	
	60	11,2	10,7	12,9	11,5	10,3	8,7	10,7	12,3	8,8	8,4	9,1	7,2	9,6	10,1	10,3	
	65	11,3	10,9	13,0	11,8	10,6	8,9	10,8	12,6	8,8	8,5	9,1	7,2	9,6	10,2	10,4	
	70	11,4	11,1	13,2	12,1	10,8	9,0	11,0	12,8	8,8	8,6	9,1	7,2	9,6	10,4	10,5	
	75	11,5	11,3	13,4	12,4	11,0	9,1	11,1	13,1	8,8	8,7	9,1		9,6	10,8	10,6	
	80				12,6	11,2	9,3		13,3	8,8		9,1		9,6	10,6	10,7	
	85				12,8				13,5	8,8		9,1		9,6	10,8	10,8	
	90				13,0				13,7	8,8		9,1		9,6	10,9	10,9	
	95				13,2				13,9	8,8		9,1		9,6	10,9	10,9	
	100				13,4				14,1	8,8		9,1		9,6	11,0	11,0	

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven (exclusief proeven waarbij N-gift (% van GN) buiten bereik van de N-trappen in de proef ligt),  
 Gem2 = gemiddelde van proeven 4, 8, 10, 12 en 16

### N-opname marktbaar product

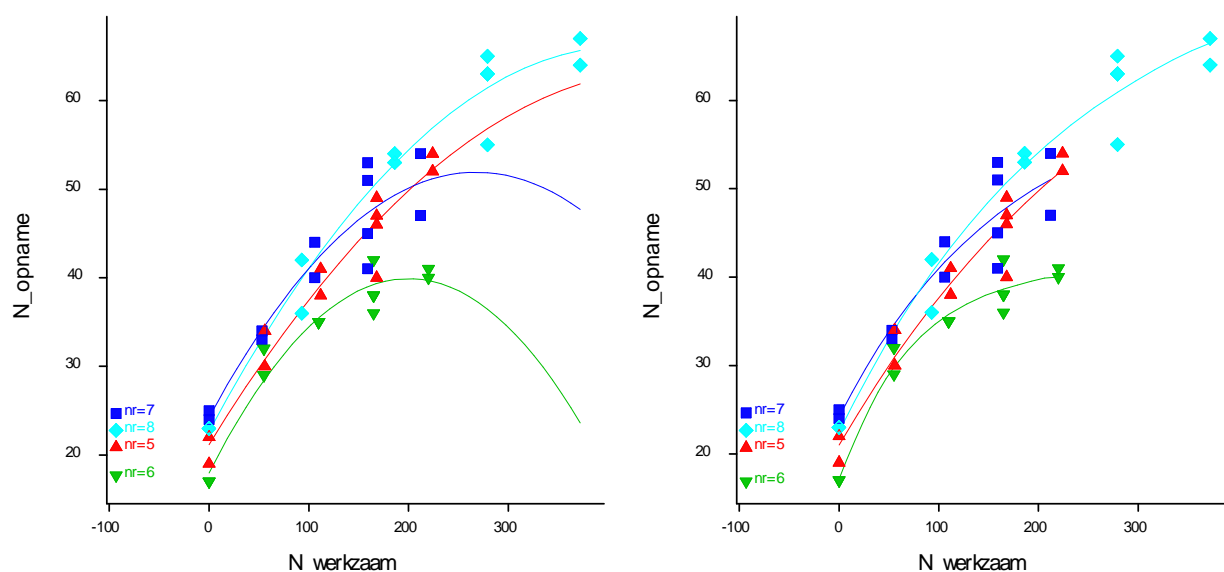
In vier proeven (5 t/m 8) is de N-opname in marktbaar product bepaald. In Figuur 9 is de respons grafisch weergegeven. Bij alle vier proeven was er sprake van een significante respons op N-bemesting. Het percentage verklaarde variantie bij de polynoom bedroeg 94, 94, 86 en 96% voor respectievelijk proef 5, 6, 7 en 8. Voor het exponentiële model bedroegen deze percentages 94, 96, 86 en 96%. De beide modellen presteerden dus vergelijkbaar. Dit was ook het geval bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef). De PVV bedroeg voor beide modellen 95%.

In Tabel 46 is de gefitte N-opname in relatie tot N-gift weergegeven voor zowel de polynoom als exponentieel model. Beide modellen gaven vrijwel identieke uitkomsten. Alleen bij proef 8 lag de hoogste N-trap boven de gebruiksnorm. Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% leidde in deze proef tot een relatieve daling van de N-opname van respectievelijk 3, 8, 13, 18 en 25%.

Tabel 46. **Gefitte N-opname (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

N-gift (% van GN)	Polynoom					Exponentieel				
	pr 5	pr 6	pr 7	pr 8	Gem <sup>1</sup>	pr 5	pr 6	pr 7	pr 8	Gem <sup>1</sup>
50	42	38	45	46	43	42	37	45	47	43
55	44	38	46	48	44	44	38	46	48	44
60	46	39	48	50	46	46	39	47	50	45
65	47	40	49	52	47	47	39	48	52	47
70	49	40	50	53	48	49	39	49	53	48
75	50	40	50	55	49	50	40	50	54	49
80	51	40		56	49	51	40		56	49
85				57	57				57	57
90				59	59				58	58
95				60	60				59	59
100				61	61				60	60

1 Gem = gemiddelde van alle proeven (exclusief proeven waarbij N-gift (% van GN) buiten bereik van de N-trappen in de proef ligt).



Figuur 9. **N-opname in marktbaar opbrengst broccoli (kg N per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (boven polynoom, onder exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 42).**

### 3.8.3 Discussie

Er waren geen proeven op zandgrond beschikbaar, wel proeven op klei- en dalgrond. Bij slechts vijf proeven (drie klei en twee dal) was de hoogste N-trap hoger dan de gebruiksnorm. Alleen bij die proeven kon de effecten van verlaging van de gebruiksnorm zonder extrapolatie worden gekwantificeerd. De waargenomen verschillen in respons tussen de proeven op klei- en dalgrond waren groot. Mogelijk hebben verschillen in mineralisatieniveau tussen klei- en dalgrond hierbij een rol gespeeld.

Bij broccoli worden verschillende teeltwijzen onderscheiden (vroeg, zomer en herfst). Latere teelten kunnen ook als volgteelt voorkomen. De volgteelt profiteert van de N-werking uit de gewasresten van de eerste teelt, wat de N-respons beïnvloedt. In de betreffende datasets echter, werden de latere teelten niet voorafgegaan door een eerste teelt broccoli.

Omdat teeltwijze is verstrengeld met proeflocatie en jaar én het aantal proeven relatief beperkt is, kan sowieso geen uitspraak worden gedaan over verschillen in respons tussen teeltwijze.

Verder waren in de proeven geen vroege teelten opgenomen. In het algemeen is de respons op N bij vroege teelten sterker dan bij zomer- of herfstteelten. Dat komt doordat bij vroege teelten de mineralisatie lager is door lagere temperaturen.

## 3.9 Bloemkool

### 3.9.1 Beschikbare data

In Tabel 47 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 11 proeven beschikbaar, deze lagen alle op kleigrond.
- Bij zeven proeven betrof het een late zomerteelt en bij vier een vroege herfstteelt.
- Bij proeven 1-7 zijn alle N-giften zowel volvelds toegediend als via rijenbemesting, bij proeven 8-11 is dit bij een deel van de N-giften gedaan.
- Bij proef 1-7 is bij één N-niveau de N zowel eenmalig als gedeeld toegediend, bij de ander N-niveaus is deze eenmalig toegediend. Bij proeven 8-11 heeft bij drie N-giften een vergelijking plaatsgevonden tussen een eenmalige en een gedeelde gift.
- In alle proeven is de marktbaar opbrengst vastgesteld, in vier proeven tevens de N-opname in marktbaar product (2, 3, 5 en 7).
- Er waren voldoende proeven met voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons. Ook was er in het algemeen sprake van een goede respons.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 205 kg N per ha.
- Voor de marktbaar opbrengst is uitgegaan van het percentage geoogste 'zessen' in de kwaliteitsklasse I. De term 'zessen' betreft de groottemaat (zes kolen in een kist). Er is een productprijs gehanteerd van €0,55 per stuk.

Tabel 47. **Karakterisering gebruikte proeven bloemkool.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (0-60 cm)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1990	Zwaagdijk	Klei	Nb <sup>1</sup>	Zomer	140	5	0	160
2	1990	Bovenkarspel	Klei	Nb	Zomer	82	5	0	176
3	1990	Bovenkarspel	Klei	Nb	Herfst	117	5	0	128
4	1991	Bovenkarspel	Klei	Nb	Zomer	70	5	0	184
5	1992	Lelystad	Klei	Nb	Zomer	54	5	0	352
6	1992	Lutjebroek	Klei	Nb	Zomer	133	5	0	288
7	1992	Lutjebroek	Klei	Nb	Herfst	112	5	0	296
8	1988	Zwaagdijk	Klei	Tulp	Zomer	Nb	6	0	350
9	1988	Zwaagdijk	Klei	Bloemkool	Herfst	Nb	6	0	350
10	1989	Zwaagdijk	Klei	Witte kool	Zomer	Nb	5	0	250
11	1989	Zwaagdijk	Klei	Witte kool	Herfst	Nb	5	0	250

1 Nb = niet bekend

### 3.9.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Er was geen sprake van significante effecten van rijenbemesting en deling van de N-gift. De data behorend bij deze objecten zijn wel meegenomen in de regressie-analyse.

In Tabel 48 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 10 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten)

Met uitzondering van proef 1 (exponentieel model) en 9 (beide modellen) was er in alle gevallen sprake van een significant verband tussen N-bemesting en marktbaar opbrengst. Met name bij proef 2 en 11 presteerde het exponentiële model beter dan de polynoom. Bij de andere proeven was de PVV globaal van dezelfde grootte orde. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg PVV 92% en 94% voor respectievelijk polynoom en exponentieel model.

De polynoom was alleen bij proeven 4, 5 en 8 het berekende economische optimum hoger dan de gebruiksnorm van 205 kg N per ha. Bij het exponentiële model was dat m.u.v. proef 9, bij alle proeven het geval. Evenwel wordt bij acht van de 11 proeven 99% van het economisch optimum bereikt bij een N-gift die (ver) onder de gebruiksnorm ligt. Dit is een gevolg van de modelkeuze.

Tabel 48. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en marktbaar opbrengst (% zessen, klasse I) en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij bleemkool.**

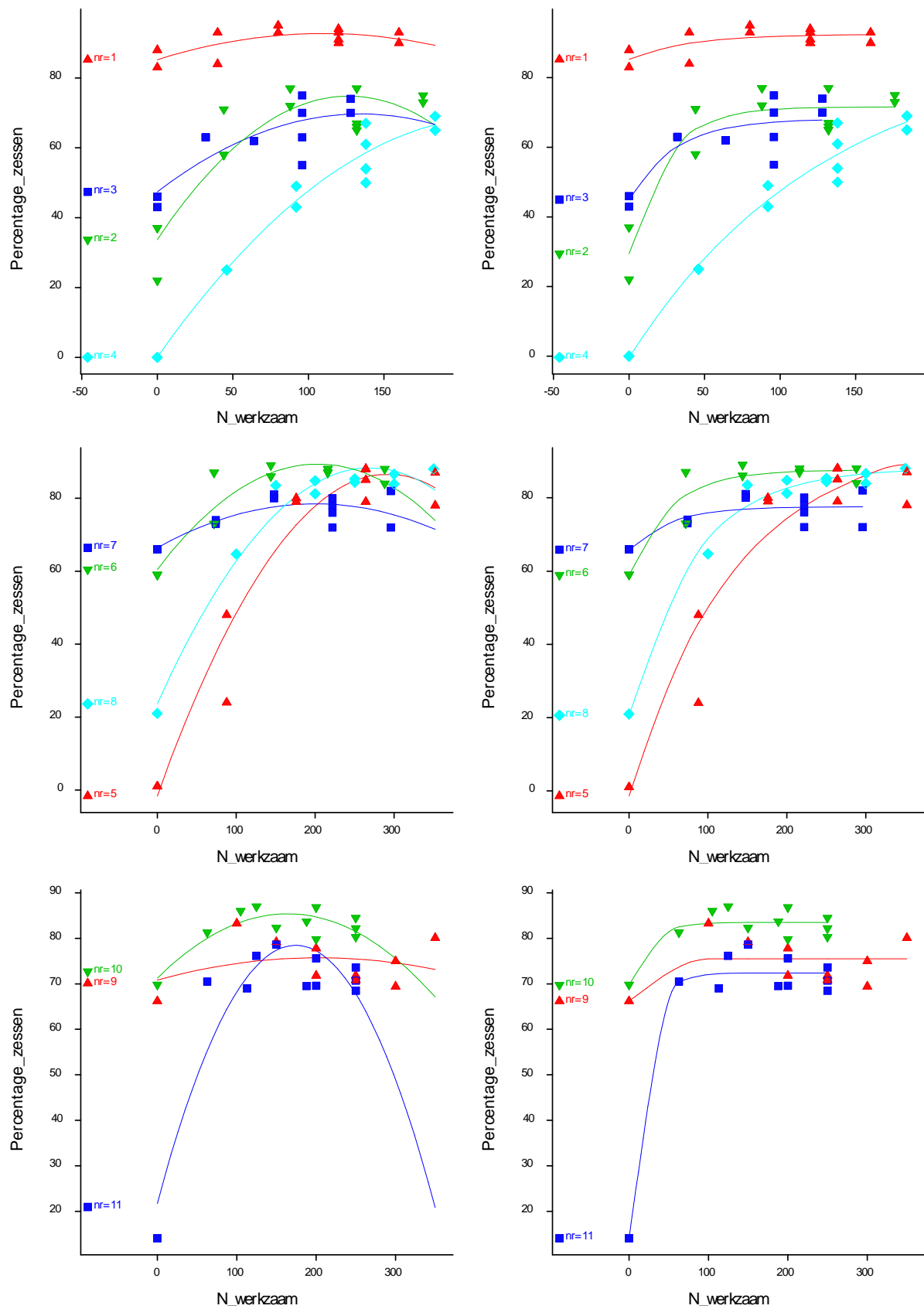
	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	max	Econ <sup>1</sup>	99	97,5	95	PVV	max	Econ <sup>1</sup>	99	97,5	95
1	39	110	110	71	49	23	35	>300	79	44	17	
2	74	127	127	110	100	89	86	259	94	73	57	
3	59	135	135	111	97	81	65	>300	104	77	57	
4	96	225	225	202	189	174	96	>300	605	484	394	
5	94	292	292	263	246	227	92	>300	615	493	401	
6	87	203	203	168	147	123	89	>300	175	129	94	
7	56	200	200	149	119	86	56	>300	138	91	56	
8	95	269	269	238	220	199	98	>300	346	273	218	
9	-	203	203	123	77	24	10	51	11	7	4	
10	64	164	164	124	100	74	67	241	67	45	29	
11	81	174	174	154	142	129	96	216	81	64	51	

<sup>1</sup> gebaseerd op een stuksprijs van €0,55 en 24.000 geogste planten

In Tabel 49 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006.

In zeven van de elf proeven lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen. Gemiddeld over deze zeven proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve opbrengstdaling van respectievelijk 1, 3, 5, 8 en 12% (polynoom) en 1, 2, 4, 5 en 8% (exponentieel model). De respons was bij het exponentiële model vooral bij een sterkere reductie van de gebruiksnorm zwakker dan bij de polynoom.

Er waren wel duidelijke verschillen tussen de proeven. Bij proeven 5 en 8 was er sprake van een relatief sterke respons terwijl bij proeven 7, 9 en 10 de opbrengst amper reageerde op verlaging van de N-gift. Bij de proeven, waarbij de gebruiksnorm buiten het bereik van de N-trappen viel (proef 1-4), reageerde alleen proef 4 duidelijk op N-bemesting in het traject 50-100% van de gebruiksnorm.



Figuur 10. Marktbaar opbrengst (% zessen, kwaliteit I) bloemkool in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 47).



Tabel 49. **Gefitte opbrengst (% zessen, kwaliteit I) bloemkool in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef											Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Polynoom	50	92,7	73,3	68,4	48,5	49,4	82,3	75,6	63,5	74,5	83,4	68,9	71,0	71,1
	55	92,7	74,3	69,1	51,8	53,4	83,6	76,2	66,5	74,8	84,0	71,4	72,5	72,8
	60	92,6	74,8	69,5	54,8	57,1	84,9	76,7	69,2	75,0	84,5	73,6	73,9	74,4
	65	92,4	74,7		57,5	60,5	85,9	77,1	71,8	75,2	84,9	75,3	75,5	75,8
	70	92,0	74,1		59,9	63,8	86,9	77,5	74,2	75,3	85,2	76,7	76,6	77,1
	75	91,5	72,9		62,0	66,8	87,6	77,8	76,4	75,4	85,3	77,7	77,4	78,2
	80		71,3		63,8	69,7	88,3	78,1	78,4	75,5	85,4	78,3	76,5	79,1
	85		69,0		65,4	72,3	88,8	78,3	80,3	75,6	85,3	78,5	77,1	79,9
	90					74,6	89,1	78,4	81,9	75,7	85,2	78,3	80,5	80,5
	95					76,8	89,3	78,5	83,4	75,7	84,9	77,7	80,9	80,9
	100				78,8	89,4	78,5	84,6	75,7	84,5	76,7	81,2	81,2	
exponentieel	50	92,0	71,1	67,4	48,3	51,0	83,9	76,0	69,5	75,5	83,3	72,2	71,8	73,0
	55	92,1	71,3	67,6	51,4	54,3	84,6	76,3	71,7	75,5	83,4	72,3	72,8	74,0
	60	92,2	71,4	67,8	54,2	57,4	85,1	76,5	73,7	75,5	83,4	72,3	73,6	74,9
	65	92,3	71,5		56,9	60,3	85,6	76,7	75,4	75,5	83,5	72,4	75,0	75,6
	70	92,3	71,5		59,3	62,9	85,9	76,9	77,0	75,5	83,5	72,4	75,7	76,3
	75	92,4	71,6		61,6	65,4	86,2	77,0	78,3	75,5	83,5	72,4	76,4	76,9
	80		71,6		63,6	67,7	86,5	77,1	79,5	75,5	83,5	72,4	75,3	77,4
	85		71,6		65,6	69,8	86,7	77,2	80,5	75,5	83,5	72,4	75,9	77,9
	90					71,7	86,9	77,3	81,5	75,5	83,5	72,4	78,4	78,4
	95					73,5	87,0	77,3	82,3	75,5	83,5	72,4	78,8	78,8
	100				75,2	87,1	77,4	83,0	75,5	83,5	72,4	79,1	79,1	

1 Gem1 = gemiddelde van alle proeven (exclusief proeven waarbij N-gift buiten bereik van de N-trappen ligt), Gem2 = gemiddelde van proeven 5 t/m 11

### Financiële effecten

Op basis van de vastgestelde respons en een gemiddelde productprijs van €0,55 per stuk en een gemiddeld aantal oogstbare planten van 24.000 per ha, kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden ingeschat (Tabel 50). Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een financiële derving van respectievelijk 95, 250, 460, 730 en 1070 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren aanzienlijk. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van €-100 tot €1100.

Tabel 50. **Derving financiële opbrengst bloemkool (€ per ha ten opzichte van niveau gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

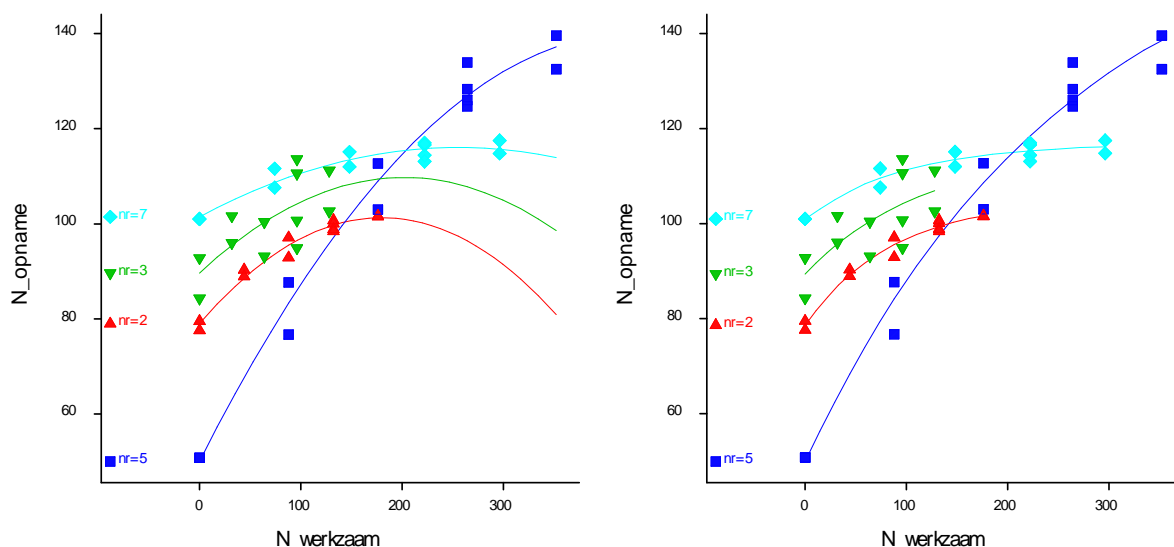
N-gift (% van GN)	Proef							
	5	6	7	8	9	10	11	Gem
50%	3535	680	275	2285	80	85	535	1070
60%	2610	430	170	1630	50	5	215	730
70%	1800	240	95	1085	30	-45	5	460
80%	1100	110	40	640	10	-60	-100	250
90%	500	30	10	280	5	-45	-105	95

### N-opname marktbaar product

In vier proeven (2, 3, 5 en 7) is de N-opname in marktbaar product bepaald. In Figuur 11 is de respons grafisch weergegeven. Bij alle vier proeven was er sprake van een significante respons op N-bemesting. Het percentage verklaarde variantie bij de polynoom bedroeg 97, 41, 98 en 90% voor respectievelijk proef 2, 3, 5 en 7. Voor het exponentiële model bedroegen deze percentages 98, 42, 98 en 91%. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg PVV 95% en 94% voor respectievelijk polynoom en exponentieel model. Beide modellen presteerden vergelijkbaar.

In Tabel 51 is de gefitte N-opname in relatie tot N-gift weergegeven voor zowel de polynoom als exponentieel model. Beide modellen gaven vergelijkbare uitkomsten. Proef vijf gaf een duidelijk scherpere respons te zien dan de andere drie proeven (zie ook Figuur 11).

Alleen bij proef 5 en 7 lag de hoogste N-trap boven de gebruiksnorm kon zonder extrapolatie de gevolgen van een verlaagde gebruiksnorm worden bepaald. Gemiddeld over deze twee proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een relatieve daling van de N-opname van 3, 5, 8, 11 en 15% (polynoom) en 2, 4, 7, 10 en 13% (exponentieel model).



Figuur 11. **N-opname in marktbaar opbrengst bloemkool (kg N per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom en rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 47).**

Tabel 51. **Gefitte N-opname bloemkool (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

N-gift (% van GN)	Polynoom						Exponentieel					
	Pr 2	Pr 3	Pr 5	Pr 7	Gem1	Gem2	Pr 2	Pr 3	Pr 5	Pr 7	Gem1	Gem2
50	97	105	88	111	100	99	97	105	89	111	101	100
55	98	106	91	111	102	101	98	106	92	112	102	102
60	99	107	94	112	103	103	99	107	95	113	103	104
65	100		97	113	103	105	99		98	113	103	105
70	100		100	113	105	107	100		101	113	105	107
75	101		103	114	106	108	101		103	114	106	108
80	101		106	114	107	110	101		106	114	107	110
85	101		109	115	108	112	102		108	114	108	111
90			111	115	113	113			111	115	113	113
95			113	115	114	114			113	115	114	114
100			116	115	116	116			115	115	115	115

1 Gem1 = gemiddelde van alle proeven (exclusief proeven waarbij N-gift buiten bereik van de N-trappen ligt),  
Gem2 = gemiddelde van proeven 5 en 7

### 3.9.3 Discussie

Bij bloemkool waren alleen proeven op kleigrond beschikbaar. De resultaten kunnen dus niet direct worden doorvertaald naar een zandsituatie. Verder beperkte de dataset zich tot zomer- en herfstteelten. Bij vroege teelten of winterteelten is de respons doorgaans sterker. Dit komt doordat bij vroege teelten de mineralisatie lager is dan bij latere teelten en doordat bij winterteelten de uitspoelingsrisico's groter zijn. Tenslotte kan bloemkool ook als volgteelt voorkomen (in de proeven was dit niet het geval). In dat geval zal de respons zwakker zijn omdat er zich bij aanvang van de teelt meer minerale bodem-N aanwezig is en doordat het gewas kan profiteren van N-nawerking van gewasresten van voorgaande teelt.

## 3.10 Spinazie

### 3.10.1 Beschikbare data

In Tabel 52 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren acht proeven beschikbaar, deze lagen alle op kleigrond.
- Bij twee proeven betrof het een vroege teelt, bij twee een zomerteelt en bij vier een herfstteelt. Alleen bij proef 8 was er sprake van een volgteelt. De overige proeven zijn niet vooraf gegaan door een eerste teelt. Desondanks zijn de herfstteeltproeven 2, 3 en 6 toch als volgteelt beschouwd, omdat er in praktijk wel een 1<sup>e</sup> teelt aan vooraf zou zijn gegaan.
- Bij proef 1-6 is bij een aantal N-niveaus de N zowel eenmalig als gedeeld toegediend. Bij proef 7 en 8 was bij alle N-niveaus sprake van een eenmalige toediening.
- In alle proeven is de marktbaar opbrengst vastgesteld, in vier proeven tevens de N-opname in marktbaar product (3, 4, 5 en 6).
- Er waren voldoende proeven met voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons. Ook was er in het algemeen sprake van een redelijke tot goede respons. Bij zes van de acht proeven echter, ontbrak een nulobject en bij vier proeven was de laagste N-gift in de proef hoger dan 100 kg N per ha.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 210 en 160 kg N per ha voor respectievelijk eerste en volgteelten.
- Voor de marktbaar opbrengst is uitgegaan van versopbrengst. Er is een productprijs gehanteerd van €0,35 per kg.

Tabel 52. **Karakterisering gebruikte proeven spinazie.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (0-30 cm)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1994	Lelystad	Klei	Nb <sup>1</sup>	Zomer	25	7	35	245
2	1994	Lelystad	Klei	Nb	Herfst	92	5	88	260
3	1995	Waag	Klei	Nb	Herfst	48	6	132	264
4	1996	Lelystad	Klei	Nb	Vroeg	16	3	158	248
5	1996	Lelystad	Klei	Nb	Zomer	39	5	125	263
6	1996	Lelystad	Klei	Nb	Herfst	67	5	120	217
7	1992	Westmaas	Klei	Tarwe	Vroeg	Nb	5	0	320
8	1992	Westmaas	Klei	Tarwe+spin <sup>2</sup>	Herfst	Nb	5	0	143

1. Nb = niet bekend

2. in 1991 tarwe en in 1992 voorafgegaan door een vroege teelt spinazie

### 3.10.2 Resultaten analyse

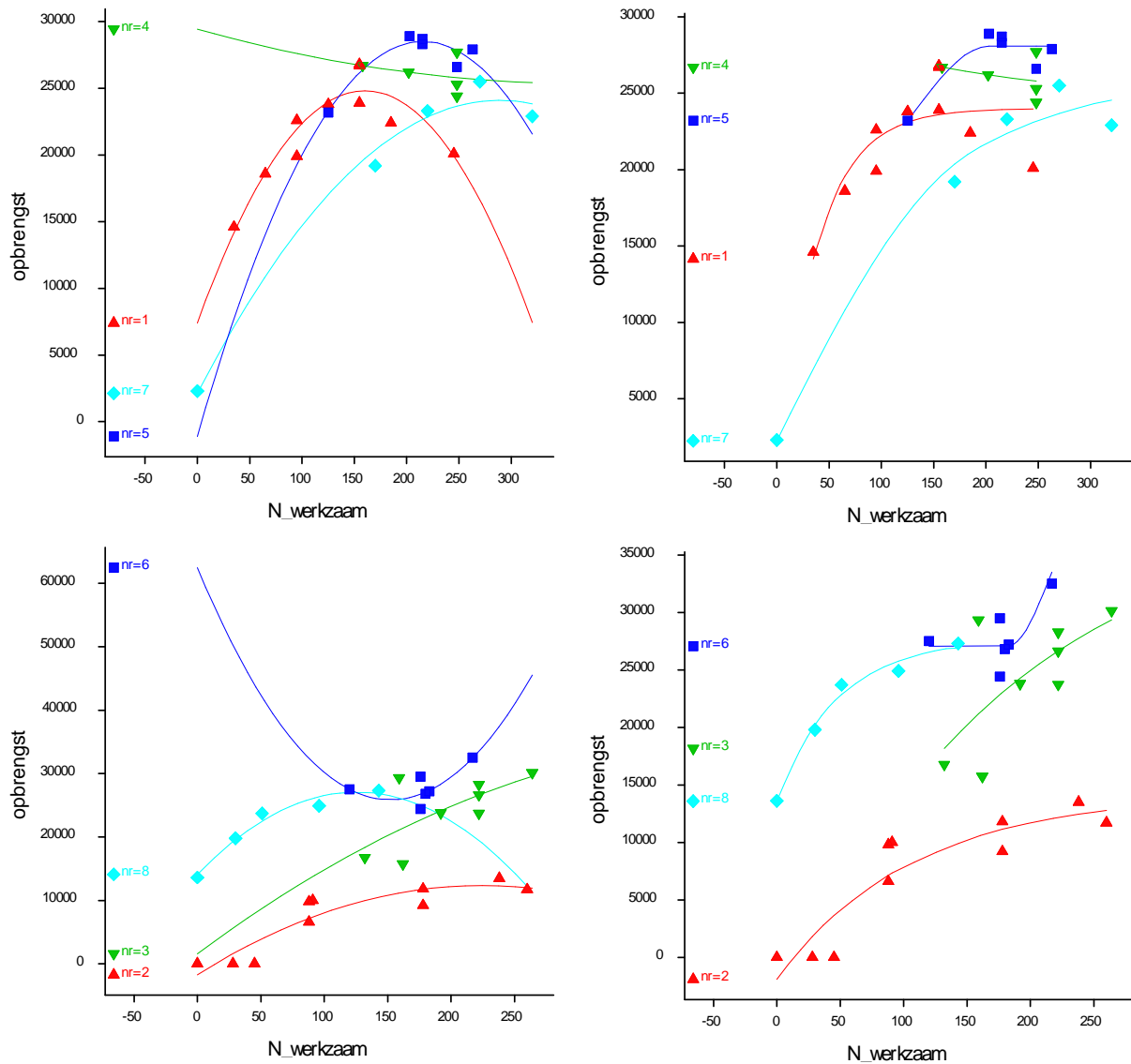
#### Marktbaar opbrengst

Er was geen sprake van significante effecten van deling van de N-gift. De data behorend bij deze objecten zijn wel meegenomen in de regressie-analyse.

In Tabel 53 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte modellen. In Figuur 12 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij proeven 3, 4, en 6 was de relatie tussen N-bemesting en marktbaar opbrengst niet significant. Dit hangt mogelijk mede samen met het feit dat er in deze proeven bij de lage N-giften geen opbrengstbepalingen zijn gedaan omdat dat voor het doel van de proef niet nodig was. M.u.v. proef 1 gaven de polynoom en het exponentiële model vergelijkbare percentages verklaarde varianties (PVV). Bij proef 1 presteerde de polynoom duidelijk beter. Dit komt omdat de datapunten een daling van de opbrengst laten zien bij hoge N-giften (zie figuur 1) waardoor een polynoom beter past. In de proeven waar er sprake was van een eerste

teelt en de respons op N-bemesting significant was (proef 1, 2, 5 en 7) lag de het economische optimum bij de polynoom in drie van de vier proeven boven de gebruiksnorm van 205 kg N per ha. Bij het exponentiële model was dit bij alle 4 genoemde proeven het geval. De optima waren bij dit model aanzienlijk hoger dan bij de polynoom. Bij proef 8 (volgteelt) lag het economisch optimum bij de polynoom onder de gebruiksnorm voor volgteelten van 160 kg N per ha. Bij het exponentiële model lag deze er boven. Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het PWV 91 en 89% voor respectievelijk de polynoom en het exponentiële model.



Figuur 12. Marktbaar opbrengst spinazie (kg per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 52).

Tabel 53. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en versopbrengst en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij spinazie.**

	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	max	econ	99	97,5	95	PVV	max	econ	99	97,5	95
1	83	160	158	141	130	117	56	-	212	175	140	114
2	80	224	220	203	191	177	79	-	442	504	406	333
3	25	462	455	415	388	357	25	-	830	841	678	555
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	82	216	214	194	182	168	76	-	150	136	133	130
6	42	-	-	-	-	-	41	-	-	-	-	-
7	97	289	284	259	241	221	95	-	534	545	434	351
8	93	126	124	107	97	85	97	-	225	183	140	108

In tabel 54 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006 (stappen van 5%). Deze bedraagt voor spinazie 210 en 160 kg N per ha voor respectievelijk een eerste teelt en een volgteelt.

In zeven van de acht proeven lag de gebruiksnorm 2006 binnen het bereik van de N-trappen, maar in slechts twee proeven lag de N-gift bij 50% van de gebruiksnorm 2006 binnen dit bereik. Bij de proeven 1 t/m 7 leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10% volgens beide modellen tot een relatieve opbrengstdaling van gemiddeld 2%. Verlaging met 20% leidde tot een daling van gemiddeld 3% volgens beide modellen (proeven 1, 2, 4, 5, 6, 7), verlaging met 30% tot gemiddeld 10% volgens de polynoom en 9% volgens het exponentieel model (proeven 1, 2, 5, 7) en verlaging met 40% tot gemiddeld 17% respectievelijk 16% (proeven 1, 2, 5, 7).

#### *Financiële effecten*

Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden ingeschat (Tabel 55). Slechts bij twee proeven kon over het gehele gebruiksnormtraject van 50-100% zonder extrapolatie de respons worden bepaald. Gemiddeld over deze proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een financiële derving van respectievelijk 70, 210, 475, 830 en 1295 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren aanzienlijk. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -€265 tot €685 per ha.

Tabel 55. **Derving financiële opbrengst spinazie (€ per ha ten opzichte van niveau gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Proef							Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>	Gem3 <sup>1</sup>	Gem4 <sup>1</sup>
	1	2	3	4	5	6	7				
50%	300						2295	1295	1295		1295
60%	-20 <sup>2</sup>	1140			1560		1680	1090	1075	1140	830
70%	-210	790			525		1155	565	490	790	475
80%	-265	490		-175	245	-140	685	140	125	175	210
90%	-175	230	575	-70	70	0	315	135	35	270	70

1 Gem1 = gemiddelde van de proeven 1 t/m 7

Gem2 = gemiddelde van proeven 1, 4, 5 en 7 (eerste teelten)

Gem3 = gemiddelde van proeven 2, 3 en 6 (herfstteelten)

Gem4 = gemiddelde van proeven 1 en 7

2 Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

Tabel 54. **Gefitte versopbrengst spinazie (ton per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006, eerste teelt 210 kg N per ha, volgteelt 160 kg N per ha) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef								Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>	Gem3 <sup>1</sup>	Gem4 <sup>1</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8				
Polynoom	50	22,8						15,2	25,4	21,1	19,0	25,4	19,0
	55	23,5	7,1					16,2	25,9	18,2	19,8	16,5	19,8
	60	24,0	7,7			23,4		17,1	26,3	19,7	21,5	17,0	20,6
	65	24,4	8,3			24,5		18,0	26,7	20,4	22,3	17,5	21,2
	70	24,7	8,8			25,5		18,8	26,9	20,9	23,0	17,9	21,7
	75	24,8	9,3		26,7	26,4	27,5	19,6	27,0	23,0	24,4	21,3	22,2
	80	24,8	9,7		26,6	27,1	26,8	20,3	27,1	23,2	24,7	21,2	22,5
	85	24,6	10,2	18,8	26,5	27,6	26,3	20,9	27,0	22,7	24,9	20,6	22,7
	90	24,2	10,5	19,6	26,3	28,1	26,0	21,5		22,3	25,0	18,7	22,9
	95	23,8	10,9	20,4	26,2	28,3	25,9	22,0		22,5	25,1	19,1	22,9
	100	23,1	11,2	21,2	26,1	28,5	26,0	22,5		22,6	25,0	19,4	22,8
Exponentieel	50	22,5						16,2	25,0	21,2	19,3	25,0	19,3
	55	22,8	7,1					17,0	25,4	18,1	19,9	16,3	19,9
	60	23,1	7,6			24,3		17,8	25,8	19,7	21,7	16,7	20,5
	65	23,3	8,1			27,8		18,5	26,0	20,8	23,2	17,1	20,9
	70	23,5	8,5			28,1		19,1	26,3	21,1	23,6	17,4	21,3
	75	23,6	9,0		26,7	28,1	26,6	19,7	26,5	22,9	24,5	20,7	21,7
	80	23,7	9,3		26,6	28,1	26,6	20,3	26,6	23,0	24,7	20,9	22,0
	85	23,8	9,7	18,6	26,5	28,1	26,6	20,8	26,8	22,6	24,8	20,4	22,3
	90	23,8	10,0	19,6	26,3	28,1	26,6	21,2		22,2	24,9	18,7	22,5
	95	23,9	10,3	20,4	26,2	28,1	26,6	21,6		22,5	25,0	19,1	22,8
	100	23,9	10,6	21,3	26,1	28,1	26,6	22,0		22,7	25,0	19,5	23,0

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven

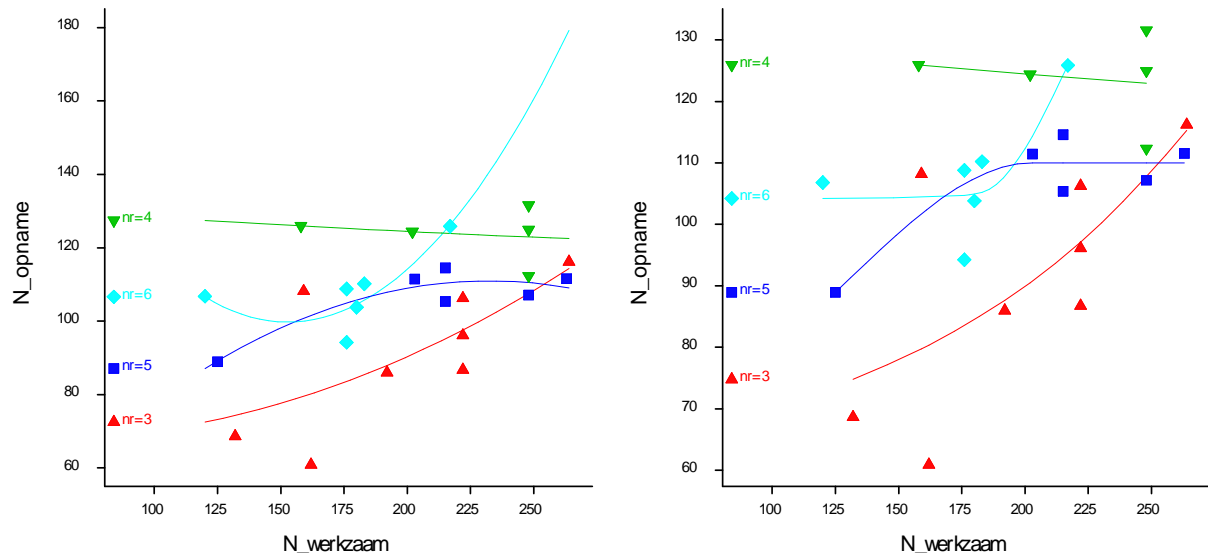
Gem2 = gemiddelde van proeven 1, 4, 5 en 7 (eerste teelten)

Gem3 = gemiddelde van proeven 2, 3, 6 en 8 (herfstteelten)

Gem4 = gemiddelde van de proeven 1 en 7 (waarbij de range 50-100% gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt)

### N-opname marktbaar product

In vier proeven (3 t/m 6) is de N-opname in marktbaar product bepaald. In Figuur 13 is de respons grafisch weergegeven. De gevonden relaties waren slecht. Bij een overall analyse was het percentage verklaarde variantie slechts 53% voor zowel de polynoom als het exponentiële model. Bij de polynoom gaven twee proeven een dalparabool en één proef geeft een dalende lijn. Slechts één proef laat een verwachte bergparabool zien. De slechte relaties zullen mede samengangen met het ontbreken van de metingen van de N-opname bij de lage N-trappen. Vanwege het slechte verband is geen verdere uitwerking gegeven.



Figuur 13. N-opname in marktbaar opbrengst spinazie (kg N per ha) in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 52; bij de exponentiële curven is proef 5 niet weergegeven vanwege een sterk afwijkende fit bij lage N-giften).

### 3.10.3 Discussie

Bij spinazie waren alleen proeven op kleigrond beschikbaar. De resultaten kunnen dus niet direct worden doorvertaald naar een zandsituatie.

Spinazie heeft een korte groeidiur en zal daarom ook vaak als volgteelt voorkomen. In slechts één proef was dit daadwerkelijk het geval. Bij volgteelten zal de respons doorgaans zwakker zijn omdat er zich bij aanvang van de teelt meer minerale bodem-N aanwezig is en doordat het gewas kan profiteren van N-nawerking van gewasresten van voorgaande teelt. De beschikbare dataset van proeven was echter niet geschikt om dit te toetsen.



## 3.11 IJssla

### 3.11.1 Beschikbare data

In Tabel 56 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 31 proeven beschikbaar waarvan 19 op zandgrond en 12 op kleigrond.
- Bij 13 proeven betrof het een vroege c.q. 1<sup>e</sup> teelt, geplant vóór 15 mei en bij twee proeven een 1<sup>e</sup> teelt geplant na 15 mei. De overige proeven betroffen een volgteelt dan wel een herfstteelt. In de proeven zijn niet alle herfstteelten voorafgegaan door een 1<sup>e</sup> teelt. Desondanks zijn deze proeven toch als volgteelt beschouwd, omdat er in praktijk wel een 1<sup>e</sup> teelt aan vooraf zou zijn gegaan. Voor zover bekend zijn alleen de volgteelten in de proeven 19, 27 en 28 voorafgegaan door een 1<sup>e</sup> teelt ijssla. Van de proeven 20 t/m 25, 30 en 31 is het niet bekend.
- In de proeven 1 t/m 13, 19 t/m 25, 30 en 31 is de stikstof eenmalig toegediend bij aanvang van de teelt. Het betrof in al de proeven vaste N-trappen. In proef 1 kwam bij dezelfde N-trappen zowel volveldsbemesting als rijenbemesting voor. In de overige voornoemde proeven is volvelds bemest. In de proeven 16, 17, 18 en 26 kwam bij dezelfde, vaste N-trappen zowel eenmalige toediening via rijenbemesting voor als deling van de N-gift, volvelds toegediend. In de proeven 16 en 26 kwam daarnaast ook nog een NBS-object (bemest volgens N-bijmeststelsysteem) voor. In de proeven 14, 15, 27, 28 en 29 waren alle N-giften gedeeld, op basis van een NBS. De toedieningsmethode is bij deze proeven onbekend, maar is waarschijnlijk volvelds bemesting geweest.
- In alle proeven is het gemiddeld kropgewicht vastgesteld. In de proeven 1, 2, 10, 15, 16, 17, 18 en 26 t/m 29 is ook de kwaliteit vastgesteld. Verder is steeds de N-afvoer met het marktbaar product vastgesteld, uitgezonderd in de proeven 14, 15, 27, 28 en 29.
- In het algemeen waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen beschikbaar.
- De gebruiksnorm bedraagt 180 en 105 kg N per ha voor respectievelijk de eerste teelt en de volgteelt.

Tabel 56. Karakterisering gebruikte proeven ijssla

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (0-30 cm)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
<i>1e teelt, gepland vóór 15 mei</i>									
1	2001	Meterik	zand	grasgroenbem.	vroeg	29	4	0	175
2	2001	Meterik	zand	tagetus	vroeg	41	3	0	80
3	1985	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	zeer vroeg	23	5	0	300
4	1985	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg	20	5	0	300
5	1985	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg	30	5	0	300
6	1986	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	zomer	53	5	0	300
7	1986	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg	25	5	0	300
8	1987	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg	68	5	0	200
9	1987	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	zomer	64	5	0	300
10	2001	Westmaas	klei	zomergerst	zomer	9	4	0	150
11	1985	Westmaas	klei	Nb <sup>1</sup>	vroeg	11	5	0	300
12	1986	Westmaas	klei	Nb <sup>1</sup>	zomer	18	5	0	300
13	1987	Westmaas	klei	Nb <sup>1</sup>	vroeg	55	5	0	200
<i>1e teelt, gepland na 15 mei</i>									
14	1991	Kollumerwaard	klei	suikerbiet	zomer	50	7	0	106
15	1992	Kollumerwaard	klei	suikerbiet	zomer	25	11	0	215
<i>Volgteelt dan wel herfstteelt</i>									
16	1999	Meterik	zand	geen <sup>2</sup>	herfst	68	5	0	140
17	2000	Meterik	zand	geen <sup>2</sup>	herfst	24	4	0	140
18	2001	Meterik	zand	geen <sup>2</sup>	herfst	76	4	0	120
19	1985	Breda	zand	ijssla (1 <sup>e</sup> teelt)	zomer	Nb <sup>1</sup>	4	0	150
20	1985	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	herfst	64	4	0	150
21	1985	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	herfst	23	4	0	150
22	1986	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	herfst	141	4	0	150
23	1986	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	herfst	30	4	0	150
24	1987	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	herfst	121	4	0	100
25	1987	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	herfst	23	4	0	100
26	1999	Lelystad	klei	geen <sup>2</sup>	herfst	81	5	0	140
27	1994	Kollumerwaard	klei	ijssla (1e teelt)	zomer	28	7	0	106
28	1995	Kollumerwaard	klei	ijssla (1e teelt)	zomer	48	7	0	179
29	1993	Kollumerwaard	klei	geen <sup>2</sup>	herfst	60	11	0	215
30	1985	Westmaas	klei	Nb <sup>1</sup>	herfst	11	5	0	300
31	1986	Westmaas	klei	Nb <sup>1</sup>	herfst	46	5	0	150

1 Nb = niet bekend

2 geen voorvrucht in hetzelfde jaar c.q. braak

### 3.11.2 Resultaten analyse

Sla wordt per stuk uitbetaald in plaats van per kg. Meest belangrijk voor de financiële opbrengst is om van het totaal aantal uitgeplante slaplanten op het veld een zo hoog mogelijk deel in de kwaliteitsklasse 1 te verkrijgen. Verder is het kropgewicht van belang, maar het varieert nogal eens welke gewichtsklasse het beste wordt uitbetaald. Veelal wordt gestreefd naar een gewicht bij oogst van 500 tot 700 gram per stuk, maar afhankelijk van de marktprijs wordt soms ook bij een zwaarder gewicht geoogst. Voor kroppen in een lagere of hogere gewichtsklasse dan het optimum wordt een lagere prijs per stuk verkregen.

Een te laag stikstofaanbod resulteert in een te trage groei, geelverkleuring van het blad en te lichte kroppen. Een te hoog stikstofaanbod resulteert in een te welige groei, kans op kwaliteitsverlies en te losse en/of te zware kroppen.

De stikstofbemestingsrichtlijn voor ijsla maakt onderscheid in teelten geplant vóór 15 mei en teelten geplant na 15 mei of volgteelten (Van Dijk & Van Geel, 2007). De richtlijn is voor de 1<sup>e</sup> categorie hoger (190 – 1,4·N<sub>min</sub>0-30) dan voor de 2<sup>e</sup> categorie (110 – N<sub>min</sub>0-30). De stikstofgebruiksnorm maakt onderscheid in een 1<sup>e</sup> teelt (180 kg N per ha) en een volgteelt (105 kg N per ha). Voor de analyse zijn de proeven 1 t/m 15 beschouwd als 1<sup>e</sup> teelt en de proeven 16 t/m 32 als volgteelt.

### Kwaliteit klasse 1

Voor de kwaliteit is uitgegaan van het percentage kroppen in klasse 1, uitgedrukt als percentage van het totaal aantal geplante kroppen op het veld.

In een analyse over alle proeven gezamenlijk met een fit per proef gaf de polynoom 94% verklaarde variantie, was er een significante relatie tussen N-gift en kwaliteit, waren er significante kwaliteitsverschillen tussen de proeven, maar was er ook een significante interactie tussen proef en N-gift. Het exponentieel model met een fit per proef gaf 95% verklaarde variantie. In Figuur 14 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij een analyse per individuele proef blijkt dat er slechts bij twee proeven (1, 10) sprake is van een redelijk hoog percentage verklaarde variantie (69%-89%) bij beide modellen. Alleen bij proef 1 was de relatie tussen stikstofgift en kwaliteit significant bij beide modellen. Proef 2 bevat slechts drie datapunten, waardoor geen goede fit kan worden verkregen. Afgaande op de meetpunten (zie Figuur 14) lijkt er in proef 2 evenwel een effect te zijn van de stikstofgift op de kwaliteit.

In de overige proeven geven beide modellen geen significante fit en was het percentage verklaarde variantie zeer laag. Geconcludeerd moet worden dat er in deze proeven de stikstofgift geen duidelijk effect heeft gehad op de kwaliteit.

De proeven 1, 2 en 10, waarbij er enige respons is op de N-gift, onderscheiden zich van de overige proeven door hun vroege planttijdstip (vóór 15 mei, zie Tabel 1). In Tabel 57 zijn de resultaten van deze drie proeven weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de polynoom en het exponentieel model.

De berekende N-gift bij maximale opbrengst (N<sub>max</sub>) is bij de polynoom lager dan de gebruiksnorm. Bij de exponentiële curve kan N<sub>max</sub> niet worden berekend, omdat de curve naar een asymptoot gaat. Er is geen economisch optimale N-gift berekend, omdat informatie over de prijsverhouding tussen de verschillende kwaliteitsklassen ontbrak. Gelet op de hoge productprijs tot de in verhouding lage stikstofprijs, zal de economisch optimale N-gift niet of nauwelijks afwijken van de fysiek optimale N-gift (N<sub>max</sub>). Onder het kopje 'Financieel effect' is het effect van verlaging van de gebruiksnorm aangegeven voor een situatie dat alleen slakroppen in klasse 1 worden vermarkt.

De berekende N-giften bij 97,5% en 95% van de maximale opbrengst (K<sub>max</sub>) zijn bij de exponentiële curve lager dan bij de polynoom.

Tabel 57. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %), hoogste percentage klasse 1 (K<sub>max</sub>), berekende N-gift (kg per ha) bij K<sub>max</sub> (N<sub>max</sub>) en bij 99, 97,5 en 95% van K<sub>max</sub> bij ijsla.**

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	K <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	99	97,5	95	PVV	K <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	99	97,5	95
1	69	98,6	143	104	81	56	73	98,3	-	106	69	41
2	*	84,0	56	42	33	24	*	*	-	*	*	*
10	70	82,7	125	106	95	83	89	79,9	-	96	73	55

In Tabel 58 is voor de proeven 1 en 10 de respons weergegeven met zowel de polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006 (180 kg N per ha). Proef 2 is niet in de tabel opgenomen, omdat de hoogste N-trap in deze proef lager is dan 50% van de gebruiksnorm. Bij proef 1 en 10 ligt de gebruiksnorm (180 kg N per ha) buiten het bereik van de N-trappen.

De beide modellen laten een wat verschillend beeld zien. Volgens de polynoom wordt de maximale kwaliteit behaald bij 80 en 70% van de gebruiksnorm (N<sub>max</sub>) in respectievelijk proef 1 en 10. Bij hogere gift neemt

de kwaliteit af, terwijl deze bij de exponentiële curve nog langzaam toeneemt. Bij verlaging van de Nmax naar 50% van de gebruiksnorm neemt de kwaliteit in geringe mate af: 1,8% in proef 1 en 2,8% in proef 10 op basis van de polynoom. Bij de exponentiële curve bedraagt de afname ten opzichte van de hoogste, gefitte waarde: 1,3% in proef 1 en 0,9% in proef 10.

Tabel 58. **Gefitte percentage in klasse 1 bij ijssla in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

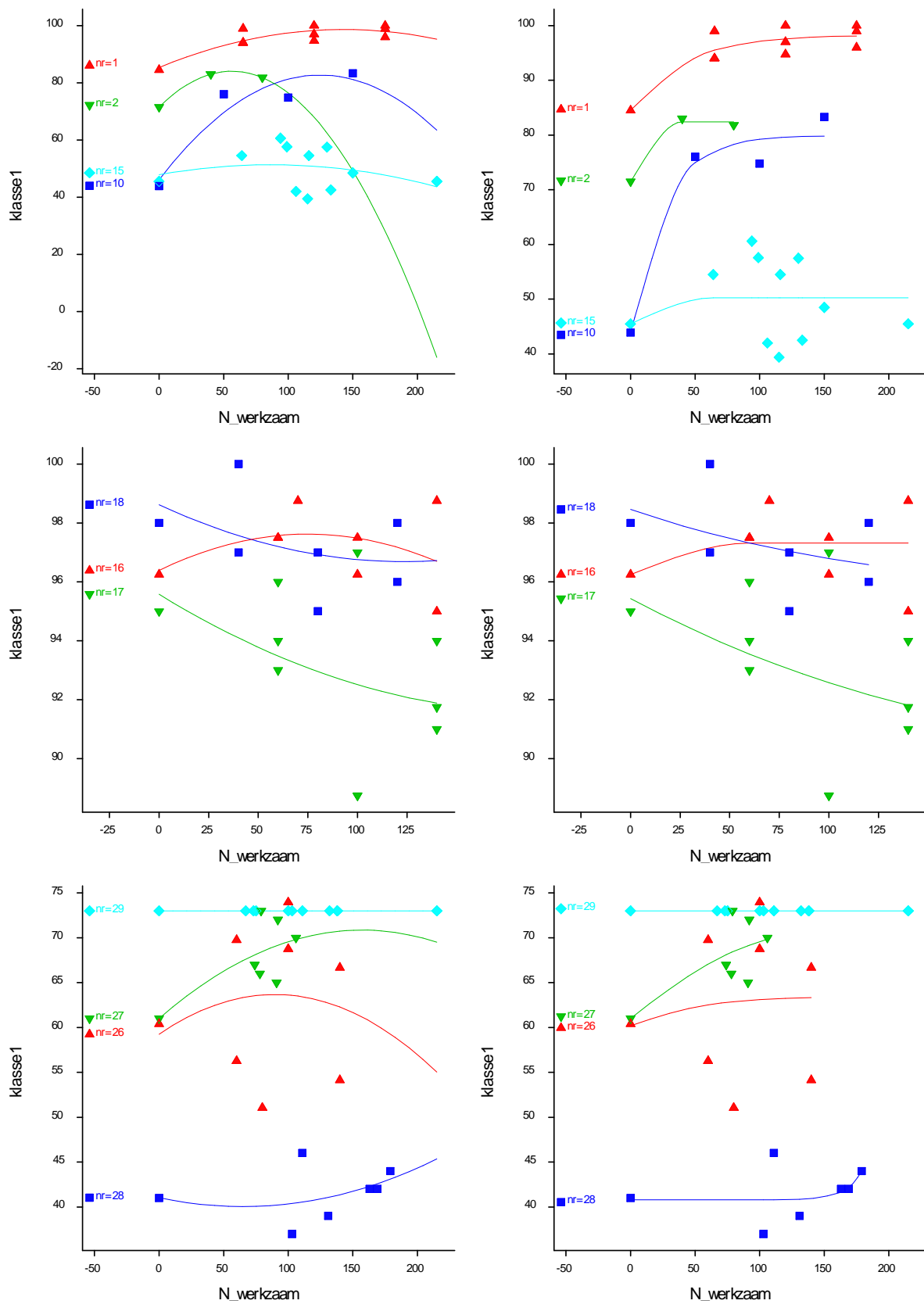
N-gift (% van GN)	Polynoom		Exponentieel	
	Proef 1	Proef 10	Proef 1	Proef10
50	96,8	79,9	96,8	78,9
55	97,4	81,1	97,1	79,2
60	97,9	82,0	97,3	79,4
65	98,2	82,5	97,5	79,6
70	98,5	82,7	97,7	79,7
75	98,6	82,4	97,8	79,7
80	98,6	81,8	97,9	79,8
85	98,6		98,0	
90	98,4		98,0	
95	98,1		98,1	
100				

Het geheel samenvattend kan worden gezegd dat in de onderhavige dataset:

- de hoogte van de stikstofgift slechts in een enkel geval effect had op de kwaliteit, dit betrof drie van de 13 proeven met een vroege teelt (vóór 15 mei geplant); bij de proeven geplant na 15 mei was er in geen enkel geval een effect op kwaliteit;
- in de twee proeven waarbij de optimale N-gift hoger is dan 50% van de gebruiksnorm de maximale kwaliteit is behaald bij respectievelijk 80% en 70% van de gebruiksnorm en dat door verlaging van de N-gift tot 50% van de norm de kwaliteit in geringe mate afneemt.

#### *Financieel effect*

Uitgaande van een situatie dat alleen klasse 1 wordt aangeleverd op de veiling, zou bij een plantgetal van 90.000 per ha en een gemiddelde opbrengstprijs van 30 cent per krop de financiële opbrengstderving bij 2% minder kroppen in klasse 1 €540 per ha bedragen (90.000 x 2% x €0,30).



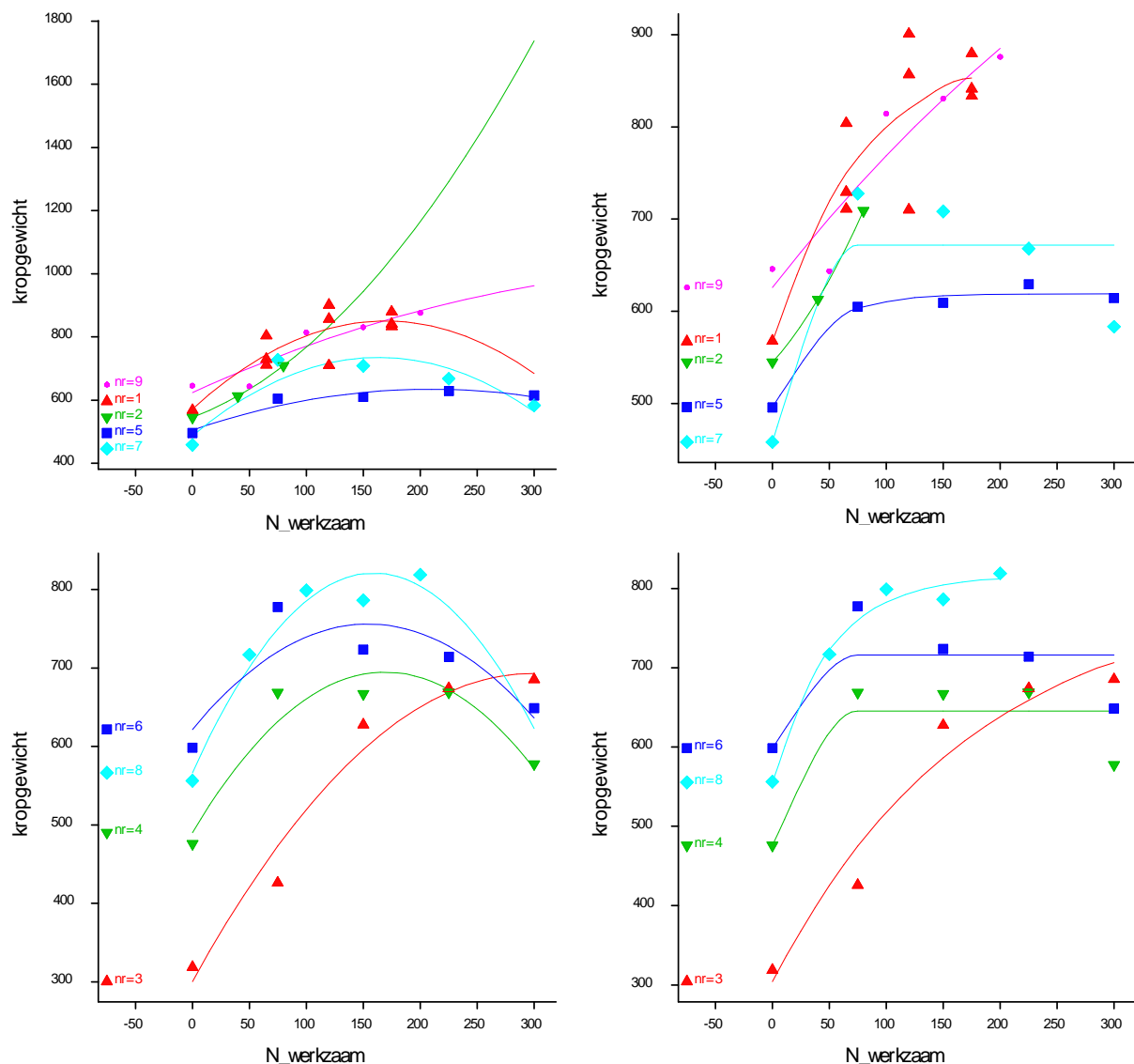
Figuur 14. Percentage kropen in klasse 1 ijsla van totaal aantal op het veld in relatie tot werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (boven: 1<sup>e</sup> teelt, onder: volgteelt; links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).

## Kropgewicht

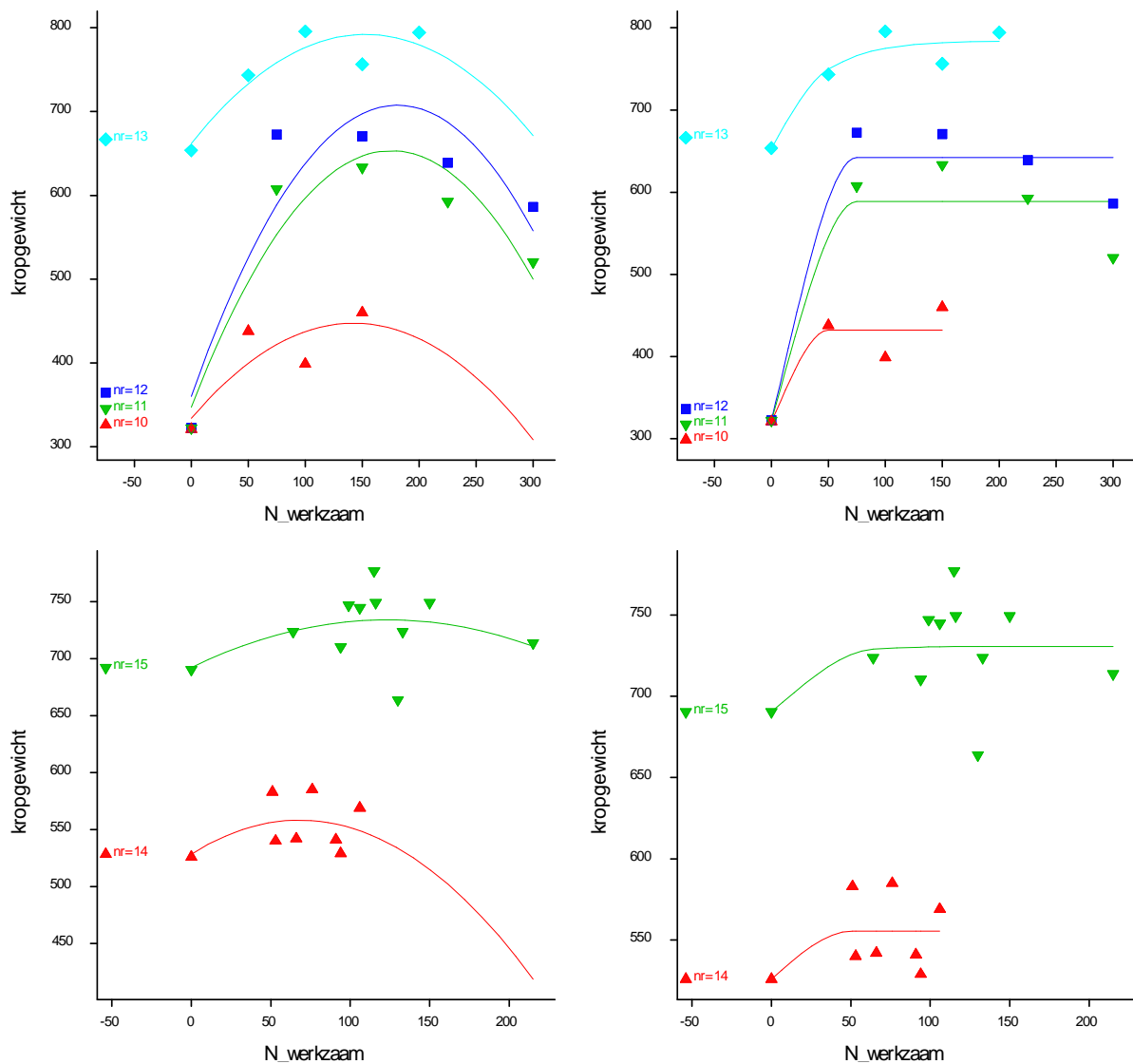
In de proeven is per object het gemiddeld kropgewicht vastgesteld. Voor de analyse is uitgegaan van het streven naar een gemiddeld kropgewicht van 600 gram. Informatie over de prijsverhouding tussen de verschillende gewichtsklassen ontbrak. Daardoor kon het financiële effect van een hogere of lagere N-bemesting niet worden berekend.

In een analyse over alle proeven gezamenlijk met een fit per proef gaf de polynoom 92% verklaarde variantie en was er een significante interactie tussen proef en stikstofgift. Het exponentieel model met een fit per proef gaf 91% verklaarde variantie.

In Figuur 15 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).



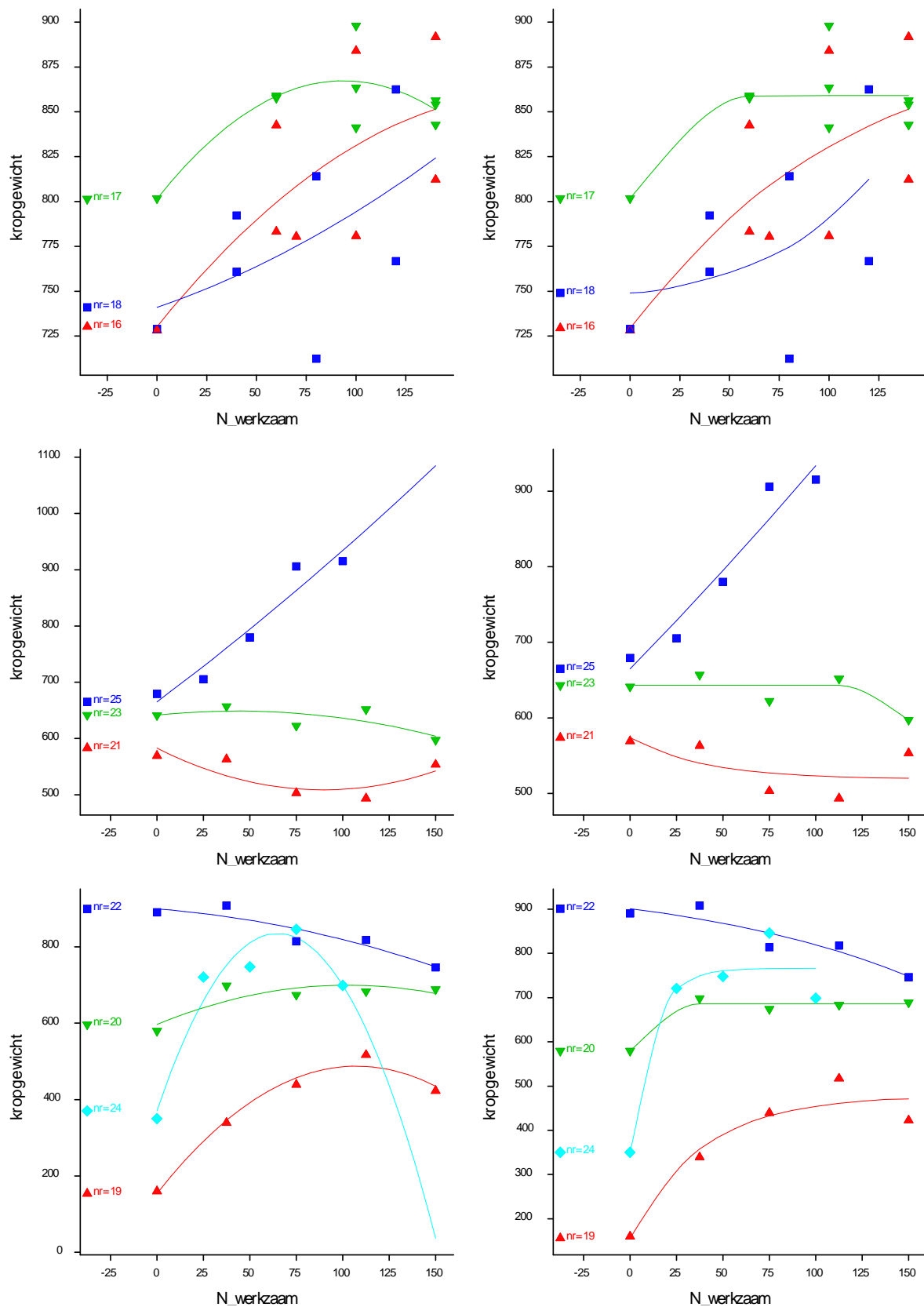
Figuur 15a. Gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een 1<sup>e</sup> teelt betreffen (boven: locatie Meterik (zand), onder: Breda (zand); links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).



Figuur 15a (vervolg). Gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een 1<sup>e</sup> teelt betreffen (boven: locatie Westmaas (klei), onder: Kollumerwaard (klei); links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).

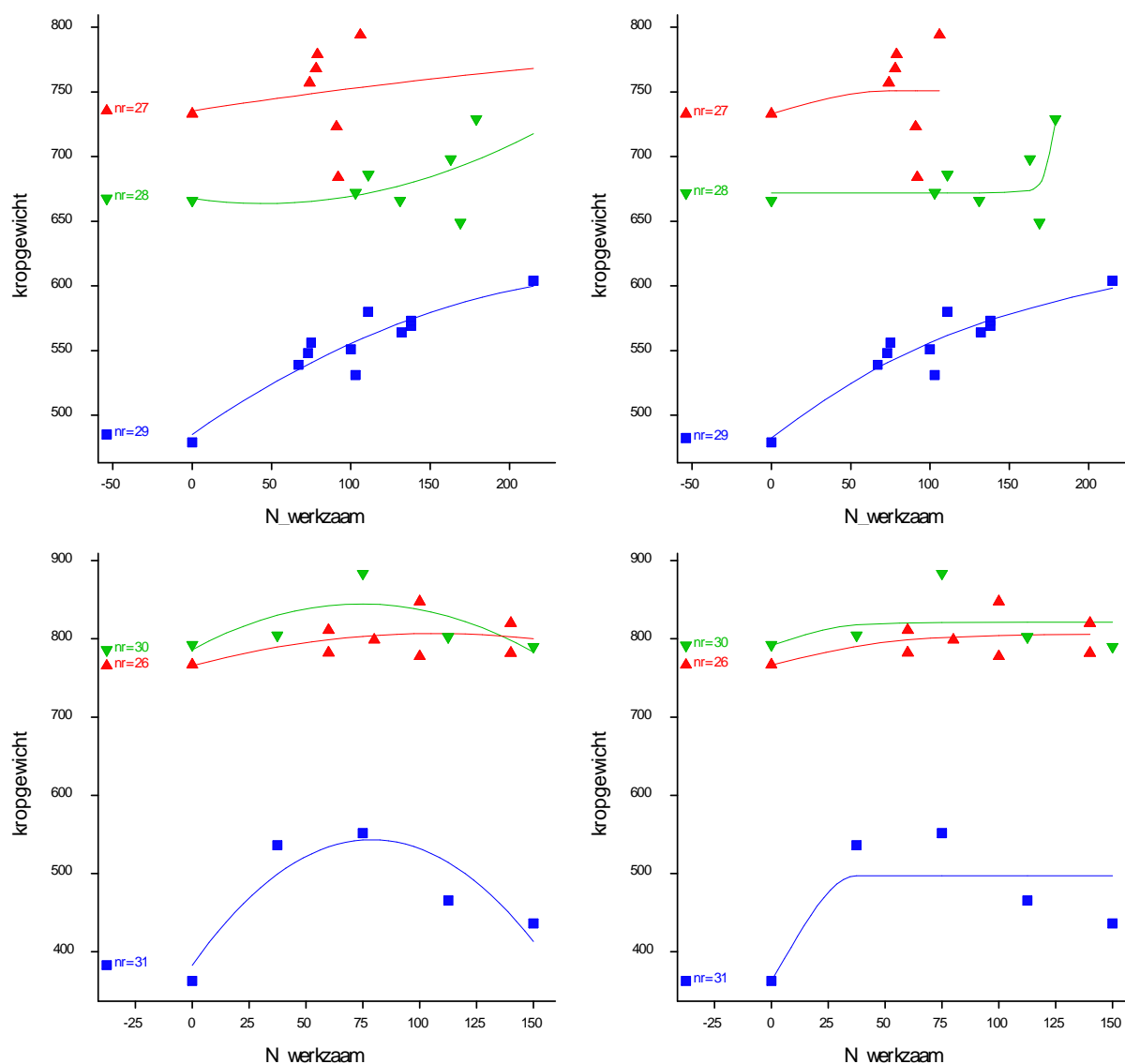
Uit een analyse per individuele proef blijkt dat het percentage verklaarde variantie sterk varieert per proef, zowel bij de polynoom als bij het exponentieel model (zie Tabel 4). Bij de polynoom is de beschreven relatie tussen N-bemesting en gemiddeld kropgewicht slechts in zes van de 31 proeven significant (nrs. 1, 3, 8, 17, 19 en 29) en in vijf proeven zwak significant (nrs. 4, 5, 11, 24 en 25) ( $0,05 < F_{\text{prob}} < 0,1$ ). In een aantal proeven resulteerde de fit in een dalparabool of in een nagenoeg rechte, stijgende lijn (zie Figuur 15). De exponentiële curve laat een wat ander beeld zien. Hier is de beschreven relatie tussen N-bemesting en gemiddeld kropgewicht in zeven van de 31 proeven significant (nrs. 1, 3, 5, 8, 17, 20 en 29) en in vijf proeven zwak significant (nrs. 12, 13, 19, 24 en 25). In een aantal proeven is de curve omgekeerd (zie Figuur 15).

Bij proef 2 konden zowel bij de polynoom als de exponentiële curve geen percentage variantie en overschrijdskansen worden berekend, omdat er slechts drie datapunten zijn.



Figuur 15b. Gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een volgteelt betreffen (boven en midden: locatie Meterik (zand), onder: Breda (zand); links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).





**Figuur 15b (vervolg). Gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een volgteelt betreffen (boven: locatie Kollumerwaard (klei), onder: Lelystad en Westmaas (klei); links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).**

In Tabel 59 zijn de resultaten weergegeven van de twee gebruikte regressiemodellen: percentage verklaarde variantie, gemiddeld kropgewicht zonder stikstofgift (0 kg N per ha), maximum gemiddeld kropgewicht op basis van het model (Gmax), de N-gift waarbij dit maximum wordt bereikt (Nmax) en de N-gift waarbij een gemiddeld kropgewicht van 600 gram wordt behaald (N600g). In geval van een dalparabool of een omgekeerde exponentiële curve kon geen maximum worden berekend. Bij de exponentiële curve kan Nmax sowieso niet worden berekend, omdat de curve naar een asymptoot gaat. Bij de polynoom lag Nmax bij een aantal proeven buiten het bereik van de N-trappenreeks c.q. is een geëxtrapoleerde waarde. De N-gift waarbij een gemiddeld kropgewicht van 600 gram werd behaald (N600g), kan voor een groot aantal proeven niet worden berekend, omdat het kropgewicht bij alle N-niveaus hoger was dan 600 gram (ook bij 0 kg N per ha) of juist lager dan 600 gram (Gmax < 600 gram). In de proeven waarin N600g wel kon worden berekend, varieerde de waarde van 2 tot 216 kg N per ha bij de polynoom en 0 tot 222 kg N/ha bij het exponentieel model. Bij proef 29 betrof het een geëxtrapoleerde waarde die net boven de hoogste N-trap ligt van de proef.

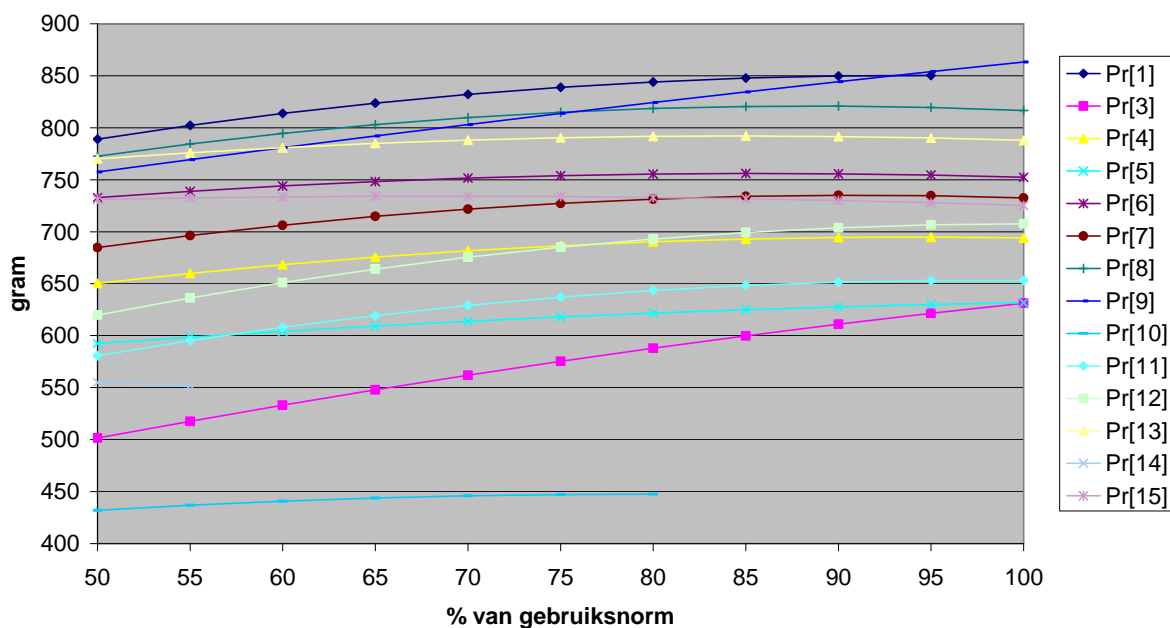
In Tabel 59 is tot slot ook een kolom weergegeven met de optimale N-gift. Hierbij is op de eerst plaats uitgegaan van de kwaliteit. Bij het exponentieel model is de N-gift genomen waarbij 99,5% van de asymptoot is bereikt. Indien er geen effect is op de kwaliteit, is vervolgens uitgegaan van het gemiddeld kropgewicht. In proeven waarin dit bij 0 kg N per ha al hoger was dan 600 gram is de optimale N-gift op nul gesteld. In proeven waarin een gemiddeld kropgewicht van 600 gram niet is behaald, is N<sub>max</sub> als optimale N-gift genomen. Bij het exponentieel model is wederom de N-gift genomen waarbij 99,5% van de asymptoot is bereikt.

In Figuur 16 is per proef de respons weergegeven met zowel de polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Hierbij is uitgegaan van de norm van 180 kg N/ha voor de 1<sup>e</sup> teelt en 105 kg N per ha voor de volgteelt. Alleen bij de proeven 1, 2, 10 en 14 lag de gebruiksnorm boven de hoogste N-trap. Bij proef 2 is de hoogste N-trap zelfs lager dan 50% van de gebruiksnorm. Bij de 1<sup>e</sup> teelt werd in de proeven 10 en 14 het gemiddeld kropgewicht van 600 gram volgens de polynoom niet gehaald, ongeacht de N-gift (zie ook Tabel 59). Bij het exponentieel model geldt dat ook voor proef 11. Bij de overige proeven laat de polynoom een lichte daling zien van het gemiddeld kropgewicht bij verlaging van de gebruiksnorm. De daling is gemiddeld genomen in de zandproeven iets sterker dan in de kleiproeven. Het exponentieel model laat slechts bij vier zandproeven een daling zien (proef 1, 3, 8 en 9). Bij de kleiproeven is er geen daling. Strikt genomen is de N-respons op klei niet representatief voor zand, maar anderzijds zijn de verschillen klein. Op basis van de polynoom komt bij daling van de N-gift tot 85% van de gebruiksnorm het gemiddeld kropgewicht in geen enkele proef onder de 600 gram (proeven 10 en 14 buiten beschouwing gelaten). Bij een daling tot 60% komt het bij één proef eronder (proef 3: 535 gram) en bij een daling tot 50% komt het bij drie proeven eronder (proef 3: 502 gram, proef 5: 590 gram en proef 11: 580 gram). Op basis van de exponentiële curve komt het gemiddeld kropgewicht in geen enkele proef onder de 600 gram bij daling van de N-gift tot 90% van de gebruiksnorm (proeven 10, 11 en 14 buiten beschouwing gelaten). Bij een daling tot 50% komt het bij één proef eronder (proef 3: 500 gram). Bij de volgteelt wordt in de proeven 19, 21 en 31 het gemiddeld kropgewicht van 600 gram volgens beide modellen niet gehaald, ongeacht de N-gift (zie ook Tabel 59). In proef 29 wordt dit pas behaald bij een N-gift van twee keer de gebruiksnorm 2006. Bij de overige proeven blijft het gemiddeld kropgewicht in het gehele traject 50% tot 100% gebruiksnorm 2006 boven de 600 gram. De polynoom laat een lichte daling zien van het gemiddeld kropgewicht bij verlaging van de gebruiksnorm. Er is hierbij gemiddeld genomen geen verschil tussen de zand- en kleiproeven. Het exponentieel model laat bij zeven proeven een daling zien (proef 16, 18, 19, 24, 25, 26 en 29) en bij twee proeven een stijging van het kropgewicht (proef 21 en 22). Bij de overige proeven bleef het kropgewicht gelijk. Gemiddeld genomen nam het kropgewicht op zand iets sterker af dan op klei, maar het verschil is klein. Over het geheel bezien is de N-respons in het traject 50% tot 100% gebruiksnorm zwak – in de volgteelt nog zwakker dan bij de 1<sup>e</sup> teelt – en is het niet behalen van een gemiddeld kropgewicht van 600 gram veelal geen gevolg van de N-bemesting.

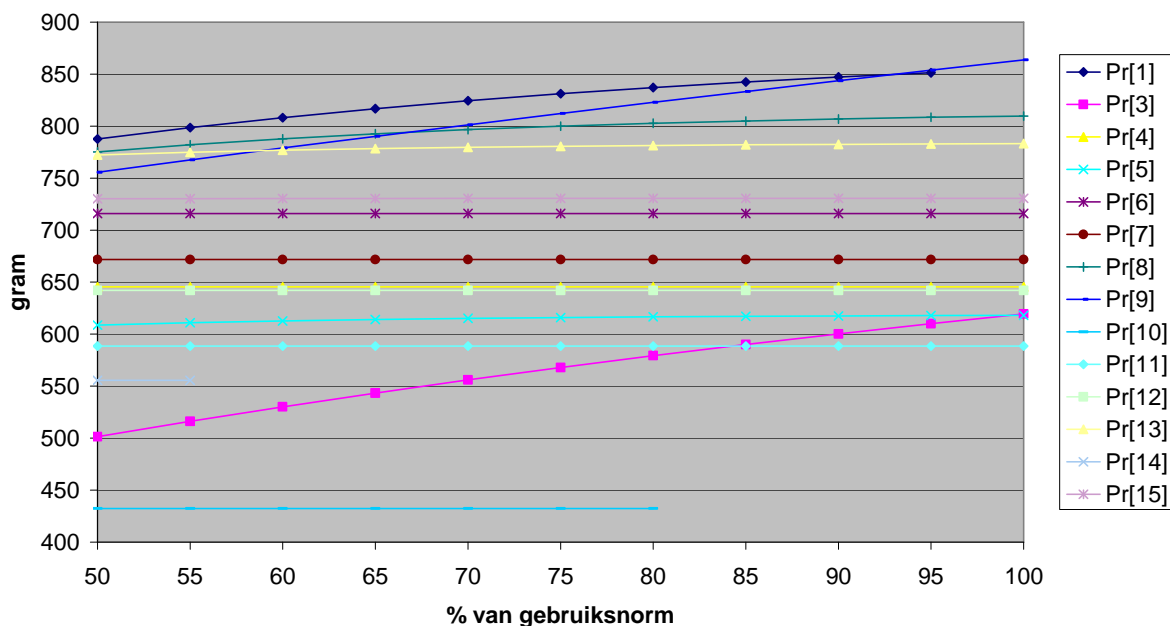
Tabel 59. Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en kropgewicht van ijssla, gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) zonder N-gift (G0), maximum gemiddeld kropgewicht (Gmax, gram per stuk), berekende N-gift (kg per ha) bij Gmax (Nmax) en bij een gemiddeld kropgewicht van 600 gram (N600g) en de optimale N-gift (Nopt).

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	G0	Gmax	Nmax	N600g	Nopt	PVV	G0	Gmax	Nmax	N600g	Nopt
<i>1<sup>e</sup> teelt</i>												
1	65	571	850	169	9	143	65	567	885	-	8	134
2	*	545	493	-	33	56	*	545	-	-	33	33
3	93	300	693	298	153	153	91	304	795	-	162	162
4	84	490	695	169	54	54	58	476	646	-	6	6
5	84	505	634	209	101	101	97	496	619	-	68	68
6	47	622	756	154	-	0	13	599	716	-	0	0
7	71	487	735	164	43	43	50	458	672	-	5	5
8	92	567	821	159	11	11	97	556	816	-	9	9
9	76	624	1019	484	-	0	76	626	1394	-	-	0
10	12	334	448	143	-	125	49	321	432	-	-	113
11	83	347	653	176	102	102	78	322	589	-	-	22
12	72	360	708	181	80	80	89	323	642	-	10	10
13	70	662	792	153	-	0	82	653	784	-	-	0
14	0	528	558	68	-	68	0	526	556	-	-	3
15	0	692	734	123	-	0	0	690	731	-	-	0
gemiddeld						62						38
<i>Volgteelt/herfstteelt</i>												
16	28	730	861	190	-	0	29	729	900	-	-	0
17	56	801	867	94	-	0	46	802	859	-	-	0
18	0	741	-	-	-	0	0	749	-	-	-	0
19	96	154	487	107	-	107	84	156	477	-	-	186
20	45	597	700	103	2	2	94	580	686	-	1	1
21	35	583	-	-	-	0	0	574	-	-	-	0
22	74	899	-	-	-	0	73	901	-	-	-	0
23	8	642	649	43	-	0	41	643	643	-	-	0
24	88	370	835	65	19	19	84	350	766	-	10	10
25	87	665	-	-	-	0	87	665	-	-	-	0
26	0	766	807	107	-	0	0	767	807	-	-	0
27	0	735	787	543	-	0	0	733	751	-	-	0
28	0	668	-	-	-	0	37	672	672	-	-	0
29	82	485	608	288	216	216	82	482	636	-	222	222
30	3	786	845	74	-	0	0	792	821	-	-	0
31	60	383	543	79	-	79	22	363	497	-	-	10
gemiddeld						26						27

### 1e teelt, polynoom

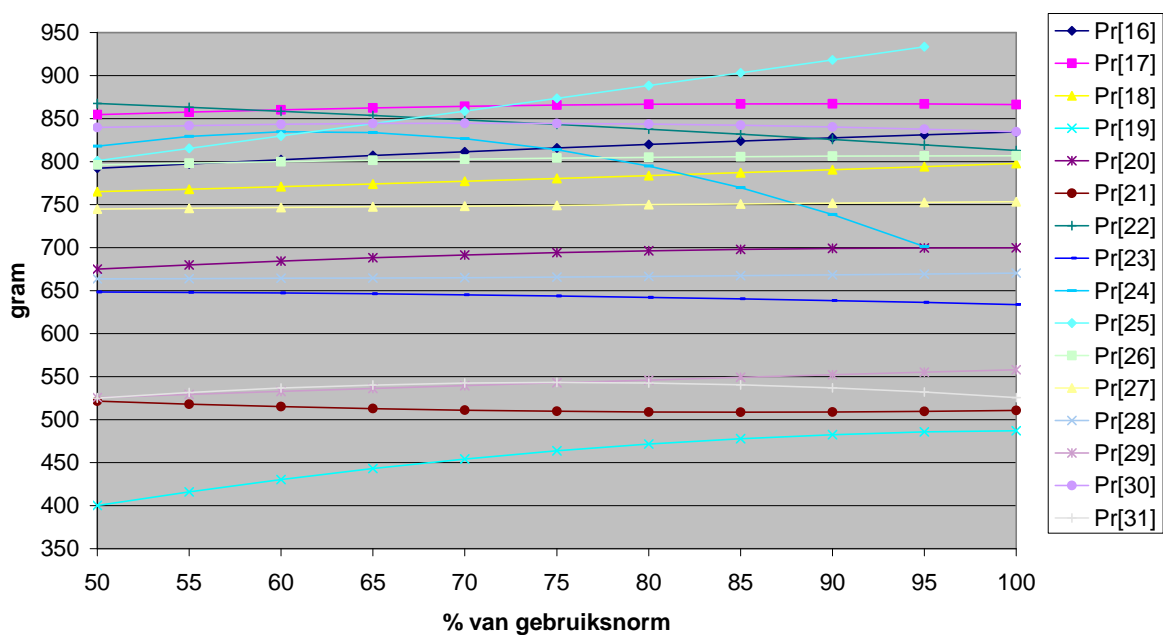


### 1e teelt, exponentiële curve

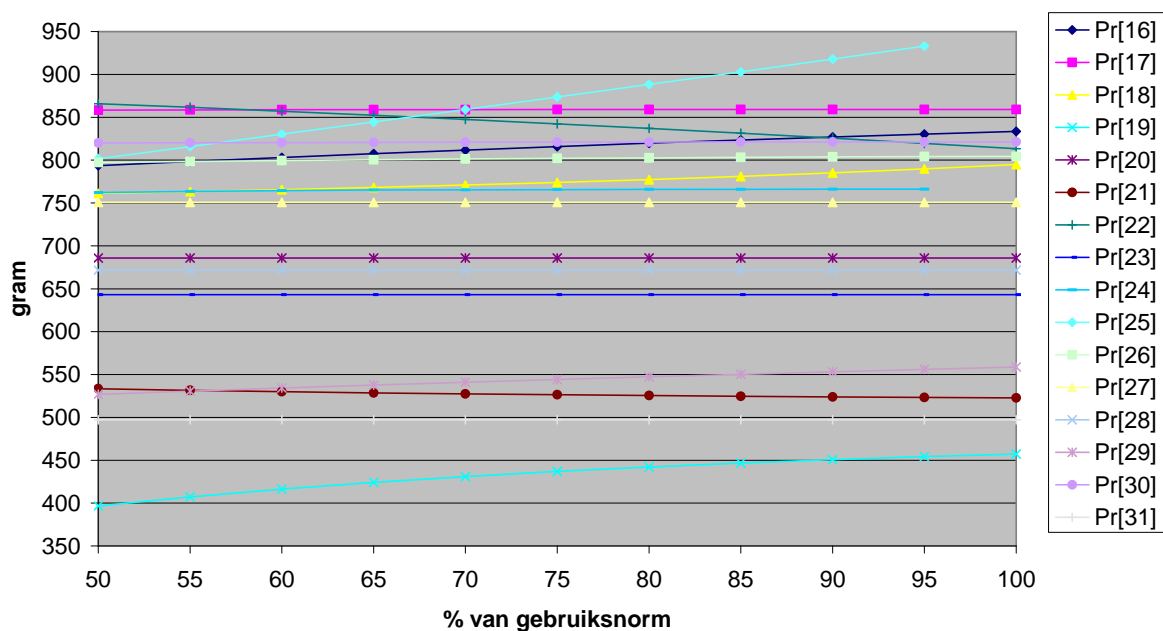


Figuur 16. Gemiddeld kropgewicht ijssla in de 1<sup>e</sup> teelt (gram per stuk) in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm 2006) op basis van de tweedegraads polynoom en het exponentieel model (proefnummers verwijzen naar Tabel 56).

### volgteelt, polynoom



### volgteelt, exponentiële curve



Figuur 16 (vervolg). Gemiddeld kroggewicht ijssla in de volgteelt (gram per stuk) in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm 2006) op basis van de tweedegraads polynoom en het exponentieel model (proefnummers verwijzen naar Tabel 56).

### N-opname marktbaar product

De N-afvoer met het marktbaar product is in de meeste proeven vastgesteld. Het is niet vastgesteld in de proeven 14, 15, 27, 28 en 29.

In een gezamenlijk analyse (wel met een fit per proef) gaven zowel de polynoom als het exponentieel model 90% verklaarde variantie.

In een analyse per individuele proef varieerde het percentage verklaarde variantie per proef, zowel bij de polynoom als het exponentieel model. Bij de polynoom is de beschreven relatie tussen N-bemesting en N-opname in 12 van de 26 proeven niet significant (nrs. 3, 4, 5, 6, 10, 18, 19, 21, 22, 23, 26 en 30) en in twee proeven zwak significant (nrs. 12 en 19). In een aantal proeven resulteerde de fit in een dalparabool of in een nagenoeg rechte lijn (zie Figuur 17).

Bij de exponentiële curve was de relatie tussen N-bemesting en gemiddeld kropgewicht in 10 proeven niet significant (nrs. 3, 4, 5, 10, 18, 21, 22, 23, 26 en 30) en in vier proeven zwak significant (nrs. 7, 19, 24 en 31). In een aantal proeven was de curve omgekeerd (zie Figuur 17).

Bij proef 2 konden zowel bij de polynoom als de exponentiële curve geen percentage variantie en overschrijdingskansen worden berekend vanwege het geringe aantal N-trappen.

In Tabel 60 is gemiddeld over alle zandproeven en gemiddeld over alle kleiproeven de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Hierbij is uitgegaan van de norm van 180 kg N per ha voor de 1<sup>e</sup> teelt en 105 kg N per ha voor de volgteelt. Bij de polynoom verschilde de mate waarin de N-opname afneemt in zowel de 1<sup>e</sup> teelt als volgteelt gemiddeld genomen niet tussen de klei- of zandproeven. Bij het exponentieel model was de afname op zand iets sterker dan op klei.

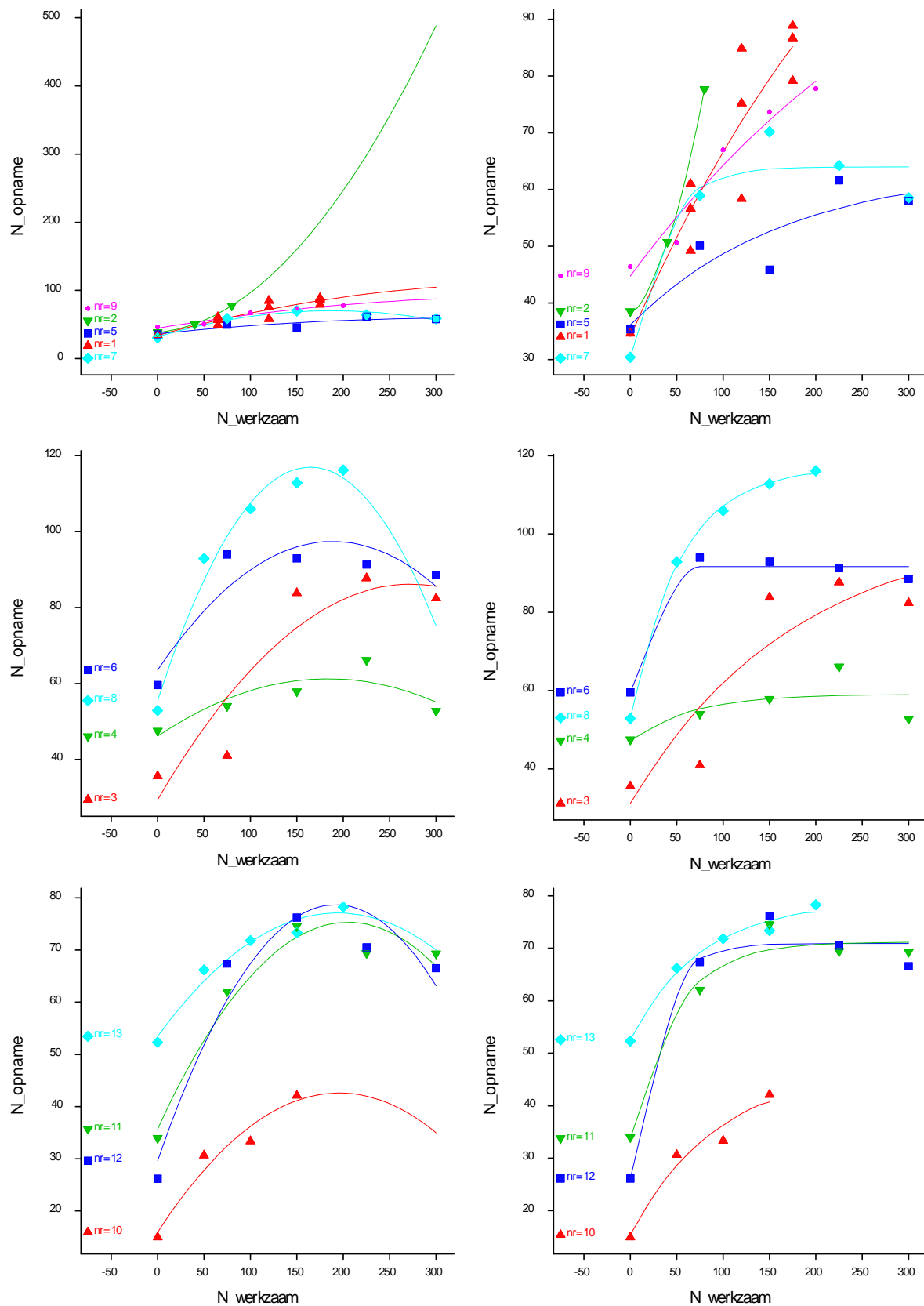
Gemiddeld over beide modellen leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 bij eerste teelten tot een relatieve daling van de N-opname met 1, 3, 5, 8 en 12% (zand) en 1, 3, 5, 7 en 10% (klei). Bij volgteelten bedroeg de daling 1, 2, 3, 4 en 5%. Vooral bij volgteelten betekent dit dat door verlaging van de gebruiksnorm het stikstofoverschot relatief fors daalt.

Tabel 60. **Gefitte N-opname ijssla (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

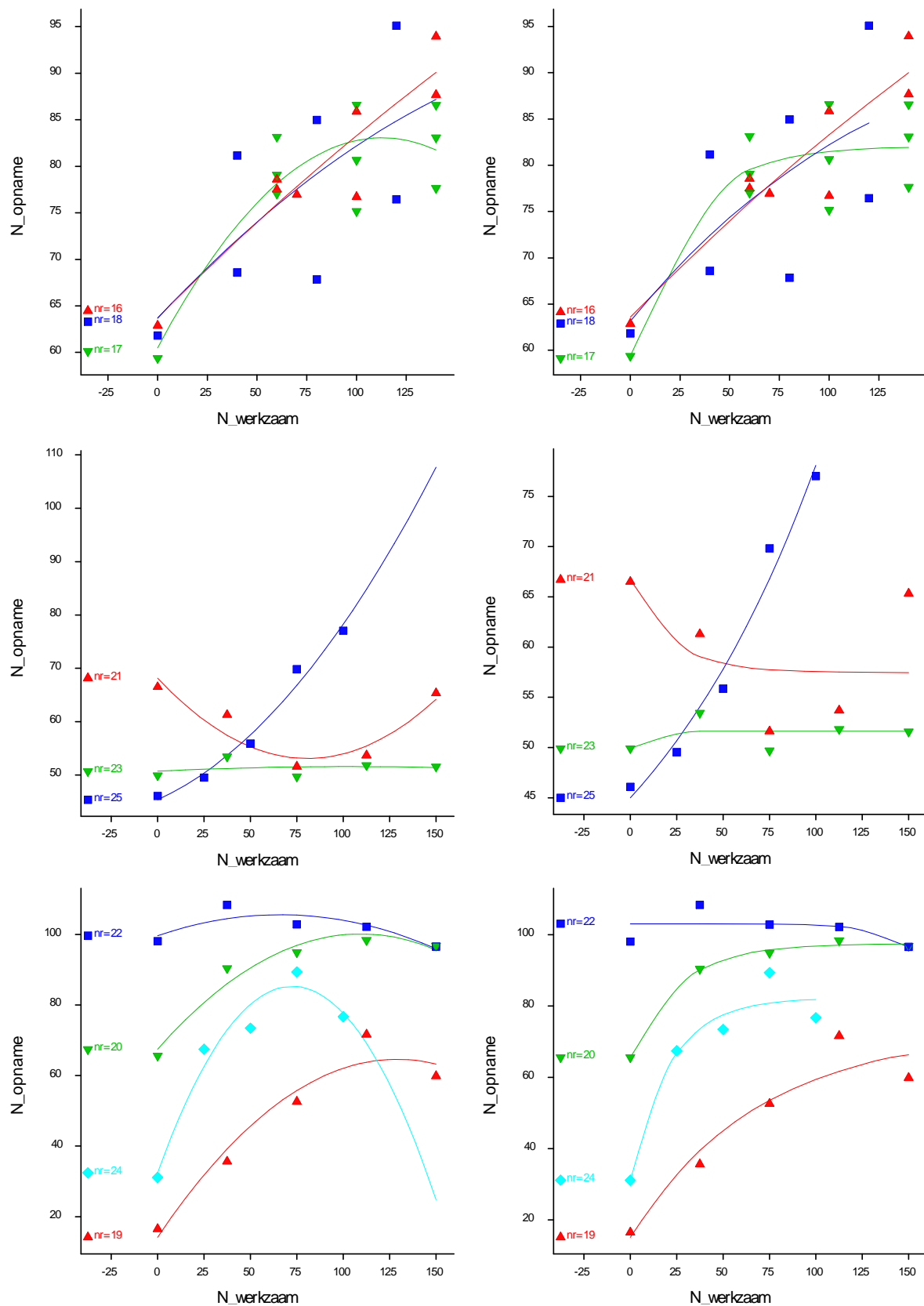
GN%	Polynoom				Exponentieel model			
	Zand1 <sup>1</sup>	Zand2 <sup>1</sup>	Klei1 <sup>1</sup>	Klei2 <sup>1</sup>	Zand1 <sup>1</sup>	Zand2 <sup>1</sup>	Klei1 <sup>1</sup>	Klei2 <sup>1</sup>
<i>1<sup>e</sup> teelt</i>								
50	68	69	58	66	69	69	60	69
60	72	72	61	69	71	71	62	70
70	74	75	64	72	73	73	63	71
80	77	77	66	74	75	74	64	72
90	79	78	76	76	76	76	72	72
100	79	79	77	77	77	77	73	73
<i>Volgteelt/herfstteelt</i>								
50	71	72	72	72	72	73	73	73
60	73	73	74	74	73	74	73	73
70	75	75	75	75	75	75	74	74
80	76	76	76	76	76	76	75	75
90	77	77	77	77	77	77	75	75
100	78	78	78	78	77	77	75	75

<sup>1</sup> Zand1 / Klei1 = gemiddelde van alle proeven op zand / klei

Zand2 / Klei2= gemiddelde van de proeven op zand / klei waarbij de gebruiksnorm binnen de N-trappenreeks ligt.

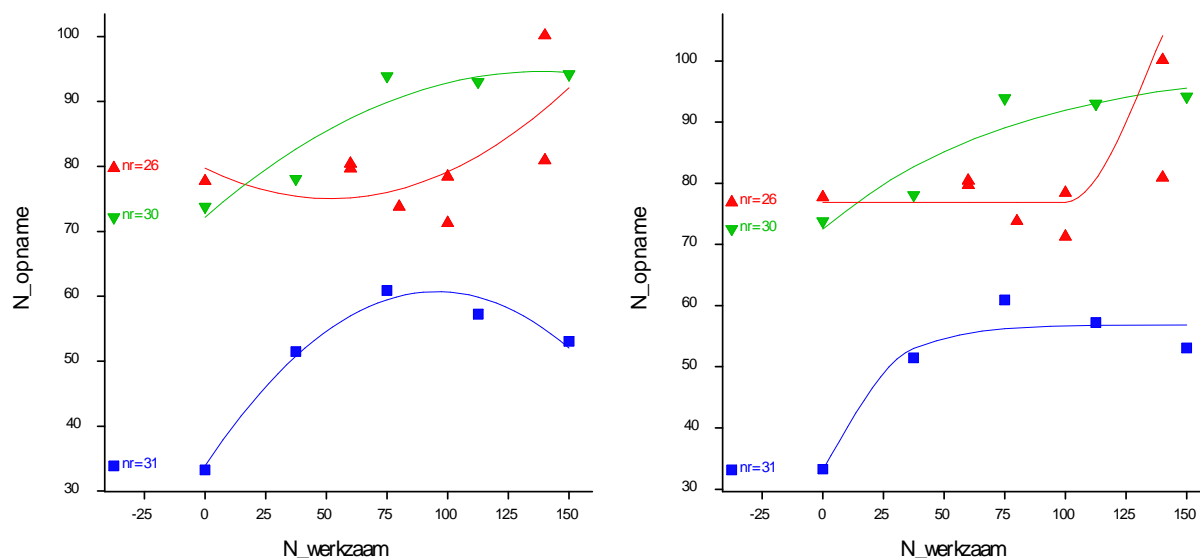


Figuur 17a. N-opname in marktbaar product (kg N per ha) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een 1<sup>e</sup> teelt betreffen (boven: locatie Meterik (zand), midden: Breda (zand), onder: de kleiproeven; links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).



Figuur 17b. N-opname in marktbaar product (kg N per ha) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een volgteelt betreffen (boven en midden: locatie Meterik (zand), onder: Breda (zand); links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).





Figuur 17b (vervolg). **N-opname in marktbaar product (kg N per ha) ijsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven die een volgteelt betreffen (locaties Lelsytd en Westmaas (klei); links: polynoom, rechts: exponentiële curve; proefnummers verwijzen naar Tabel 56).**

### 3.11.3 Discussie

Over het geheel gezien heeft N-bemesting in de onderhavige dataset een zwakke invloed op de kwaliteit en het kropgewicht. Alleen in de 1<sup>e</sup> teelt zou daling van de N-gift tot onder 85% à 90% van de gebruiksnorm in enkele proeven een gering kwaliteitsverlies opleveren of een te laag kropgewicht. Hierbij moet wel worden benadrukt dat een geringe daling van de kwaliteit meteen honderden euro's per ha kost!

De proeven op zand zijn alle uitgevoerd op de proeftuinen te Meterik en Breda. Dit betroffen N-rijke locaties. De grond op de proeftuin te Breda was een sterk mineraliserende tuinbouwgrond. Ook de grond op de proeftuin te Meterik was vrij sterk mineraliserend. Bovendien bevatte het bronwater waarmee op deze locatie werd beregend, een hoge concentratie nitraat. In 2001 en 2003 zijn in dit water concentraties gemeten van rond de 200 mg NO<sub>3</sub> per liter (45 mg N per liter), wat bij een beregning tijdens de teelt van bijvoorbeeld 50 mm overeenkomt met een aanvoer van circa 25 kg N/ha. De N-aanvoer via beregning is niet meegeteld als N-gift en zal bovendien wisselend zijn geweest per teelt.

De resultaten van deze twee zandlocaties kunnen daarom niet zonder meer als representatief worden beschouwd voor de slateelt op N-arme zandgronden.

In de proeven 22 en 24 (herfstteelten te Breda) was de Nmin-voorraad in de bodem vóór de teelt zo hoog dat bij opvolging van de stikstofbemestingsrichtlijn niet zou hoeven te worden bemest.

## 3.12 Kropsla

### 3.12.1 Beschikbare data

In Tabel 61 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 12 proeven beschikbaar waarvan negen op zandgrond en drie op kleigrond.
- Alle (zeer) vroege teelten zijn vóór 15 mei geplant, de overige na 15 mei. Voor de 1<sup>e</sup> categorie is de stikstofbemestingsrichtlijn hoger dan voor de 2<sup>e</sup> categorie (Van Dijk & Van Geel, 2007).
- De proeven 1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 en 12 betroffen een 1<sup>e</sup> teelt, de proeven 3, 5, 7, en 9 een volgteelt.
- In alle proeven is de stikstof eenmalig toegediend bij aanvang van de teelt.
- In de proeven 1, 2, 10, 11 en 12 is de stikstof volvelds toegediend. Van de overige proeven is de toedieningsmethode onbekend, maar is waarschijnlijk ook volvelds geweest.
- In alle proeven is het gemiddeld kroggewicht vastgesteld, slechts in één proef (nr. 11) de kwaliteit.
- In de proeven 1, 2, 10, 11 en 12 is de N-opname in het marktbaar product vastgesteld, in de overige proeven niet.
- In het algemeen waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen beschikbaar.
- De gebruiksnorm bedraagt 180 en 105 kg N per ha voor respectievelijk eerste en volgteelten.

Tabel 61. **Karakterisering gebruikte proeven kropsla.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (0-30 cm)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1981	Breda	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg	34	4	0	150
2	1981	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg	34	4	0	150
3	1981	Meterik	zand	kropsla	laat herfst	Nb <sup>1</sup>	4	0	150
4	1982	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	laat zomer	Nb <sup>1</sup>	5	0	300
5	1982	Meterik	zand	kropsla	laat herfst	Nb <sup>1</sup>	5	0	200
6	1983	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg zomer	Nb <sup>1</sup>	5	0	300
7	1983	Meterik	zand	kropsla	vroeg herfst	Nb <sup>1</sup>	5	0	200
8	1984	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	vroeg zomer	50	5	0	300
9	1984	Meterik	zand	kropsla	vroeg herfst	Nb <sup>1</sup>	5	0	200
10	1981	Wieringerwerf	klei	Nb <sup>1</sup>	vroeg	11	5	0	400
11	1999	Lelystad	klei	zomergerst	vroeg	9	5	0	240
12	2000	Lelystad	klei	kropsla	zeer vroeg	8	5	0	240

1 Nb = niet bekend

2 geen voorvrucht in hetzelfde jaar c.q braak

### 3.12.2 Resultaten analyse

Sla wordt per stuk uitbetaald (en niet per kg). Meest belangrijk voor de financiële opbrengst is om van het totaal aantal uitgeplante slakroppen op het veld een zo hoog mogelijk deel in de kwaliteitsklasse 1 te verkrijgen. Omdat het effect van N-bemesting op kwaliteit niet in de proeven is vastgesteld, kon deze parameter niet in de analyse worden meegenomen.

Verder is het kroggewicht van belang. De krippen moeten minimaal 150 g per stuk wegen, maar gewoonlijk wordt bij een kroggewicht van rond de 350 g geoogst. Voor lichtere krippen (<300 g per stuk) wordt een lagere prijs verkregen.

#### Kroggewicht

In de proeven is per object het gemiddeld kroggewicht vastgesteld. Informatie over de prijsverhouding tussen de verschillende gewichtsklassen ontbrak. Daardoor kon het financiële effect van een hogere of lagere N-bemesting niet worden berekend. Voor de analyse is ervan uitgegaan dat het gemiddeld kroggewicht tenminste 350-400 gram per stuk moet bedragen, zodat het aandeel lichte krippen (<300 gram) kleiner is.

In Tabel 62 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 18 is de respons van gemiddeld kropgewicht (aangeduid als 'kropgewicht') per proef weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

De polynoom resulteerde voor alle proeven in een bergparabool die goed door de punten lijkt te gaan.

Ondanks de hoge percentages verklaarde variantie, is de beschreven relatie tussen N-bemesting en gemiddeld kropgewicht in zeven van de 12 proeven niet significant. Het betreft de proeven 1, 2, 3, 5, 8, 9 en 10. In dit verband moet worden opgemerkt dat het aantal N-trappen (vier of vijf) klein is ten opzichte van het aantal te schatten parameters van het model.

De exponentiële curve gaf over het geheel genomen vergelijkbare resultaten: een hoog percentage verklaarde variantie en een gefitte lijn die goed door de punten gaat. Voor twee proeven (7 en 9) resulteerde de fit in een dalende curve en voor proef 5 werd geen optimale fit verkregen. Van de overige proeven was de relatie in vijf proeven niet significant (nrs. 1, 2, 3, 10 en 11).

Ook in een analyse over alle proeven gezamenlijk (wel met een fit per proef) presteerden de beide modellen vergelijkbaar: een percentage verklaarde variantie van 94% voor de polynoom en 91% voor het exponentieel model.

In de proeven 5 en 9 werd het streefkropgewicht van gemiddeld 350-400 gram niet gehaald. Een hogere N-gift dan de gift waarbij het maximaal gemiddelde kropgewicht wordt bereikt, leidde bij proef 5 tot een daling (polynoom) of een gelijkblijvend kropgewicht (exponentieel model). Bij proef 9 leidde het volgens beide modellen tot een daling van het kropgewicht.

Uitgaande van de polynoom ligt in de proeven 3, 7 en 8 ligt het maximaal gemiddelde kropgewicht in het streeftraject van 350-400 gram, in de proeven 4 en 10 er net boven en in de proeven 1, 2, 6, 11 en 12 er ruim boven. Bij het exponentiële model was het resultaat vergelijkbaar, behalve dat daar het maximale kropgewicht bij proef 10 in het streeftraject van 350-400 gram viel, in plaats van er net boven.

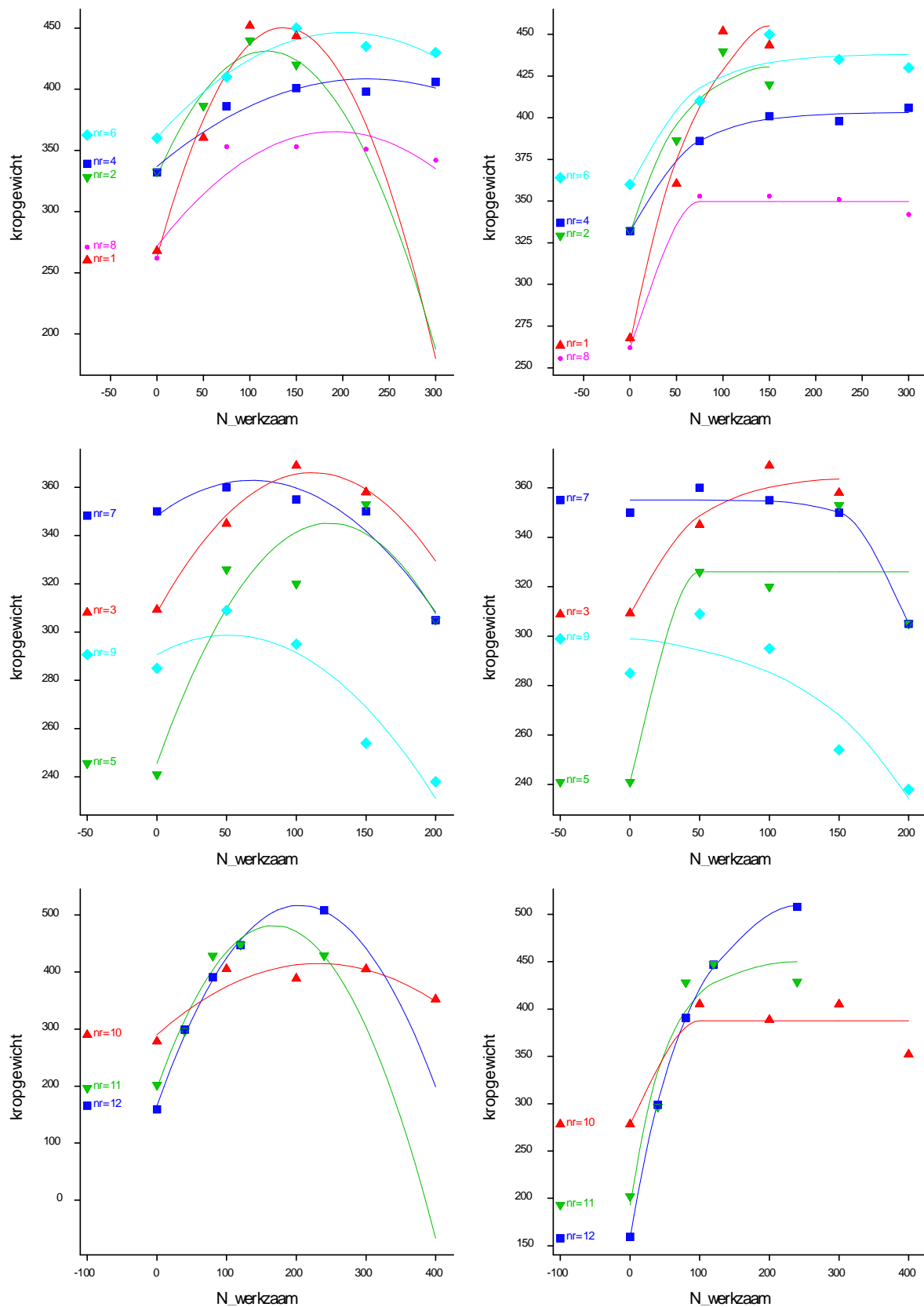
Uitgaande van de polynoom lag de N-gift waarbij het maximaal kropgewicht wordt behaald voor de 1<sup>e</sup> teelt (proeven 1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 en 12) bij proef 4, 6, 10 en 12 boven de gebruiksnorm van 180 kg N per ha en bij de vier andere proeven eronder. Voor de volgteelt (proeven 3, 5, 7 en 9) lag deze gift bij de proeven 3 en 5 boven de gebruiksnorm van 105 kg N per ha en bij de proeven 7 en 9 eronder.

Bij de exponentiële curve kon deze N-gift niet worden berekend, omdat de curve naar een asymptoot gaat.

Tabel 62. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en kropgewicht (gram per stuk) kropsla, maximaal kropgewicht (Gmax, gram per stuk), berekende N-gift (kg per ha) bij Gmax (Nmax) en bij 99, 97,5 en 95% van Gmax.**

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	Gmax	Nmax	99	97.5	95	PVV	Gmax	Nmax	99	97.5	95
1	93	450	136	115	103	89	88	481	-	268	203	155
2	88	431	118	94	80	64	75	437	-	166	119	82
3	96	366	111	83	67	49	82	365	-	110	73	45
4	86	408	226	172	141	105	98	403	-	151	103	66
5	74	345	124	101	87	72	65	326	-	10	8	5
6	91	446	203	156	130	99	83	438	-	161	110	72
7	89	363	68	34	14	<0	95	355	-	143	163	178
8	73	365	191	153	131	107	97	350	-	15	11	8
9	76	299	51	20	2	<0	59	304	-	<0	33	85
10	71	415	232	189	165	137	67	388	-	21	16	11
11	95	481	168	146	133	119	86	453	-	207	160	125
12	99	517	205	180	166	149	100	529	-	346	271	215

In Tabel 63 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Er is uitgegaan van een norm van 180 kg N per ha voor de proeven 1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 en 12 (1<sup>e</sup> teelt) en 105 kg N per ha voor de proeven 3, 5, 7 en 9 (volgteelt). In de proeven 1 en 2 lag de gebruiksnorm bovend de hoogste N-trap en bij de overige eronder.



Figuur 18. Gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) kropsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (boven: zand, 1<sup>e</sup> teelt; midden: zand, 2<sup>e</sup> teelt; onder: klei, 1<sup>e</sup> teelt; links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 61).

Tabel 63. **Gemiddeld kropgewicht (gram per stuk) kropsla in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef												Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>	Gem3 <sup>1</sup>	Gem4 <sup>1</sup>	Gem5 <sup>1</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Polynoom	50	429	425	350	382	312	420	362	339	299	368	420	406	376	366	369	352	398
	55	436	429	353	386	317	424	363	344	299	374	434	423	382	371	372	355	410
	60	442	430	355	389	321	428	363	348	298	379	445	438	386	376	375	357	421
	65	447	431	357	392	325	431	363	351	298	384	455	452	391	381	377	360	431
	70	449	431	359	394	329	434	363	355	297	389	464	465	394	385	379	362	439
	75	450	429	361	397	332	437	363	357	296	393	471	476	397	388	380	363	446
	80	450	426	363	399	335	439	362	360	295	397	476	486	399	391	381	365	453
	85			364	401	337	441	362	362	294	400	479	494	393	393	366	366	458
	90			365	403	340	443	361	363	293	403	481	501	395	395	367	367	462
	95			365	404	341	444	360	364	292	406	481	507	397	397	367	367	465
100			366	405	343	445	359	365	290	409	480	511	397	397	368	368	467	
Exponentieel	50	421	418	350	390	326	423	355	350	294	388	408	406	377	369	370	355	401
	55	428	421	352	393	326	425	355	350	293	388	415	419	380	371	371	356	407
	60	434	423	353	394	326	427	355	350	293	388	421	431	383	374	373	357	413
	65	440	425	355	396	326	429	355	350	292	388	426	441	385	376	374	357	418
	70	445	427	356	397	326	430	355	350	291	388	430	450	387	377	375	358	423
	75	449	429	357	398	326	431	355	350	290	388	434	458	389	379	376	358	427
	80	453	430	358	399	326	432	355	350	289	388	437	466	390	380	377	358	430
	85			359	399	326	433	355	350	288	388	440	472	381	381	359	359	433
	90			360	400	326	434	355	350	287	388	442	478	382	382	359	359	436
	95			360	401	326	435	355	350	285	388	443	484	383	383	359	359	438
100			361	401	326	435	355	350	284	388	445	488	383	383	359	359	440	

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven.

Gem2 = gemiddelde van de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (3 t/m 12).

Gem3 = gemiddelde van alle proeven op zand (1 t/m 9).

Gem4 = gemiddelde van de proeven op zand waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (3 t/m 9).

Gem5 = gemiddelde van de proeven op klei.

Gemiddeld over alle proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm tot 50% tot een relatief geringe daling van het kropgewicht. De daling was bij de kleiproeven groter dan bij de zandproeven: gemiddeld 15% volgens de polynoom en 14% volgens het exponentieel model. Voor de zandproeven bedroeg de daling respectievelijk 4% en 3% (op basis van Gem4). Ook absoluut gezien nam het kropgewicht bij de kleiproeven sterker af bij daling van de N-gift dan bij de zandproeven. Bij de kleiproeven werd vaak een hoger gemiddeld kropgewicht bereikt. De respons van de kleiproeven (10, 11 en 12) kon daarom niet als representatief worden beschouwd voor zand.

Op basis van de polynoom werd bij 50% van de gebruiksnorm het streefkropgewicht van gemiddeld 350-400 gram gehaald in proeven 1, 2, 4, 6, 7, 10, 11 en 12, werd het net gehaald in proef 3 en niet gehaald in de proeven 5, 8, en 9. Bij een hogere N-gift werd het streefkropgewicht in de proeven 3 en 8 wel gehaald, maar in de proeven 5 en 9 niet (zoals ook uit Tabel 62 blijkt). In proef 9 nam het kropgewicht zelfs af bij hogere N-gift. In proef 5 zou verlaging van de N-gift ten opzichte van N<sub>max</sub> (zie Tabel 62) waarschijnlijk tot een slechter financieel resultaat leiden: het gemiddeld kropgewicht nam wat af waardoor het aandeel lichte krogen waarschijnlijk hoger is.

Het exponentieel model laat grotendeels eenzelfde beeld zien als de polynoom. Verschil is dat bij 50% van de gebruiksnorm het streefkropgewicht net werd gehaald in de proeven 3, 7 en 8 en niet in 5 en 9. Verder heeft de N-gift in het traject 50-100% gebruiksnorm geen effect op het gemiddeld kropgewicht in de proeven 5, 7, 8 en 10. Hierbij moet nogmaals worden opgemerkt dat voor proef 5 geen optimale fit werd verkregen.

#### *Financiële effecten*

Het effect van gereduceerde gebruiksnormen op de financiële opbrengst kon niet worden gekwantificeerd doordat geen kwaliteitsparameters bekend zijn en informatie over de prijsverhouding tussen de verschillende gewichtsklassen ontbrak.

#### **N-opname marktbaar product**

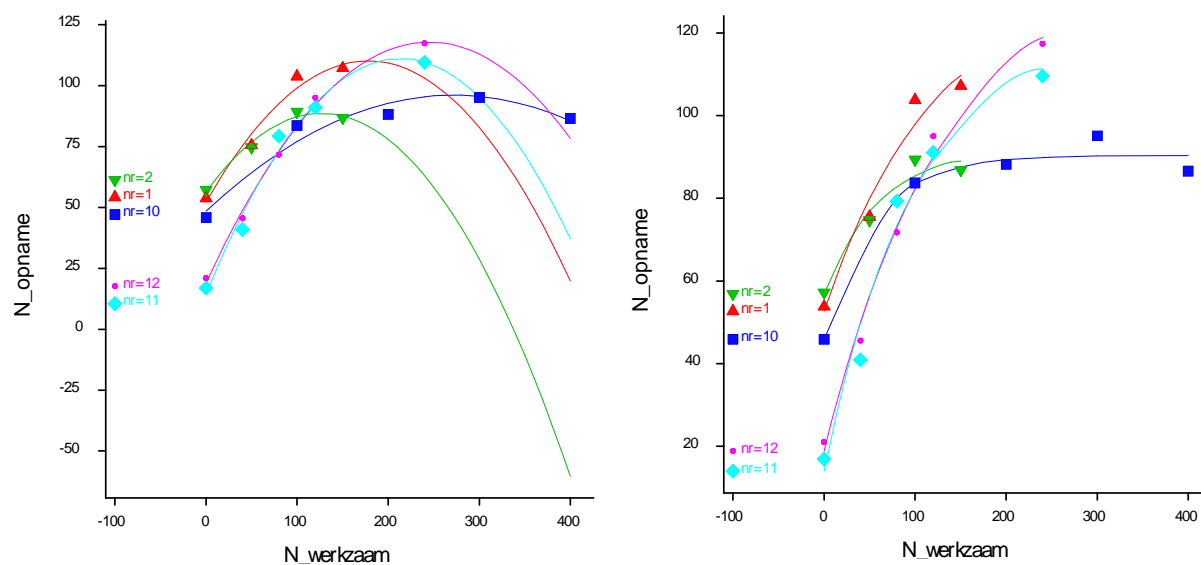
In vijf proeven (1, 2, 10, 11 en 12) is de N-opname in marktbaar product bepaald. Het betreft alle vijf 1<sup>e</sup> teelten, waarvan twee op zand (1 en 2) en drie op klei (10, 11 en 12). In Figuur 19 is de respons per proef grafisch weergegeven.

De polynoom resulteerde voor alle vijf de proeven in een bergparabool die goed door de punten lijkt te gaan. De exponentiële curve presteerde vergelijkbaar. In een analyse over alle proeven gezamenlijk (wel met een fit per proef) gaf de polynoom 96% verklaarde variantie en de exponentiële curve 95%. Ondanks de hoge percentages verklaarde variantie echter, was de beschreven relatie tussen N-bemesting en N-opname in de proeven 1 en 2 niet significant.

In Tabel 64 is de gefitte N-opname in relatie tot N-gift weergegeven voor zowel de polynoom als het exponentieel model. Beide modellen gaven vrijwel identieke uitkomsten, alleen bij proef 10 gaf de polynoom in het traject 50-75% gebruiksnorm 2006 wat lagere waarden dan het exponentiële model en bij proef 10 en 11 over het hele traject iets hogere waarden.

In de proeven 1 en 2 ligt de gebruiksnorm buiten het bereik van de N-trappen en bij de overige drie proeven erbinen. Het effect van verlaging van de gebruiksnorm op de verlaging van de N-opname kan daarom alleen in de proeven 10, 11 en 12 worden nagegaan (de kleiproeven). In deze proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve daling van de N-opname in het marktbaar product van respectievelijk 3, 7, 12, 18 en 25%.

In het traject 50%-80% gebruiksnorm 2006 nam de N-opname bij verlaging van de N-gift in de kleiproeven (10, 11 en 12) sterker af dan in de zandproeven (1 en 2). Dit stemt overeen met de sterkere afname van het kropgewicht in de kleiproeven. De respons bij de kleiproeven kan derhalve niet als representatief worden beschouwd voor zand. Er moet echter ook worden opgemerkt dat het kropgewicht in de proeven 1 en 2 hoger was dan dat van het gemiddelde van alle zandproeven en het twijfelachtig is of deze twee proeven als representatief kunnen worden beschouwd voor zand.



Figuur 19. N-opname in marktbare opbrengst (kg N per ha) kropsla in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (boven: polynoom, onder: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 61).

Tabel 64. Gefitte N-opname (kg per ha) kropsla in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef							
		1	2	10	11	12	Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>	Gem3 <sup>1</sup>
Polynoom	50	96	86	75	79	78	83	91	77
	60	101	88	79	88	87	89	95	84
	70	105	89	82	95	95	93	97	91
	80	108	88	86	101	101	97	98	96
	90			88	106	107	100		100
	100			91	109	111	103		103
Exponentieel	50	95	84	82	78	78	83	90	79
	60	100	86	85	85	85	88	93	85
	70	105	88	86	91	92	92	96	90
	80	109	89	87	96	98	96	99	94
	90			88	100	103	97		97
	100			89	104	108	100		100

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven.

Gem2 = gemiddelde van de proeven op zand (1 en 2).

Gem3 = gemiddelde van de proeven op klei (10, 11 en 12).

### 3.12.3 Discussie

Het merendeel van de proeven op zand is uitgevoerd op de proeftuin te Meterik en één proef te Breda. Dit betroffen N-rijke locaties. De grond op de proeftuin te Breda was een sterk mineraliserende tuinbouwgrond. Ook de grond op de proeftuin te Meterik was vrij sterk mineraliserend. Bovendien bevatte het bronwater waarmee op deze locatie werd berekend, een hoge concentratie nitraat. In 2001 en 2003 zijn in dit water concentraties gemeten van rond de 200 mg NO<sub>3</sub> per liter (45 mg N per liter), wat bij een berekening tijdens de teelt van bijvoorbeeld 50 mm overeenkomt met een aanvoer van circa 25 kg N/ha. De N-aanvoer via berekening is niet meegeteld als N-gift en zal bovendien wisselend zijn geweest per teelt.

De resultaten van deze twee zandlocaties kunnen daarom niet zonder meer als representatief worden beschouwd voor de slateelt op N-arme zandgronden. Hiervoor zal een correctie moeten worden aangebracht ten aanzien van de N-levering uit andere bronnen zoals mineralisatie.

De respons op N in de kleiproeven was sterker dan die in de zandproeven. Het is niet bekend of dit te maken heeft met de voornoemde N-rijkdom van de zandlocaties of dat het verschil op andere factoren berust. Het kan dus ook niet met zekerheid worden gezegd of de respons in de kleiproeven beter overeen zou komen met de respons op N-arme zandgronden.

Verder is een euvel dat de kwaliteit van de sla in de beschikbare proeven niet is vastgesteld. Dit maakt het moeilijk om betrouwbare uitspraken te doen over de gevolgen van een verlaagde gebruiksnorm voor de rendabiliteit van de teelt.



## 3.13 Chinese kool

### 3.13.1 Beschikbare data

In Tabel 65 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren zes proeven beschikbaar, deze lagen alle op zandgrond.
- De proeven 1, 2, 3 en 6 betroffen een bewaarteelt, proef 4 een teelt voor de verse markt (directe afzet na oogst) en in proef 5 waren beide teeltwijzen opgenomen.
- Proef 4 en 5 betroffen een dubbelteelt, waarbij proef 5 na proef 4 is aangelegd op hetzelfde proefveld met dezelfde objectindeling. In beide proeven is uitgegaan van aanvulling van de Nmin-voorraad 0-60 cm tot vaste N-niveaus. Daartoe is ook per object de Nmin-voorraad gemeten. In Tabel 1 zijn de laagst en hoogst gemeten Nmin-waarde weergegeven. De spreiding was gering, waarbij ook nog eens de meetfout in acht moet worden genomen.  
In de overige proeven betroffen de N-giften vaste N-trappen.
- In de proeven 1 t/m 4 is de stikstof eenmalig, volvelds toegediend bij aanvang van de teelt. In proef 5 is bij aanvang van de teelt volvelds N gestrooid en is later tijdens de teelt bijbemest via bladbespuiting met ureum.  
In proef 6 zijn bij dezelfde vaste N-trappen gedeelde, volvelds N-giften vergeleken met eenmalige N-giften als rijenbemesting bij aanvang teelt. Ook is in deze proef een NBS-object opgenomen (volvelds bemest).
- In alle proeven is de marktbare opbrengst vastgesteld en de kwaliteit.
- In de proeven 4, 5 en 6 is de N-opname in het geoogst product vastgesteld, in de overige proeven niet.
- In het algemeen waren er onvoldoende proeven met voldoende N-trappen beschikbaar.
- De gebruiksnorm bedraagt 180 kg N per ha.

Tabel 65. **Karakterisering gebruikte proeven Chinese kool**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (kg per ha)		N-niveaus		
						0-30 cm	30-60 cm	Aantal	Min	Max
1	1988	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	bewaar	60	Nb <sup>1</sup>	5	0	180
2	1989	Meterik	zand	prei, winter	bewaar	110	25	4	0	110
3	1990	Meterik	zand	Nb <sup>1</sup>	bewaar	120	59	4	0	120
4	1993	Meterik	zand	prei, laat herfst	zomer	58-63 <sup>3</sup>	50-55 <sup>3</sup>	4	0	132
5	1993	Meterik	zand	Ch kool, zomer	herfst / bewaar	10-16 <sup>3</sup>	9-14 <sup>3</sup>	4	46	216
6	1999	Meterik	zand	geen <sup>2</sup>	bewaar	92	66	5	0	150

1 Nb = niet bekend

2 geen voorvrucht in hetzelfde jaar c.q braak

3 variërend per object

### 3.13.2 Resultaten analyse

De gebruiksnorm van 180 kg N per ha voor Chinese kool is afgeleid van de N-bemestingsrichtlijn voor de verse-marktteelt (Van Dijk & Van Geel, 2007). De N-bemestingsrichtlijn voor de bewaarteelt is lager en bedraagt 100 – Nmin(0-60). Voor een goede bewaarbaarheid van de kolen is een lager N-aanbod nodig dan voor de directe afzet. Verlaging van de gebruiksnorm treft dus in eerste instantie de teelt voor de verse markt. De analyse is daarom enkel hierop gericht.

Chinese kool wordt per kg uitbetaald. De kg-prijs is afhankelijk van de kwaliteit en het stuksgewicht. Meest belangrijk voor de financiële opbrengst is zoveel mogelijk kolen in de kwaliteitsklasse 1 te verkrijgen. Verder is het kroggewicht van belang, maar het varieert nogal welke gewichtsklasse het beste wordt uitbetaald. Voor indeling in klasse 1 moeten de kroppen minimaal 600 gram wegen met omblad of 500 gram zonder omblad. Zware kroppen, in de klasse >1400 gram, worden slechter uitbetaald. Veelal wordt gesteeft naar kroppen in de klasse 800-1200 gram.

In de dataset komen slechts twee verse-marktteelten voor (proef 4 en 5). In de bewaarteelproeven 1, 2 en 3 is de kwaliteit zowel vóór de bewaring (bij oogst) als erna vastgesteld. Daarom zijn ook de cijfers van deze bewaarteelten gebruikt om een indicatie te verkrijgen over de N-repons van het gewas, indien het een verse-markt-teelt zou betreffen.

In alle bewaarproeven is ook de opbrengst vastgesteld bij oogst, voordat de kolen de bewaring ingingen. Echter, een verschil is dat bij de bewaarkolen minder omblad wordt verwijderd dan bij de kolen voor de verse markt. De kool wordt met een aantal ombladeren bewaard, die pas na bewaring worden verwijderd. Het netto-gewicht van de geoogst bewaarkolen is daardoor hoger dan bij bestemming voor de verse markt. Zo bedroeg in de proeven 2, 3 en 6 het gemiddeld kropgewicht van de kolen die de bewaring ingingen  $\geq 2$  kg per stuk.

### Klasse 1

Voor de kwaliteit is uitgegaan van gewichtspercentage van de totale kropproductie per ha. Dit is als de belangrijkste parameter beschouwd om de optimale N-gift te bepalen.

Bij proef 6 is de kwaliteit niet bij de oogst vastgesteld, maar enkel na de bewaring. De analyse is daarom uitgevoerd met de proeven 1 t/m 5.

In een analyse over alle proeven gezamenlijk (wel met een fit per proef) gaf lineaire regressie 95% verklaarde variantie, de polynoom 96% en het exponentieel model 97%. Bij de 2<sup>e</sup> graads polynoom was de kwadratische component echter niet significant.

In Figuur 20 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte waarden voor beide modellen als afzonderlijke punten).

Bij een analyse per individuele proef is de uitkomst heel anders. In proef 1, 2, 3 en 4 gaf geen van de modellen (lineair, polynoom en exponentieel) een significante fit en was het percentage verklaarde variantie laag tot zeer laag. In proef 1 en 4 lijkt de kwaliteit licht te dalen bij toenemende N-gift en bij proef 2 en 3 licht te stijgen. Echter bij de lineaire regressie en de polynoom zijn de parameters niet significant verschillend van nul. Geconcludeerd moet worden dat in deze proeven de N-bemesting geen duidelijk effect heeft gehad op de kwaliteit.

In proef 5 is de lineaire fit wel significant, de fit met de polynoom niet significant en de exponentiële fit zwak significant ( $F_{\text{prob}} = 0,09$ ). De percentages verklaarde variantie zijn hoog: 91% voor het lineair model, 97% voor de polynoom en 98% voor het exponentieel model.

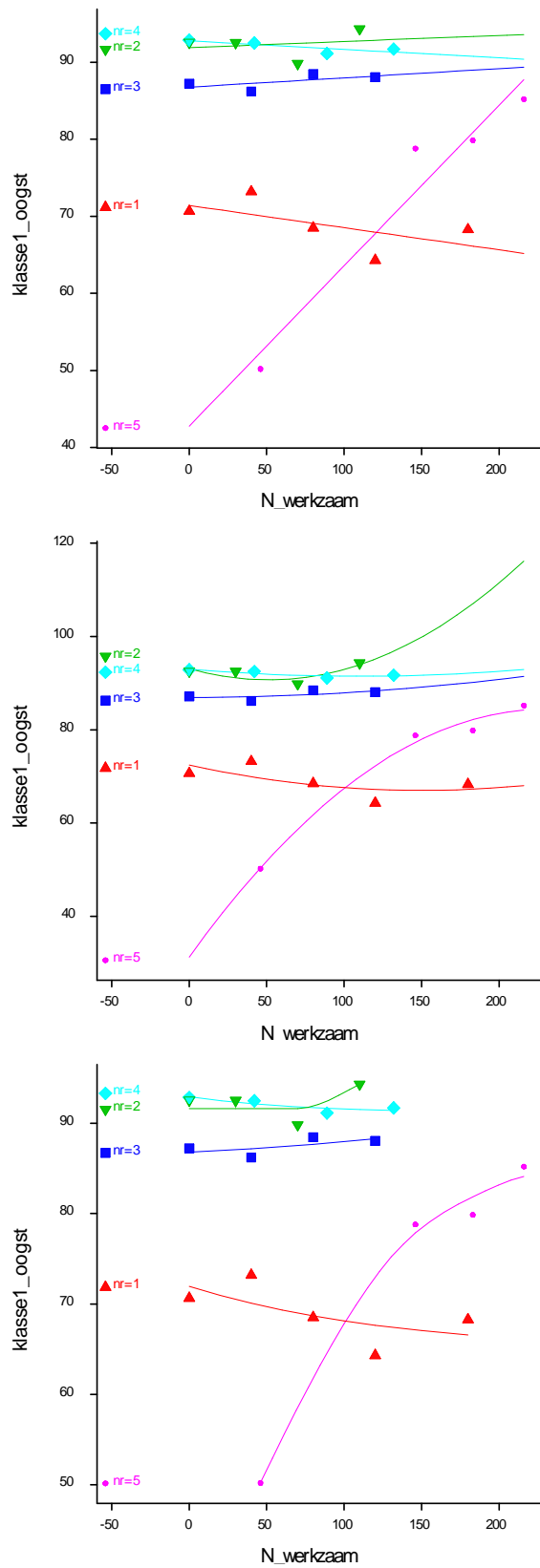
In Tabel 66 zijn de resultaten weergegeven van proef 5 weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de polynoom en het exponentieel model (lineair model niet weergegeven, omdat deze geen optimum geeft). De gebruiksnorm lag in deze proef binnen de N-trappenreeks (in tegenstelling tot de proeven 2, 3, 4 en 6).

De berekende optimale N-gift bij de polynoom was hoger dan de gebruiksnorm en lag buiten het bereik van de N-trappenreeks. Het is dus een geëxtrapoleerde waarde. Bij de exponentiële curve kan de optimale N-gift niet worden berekend, omdat de curve naar een asymptoot gaat. De berekende N-giften bij 99% en 97,5% van  $K_{\text{max}}$  (maximaal percentage klasse I) zijn bij deze curve eveneens geëxtrapoleerde waarden. De berekende N-giften zijn bij het exponentieel model aanzienlijk hoger dan bij de polynoom.

Tabel 66. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en percentage klasse I Chinese kool, hoogste percentage klasse 1 ( $K_{\text{max}}$ ), berekende N-gift (kg per ha) bij max kw 1 ( $N_{\text{max}}$ ) en bij 99, 97,5 en 95% van  $N_{\text{max}}$ .**

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	$K_{\text{max}}$	$N_{\text{max}}$	99	97.5	95	PVV	$K_{\text{max}}$	$N_{\text{max}}$	99	97.5	95
5	97	84,4	230	201	184	165	98	88,4	-	338	267	213

In Tabel 67 is de respons op basis van proef 5 weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006 (180 kg N per ha). Bij beide modellen neemt de kwaliteit in min of meer gelijk mate af bij verlaging van de N-gift. Bij 50% van de gebruiksnorm is het percentage klasse 1 circa 20% gedaald ten opzichte van 100% van de gebruiksnorm.



Figuur 20. Percentage van de totale kropproductie Chinese kool op het veld in klasse 1 in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) (boven: lineair model, midden: polynoom, onder: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 65).

Tabel 67. Gefit percentage in klasse 1 Chinese kool in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model bij proef 5.

N-gift (% van GN)	polynoom	exponentieel
50	64,7	66,7
55	67,1	69,1
60	69,4	71,2
65	71,6	73,1
70	73,5	74,8
75	75,3	76,3
80	77,0	77,6
85	78,4	78,8
90	79,8	79,8
95	80,9	80,8
100	81,9	81,6

### Marktbaar opbrengst (kg per ha)

In de proeven 1, 2, 3 en 6 is alleen de marktbaar opbrengst na bewaring vastgesteld. Deze is niet representatief voor de verse-marktopbrengst bij oogst, omdat na oogst een schifting wordt gemaakt tussen bewaarbare en niet-bewaarbare kroppen, alleen de bewaarbare kroppen de bewaring ingaan en er tijdens de bewaring verlies optreedt (vochtverlies, rot). Ook het stuksgewicht van de bewaarkolen bij oogst is niet representatief om de marktbaar opbrengst te berekenen. Zoals al eerder is vermeld, bedroeg dit gemiddeld stuksgewicht  $\geq 2$  kg in de proeven 2, 3 en 6. In proef 1 bedroeg het  $\geq 1,2$  kg. De proeven 1, 2, 3 en 6 zijn daarom niet gebruikt.

In proef 4 bedroeg het gemiddeld stuksgewicht 1235 bij het nulobject en 1465 tot 1710 gram bij de overige N-trappen. Aangezien er geen significant effect was van de N-gift op de kwaliteit of deze zelfs iets leek af te nemen bij hogere N-gift, was geen of een zeer kleine N-gift reeds voldoende. Het is daarom niet zinvol om voor deze proef een analyse op kg-opbrengst te doen.

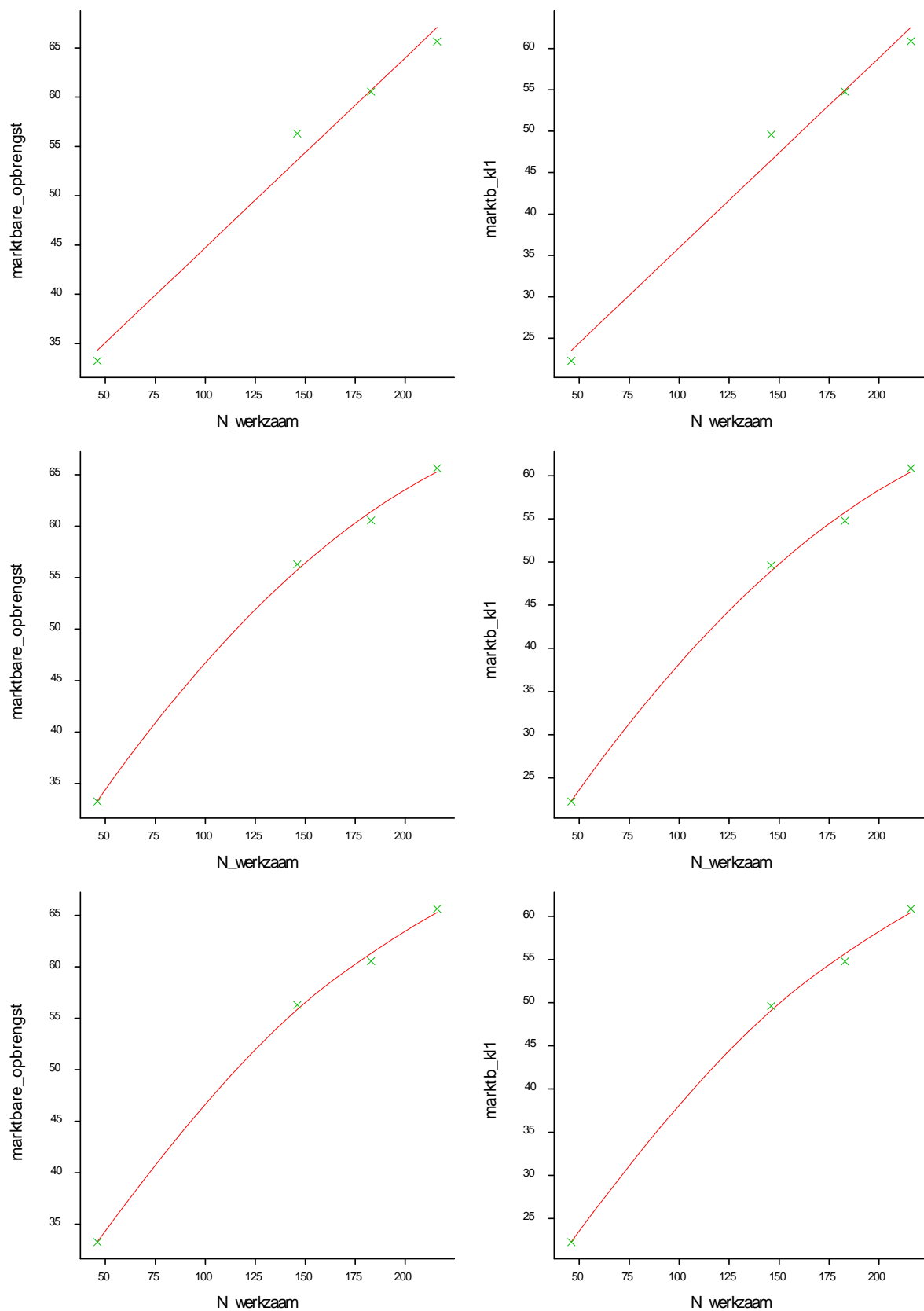
Dan resteert alleen proef 5 voor de analyse van de respons. Daar bedroeg het gemiddeld stuksgewicht bij de laagste N-gift 885 gram en varieerde het van 1260 tot 1430 gram bij de overige N-trappen. Verder was het percentage niet-veelbare kolen bij de laagste N-gift duidelijk lager dan bij de overige drie N-giften. Er is daarom een analyse uitgevoerd op de marktbaar kg-opbrengst per ha (klasse 1 en 2) en de kg-opbrengst in klasse 1. Hieronder vermelde resultaten hebben alleen betrekking op proef 5.

Zowel het lineair model, als de polynoom en het exponentieel model laten een sterke en significante relatie zien tussen N-gift en marktbaar opbrengst per ha en marktbaar opbrengst in klasse 1. Het percentage verklaarde variantie bedroeg respectievelijk 97%, 99% en 100%. Voor marktbaar in klasse 1 is dat respectievelijk 98%, 100% en 100%. Bij de 2<sup>e</sup> graads polynoom was in beide gevallen de kwadratische component niet significant.

In Figuur 21 is de respons weergegeven, lineair en exponentieel (zowel gefitte waarden voor beide modellen als afzonderlijke punten).

In alle gevallen lagen de berekende optima ver buiten het bereik van de N-trappenreeks en worden ze niet weergegeven. Bovendien zouden de kroppen bij deze N-giften te zwaar worden ( $>1400$  gram). De berekende optima zijn dus feitelijk geen economische optima.

In Tabel 68 is de respons weergegeven met zowel de polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006 (180 kg N per ha). Bij beide modellen nam de opbrengst in gelijke mate af bij verlaging van de N-gift. Bij 50% van de gebruiksnorm is bedroeg de marktbaar opbrengst amper 75% ten opzichte van 100% van de gebruiksnorm. Bij de opbrengst in klasse 1 was dat 65%.



Figuur 21. Marktbaar opbrengst Chinese kool in ton per ha in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) (links: totaal marktbaar, rechts: marktbaar in klasse 1; boven: lineair model, midden: polynoom, onder: exponentieel model; betreft data proef 5 (zie Tabel 65)).

Tabel 68. **Totaal marktbaar opbrengst Chinese kool (klasse 1 en klasse 2) en marktbaar opbrengst in klasse 1 in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model bij proef 5.**

N-gift (% van GN)	Totaal marktbaar (ton per ha)		Marktbaar klasse 1 (ton per ha)	
	polynoom	exponentieel	polynoom	exponentieel
50	44,5	44,9	35,5	36,0
55	46,5	46,9	38,0	38,4
60	48,4	48,8	40,3	40,7
65	50,3	50,7	42,5	42,9
70	52,1	52,4	44,6	44,9
75	53,8	54,0	46,6	46,9
80	55,4	55,5	48,6	48,7
85	56,9	57,0	50,4	50,5
90	58,4	58,4	52,1	52,1
95	59,7	59,7	53,8	53,7
100	61,0	60,9	55,3	55,2

### Financiële effecten

Vanwege het geringe aantal proeven, alle uitgevoerd op dezelfde locatie en de twijfels over de representativiteit van de dataset (zie onder discussie), wordt geen economische analyse uitgevoerd over de proeven.

In de vollegrondsgroenteteelt kan een incidentele opbrengstderving wel tot een vrij sterke daling kan leiden van het gemiddeld economisch rendement over alle teelten door de relatief hoge productprijs ten opzichte van de bemestingskosten. Om dit te illustreren is uitgegaan van de opbrengstderving in proef 5 (fysieke derving x productprijs). Bij elk N-niveau zijn de uitgespaarde kosten van stikstof t.o.v. 100% van de gebruiksnorm op de opbrengstderving in mindering gebracht. Er is gerekend met €0,83 per kg N. Vervolgens is bij de verschillende N-niveaus berekend hoe groot de gemiddelde financiële derving (over alle teelten) is wanneer er één op de vijf of tien teelten reageert volgens de respons in proef 5, en alle overige teelten geen N-respons (=geen derving t.o.v. 100%) vertonen. De jaarlijkse N-besparing t.o.v. 100% van de gebruiksnorm is bij alle teelten in rekening gebracht. Er is verder van uitgegaan dat alleen klasse 1 wordt geleverd op de veiling. Tot slot is gerekend met drie verschillende uitbetalingsprijzen: 30 ct, 45 ct en 60 ct per kg. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 69.

Tabel 69. **Derving financiële opbrengst Chinese kool (€ per ha) in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) in proef bij drie kg-prijzen en in geval deze derving bij 1 op de 5 of 1 op 10 teelten optreedt.**

N-gift (% van GN)	proef 5			1 op 5 teelten			1 op 10 teelten		
	30 ct	45 ct	60 ct	30 ct	45 ct	60 ct	30 ct	45 ct	60 ct
50	5775	8700	11625	1095	1680	2265	510	803	1095
55	5048	7605	10163	956	1467	1979	444	700	956
60	4365	6578	8790	825	1268	1710	383	604	825
65	3713	5595	7478	701	1077	1454	324	512	701
70	3105	4680	6255	585	900	1215	270	428	585
75	2513	3788	5063	473	728	983	218	345	473
80	1950	2940	3930	366	564	762	168	267	366
85	1418	2138	2858	266	410	554	122	194	266
90	930	1403	1875	174	269	363	80	127	174
95	443	668	893	83	128	173	38	60	83
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rekenvoorbeeld: bij bemesting à 50% van de gebruiksnorm bedraagt in proef 5 de fysieke opbrengstderving 19,5 ton per ha marktbaar product in klasse 1. Bij een prijs van 45 cent per kg is dat een financiële derving van €8775 per ha. Ten opzichte van bemesting à 100% van de gebruiksnorm wordt 90 kg N per ha bespaard, wat overeenkomt met €75 per ha. De netto-opbrengstderving is dan €8700 per ha. Indien er in geval bij bemesting op het niveau van 50% van de gebruiksnorm 2006 slechts bij één op de vijf teelten een opbrengstderving zou optreden, bedraagt de financiële derving gemiddeld €1755 per teelt en wordt per teelt €75 aan stikstof bespaard, waardoor de gemiddelde netto-opbrengstderving €1680 bedraagt.

### N-opname marktbaar product

In proef 4, 5 en 6 is de N-opname vastgesteld in het van het veld afgevoerd product. In proef 6 betrof dat echter kool die de bewaring ingaat en met meer omblad er nog aan wordt geoogst. In geval van bestemming voor de verse markt, zou er meer omblad op het veld achterblijven c.q. er minder N worden afgevoerd. De N-afvoergegevens van proef 6 zijn als niet representatief beschouwd voor de verse-marktteelt. De analyse is daarom alleen met de proeven 4 en 5 uitgevoerd.

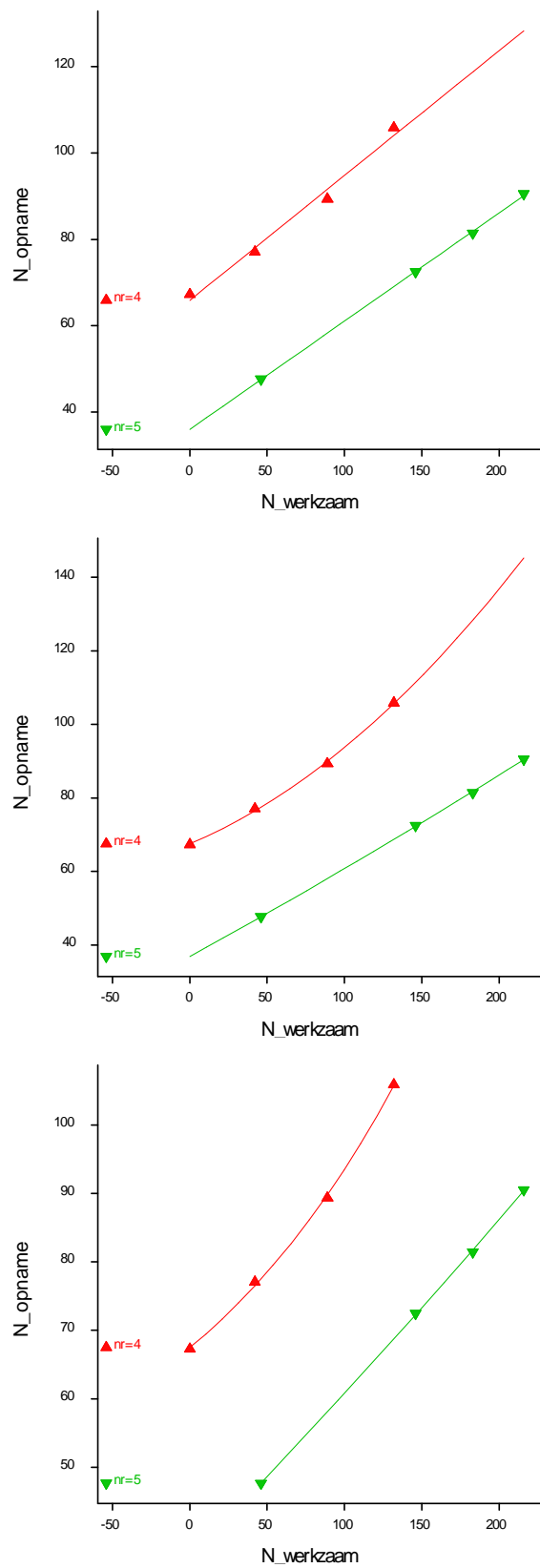
In een analyse over beide proeven gezamenlijk (wel met een fit per proef) gaf het lineair model 99% verklaarde variantie, de polynoom 100% en de exponentiële curve 98%. De polynoom betrof voor beide proeven een dalparbool. De exponentiële curve gaat niet naar een asymptoot, maar blijft doorstijgen. Er is dus bij geen van de modellen een maximum. De respons van de drie modellen per proef is grafisch weergegeven in Figuur 22.

In Tabel 70 is de gefitte N-opname in relatie tot N-gift weergegeven voor zowel de polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de gebruiksnorm. In een individuele fit per proef gaven beide modellen voor elke proef 100% verklaarde variantie. Bij proef 4 lag de gebruiksnorm buiten het bereik van de N-trappen. Daarom is niet bij alle N-giften de N-opname weergegeven.

De beide modellen gaven een indentieke uitkomst. In proef 5 leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve daling van de N-opname van respectievelijk 6, 11, 17, 23 en 28%.

Tabel 70. **Gefitte N-opname in marktbaar product Chinese kool (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

N-gift (% van GN)	Polynoom		Exponentieel	
	proef 4	proef 5	proef 4	proef 5
50	90	58	90	58
60	97	63	96	63
70	103	67	103	67
80		72		72
90		76		76
100		81		81



Figuur 22. N-opname in marktbaar product Chinese kool (kg N per ha) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (boven: lineair model, midden: 2<sup>e</sup> graads polynoom, onder: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 65).



### 3.13.3 Discussie

Het aantal beschikbare proeven is summier. Bovendien zijn alle proeven uitgevoerd op de proeftuin te Meterik. Dit betrof een N-rijke locatie: de grond was vrij sterk mineraliserend en het bronwater waarmee werd berekend, bevatte een hoge concentratie nitraat. In 2001 en 2003 zijn in dit water concentraties gemeten van rond de 200 mg NO<sub>3</sub> per liter (45 mg N per liter), wat bij een berekening tijdens de teelt van bijvoorbeeld 50 mm overeenkomt met een aanvoer circa 25 kg N per ha. De N-aanvoer via berekening is niet meegeteld als N-gift en zal bovendien wisselend zijn geweest per teelt. De resultaten van deze locaties kunnen daarom niet zonder meer als representatief worden beschouwd voor de teelt van Chinese kool op N-arme zandgronden.

Vijf van de zes proeven betrof een herfst-/bewaarteelt, die begin-half augustus is geplant. De Nmin-voorraad bij aanvang van de teelt was hoog (veel hoger dan de forfaitaire Nmin van 20 kg N per ha, waarop de gebruiksnorm is gebaseerd). In de proeven 3 en 6 had bij opvolging van de stikstofbestedingsrichtlijn voor de verse-marktteelt niet of nauwelijks te hoeven worden bemest. Verder is in deze periode de mineralisatie relatief hoog door de nog veelal hoge bodemtemperatuur in augustus-september. De benodigde stikstofgift zal daardoor lager zijn dan in teelten die in het voorjaar worden geplant. Ook in proef 4 (zomerteelt) zal de tamelijk hoge Nmin-voorraad en de vrij sterke mineralisatie te Meterik ertoe hebben bijgedragen dat geen of een zeer lage N-gift nodig was.

De gebruiksnorm voor Chinese kool gaat uit van het hoogste advies bij een lage Nmin-waarde (20 kg N per ha). De N-bestedingsrichtlijn voor de verse-marktteelt luidt: 160-Nmin + 40 kg N per ha bijbemesten indien nodig. Een Nmin van 20 kg N per ha is een waarde die in het vroeg voorjaar wordt aangetroffen. Laat in het voorjaar en in de zomer dan wel na een 1<sup>e</sup> teelt is de Nmin meestal hoger. Verder is de bijbemesting van 40 kg N per ha niet altijd nodig, afhankelijk van de mineralisatie en de weersomstandigheden (wel/geen uitspoeling). Bij de herfstteelt voor de bewaring wordt altijd lager bemest met het oog op bewaarkwaliteit. Er is dus niet altijd 180 kg N per ha nodig. Een bedrijf dat is gespecialiseerd in de Chinese-koolteelt en meerdere teelten per jaar heeft, kan schuiven met stikstof tussen de teelten. Als in bepaalde teelten minder wordt bemest, kan in andere teelten meer worden bemest, zodat men gemiddeld over alle teelten toch op 180 kg N per ha uitkomt. Naast de N-behoefte per individuele teelt, speelt dus ook de verdeling van de N-giften over de teelten binnen een jaar een rol. Wat voor deze situatie het effect is van een verlaagde gebruiksnorm, kan niet worden aangegeven. Daarvoor moeten voldoende (reperesentatieve) proefgegevens beschikbaar zijn van de N-respons bij de verschillende teeltwijzen van Chinese kool.

## 3.14 Knolselderij

### 3.14.1 Beschikbare data

In Tabel 71 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren zeven proeven beschikbaar, deze lagen alle op kleigrond.
- Bij proef 1 en 2 is bij een aantal N-niveaus de N zowel eenmalig als gedeeld toegediend.
- In alle proeven is de marktbaar opbrengst vastgesteld, in twee proeven tevens de N-opname in marktbaar product (1 en 2).
- In alle proeven bevindt de gebruiksnorm (200 kg N per ha) zich binnen het bereik van de N-trappen.
- Bij alle proeven waren er voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons en ook de respons was goed.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt voor 200 kg N per ha.
- Voor het marktbaar product is uitgegaan van de verse knolopbrengst. Er is een productprijs gehanteerd van €0,07 per kg.

Tabel 71. **Karakterisering gebruikte proeven knolselderij.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Nmin (0-60 cm)	N-niveaus		
						Aantal	Min	Max
1	1982	Lelystad	Klei	Wintertarwe	56	7	0	360
2	1983	Lelystad	Klei	Wintertarwe	48	7	0	360
3	1984	Lelystad	Klei	Nb <sup>1</sup>	40	7	0	360
4	1985	Lelystad	Klei	Nb	36	7	0	360
5	1983	Wissenkerke	Klei	Nb	Nb	7	0	360
6	1984	Westmaas	Klei	Nb	45	6	0	300
7	1985	Westmaas	Klei	Nb	Nb	6	0	300

<sup>1</sup> Nb = niet bekend

### 3.14.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Er was geen sprake van significante effecten van deling van de N-gift. De data behorend bij deze objecten zijn wel meegenomen in de regressie-analyse.

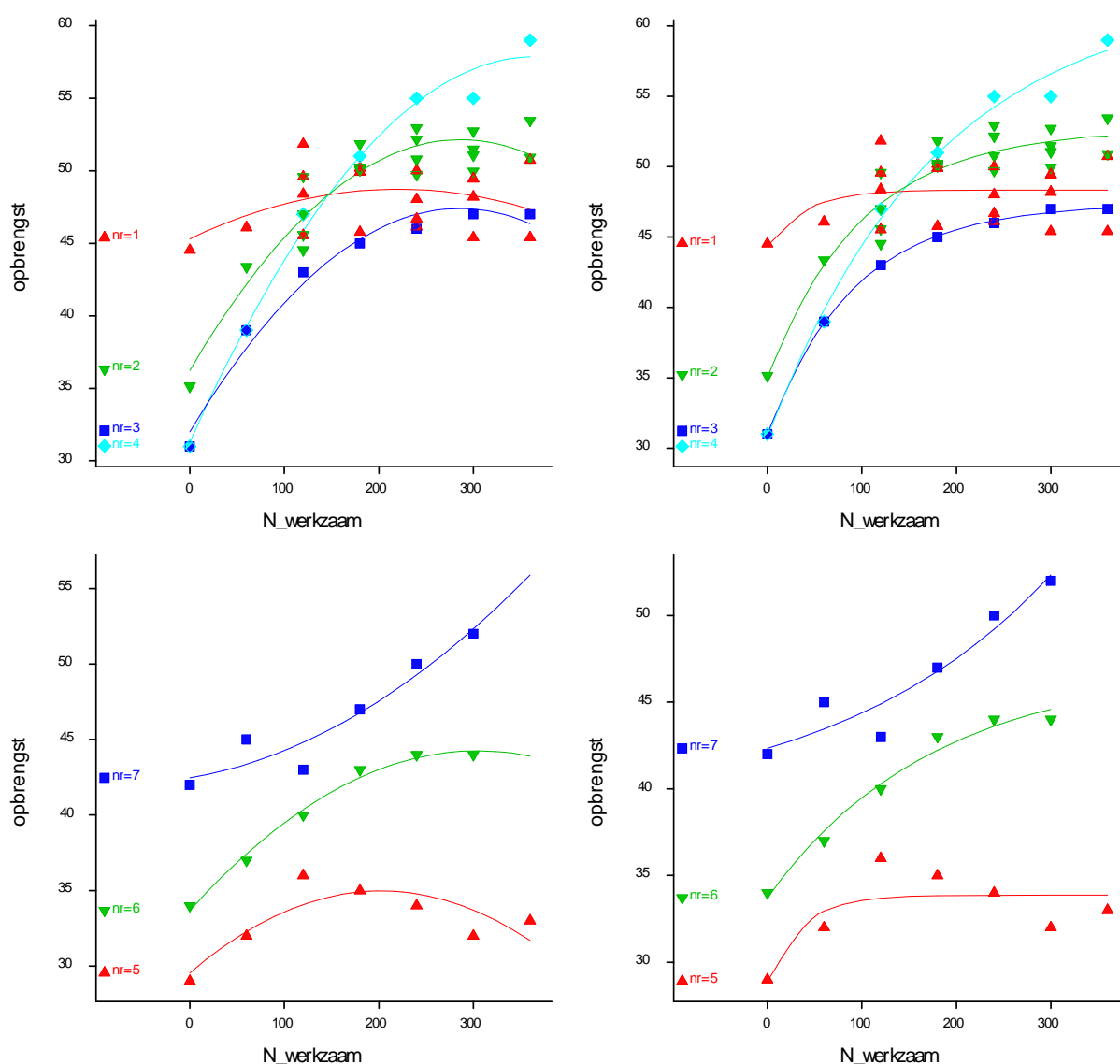
In Tabel 72 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 23 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij vijf proeven (2, 3, 4, 6 en 7) was er sprake van een significant verband tussen N-bemesting en opbrengst. De beide modellen presteerden vergelijkbaar (percentage verklaarde variantie van dezelfde grootte orde). Dit was ook het geval bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef). De PVV bedroeg 94% voor beide modellen.

Bij beide modellen was bij vijf proeven het berekende economische optimum hoger dan de gebruiksnorm van 200 kg N per ha. Bij proef 7 kon bij geen optimum worden afgeleid omdat de respons toenam bij stijgende N-giften (dalparabool).

Tabel 72. Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en opbrengst en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst, economisch maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst bij knolselderij.

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	max	econ	99	97,5	95	PVV	max	econ	99	97,5	95
1	4	220	135	137	89	34	7	-	84	82	47	20
2	87	287	256	235	205	171	89	-	268	350	259	189
3	97	286	254	236	207	174	100	-	246	322	239	176
4	98	366	336	312	281	245	99	-	478	695	533	410
5	56	203	157	151	121	88	45	-	87	95	63	38
6	98	304	252	242	206	165	97	-	322	583	423	302
7	85	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-	-



Figuur 23. Marktbaar opbrengst (ton per ha) knolselderij in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 71).

In Tabel 73 is per proef de respons weergegeven met zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstdaling van respectievelijk 1, 2, 5, 7 en 9% (polynoom) en 1, 2, 4, 5 en 7% (exponentieel model). De verschillen in uitkomsten tussen polynoom en exponentieel model waren relatief gering.

Tabel 73. **Gefitte opbrengst (ton per ha) knolselderij in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef							Gem
		1	2	3	4	5	6	7	
Polynoom	50	47,7	45,4	40,9	43,8	33,6	39,5	44,3	42,2
	55	47,9	46,1	41,6	44,9	33,8	39,9	44,5	42,7
	60	48,0	46,8	42,2	45,9	34,1	40,4	44,8	43,2
	65	48,2	47,4	42,8	46,8	34,3	40,8	45,1	43,6
	70	48,3	48,0	43,4	47,7	34,5	41,2	45,4	44,1
	75	48,4	48,5	43,9	48,6	34,6	41,5	45,7	44,5
	80	48,5	49,0	44,4	49,4	34,7	41,9	46,1	44,9
	85	48,6	49,5	44,9	50,2	34,8	42,2	46,4	45,2
	90	48,6	49,9	45,3	51,0	34,9	42,5	46,8	45,6
	95	48,7	50,3	45,7	51,7	35,0	42,8	47,2	45,9
	100	48,7	50,7	46,0	52,4	35,0	43,0	47,6	46,2
exponentieel	50	48,0	46,2	41,9	44,4	33,6	39,5	44,4	42,6
	55	48,1	46,8	42,5	45,4	33,7	39,9	44,6	43,0
	60	48,2	47,4	43,0	46,3	33,7	40,3	44,9	43,4
	65	48,2	47,9	43,4	47,2	33,7	40,7	45,2	43,8
	70	48,2	48,4	43,9	48,1	33,8	41,0	45,5	44,1
	75	48,3	48,8	44,2	48,8	33,8	41,4	45,8	44,4
	80	48,3	49,1	44,5	49,6	33,8	41,7	46,1	44,7
	85	48,3	49,5	44,8	50,3	33,8	42,0	46,4	45,0
	90	48,3	49,8	45,1	51,0	33,8	42,2	46,8	45,3
	95	48,3	50,1	45,3	51,6	33,8	42,5	47,1	45,5
	100	48,3	50,3	45,5	52,2	33,9	42,7	47,5	45,8

#### *Financiële effecten*

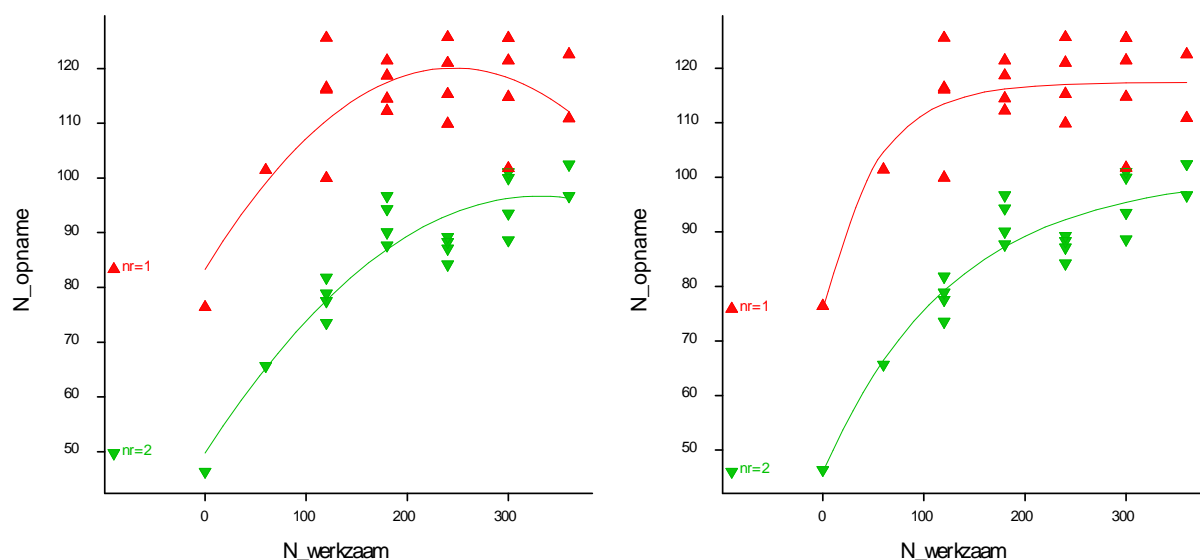
Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden geschat (Tabel 74). Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een financiële derving van respectievelijk 40, 85, 135, 190 en 255 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren aanzienlijk. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van €10 tot €195 per ha.

Tabel 74. **Derving financiële opbrengst knolselderij (€/ha ten opzichte van niveau gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	1	2	3	4	5	6	7	Gem
50%	45	330	305	570	60	235	225	255
60%	30	240	220	435	35	180	190	190
70%	20	165	150	310	20	125	145	135
80%	10	100	90	195	10	80	100	85
90%	5	45	40	90	5	35	55	40

### N-opname marktbaar product

In twee proeven (1 en 2) is de N-opname in marktbaar product bepaald. In Figuur 24 is de respons grafisch weergegeven. Bij beide proeven was er sprake van een significante respons op N-bemesting. Het percentage verklaarde variantie bij de polynoom bedroeg 52 en 83% voor respectievelijk proef 1 en 2. Voor het exponentiële model bedroegen deze percentages 59 en 86%. Het exponentiële model presteerde iets beter dan de polynoom. Dit was ook het geval bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef). De PVW bedroeg 86 en 88% voor respectievelijk de polynoom en het exponentiële model.



Figuur 24. N-opname in marktbaar opbrengst (kg N per ha) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 71).

In Tabel 75 is de gefitte N-opname in relatie tot N-gift weergegeven voor zowel de polynoom als exponentieel model. Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een relatieve daling van de N-opname van respectievelijk 2, 4, 7, 10 en 13% bij de polynoom en 1, 3, 4, 6 en 9% bij het exponentiële model.

Tabel 75. Gefitte N-opname (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

N-gift (% van GN)	Polynoom			Exponentieel		
	proef 1	proef 2	Gem	proef 1	proef 2	Gem
50	107	74	91	112	76	94
55	109	76	92	113	77	95
60	110	78	94	114	79	96
65	112	79	96	114	81	98
70	113	81	97	115	82	99
75	115	83	99	115	84	99
80	116	84	100	116	85	100
85	117	86	101	116	86	101
90	117	87	102	116	87	102
95	118	88	103	116	88	102
100	119	89	104	117	89	103

### 3.14.3 Discussie

Benadrukt moet worden dat alle beschikbare proeven op kleigrond zijn uitgevoerd.

## 3.15 Knolvenkel

### 3.15.1 Beschikbare data

In Tabel 76 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren zes proeven beschikbaar waarvan drie op dalgrond en drie op kleigrond
- In alle proeven is bij een aantal N-niveaus de N zowel eenmalig als gedeeld toegediend.
- In drie proeven (1-3) bevindt de gebruiksnorm (180 kg N per ha) zich binnen het bereik van de N-trappen.
- Bij de meeste proeven waren er voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons, de respons was slecht.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt voor 180 kg N per ha.
- Voor de marktbaar opbrengst is uitgegaan van de verse opbrengst.

Tabel 76. **Karakterisering gebruikte proeven knolvenkel.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Nmin (0-30 cm)	N-niveaus		
						Aantal	Min	Max
1	1988	Zwaagdijk	Klei	Nb <sup>1</sup>	25	6	0	250
2	1989	Zwaagdijk	Klei	Nb	171	6	0	250
3	1990	Zwaagdijk	Klei	Nb	69	7	0	150
4	1988	Valthermond	Dalgrond	Nb	31	4	70	160
5	1989	Valthermond	Dalgrond	Nb	Nb	6	0	160
6	1990	Valthermond	Dalgrond	Nb	31	6	0	160

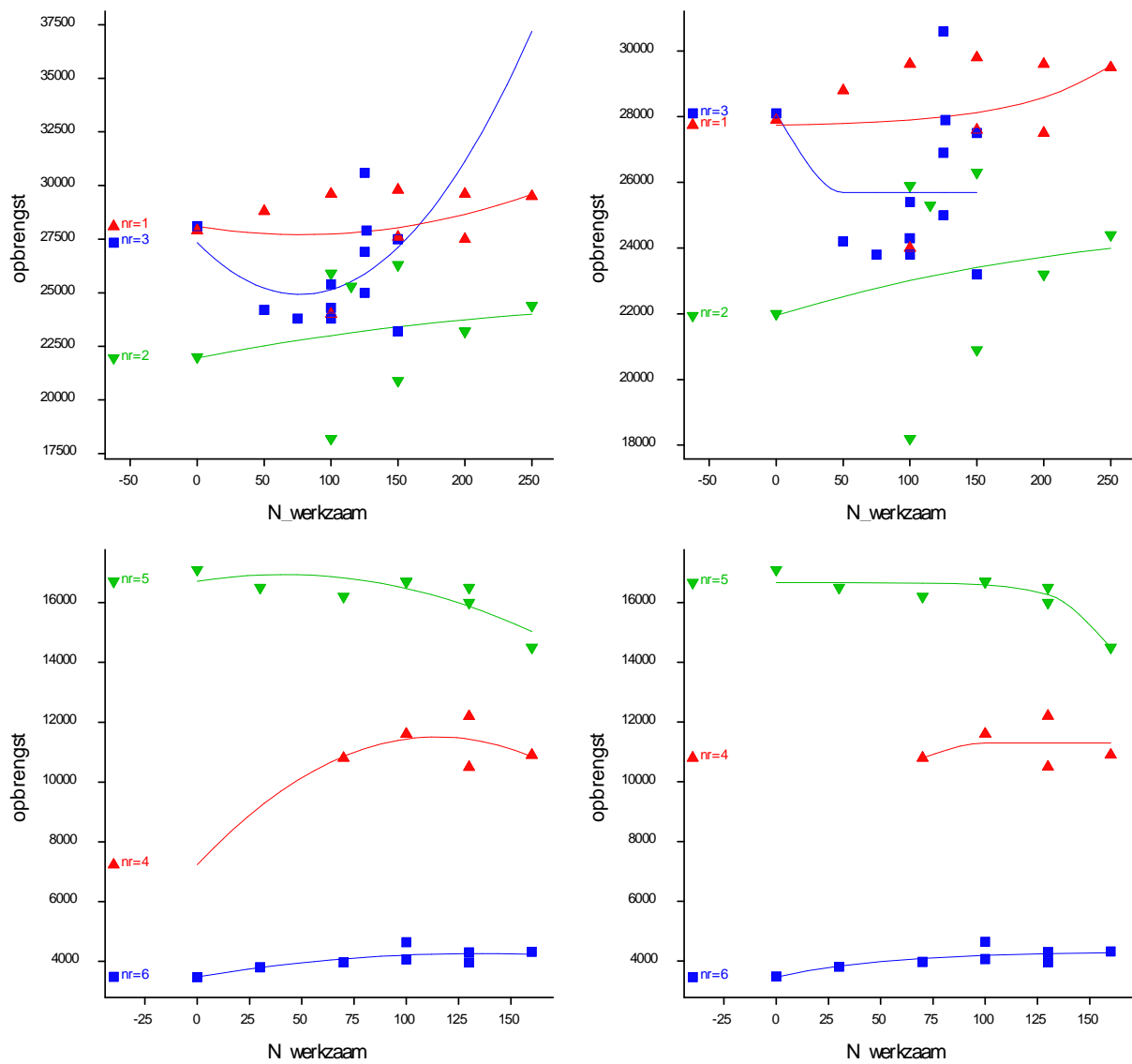
<sup>1</sup> Nb = niet bekend

### 3.15.2 Resultaten analyse

#### **Marktbaar opbrengst**

Er was geen sprake van significante effecten van deling van de N-gift. De data behorend bij deze objecten zijn wel meegenomen in de regressie-analyse.

De respons in de proeven is weergegeven in Figuur 25. In geen van de proeven was er sprake van een significante relatie tussen N-gift en opbrengst. Ook het percentage verklaarde variantie was in de meeste proeven lager dan 50%. Het is daarom niet zinvol de respons per proef verder te kwantificeren. De waargenomen zwakke respons hangt mogelijk samen met de proeflocaties. Dit waren beide vrij N-rijke locaties. De gevonden effecten zijn dan ook niet representatief voor zandgrond.



Figuur 25. Marktbaar opbrengst knolvenkel (ton per ha) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 76).

## 3.16 Prei

### 3.16.1 Beschikbare data

In Tabel 77 zijn de beschikbare proeven weergegeven voor de analyse:

- Totaal waren 26 proeven beschikbaar met voldoende N-trappen (meer dan drie) waarvan 26 op zandgrond, zeven op dalgrond en drie op kleigrond.
- De meeste proeven betreffen een late herfstteelt. Drie proeven op zand (Meterik) betreffen een vroege wintersteelt en twee proeven op zand (Meterik) een late wintersteelt.
- In alle proeven komt gedeelde stikstofbemesting voor met KAS (kalkammonsalpeter). De toedieningsmethode van de KAS is volvelds of onbekend (waarschijnlijk ook volvelds). In de proeven 1 en 2 komt ook bijbemesting met Entec (N-meststof met nitrificatieremmer) voor, bij twee N-niveaus, toegediend als rijenbemesting. De opbrengst en kwaliteit bij de Entec-bemesting verschilde in deze proeven niet significant van die bij de KAS-bemesting. Derhalve is voor de responscurves bij deze proeven geen onderscheid gemaakt naar meststof. In de proeven 3, 4 en 5 komt naast deling met KAS bij alle N-niveaus een eenmalige N-gift voor via rijenbemesting volgens de Cultan-methode, bij aanvang van de teelt of later tijdens de teelt. In proef 3 komt verder ook nog een gedeelde N-gift met Cultan voor. Er trad in deze proeven ten aanzien van de marktbaar opbrengst en kwaliteit geen significante interactie op tussen bemestingsmethode en de N-gift (nulobject erbuiten gelaten), maar enkel niveauverschillen. Derhalve is de respons in deze proeven gemiddeld over de bemestingsmethoden. Verder komen objecten met bijbemesting via bladbemesting met ureum of urean voor in de proeven 3, 11, 12, 18 en 19.
- In de proeven 1, 2, 5, 11, 12, 14, 15, 18, 19 en 21 t/m 26 komen naast vaste N-trappen verschillende NBS-objecten voor. In de proeven 3, 4, 16 en 17 komen uitsluitend vaste N-trappen voor en in de proeven 6 t/m 10, 13 en 20 uitsluitend verschillende NBS-objecten.
- Over het geheel is er veel variatie in de dataset in timing/verdeling van de N-gift (verschillende bijmeststrategieën) al dan niet in combinatie met bemestingsmethode. Dit kan effect hebben op de marktbaar opbrengst. Echter, voor een uitsplitsing van de respons naar de factoren bijmeststrategie en/of bemestingsmethode is het aantal N-niveaus per factor te laag in de proeven om een significante interactie te kunnen vaststellen. Vooralsnog is daarom één responscurve door alle punten gefit.
- In de proeven 1 t/m 20 is de marktbaar opbrengst vastgesteld. In de proeven 21 t/m 26 is alleen de bruto-opbrengst vastgesteld. De bruto-opbrengst is ook vastgesteld in de proeven 1 t/m 8, 17 en 20.
- In de proeven 1 t/m 13, 18 en 19 is ook de kwaliteit bepaald.
- De N-opname in het marktbaar product is enkel vastgesteld in de proeven 1 t/m 5 en 7. De totale N-opname is vastgesteld in de proeven 1 t/m 5 en 21 t/m 26.
- Bij tien proeven ligt de gebruiksnorm buiten het bereik van de N-trappenreeks, waarvan bij vijf proeven er zelfs ver buiten.
- In het algemeen waren er voldoende proeven met voldoende N-trappen om de respons vast te stellen.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 245 kg N per ha.
- Voor de marktbaar opbrengst is uitgegaan van de totale versopbrengst van alle kwaliteitsklassen en sorteringen. Er is gewerkt met een prijs per kg product van 38 cent voor de late herfstteelt, 57 cent voor de vroege wintersteelt en 55 cent voor de late wintersteelt.



Tabel 77. Karakterisering beschikbare preiproeven

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Teeltwijze	Nmin (0-60 cm, kg/ha)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	2003	Meterik	zand	groene braak	laat herfst	120	12	0	300
2	2002	Meterik	zand	groene braak	laat herfst	62	15	0	355
3	2001	Meterik	zand	tagetus	laat herfst	96	4	0	225
4	2000	Meterik	zand	aardbei	laat herfst	108	5	0	250
5	1999	Meterik	zand	groene braak	laat herfst	64 <sup>1</sup>	6	0	250
6	1993	Meterik	zand	Nb <sup>2</sup>	vroeg winter	76	7	0	188
7	1992	Meterik	zand	Nb <sup>2</sup>	vroeg winter	51	7	0	164
8	1992	Meterik	zand	Nb <sup>2</sup>	laat winter	51	9	0	286
9	1990	Meterik	zand	Nb <sup>2</sup>	vroeg winter	51 <sup>1</sup>	4	23	113
10	1990	Meterik	zand	Nb <sup>2</sup>	laat winter	51 <sup>1</sup>	8	129	245
11	1995	Valthermond	dalgrond	zomertarwe	laat herfst	61 <sup>1</sup>	8	0	181
12	1994	Valthermond	dalgrond	zomertarwe	laat herfst	34 <sup>1</sup>	6	0	144
13	1993	Valthermond	dalgrond	wintertarwe	laat herfst	67 <sup>1</sup>	4	85	437
14	1992	Valthermond	dalgrond	wintertarwe	laat herfst	76 <sup>1</sup>	8	0	270
15	1990	Valthermond	dalgrond	wintertarwe	laat herfst	165 <sup>1</sup>	8	0	150
16	1989	Valthermond	dalgrond	wintertarwe	laat herfst	30 <sup>1</sup>	5	0	300
17	1988	Valthermond	dalgrond	wintertarwe	laat herfst	31	4	170	350
18	1995	Kollumerwaard	klei	suikerbiet	laat herfst	31 <sup>1</sup>	8	0	226
19	1994	Kollumerwaard	klei	pootaardappel	laat herfst	27 <sup>1</sup>	8	0	151
20	1992	Kollumerwaard	klei	suikerbiet	laat herfst	24 <sup>1</sup>	11	0	290
21	2000	Wageningen	zand	snijmaïs	laat herfst	60	7	0	301
22	1999	Wageningen	zand	snijmaïs	laat herfst	65	9	0	229
23	1998	Wageningen	zand	zomergerst	laat herfst	55	9	0	241
24	1997	Wageningen	zand	wintertarwe	laat herfst	72	10	0	308
25	1996	Wageningen	zand	wintertarwe	laat herfst	89	11	0	250
26	1992	Wageningen	zand	Nb <sup>2</sup>	laat herfst	116	4	0	250

1 Nmin 0-30 cm

2 Nb = niet bekend

### 3.16.2 Resultaten analyse

Prei wordt per kg uitbetaald. De geogoste prei wordt ingedeeld in kwaliteitsklassen en maatsorteringen (naar dikte van de schacht). Het best uitbetaald wordt prei in klasse 1 met een schachtdikte van 2-4 cm. Om het effect van de N-gift op het financieel rendement van de teelt te beoordelen, is in de analyse gekeken naar het effect op de marktbaar opbrengst en op het gewichtpercentage daarvan in klasse 1. Sortering is niet in de analyse opgenomen. De sortering hangt samen met de marktbaar opbrengst en het plantgetal. Bij een gelijkblijvend plantgetal is de prei bij een hogere marktbaar opbrengst ook wat dikker. Beïnvloeding van de maatsortering door N verloopt dus via de productie.

#### Kwaliteit

Voor de kwaliteit is uitgegaan van het percentage van de marktbaar opbrengst in klasse 1.

In een analyse over alle proeven gezamenlijk met een fit per proef gaf de polynoom 98% verklaarde variantie en hadden zowel proef als N-gift significant effect op de kwaliteit. Er was geen significante interactie tussen proef en N-gift. Gemiddeld over alle proeven was het effect van N-gift op de kwaliteit echter gering (vrij vlakke parabolen) en waren er vooral grote niveau-verschillen tussen de proeven. Bij een gift van 150 kg N per ha werd het hoogste percentage klasse 1 behaald. Bij 0 kg N per ha was het percentage in klasse 1 2%-punten lager en bij 250 kg N per ha 1%-punt lager.

Ook het exponentieel model met een fit per proef gaf 98% verklaarde variantie en laat eveneens zien dat er vooral sprake was van grote niveau-verschillen tussen de proeven. Verder werd in alle proeven bij een N-gift van 100 kg N per ha de asymptoot al zeer dicht benaderd c.q. liep de curve "vlak". De regressie-analyse is

gebaseerd op een schatting van constante (A) en lineaire parameter (B) per proef en de niet-lineaire parameter (R) gemiddeld over alle proeven. Schatting van R per proef leverde geen hogere nauwkeurigheid op.

Bij een analyse per individuele proef gaven zowel de polynoom als het exponentieel model bij alle proeven een laag percentage of geen verklaarde variantie. Volgens de polynoom was er enkel in proef 5 een significant effect van N-bemesting op de kwaliteit (bergparabool), maar het percentage verklaarde variantie was zeer laag: 27%. De kwaliteit was algeheel laag in deze proef. De berekende optimale N-gift bedroeg 167 kg N per ha en gaf 45% in klasse 1. Bij 100% van de gebruiksnorm bedroeg de kwaliteit 41% en bij 50% van de gebruiksnorm 44%.

Het exponentieel model gaf een significante fit bij vier van de 15 de proeven: nrs. 1, 5, 7 en 18. Het percentage verklaarde variantie bedroeg respectievelijk 31%, 37%, 50%, 20% en 51%. Bij proef 1 betrof het echter een dalende curve (hoogste kwaliteit bij 0 kg N per ha). Tussen 50% en 100% van de gebruiksnorm 2006 nam het percentage in klasse 1 af van 96% naar 94%. Bij de proeven 5 en 18 werd de asymptoot al dicht benaderd bij 100 kg N per ha en bleef de kwaliteit tussen 50% en 100% gebruiksnorm 2006 dan wel tot de hoogste N-trap in de proef gelijk. Proef 7 betrof een doorstijgende curve, echter de hoogste N-trap bedroeg slechts 164 kg N per ha. Tussen 50% en 65% van de gebruiksnorm 2006 nam het percentage in klasse 1 toe van 44% naar 47%.

Over het geheel bezien blijkt uit de dataset dat de kwaliteit van prei sterker wordt beïnvloed door andere groeifactoren dan door de N-gift. In 11 van de 15 proeven had de N-gift geen significant effect op de kwaliteit. In vier proeven was er wel een significant effect, maar was de beïnvloeding van de kwaliteit door de N-gift zwak en bovendien niet eenduidig. In het traject van 50% tot 100% van de gebruiksnorm 2006 dan wel tot de hoogste N-trap in de proef nam de kwaliteit de ene keer licht toe, de andere keer licht af en bleef in een ander geval gelijk. Bij de beoordeling van de financiële gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm wordt de kwaliteit daarom niet meegenomen.

### **Marktbaar product**

De opbrengst aan marktbaar product betreft de totale opbrengst van alle kwaliteitsklassen en sorteringen.

Bij een analyse over alle proeven gezamenlijk met lineaire regressie hadden zowel proef als N-gift significant effect op de marktbaar opbrengst. De verschillen tussen de proeven werden voor een deel verklaard door grondsoort en teeltwijze (die significant effect hadden).

In een analyse over alle proeven gezamenlijk met een fit per proef gaf de polynoom 97% verklaarde variantie. Er waren significante niveau-verschillen tussen de proeven en er was een significante interactie tussen proef en N-gift.

Het exponentieel model gaf een vergelijkbaar resultaat: eveneens 97% verklaarde variantie, significante niveau-verschillen tussen de proeven en een significante interactie tussen proef en N-gift.

In Figuur 26 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte waarden voor beide modellen als afzonderlijke punten).

Bij een analyse per individuele proef gaf de polynoom in acht van de 20 proeven een bergparabool waarbij er een significante relatie was tussen N-gift en opbrengst. Het betrof de proeven 1, 2, 3, 4, 5, 7, 13 en 18. Bij nog eens 6 proeven werd ook een bergparabool verkregen, maar was de relatie niet significant. Het betrof de proeven 6, 8, 10, 11, 19 en 20. Bij de proeven 10 en 20 was de relatie zwak significant. In de proeven 12 en 15 was de relatie wel significant, maar werd een dalparabool verkregen. Bij proef 16 was de opbrengst het hoogst bij 0 kg N per ha en leidde N-bemesting tot een daling van de opbrengst. Deze relatie was zwak significant. Bij de drie overige proeven (9, 14 en 17) was de relatie niet significant en werd een dalparabool verkregen.

Het exponentiële model gaf vrijwel hetzelfde beeld. Het model gaf een significante relatie aan tussen N-gift en opbrengst voor de proeven 1 t/m 5, 7, 12, 13, 15, 18 en 20 en een zwak significante relatie voor de proeven 16 en 17. Voor de overige proeven (6, 8, 9, 10, 11, 14 en 19) was de relatie niet significant. Bij de proeven 9, 12 en 14 t/m 17 was de curve omgekeerd.

In de beschreven analyses is geen rekening gehouden met eventuele effecten van bemestingsmethode,

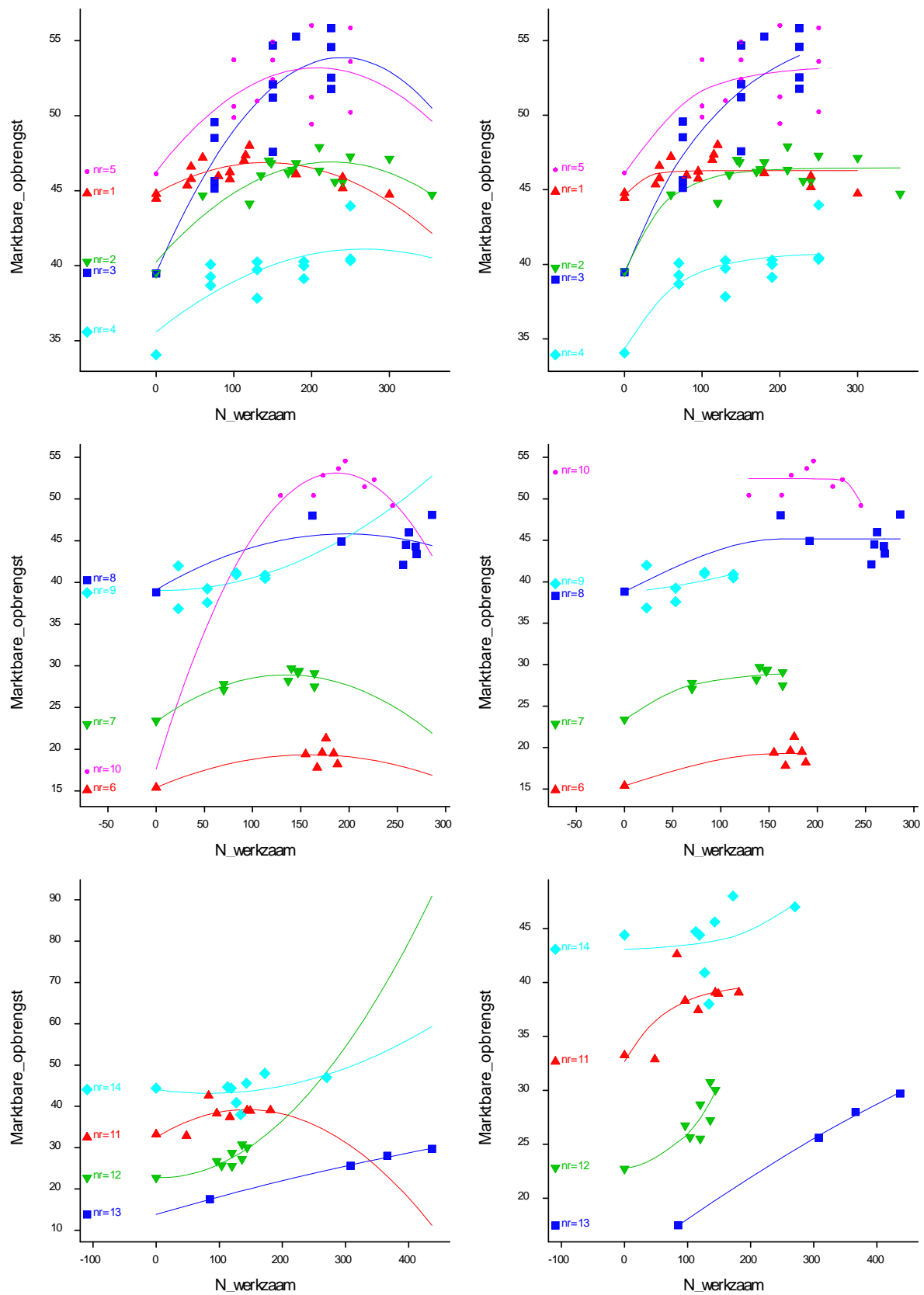
meststof en bijmeststrategie. Dit zal mede een verklaring zijn voor de veelal lage tot matige percentages verklaarde variantie (zie Tabel 78).

Voor een deel van deze proeven lijkt het nulpunt erg belangrijk en bepalend voor de vorm van de curve (en misschien ook voor de significantie). In een aantal proeven is de verdeling van de N-trappen dermate onregelmatig en/of ontbreken er trappen in het lage N-traject, dat sowieso moet worden betwijfeld of deze proeven voldoende representatief zijn om een betrouwbare N-respons van af te leiden (zie Figuur 1).

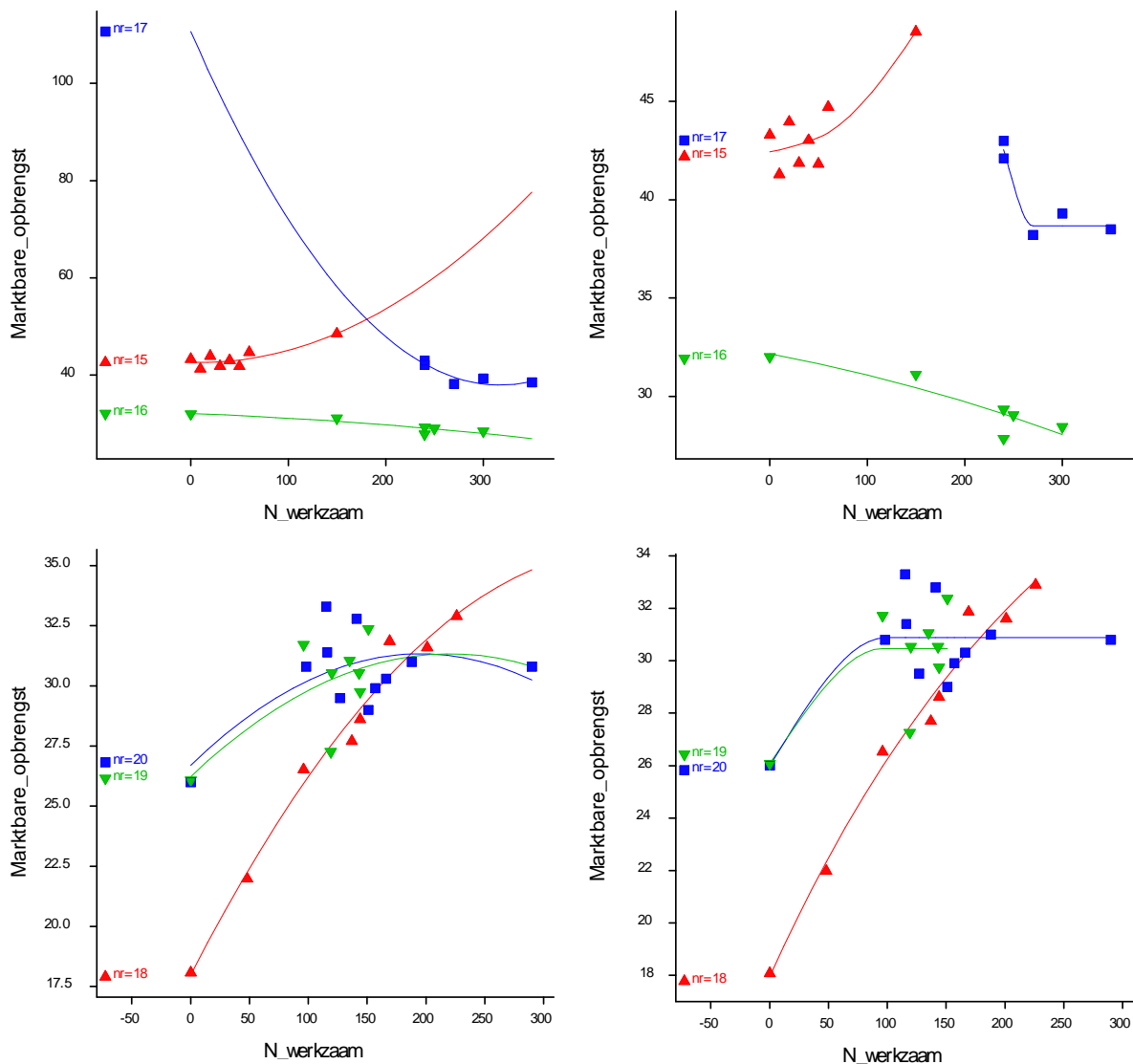
In Tabel 78 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen.

**Tabel 78. Percentage verklaarde variantie (PVV) bij de relatie tussen N-gift en marktbaar opbrengst, berekende N-gift (kg N per ha) bij maximale marktbaar opbrengst (Nmax), economisch optimale N-gift (Necon) en berekende N-gift (kg/ha) bij 99, 97,5 en 95% van de maximale marktbaar opbrengst bij prei.**

Proef	Polynoom						Exponentieel					
	PVV	Nmax	Necon	99	97,5	95	PVV	Nmax	Necon	99	97,5	95
1	56	141	131	74	35	-10	20	-	71	25	7	-6
2	77	226	218	166	131	92	75	-	200	129	85	52
3	76	239	235	193	166	135	76	-	516	424	311	225
4	49	267	253	194	152	104	57	-	235	167	112	70
5	31	207	200	149	116	78	32	-	264	177	115	68
6	45	160	155	124	104	81	45	-	155	108	75	50
7	85	135	133	104	87	67	82	-	237	166	115	77
8	33	196	192	145	115	82	38	-	30	11	7	4
9	0	7	11	-	-	-	0	-	-265	-	-	-
10	45	187	186	164	151	136	0	-	195	148	134	123
11	32	144	140	109	89	66	28	-	265	198	136	88
12	62	6	9	-	-	-	63	-	-115	-	-	-
13	99	1225	1165	1075	987	889	99	-	2933	4181	3297	2628
14	0	84	92	-	-	-	0	-	8	-	-	-
15	70	8	12	-	-	-	69	-	-92	-	-	-
16	71	-196	-251	-324	-399	-484	71	-	-	-1146	-726	-408
17	61	317	319	-	-	-	89	-	-	-	-	-
18	97	371	362	318	288	253	97	-	1000	1068	829	647
19	30	220	210	165	134	98	31	-	19	8	5	3
20	30	195	186	145	115	82	46	-	28	13	8	5



Figuur 26. Marktbare opbrengst van prei (ton per ha) in relatie tot de N-gift (kg per ha) (boven en midden: zand; onder: dalgrond; links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 77).



Figuur 26 (vervolg). **Marktbare opbrengst van prei (ton per ha) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) (boven: dalgrond, onder: klei; links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 77).**

Om het effect van verlaging van de gebruiksnorm na te gaan, zijn zeven proeven geselecteerd. Het betreft de proeven 1 t/m 5, 13 en 18. De overige zijn niet geselecteerd omdat ze onvoldoende betrouwbaar zijn bevonden op grond van een slechte verdeling van de N-trappen en/of omdat de gebruiksnorm ver buiten de N-trappen reeks ligt (zie Figuur 26 en Tabel 77). Bij de proeven 13 en 18 betreft de curve een bijna rechte lijn met onwaarschijnlijk hoge berekende optima tot gevolg. In het gemeten traject echter, werd de N-respons met beide modellen goed beschreven (gelet op de hoge percentages verklaarde variantie) en zijn deze proeven wel bruikbaar voor opbrengstvoorspellingen in het traject 50% tot 100% gebruiksnorm 2006. Van de geselecteerde proeven is in Tabel 79 de respons weergegeven met zowel de polynoom als het exponentieel model bij verlaging van de N-gebruiksnorm 2006. Bij de proeven 1, 2, 4 en 5 was in het traject 50% tot 100% van de gebruiksnorm 2006 het effect op de opbrengst zeer gering. Bij proef 3 was het effect iets sterker: verlaging van de gebruiksnorm naar 50% gaf hier een opbrengstderving van 6-7%. Bij de proeven 13 en 18 was de opbrengstderving bij dit gebruiksnormniveau sterk: respectievelijk 20% en 15-16%. Gemiddeld over alle proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (gem3 in Tabel 79), gaf verlaging tot 85% volgens de polynoom danwel 90% volgens het exponentieel model geen opbrengstderving en gaf verdere verlaging tot 50% van de gebruiksnorm een derving van 4% respectievelijk 3%.

Tabel 79. **Marktbare opbrengst prei (ton per ha) in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef									
		1	2	3	4	5	13	18	Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>	Gem3 <sup>1</sup>
Polynoom	50	46,8	45,5	50,5	39,5	52,0	19,0	27,7	40,2	42,2	40,6
	55	46,9	45,8	51,1	39,8	52,4	19,5	28,5	40,6	42,6	40,9
	60	46,9	46,1	51,8	40,0	52,6	20,0	29,2	40,9	42,9	41,1
	65	46,8	46,3	52,3	40,2	52,8	20,5	29,9	41,3	43,2	41,3
	70	46,8	46,5	52,7	40,4	53,0	20,9	30,6	41,6	43,4	41,5
	75	46,7	46,7	53,1	40,6	53,1	21,4	31,2	41,8	43,6	41,7
	80	46,6	46,8	53,4	40,7	53,2	21,9	31,7	42,0	43,8	41,8
	85	46,4	46,9	53,6	40,8	53,2	22,3	32,3	42,2	43,9	41,9
	90	46,2	46,9	53,8	40,9	53,2	22,8	32,8	42,4	44,0	42,0
	95	46,0	46,9		41,0	53,1	23,2		42,0	42,0	42,0
	100	45,8	46,9		41,1	53,0	23,6		42,1	42,1	42,1
Exponentieel	50	46,3	45,9	50,3	39,9	52,1	19,0	27,7	40,2	42,3	40,7
	55	46,3	46,1	51,0	40,1	52,3	19,5	28,5	40,5	42,5	40,8
	60	46,3	46,2	51,5	40,2	52,5	20,0	29,2	40,8	42,8	41,0
	65	46,3	46,2	52,0	40,3	52,6	20,5	29,9	41,1	43,0	41,2
	70	46,3	46,3	52,5	40,4	52,7	20,9	30,5	41,4	43,2	41,3
	75	46,3	46,3	52,9	40,5	52,8	21,4	31,1	41,6	43,4	41,5
	80	46,3	46,4	53,2	40,5	52,9	21,9	31,7	41,8	43,5	41,6
	85	46,3	46,4	53,6	40,6	53,0	22,3	32,3	42,1	43,7	41,7
	90	46,3	46,4	53,9	40,6	53,0	22,8	32,8	42,3	43,8	41,8
	95	46,3	46,4		40,6	53,1	23,2		41,9	41,9	41,9
	100	46,3	46,4		40,7	53,1	23,7		42,0	42,0	42,0

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven.

Gem2 = gemiddelde van alle proeven op zand en dalgrond (1 t/m 5 en 13).

Gem3 = gemiddelde van de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (1, 2, 4, 5 en 13).

### Financiële effecten

Op basis van de vastgestelde respons en de gemiddelde productprijs per teeltwijze zijn de financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen ingeschat (Tabel 80).

De verschillen tussen de proeven waren aanzienlijk, variërend van een toename van de financiële opbrengst bij verlaging van de gebruiksnorm in proef 1 tot een forse afname in de proeven 13 en 18. Gemiddeld over de proeven gaf verlaging van de gebruiksnorm een derving die al snel honderden euro's per ha bedraagt.

Tabel 80. **Derving financiële opbrengst prei (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Proef									
	1	2	3 <sup>1</sup>	4	5	13	18 <sup>1</sup>	Gem1 <sup>2</sup>	Gem2 <sup>2</sup>	Gem3 <sup>2</sup>
50%	-205	350	1365	440	360	1760	2020	870	680	540
60%	-210	200	900	290	185	1390	1450	600	460	370
70%	-195	95	530	180	65	1030	955	380	285	235
80%	-150	25	250	95	0	680	500	200	150	130
90%	-90	-5	55	35	-25	335	95	60	50	50

1 Derving ten opzichte van de hoogste N-gift in de proef: 225 kg N/ha bij proef 3 en 226 kg N/ha bij proef 18.

2 Gem1 = gemiddelde van alle proeven.

Gem2 = gemiddelde van alle proeven op zand en dalgrond (1 t/m 5 en 13).

Gem3 = gemiddelde van de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (1, 2, 4, 5 en 13).

### N-opname marktbaar product

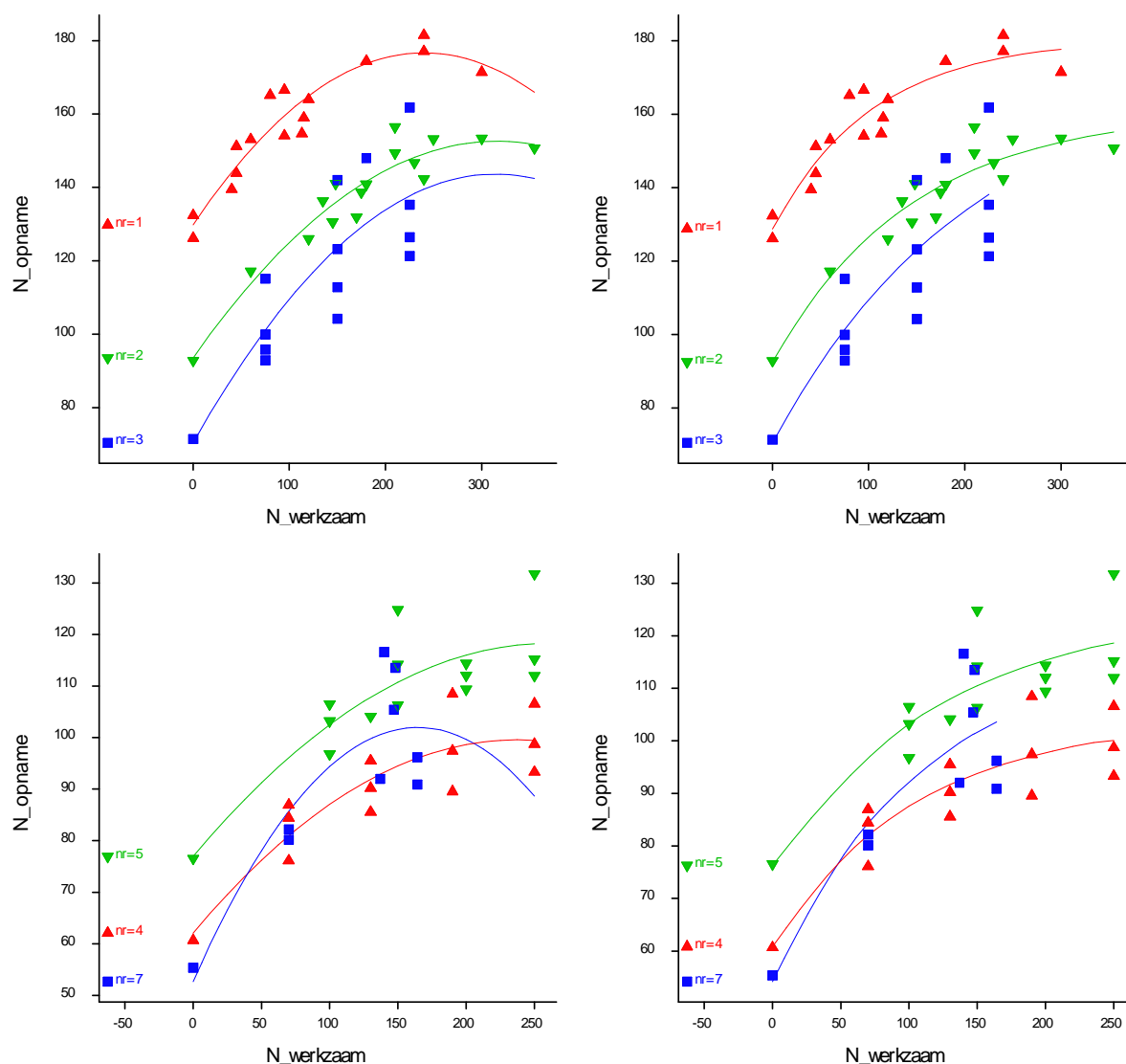
De N-opname in het marktbaar product is vastgesteld in de proeven 1 t/m 5 en 7. Het zijn alle proeven uitgevoerd op zand te Meterik. In Figuur 27 is de respons grafisch weergegeven.

De polynoom resulteerde voor alle zes de proeven in een bergparabool en de exponentiële curve was bij geen van de proeven omgekeerd. In een analyse over alle proeven gezamenlijk (wel met een fit per proef) gaven beide modellen 91% verklaarde variantie en presteerden in dat opzicht dus vergelijkbaar. Naast een significant effect van de N-gift waren er grote, significante niveaoverschillen tussen de proeven. Bij de polynoom trad geen significante interactie op tussen N-gift en proef.

Bij een fit per proef afzonderlijk werd bij beide modellen voor alle proeven een significante relatie gevonden tussen N-gift en N-opname in het marktbaar product. Het percentage verklaarde variantie bedroeg bij de proeven 1 t/m 5 en 7 respectievelijk 89%, 90%, 63%, 75%, 68% en 68% bij de polynoom en 88%, 89%, 62%, 75%, 68% en 66% bij het exponentieel model.

Bij proef 7 lag de gebruiksnorm 2006 ver buiten het bereik van de N-trappen. Het effect van verlaging van de N-gift op de N-opname is daarom alleen nagegaan voor de proeven 1 t/m 5. Het resultaat is weergegeven in Tabel 81.

Beide modellen gaven vrijwel identieke uitkomsten. Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde gemiddeld tot een relatieve daling van de N-opname in het marktbaar product van respectievelijk 1%, 2%, 4%, 7% en 10%.



Figuur 27. N-opname in marktbaare opbrengst prei (kg N per ha) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (boven: polynoom, onder: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 77).

Tabel 81. Gefitte N-opname in marktbaar product prei (kg per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van de tweedegraads polynoom en het exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef					Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>
		1	2	3	4	5		
Polynoom	50	165	130	116	91	107	122	123
	60	170	136	123	94	110	127	127
	70	173	140	128	97	113	130	131
	80	175	144	133	98	116	133	133
	90	176	147	137	99	117	135	135
	100	177	150		100	118	136	136
Exponentieel	50	165	132	116	91	107	122	123
	60	168	136	122	94	110	126	127
	70	171	140	128	96	113	129	130
	80	173	143	133	97	115	132	132
	90	174	146	137	99	117	135	134
	100	176	148		100	118	136	136

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van alle proeven.

Gem2 = gemiddelde van de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen ligt (1, 2, 4 en 5).



### 3.16.3 Discussie

Hoewel er redelijk veel N-bemestingsproeven in prei beschikbaar zijn, is slechts een beperkt aantal hiervan bruikbaar. De meeste proeven zijn niet bedoeld geweest en ook niet opgezet om een N-responscurve af te leiden, maar om bemestingsmethoden, meststoffen of bijmeststrategiën te vergelijken.

In veel proeven zijn de N-trappen deels of geheel de resultante van de toepassing van verschillende bijmeststrategiën. Bij hoge N<sub>min</sub> en/of hoge mineralisatie en/of lage uitspoelingsverliezen tijdens de teelt heeft dat geresulteerd in lage N-giften. Een gevolg is dat deze proeven niet zijn geselecteerd om het effect van een verlaagde gebruiksnorm te bepalen, omdat de gebruiksnorm te ver buiten het bereik van de N-trappen lag. Daarentegen zijn proeven waarbij de N-behoefte tijdens de teelt hoog was, wel geselecteerd. Dit betreft de proeven 13 en 18, waarbij tijdens de teelt veel neerslag en uitspoeling optrad, waardoor er veel is bijbemest en de N-giften hoog uitkwamen.

De selectie van proeven met hoge N-giften en het weglaten van proeven met lage N-giften geeft mogelijk een vertekend beeld over de gevolgen van het verlagen van de gebruiksnorm. Het is maar zeer de vraag in hoeverre de zeven geselecteerde proeven een betrouwbare steekproef vormen om het effect van verlaging van de gebruiksnorm te voorspellen. Een alternatief zou kunnen zijn om de proeven met lage N-giften, waarin wel een betrouwbare N-respons werd gevonden, ook op te nemen in de berekening en daarbij de aanname te doen dat verlaging van de gebruiksnorm tot aan de fysiek optimale N-gift geen effect heeft op de marktbaar opbrengst. Echter, een dergelijke handelswijze zou dan consequent bij alle gewassen moeten worden gevolgd.

De zeven geselecteerde proeven voor de bepaling van het effect van verlaging van de gebruiksnorm op de marktbaar opbrengst, betreffen alle een late herfstteelt. Het effect van eenzelfde fysieke opbrengstderving in de winterteelten is financieel veel sterker door de hogere productprijs van de winterteelten.

Alle zandproeven zijn uitgevoerd op de proeftuin te Meterik. Dit betrof een N-rijke locatie. De grond was er vrij sterk mineraliserend en het beregeningswater bevatte een hoge concentratie nitraat, waardoor via beregening extra stikstof werd aangevoerd (uitgezonderd in de proef van 2001). Er zijn in dit water concentraties gemeten van rond de 200 mg NO<sub>3</sub> per liter (45 mg N per liter), wat bij een beregening tijdens de teelt van bijvoorbeeld 100 mm overeenkomt met een aanvoer van circa 45 kg N per ha. De N-aanvoer via beregening is niet meegeteld als N-gift en zal bovendien wisselend zijn geweest per teelt. De resultaten van de proeven te Meterik kunnen daarom niet zonder meer als representatief worden beschouwd voor de preiteelt op N-arme zandgronden.

## 3.17 Stamslaboon

### 3.17.1 Beschikbare data

In Tabel 82 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren negen proeven beschikbaar, deze lagen alle op kleigrond.
- In de proeven 2, 4 en 5 waren er twee vochtvoorzieningsniveau's
- Bij de proeven 1 t/m 5 is de stikstof zowel éénmalig als gedeeld toegediend.
- In alle proeven is de kunstmest breedwerpig toegediend.
- In alle proeven is de marktbaar opbrengst vastgesteld, de N-opname is niet bepaald.
- Er waren onvoldoende proeven met voldoende N-trappen om de respons goed te kunnen vaststellen.
- De gebruiksnorm 2006 bedraagt 120 kg N per ha.
- Voor de marktbaar opbrengst is uitgegaan van de verse peulopbrengst.

Tabel 82. **Karakterisering gebruikte proeven stamslaboon.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Nmin (0-30 cm, kg/ha)	Nmin (0-60 cm, kg/ha)	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1987	Lelystad	klei	zomergerst/wintertarwe		Nb	3	100	150
2	1988	Lelystad	klei	zomergerst/wintertarwe		67	3	100	150
3	1989	Lelystad	klei	zomergerst/wintertarwe		95	4	50	200
4	1988	Nieuw-Beerta	klei	zomergerst/wintertarwe	56		2	130	195
5	1989	Nieuw-Beerta	klei	zomergerst/wintertarwe	76		2	130	195
6	1990	Lelystad	klei	wintertarwe	30		3	0	120
7	1991	Lelystad	klei	wintertarwe	15		4	0	135
8	1992	Lelystad	klei	wintertarwe	40		4	0	110
9	1991	Nieuw-Beerta	klei	wintertarwe	26		4	0	124

1 Nb = niet bekend

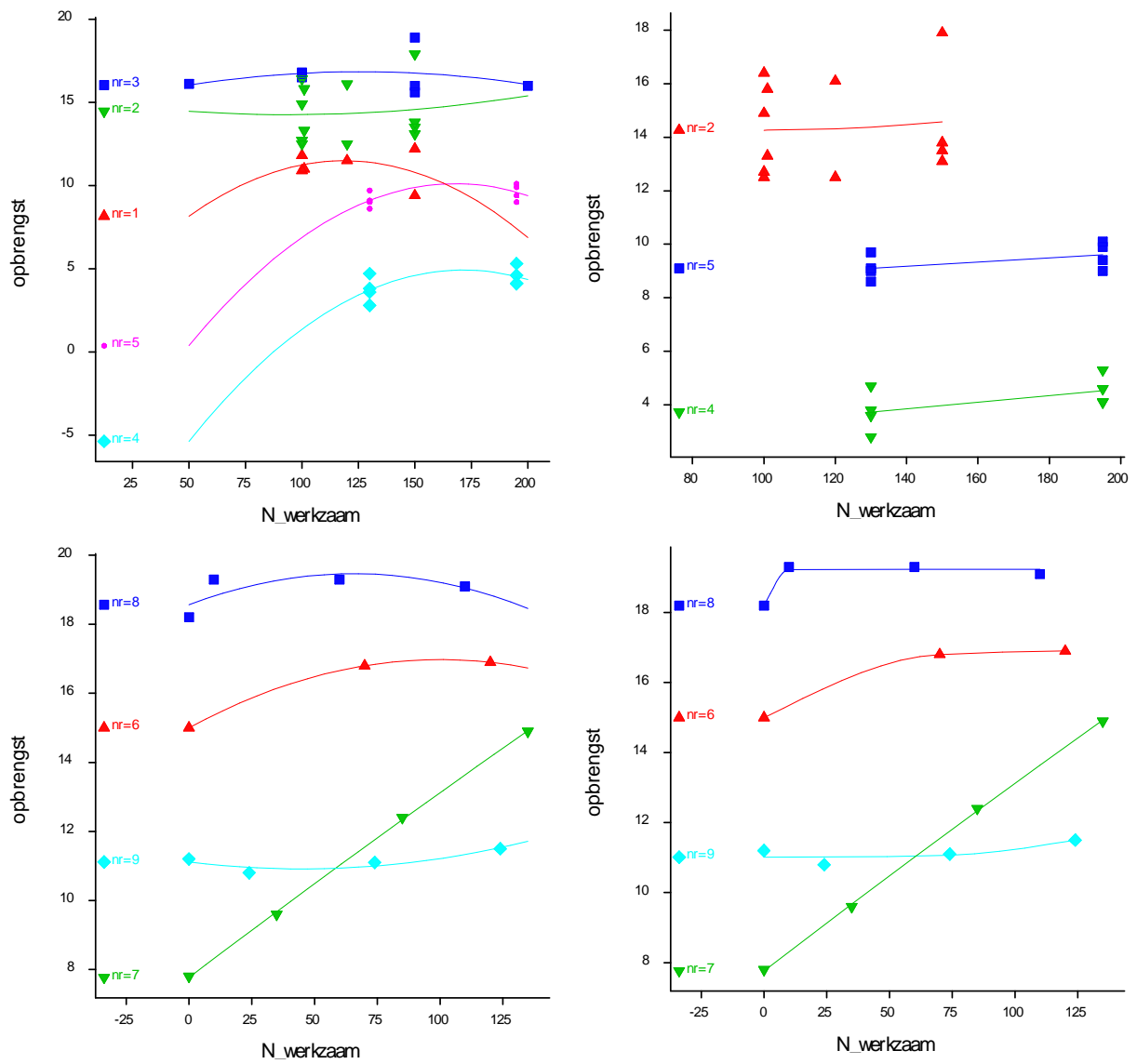
### 3.17.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

De respons in de proeven is weergegeven in Figuur 28. Zoals ook uit Tabel 82 is af te lezen is het aantal N-niveau's bij slechts vier proeven hoger dan drie. Bij maar één van die vier proeven (proef 7) is sprake van een significante relatie tussen de N-gift en de opbrengst. Dit verband is echter een stijgende lijn zonder afbuiging bij hogere N-niveau's.

De gefitte lijnen bij de meeste proeven lopen vrijwel vlak. De percentages verklaarde variantie zijn dan ook heel laag. Voor proef 6 ging de polynoom exact door de punten, omdat er maar drie datapunten beschikbaar waren. Voor het exponentiële model was het resultaat niet beter. Alleen voor proef 7 en 8 was de relatie significant, voor de andere proeven was het verband slecht. Bij het exponentiële model konden proef 1 en 3 niet worden weergegeven in de grafiek.

Bij proef 7 leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20 en 30% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve opbrengstdaling van respectievelijk 4, 9 en 13% (zowel polynoom als exponentieel model).



Figuur 28. Marktbaar opbrengst van stamslaboon (ton per ha) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 82).

## 3.18 Tulp

### 3.18.1 Beschikbare data

In Tabel 83 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 13 proeven beschikbaar waarvan 12 op duinzand en één op lichte zavelgrond.
- Bij proef 7 en 10 is gebruik gemaakt van het plantmateriaal uit respectievelijk proef 5 en 8. Deze proeven geven informatie over cumulatieve effecten van N-bemesting (zie verderop in dit hoofdstuk). In de overige proeven is het éénjarige effect van N-bemesting onderzocht.
- In alle proeven is volvelds bemest en in twee proeven komt daarnaast ook nog beddenbemesting en bladbemesting voor.
- In alle proeven is de N-gift gedeeld.
- In 10 proeven is de cultivar Apeldoorn geteeld, in één proef 'golden Apeldoorn' en in twee proeven 'Leen van der Mark'.
- Er is geteeld met verschillende maat : 6-7 (twee proeven), 7-8 (twee proeven), 8-10 (één proef, nr 12), 8-9 (drie proeven) en 9-10 (5 proeven).
- De proeven hebben alleen kunstmest gekregen, alleen proef 12 heeft ook GFT-compost mest (13 kg werkzame N per ha) gekregen. Proef 12 heeft daarnaast als enige plantgoed in maat 8-10 en als een van de weinige plantgoed van de cultivar 'Leen van der Mark'. Daarmee wijkt deze proef op zoveel punten af dat besloten is de proef niet mee te nemen in verdere analyse. Daarmee komt het totaal aantal proeven op 12.
- Bij proeven 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 en 13 is de hoogste N-trap even hoog als of hoger dan de gebruiksnorm van 200 kg N per ha op zand en bij proef 11 is de hoogste gift hoger dan de gebruiksnorm van 220 kg N per ha op klei.
- Er waren voldoende proeven met voldoende N-trappen en de relatie tussen N-gift en opbrengst was in het algemeen redelijk tot goed.
- De gebruiksnorm voor tulp is 200 kg N per ha op zand en 220 kg N per ha op zavel en klei.

Tabel 83. **Karakterisering gebruikte proeven tulp.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Cultivar	plantmaat	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1992	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	9-10	4	0	250
2	1993	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	9-10	5	0	225
3	2000	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	9-10	5	0	165
4	2001	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	9-10	5	0	178
5	1996	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	6-7	5	0	225
6	1996	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	7-8	5	0	225
7 <sup>1</sup>	1997	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	8-9	5	0	225
8	1997	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	6-7	5	0	225
9	1997	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	7-8	5	0	225
10 <sup>2</sup>	1998	Lisse	duinzand	bloembollen	Apeldoorn	8-9	5	0	225
11	2005	Noordoostpolder	Lichte zavel	onbekend	Leen vd Mark	8-9	3	0	225
12	2003	St Maartensbrug	duinzand	bloembollen	Leen vd Mark	8-10	5	13	126
13	2002	Lisse	duinzand	bloembollen	Golden Apeldoorn	9-10	7	0	200

1 Doorgeteeld uit proef 5

2 Doorgeteeld uit proef 8

### 3.18.2 Resultaten analyse

#### Marktbaar opbrengst

Voor de marktbaar opbrengst van tulp is uitgegaan van het geoogste gewicht per ha, gesommeerd over zowel leverbare bollen als plantgoed.

Er waren geen significante effecten van beddenbemesting en bladbemesting. Wel was er een significant verschil tussen duinzand en lichte zavel, maar omdat er van lichte zavel maar één proef beschikbaar was (proef 11), met een ongewoon lage opbrengst, wordt dit verschil niet aan de grondsoort toegeschreven. Deze proef is vanwege de lage opbrengst niet meegenomen in verdere analyses. Zoals reeds vermeld geldt dat ook voor proef 11 vanwege het afwijkende ras.

In Tabel 84 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 29 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Uit de afzonderlijke analyse per proef blijkt dat voor vijf van de 11 proeven (proeven 11 en 12 zijn uitgesloten) de relatie tussen werkzame N en de marktbaar opbrengst significant is wanneer een polynoom wordt gefit en had de polynoom de goede vorm (bergparabool). Dit betreft proef 2, 3, 4, 7, 10 en 13. In nog eens vier proeven werd wel de goede polynoom verkregen maar was de relatie niet significant. In proef 5 was de relatie niet significant en werd ook niet de goede relatie verkregen (dalparabool).

Voor het exponentiële model werd vrijwel hetzelfde beeld gevonden, met het verschil dat de relatie in proef 1 daar wel significant was. Bij vier proeven (1, 3, 7, 8) was het berekende optimum bij de polynoom hoger dan de gebruiksnorm. Bij het exponentiële model (bij 99% van de maximum opbrengst) gold dat ook voor proef 10. Bij proeven 3, 7 en 8 lag het optimum hoger dan de hoogste N-gift in de proef.

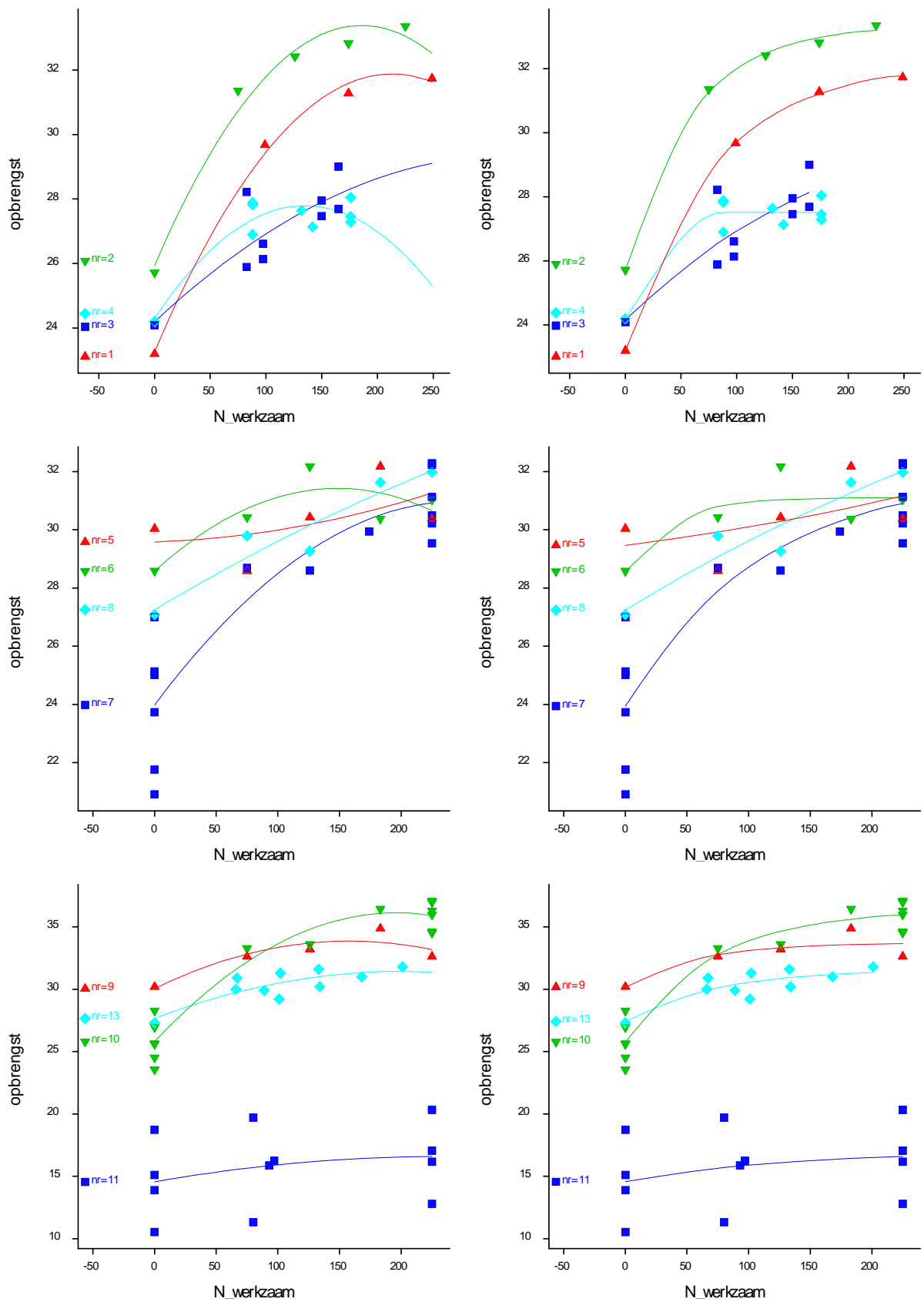
Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 91% voor beide modellen.

Tabel 84. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en marktbaar opbrengst bij tulp en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst.**

Proef	Polynoom					Exponentieel				
	PVV	Max	99	97,5	95	PVV	max	99	97,5	95
1	99	213	172	148	121	100*		251	182	129
2	96*	186	146	124	98	100*		180	127	87
3	62*	320	244	200	150	62*		>500	464	320
4	82*	135	97	75	50	87*		6	4	2
5		<0								
6	50	148	99	70	38	42		74	42	17
7	79*	247	195	165	131	79*		353	253	177
8	81	>500	>500	475	382	81		>500	>500	>500
9	68	158	111	84	53	51		133	81	42
10	93*	196	160	138	114	93*		232	169	122
13	59	200	142	109	71	62		186	120	70

\* significante relatie

In Tabel 85 is de gefitte respons weergegeven bij beide modellen. Gemiddeld over de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag (alle proeven excl. 3,4) leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een relatieve opbrengstdaling van respectievelijk 0, 1, 2, 3 en 4% bij beide modellen. De respons verschilde tussen de proeven. Met name bij proeven 1 en 10 was de respons relatief sterk.



**Figuur 29.** Opbrengst (leverbaar en plantgoed) (ton per ha) tulp in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de verschillende proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 83).

Tabel 85. **Gefitte opbrengst tulp (versgewicht bol, ton per ha) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Gem <sup>1</sup>
Pol	50	29,5	31,8	26,9	27,6	30,0	31,1	28,5	29,6	33,4	33,6	30,5	30,9
	55	29,9	32,1	27,1	27,7	30,1	31,2	28,8	29,8	33,5	34,1	30,7	31,1
	60	30,2	32,4	27,3	27,8	30,1	31,3	29,1	30,0	33,6	34,6	30,8	31,4
	65	30,6	32,7	27,5	27,8	30,2	31,4	29,4	30,2	33,7	35,0	31,0	31,6
	70	30,9	32,9	27,7	27,8	30,3	31,4	29,7	30,4	33,8	35,3	31,1	31,8
	75	31,1	33,1	27,9	27,8	30,4	31,4	29,9	30,6	33,9	35,6	31,2	31,9
	80	31,3	33,2	28,1	27,7	30,5	31,4	30,1	30,8	33,9	35,8	31,3	32,0
	85	31,5	33,3		27,6	30,6	31,4	30,3	31,0	33,8	35,9	31,3	32,1
	90	31,7	33,4			30,7	31,3	30,5	31,2	33,8	36,1	31,4	32,2
	95	31,8	33,4			30,8	31,2	30,6	31,4	33,7	36,1	31,4	32,3
100	31,8	33,3			30,9	31,1	30,7	31,6	33,6	36,1	31,4	32,3	
Exp	50	29,7	32,0	26,9	27,5	30,1	31,0	28,7	29,6	33,1	33,9	30,6	31,0
	55	30,0	32,2	27,1	27,5	30,2	31,0	29,0	29,8	33,2	34,2	30,7	31,2
	60	30,3	32,4	27,3	27,5	30,2	31,0	29,3	30,0	33,3	34,5	30,8	31,3
	65	30,5	32,6	27,5	27,5	30,3	31,0	29,5	30,3	33,4	34,7	30,9	31,5
	70	30,7	32,7	27,7	27,5	30,4	31,1	29,7	30,5	33,4	35,0	31,0	31,6
	75	30,9	32,8	27,9	27,5	30,5	31,1	29,9	30,7	33,5	35,2	31,1	31,7
	80	31,0	32,9	28,1	27,5	30,6	31,1	30,1	30,8	33,5	35,3	31,1	31,8
	85	31,2	33,0		27,5	30,7	31,1	30,2	31,0	33,5	35,5	31,2	31,9
	90	31,3	33,0			30,7	31,1	30,4	31,2	33,6	35,6	31,3	32,0
	95	31,4	33,1			30,8	31,1	30,5	31,4	33,6	35,7	31,3	32,1
100	31,5	33,1			30,9	31,1	30,6	31,6	33,6	35,8	31,3	32,2	

1 Gem = gemiddelde van de proeven exclusief proeven (3,4) waarbij de gebruiksnorm buiten bereik van de N-trappen ligt. Proeven 1, 2 en 5 t/m 10 en 13 zijn meegerekend

### Financiële effecten

De relatieve opbrengstderving in € per ha ten gevolge van een verlaagde N-gift is bij tulp groter dan de relatieve opbrengstderving in kg per ha. Dit komt omdat er een verschuiving optreedt in de geoogste bolmaten. Er zijn dan minder leverbare bollen (groter dan maat 10) en er is relatief meer plantgoed, dat niet altijd gebruikt kan worden en waarvan de waarde onbekend is. Voor tulp geldt een financiële waarde rond €20.000 per ha voor de leverbare bollen, welk bedrag tussen cultivars en jaren enorm kan variëren. Hier wordt een vast bedrag van 20.000 € per ha aangehouden, ongeacht de opbrengst in kg per ha. Door de verschuiving in de maatverdeling zal de hoeveelheid plantgoed (die uiteindelijk gebruikt zal worden) niet snel afnemen. Daardoor kan de financiële opbrengstderving goed geschat worden met de cijfers voor de leverbare bollen.

Hier wordt aangenomen dat de relatie tussen derving van de financiële opbrengst (F, € per ha) en die van de fysieke opbrengst (G, kg per ha, plantgoed en leverbaar) gegeven is door:

$$dF/F = 1.72 dG/G$$

Omdat een vaste financiële opbrengst van 20.000 € per ha is aangehouden, komt een derving van 1% in de kg-opbrengst overeen met een derving van 345 € per ha.

Op basis van de vastgestelde respons kunnen op basis van bovenstaande financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden geschat (Tabel 86). Hiervoor is aangenomen dat waarde van €20.000,- per ha geldt bij de gemiddelde opbrengst in de proeven bij bemesting volgens de gebruiksnorm 2006, 32.23 ton per ha (Tabel 85, gemiddelde van de twee modellen). De financiële derving per procent

fysieke opbrengstderving van €345 geldt dan ook bij dit gemiddelde opbrengstniveau. De derving per kg opbrengstreductie is dan €1,07. Hiermee zijn de financiële effecten uitgerekend voor de afzonderlijke proeven. Gemiddelde over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een daling van de financiële opbrengst met 125, 325, 595, 955 en 1400 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren groot. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -165 tot 795 € per ha.

Tabel 86. **Derving financiële opbrengst (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Pr 1	Pr 2	Pr 5	Pr 6	Pr 7	Pr 8	Pr 9	Pr 10	Pr13	Gem
50	2210	1420	950	50	2220	2110	395	2345	925	1400
60	1495	855	790	-90 <sup>1</sup>	1595	1655	145	1515	605	955
70	935	450	620	-160	1070	1220	-15	885	365	595
80	505	180	430	-165	635	795	-90	430	185	325
90	195	35	220	-110	280	390	-80	140	65	125

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

#### *Meerjarig (dus cumulatief) effect van bemesting (proeven 7 en 10)*

Bij tulpen kunnen meerjarige effecten van bemesting optreden. Bij gebruik van een kleine maat plantgoed, b.v. 6-7 cm omtrek, worden geen leverbare bollen geoogst, maar wel een grotere maat plantgoed, b.v. 8-9 cm omtrek, dat in het volgende jaar uit kan groeien tot leverbare bol met een paar bijbollen die weer als plantgoed kunnen dienen. De bemesting van het kleine plantgoed beïnvloedt het N-gehalte van het geoogst grote plantgoed, en daardoor weer de N-respons van de opbrengst aan leverbare bollen plus plantgoed in het tweede jaar.

Proef 7 en 10 geven informatie over deze meerjarige effecten van N-bemesting. In deze proeven is gebruik gemaakt van een grote maat plantgoed (8-9 cm omtrek) dat in het voorgaande jaar uit een kleine maat plantgoed is geteeld bij N-giften van 0, 75, 125, 175 en 225 kg N per ha (proef 5 en 8). In het tweede jaar zijn de bollen van elk van deze vijf N trappen doorgeteeld met drie N-trappen: 0 kg N per ha, 225 kg N per ha en de N-gift van het eerste jaar. Zo zijn bijvoorbeeld bollen na bemesting met 75 kg N per ha in het eerste jaar, in het tweede jaar met 0, 75 en 225 kg N per ha bemest.

Hierbij varieerde de stikstofinhoud van het plantgoed in proef 7 van 16 tot 34 kg N per ha en in proef 10 van 17 tot 40 kg N per ha, bij gelijk plantgewicht per ha. Het effect van bemesting van het plantgoed op de opbrengst is te zien in figuur 1 bij de giften 0 en 225 kg N per ha in proeven 7 en 10. De spreiding in de punten bij 0 kg N per ha wordt vooral veroorzaakt door de bemesting van het plantgoed in het jaar ervoor. Bij 225 kg N is dat effect niet aanwezig en overheersen andere bronnen van variatie.

Voor de analyse van meerjarige effecten zijn behandelingen genomen met 0, 75, 125, 175 en 225 kg N per ha, geteeld met plantgoed dat geoogst werd van veldjes die in het voorafgaande (eerste) teeltjaar óók die betreffende N-gift (dus resp. 0, 75, 125 etc.) kregen.

In Figuur 30 is de respons per proef weergegeven. De percentages verklaarde variantie (Tabel 87) zijn vrij hoog en de gevonden relaties zijn significant. Bij de polynoom ligt de gift bij maximale opbrengst gemiddeld iets onder de gebruiksnorm (195 kg N per ha).

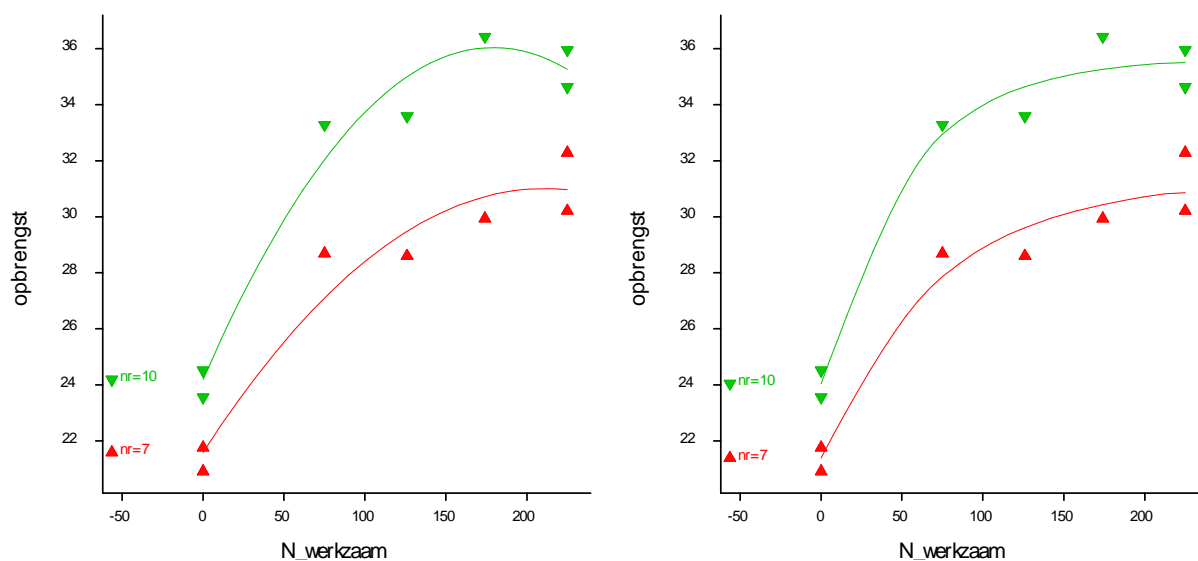
Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een derving van de opbrengst met 0, 1, 2, 4 en 7% (polynoom) en 0, 1, 2, 3, en 5% (exponentieel model) (Tabel 88). In het gebied rond de gebruiksnorm verschilt de respons in de meerjarige proeven dus niet veel van de gemiddelde respons bij alle proeven.



Tabel 87. Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en marktbaar opbrengst bij tulp en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst (meerjarig effect van N-giften).

Proef	Polynoom					Exponentieel				
	PVV	Max	99	97,5	95	PVV	max	99	97,5	95
7	91*	211	173	150	125	94*		243	178	129
10	96*	179	148	130	109	97*		179	132	96

\* significante relatie



Figuur 30. Tweejarig effect van de werkzame N-gift (kg per ha) op de opbrengst van tulp (leverbaar en plantgoed) (ton per ha) bij proeven 7 en 10 (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 83).

Tabel 88. Gefitte opbrengst (ton per ha) tulp in relatie tot meerjarig gelijke N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

N-gift (% van GN)	Polynoom			Exponentieel model		
	Proef 7	Proef 10	gemiddelde	Proef 7	Proef 10	gemiddelde
50	28,4	33,7	31,1	28,9	34,0	31,4
55	28,9	34,3	31,6	29,2	34,3	31,7
60	29,3	34,8	32,0	29,5	34,5	32,0
65	29,6	35,2	32,4	29,7	34,7	32,2
70	29,9	35,5	32,7	29,9	34,9	32,4
75	30,2	35,7	33,0	30,1	35,0	32,6
80	30,5	35,9	33,2	30,3	35,1	32,7
85	30,7	36,0	33,3	30,4	35,2	32,8
90	30,8	36,0	33,4	30,5	35,3	32,9
95	30,9	36,0	33,5	30,6	35,4	33,0
100	31,0	35,9	33,4	30,7	35,4	33,1

### **N-inhoud en –afvoer van de bollen**

Voor analyse van de N-opname is gekeken naar de N-inhoud van de totaal geoogste bollen en de N-afvoer (=N-inhoud marktbaar bollen (incl plantgoedmaten) minus N-aanvoer met plantgoed). Er is gebruik gemaakt van de gegevens uit proef 1 t/m 10 en 13. Bij proef 13 was alleen de N-inhoud van de totaal geoogste bollen bekend.

In Tabel 89 is het percentage verklaarde variantie gegeven van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 31 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 98% voor zowel de polynoom als het exponentieel model.

Uit de afzonderlijke analyse per proef blijkt dat bij alle proeven het percentage verklaarde variantie hoog is en dat de relatie tussen N-gift en de inhoud van de bollen significant is.

Tabel 89. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en N-inhoud van de bollen bij tulp bij zowel de tweedegraads polynoom als het exponentiële model.**

Proef	Polynoom <sup>1</sup>	Exponentieel <sup>1</sup>
1	100	100
2	97	96
3	92	92
4	95	95
5	98	97
6	96	96
7	98	98
8	99	99
9	100	98
10	99	99
13	88	89

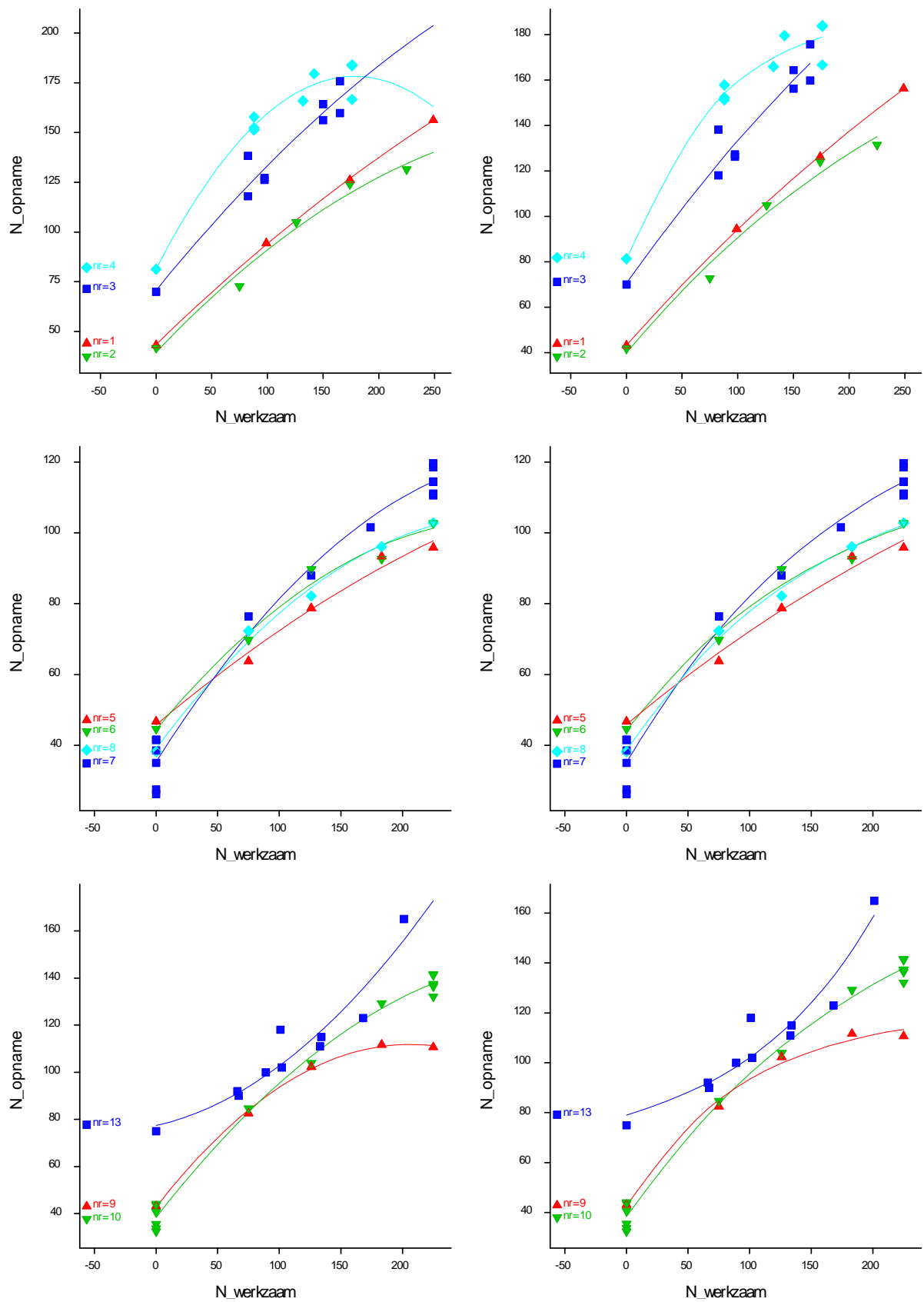
<sup>1</sup> alle relaties zijn significant

In Tabel 90 en 91 is de gefitte N-inhoud en de N-afvoer weergegeven voor de proeven. De uitkomsten waren voor beide modellen vrijwel identiek. Gemiddeld over de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen lag, leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een afname van de N-afvoer van 6, 12, 20, 28 en 36%.

Tabel 90. Gefitte N-inhoud van de geoogste bollen (kg per ha) tulp in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	proef											Gem <sup>1</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	
Pol	50	94	91	133	160	72	79	81	77	94	95	103	87
	55	99	95	139	164	75	82	85	80	97	100	107	91
	60	103	100	144	168	77	84	88	83	100	104	111	95
	65	108	104	150	171	79	86	92	86	102	108	116	98
	70	112	107	155	174	81	89	95	88	105	112	120	101
	75	117	111	160	176	84	91	98	90	107	116	126	104
	80	121	115	165	177	86	93	101	92	108	120	131	107
	85	125	118		178	88	94	103	94	110	123	137	110
	90	129	121			90	96	106	96	111	126	143	113
	95	133	125			92	97	108	98	111	129	149	116
100	137	128			93	99	110	99	112	132	155	118	
Exp	50	94	91	133	159	72	79	82	78	93	96	102	87
	55	99	95	139	163	75	82	86	81	96	100	106	91
	60	103	99	144	166	77	84	89	83	99	104	110	94
	65	108	103	150	169	79	86	92	86	101	108	114	97
	70	112	107	155	172	81	88	95	88	103	112	119	101
	75	117	111	160	174	83	90	98	90	105	115	124	104
	80	121	114	165	176	85	92	100	92	106	119	130	107
	85	125	118		178	88	94	103	94	108	122	136	110
	90	129	121			90	95	105	96	109	125	143	113
	95	133	124			91	97	107	97	110	128	150	115
100	137	128			93	98	110	99	111	131	158	118	

1 Gem = gemiddelde van de proeven exclusief proeven waarbij de gebruiksnorm buiten bereik van de N-trappen ligt. Proeven 1, 2 en 5 t/m 10 en 13 zijn meegerekend



Figuur 31. N-inhoud van de geogste bollen (kg per ha) van tulip in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links polynoom, rechts exponentieel; proefnummers verwijzen naar Tabel 83).

Tabel 91. N-afvoer van de geogste bollen (kg per ha) tulp in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef										Gem**
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N-plantgoed (kg/ha)		38	55	60	73	35	31	27*	33	43	32*	
Polynoom	50	56	36	73	87	37	48	54	44	51	63	49
	55	61	40	79	91	40	51	58	47	54	68	52
	60	65	45	84	95	42	53	62	50	57	72	56
	65	70	49	90	98	44	56	65	53	60	76	59
	70	74	52	95	101	47	58	68	55	62	80	62
	75	79	56	100	103	49	60	71	57	64	84	65
	80	83	60	105	104	51	62	74	59	65	88	68
	85	87	63		105	53	63	76	61	67	91	70
	90	91	67			55	65	79	63	68	94	73
	95	96	70			57	66	81	65	68	97	75
100	100	73			58	68	83	66	69	100	77	
Exp	50	56	36	73	86	37	48	55	45	50	64	49
	55	61	40	79	90	40	51	59	48	53	68	52
	60	65	44	84	93	42	53	62	50	56	72	55
	65	70	48	90	96	44	55	65	53	58	76	59
	70	74	52	95	99	46	57	68	55	60	80	61
	75	79	56	100	101	48	59	71	57	62	83	64
	80	83	59	105	103	50	61	73	59	63	87	67
	85	87	63		105	53	63	76	61	65	90	70
	90	91	66			55	64	78	63	66	93	72
	95	95	69			56	66	80	64	67	96	74
100	99	73			58	67	83	66	68	99	77	

\* De N-inhoud van het plantgoed is bij proeven 7 en 10 gemiddeld over de behandelingen om de respons van de N-afvoer te berekenen

\*\* Het gemiddelde is berekend over de proeven waarbij de gebruiksnorm lager was dan de hoogste N-trap. Proeven 3 en 4 zijn buiten beschouwing gelaten.

### 3.18.3 Discussie

Het effect op de bloemkwaliteit loopt bij tulp in het algemeen parallel aan het effect in de bolopbrengst: de gift die optimaal is voor de bolopbrengst, is in het algemeen ook optimaal voor de bloemkwaliteit. Het meerjarig effect wijkt niet veel af van het eenjarig effect van N-bemesting op de opbrengst. Een goede vergelijking is echter niet te maken, omdat het meerjarig effect hier op twee proeven berust, en het eenjarig effect op veel meer proeven.

## 3.19 Lelie

Leliecultivars zijn in een aantal groepen in te delen. Voorheen waren er drie hoofdgroepen: Aziaten, Orientals en Longiflorums. In het afgelopen decennium zijn daar nog een aantal groepen hybriden bijgekomen. Er zijn van twee groepen leliecultivars proeven beschikbaar: van Aziaten en Orientals. Deze groepen zijn apart geanalyseerd.

De wettelijke N-gebruiksnorm voor lelie in 2006 is 155 kg N per ha op zand en 170 kg N per ha op zavel en klei.

### 3.19.1 Beschikbare proeven Orientals

In Tabel 92 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren zes proeven beschikbaar, deze lagen alle op duinzandgrond.
- Alle proeven zijn volvelds bemest en de giften zijn gedeeld. Binnen twee proeven komt ook een eenmalige bemesting voor.
- Het aantal N-niveaus liep uiteen van 3 tot 5.
- In proef 2 is voor de teelt 40 ton stalmest per ha toegepast, bij de andere proeven is geen organische mest gebruikt.
- Bij vier proeven lag de N-gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen.
- Alle proeven zijn uitgevoerd met de cultivar Stargazer.
- Met de N-gift wordt steeds de toegediende dosis werkzame N bedoeld (vrijwel steeds kunstmest, behalve in proef 2, daar werd stalmest toegediend in voorjaar en werd met een N-werking van 40% gerekend).

Tabel 92. **Karakterisering gebruikte proeven met Oriental-lilie.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Cultivar	plantmaat	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
1	1989	Breezand	duinzand	NB*	Stargazer	9-12	5	0	200
2	1990	Breezand	duinzand	NB	Stargazer	8-10	5	130	300
3	1991	Breezand	duinzand	NB	Stargazer	8-10	5	0	200
4	1991	Breezand	duinzand	NB	Stargazer	8-10	3	0	150
5	1992	Breezand	duinzand	NB	Stargazer	8-10	3	0	100
6	1992	Breezand	duinzand	NB	Stargazer	8-10	5	0	200

### 3.19.2 Resultaten analyse Orientals

Als opbrengstparameter is het gewicht per 100 geogste bollen gekozen, omdat deze voor de meeste proeven beschikbaar was.

In Tabel 93 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 32 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 96 en 92% voor respectievelijk de polynoom en het exponentieel model. Met laatstgenoemd model wordt dus een iets minder goed resultaat bereikt.

Tabel 93. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en opbrengst oriental-lelie en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst.**

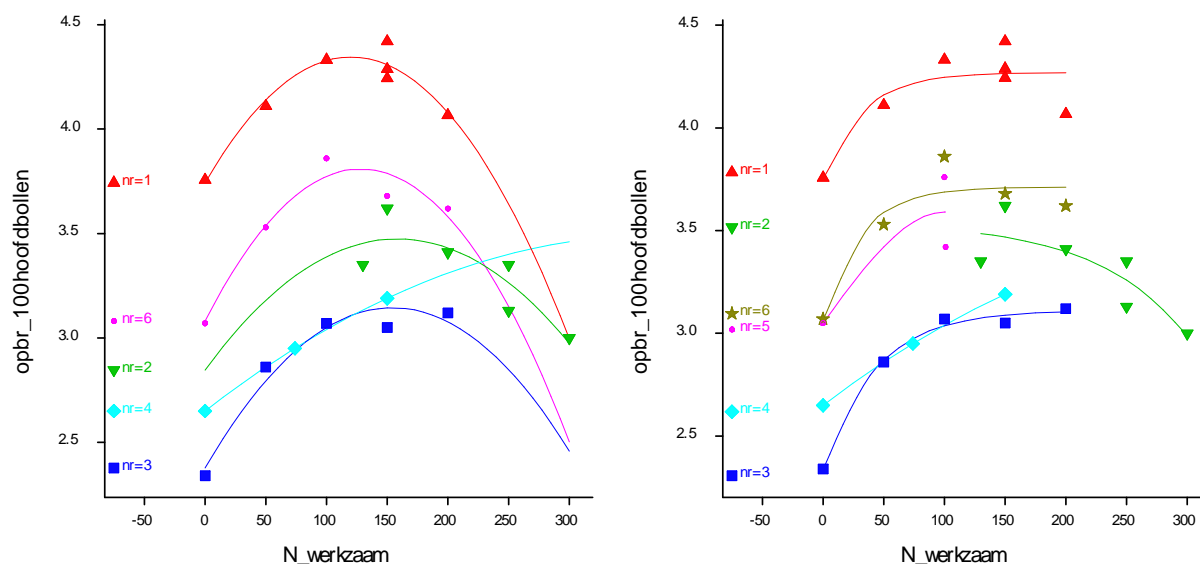
Proef	Polynoom					Exponentieel				
	PVV	Max	99	97.5	95	PVV	max	99	97.5	95
1	91*	120	88	69	48	61	80	51	28	
2	59	159	121	100	75	53	97	154	216	
3	92*	154	123	105	84	99	138	98	69	
4	*	376	300	255	205	*	>500	>500	>500	
5	*	51	45	42	38	*	8	5	3	
6	88*	128	99	82	63	76	86	58	37	

\* significante relatie

In Figuur 32 is te zien dat de opbrengst in een aantal proeven daalt bij een hoge gift. Dat verklaart waarom in dit geval de polynoom meer variantie verklaart dan het exponentiële model. De polynomen lopen goed door de datapunten heen, hetgeen voor proef 1, 3 en 6 resulteert in een significante relatie tussen de N-gift en de opbrengst per 100 geoogste hoofdbollen. De zwakke respons bij proef 2 vloeit voort uit het feit dat daar voorafgaand aan de proef stalmest was toegediend. Het laagste N-niveau ligt daarmee rond de 130 kg N per ha (geschatte N-werking mest plus 30 kg per ha kunstmest N). Omdat lagere N-niveaus ontbreken is het lastig een goede respons te schatten en wordt deze proef niet betrokken bij het berekenen van de gemiddelde respons. Proef 4 en 5 hebben slechts drie meetpunten en daardoor loopt de polynoom per definitie door de datapunten. Een betrouwbare curve is daardoor niet te fitten. Deze proeven worden derhalve niet gebruikt voor berekening van opbrengstreductie.

Bij de analyse per afzonderlijke proef bleek, dat de percentages verklaarde variantie bij het exponentiële model in het algemeen wat lager zijn dan bij de polynoom. Voor proef 4 steeg de curve nog, hetgeen resulteerde in een extreem hoge N-gift bij 99% van de maximale opbrengst.

Bij proeven 1, 3 en 6 lag de optimale gift bij de polynoom lager dan de gebruiksnorm, bij proeven 2 en 4 erboven. Bij het exponentieel model lag ook in proef 2 het optimum (99%- punt) lager dan de gebruiksnorm. Alleen bij proef 4 lag het berekende optimum hoger dan de hoogste gift in de proef, bij beide modellen. Het opbrengstniveau verschilde aanzienlijk tussen de proeven (Figuur 32).



Figuur 32. **Opbrengst oriental lelie (kg per 100 geoogste hoofdbollen) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de verschillende proeven (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 92; de polynoom van proef 5 is niet in de figuur opgenomen, omdat deze een irreal hoog optimum vertoonde tussen de drie meetpunten).**

In Tabel 94 is de gefitte opbrengst weergegeven bij N-giften in de range 50 – 100% van de gebruiksnorm 2006 (155 kg werkzame N per ha). Gemiddeld over de proeven waarbij de gebruiksnorm binnen de range ligt van de N-trappen leidde verlaging van de gebruiksnorm tot een opbrengstdaling van 0, 0, 0, 1, en 3% (polynoom) en 0, 0, 1, 1 en 2% (exponentieel model). Hoewel het opbrengstniveau verschilt tussen de proeven, verschilden optimale N-gift en helling van de respons weinig tussen de proeven.

Tabel 94. **Gefitte opbrengst oriental-lelie (kg per 100 geoogste hoofdbollen) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	Proef				Gem <sup>1</sup>
		1	3	6		
Polynoom	50	4,27	2,95	3,70	3,64	
	55	4,30	2,99	3,73	3,67	
	60	4,32	3,02	3,75	3,70	
	65	4,33	3,05	3,78	3,72	
	70	4,34	3,08	3,79	3,74	
	75	4,35	3,10	3,80	3,75	
	80	4,35	3,12	3,81	3,76	
	85	4,34	3,13	3,81	3,76	
	90	4,33	3,14	3,80	3,76	
	95	4,32	3,14	3,79	3,75	
	100	4,30	3,14	3,78	3,74	
Exponentieel	50	4,22	2,99	3,66	3,62	
	55	4,23	3,01	3,67	3,64	
	60	4,24	3,02	3,68	3,65	
	65	4,25	3,04	3,69	3,66	
	70	4,25	3,05	3,69	3,67	
	75	4,26	3,06	3,70	3,67	
	80	4,26	3,07	3,70	3,68	
	85	4,26	3,08	3,70	3,68	
	90	4,26	3,08	3,71	3,68	
	95	4,26	3,09	3,71	3,69	
	100	4,26	3,09	3,71	3,69	

1 Gem1 = gemiddelde van de proeven (exclusief proeven waarbij de gebruiksnorm buiten bereik van de N-trappen ligt)

#### *Financiële effecten*

Voor berekening van de financiële opbrengstderving is uitgegaan van de waarde van de opbrengst bij gebruik van grof plantgoed. De leverbare opbrengst heeft daarbij een waarde van € 48.000 per ha, bij 400.000 stuks à € 0.12 per stuk (Schreuder en Van der Wekken, 2005). Er wordt geen plantgoed geoogst. 1% opbrengstderving kost dus € 480.

Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden geschat (Tabel 95). Hiervoor is aangenomen dat waarde van € 48.000 per ha geldt bij de gemiddelde opbrengst in de proeven bij bemesting volgens de gebruiksnorm, 3.713 kg/100 geoogste bollen (Tabel 94 gemiddelde van de twee modellen). De financiële derving van € 254 bij 1% fysieke opbrengstderving geldt dan bij afname van de opbrengst van 0.037 kg per 100 geoogste bollen. Hiermee zijn de financiële effecten uitgerekend voor de afzonderlijke proeven. Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een daling van de financiële opbrengst met, -85, -35, 165, 520 en 1055 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren groot. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -280 tot 335 € per ha.



Tabel 95. **Derving financiële opbrengst oriental lelie (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Pr 1	Pr 3	Pr 6	Gem
50	435	1910	825	1055
60	30	1215	315	520
70	-205 <sup>1</sup>	700	-5	165
80	-280	335	-155	-35
90	-210	105	-155	-85

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

### 3.19.3 Discussie Oriental

Alle proeven zijn uitgevoerd op duinzandgrond begin jaren negentig. Orientals worden nu echter vooral op dekzand geteeld. De N-respons zou hier en nu kunnen afwijken van die op duinzand in de proeven, door verschillen in groei, mineralisatie en vochthoudend vermogen van de grond.

### 3.19.4 Beschikbare proeven Aziaten

In Tabel 96 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren 25 proeven beschikbaar waarvan 20 op zandgrond (West-Nederland/Noordoostpolder), en vijf op zavelgrond.
- In alle proeven is alleen kunstmest toegediend, volvelds in een gedeelde gift.
- Het aantal N-trappen liep uiteen van drie tot 10. In proeven 7 t/m 16 en 30 t/m 52 is de hoogste gift hoger dan de N-gebruiksnormen van 155 kg N per ha op zand en 170 kg N per ha op klei. In proef 20 t/m 24 is de hoogste gift net lager dan de gebruiksnorm op zand, namelijk 150 kg N per ha.
- In proeven 22 en 23 zijn er twee cultivars. In de overige proeven is één cultivar onderzocht.
- De cultivar 'Enchantment' is de meest gebruikte. Verder zijn de cultivars 'Connecticut King', 'Aristo', 'Yellow Blaze' en 'Sterling Star' gebruikt. De plantmaat varieerde van 6 – 8 tot 9 – 11 en 8 – 12, en is niet bij alle proeven vermeld.
- In proeven 10 en 12 zijn de lelies op ruggen geteeld, in de andere proeven op bedden.

Tabel 96. **Karakterisering gebruikte proeven met aziatische lelie.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Cultivar	plantmaat	N-niveaus		
							Aantal	Min	Max
7	1979	Breezand	duinzand	NB*	Entchantment	6-8	7**	0	300
8	1980	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	6-8	11**	0	300
9	1981	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	6-8	7**	0	450
10	1981	Wieringerwerf	zavel	NB	Entchantment	6-8	7**	0	375
11	1982	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	6-8	10**	0	375
12	1982	Wieringerwerf	zavel	NB	Entchantment	6-8	10**	0	375
13	1983	Ens	zand	NB	Entchantment	8-10	6**	0	375
15	1983	Wieringerwerf	zavel	NB	Entchantment	NB	8**	0	200
16	1984	Ens	zand	NB	Entchantment	8-10	6	0	375
20	1990	Creil	lichte zavel	NB	Entchantment	8-10	3	75	150
21	1991	Creil	lichte zavel	NB	Connecticut King	8-10	3	60	150
22	1991	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	8-12	3	0	150
					Aristo	8-11			
23	1991	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	9-11	3	0	150
					Aristo	8-10			
24	1992	Creil	zand	NB	Connecticut King	8-10	3	0	150
30	1983	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	7-9	6**	0	375
31	1983	Breezand	duinzand	NB	Connecticut King	7-9	6**	0	375
32	1983	Breezand	duinzand	NB	Yellow Blaze	7-9	6**	0	375
33	1983	Breezand	duinzand	NB	Aristo	7-9	6**	0	375
34	1983	Breezand	duinzand	NB	Sterling Star	7-9	6**	0	375
40	1984	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	NB	4**	0	225
41	1984	Breezand	duinzand	NB	Aristo	NB	4**	0	225
42	1984	Breezand	duinzand	NB	Connecticut King	NB	4**	0	225
50	1985	Breezand	duinzand	NB	Entchantment	7-9	4**	0	225
51	1985	Breezand	duinzand	NB	Aristo	6-8	4**	0	225
52	1985	Breezand	duinzand	NB	Connecticut King	6-8	4**	0	225

\*NB = niet bekend. \*\* bij één N-niveau kunnen er verschillende behandelingen zijn, met uiteenlopende timing en deling van de giften.

### 3.19.5 Resultaten analyse Aziaten

#### Marktbaar opbrengst

Als opbrengstparameter is het gewicht per 100 geogste hoofdbollen gekozen, omdat deze voor de meeste proeven beschikbaar was.

In Tabel 97 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 33 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie voor beide modellen 92%.

Uit de analyse per afzonderlijke proef blijkt dat de respons sterk verschilde tussen de proeven. In proeven 10, 12, 16, 20 en 33 nam de opbrengst af met toename van de gift werkzame N. Bij proeven 30, 31, 32 en 34 werd alleen bij het exponentiële model een curve gefit die over het hele traject daalt. Bij de polynoom was er in deze proeven wel een optimum hoger dan 0. Bij proef 30 lag echter het 99% -punt al lager dan 0. Bij proef 10, 21 en 24 werd een dalparabool gefit in plaats van een bergparabool en was ook de exponentiële curve 'omgeklapt'.

Bij proef 23 blijken twee van de drie N-trappen vlak bij elkaar te liggen, waardoor het onmogelijk is een betrouwbare curve te fitten. Verder is er bij proeven 20, 21, en 24 slechts sprake van drie meetpunten waardoor het niet goed mogelijk is een curve te fitten. Daarom worden proeven 20, 21, 23 en 24 niet meegenomen in de verdere analyse.

Daarnaast blijkt bij proeven 13, 15 en 30 t/m 34 de N-respons zwak te zijn. Dit zou een jaareffect kunnen zijn: deze proeven zijn alle in 1983 uitgevoerd.

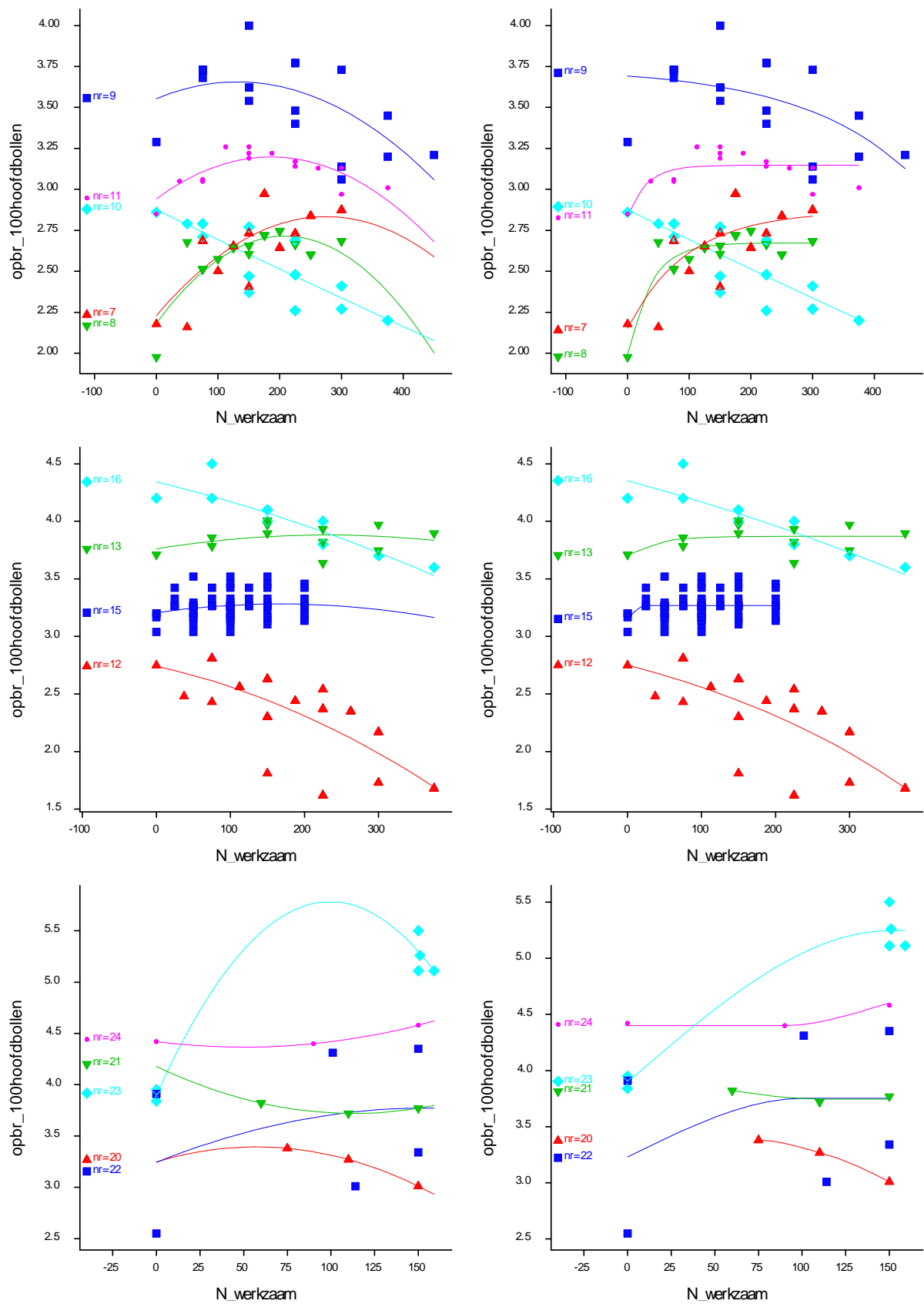
Bij de polynoom was de optimale gift in 13 proeven hoger dan de gebruiksnorm. Bij het exponentiële model was dat het geval bij acht proeven.

Tabel 97. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en opbrengst aziatische lelie en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst.**

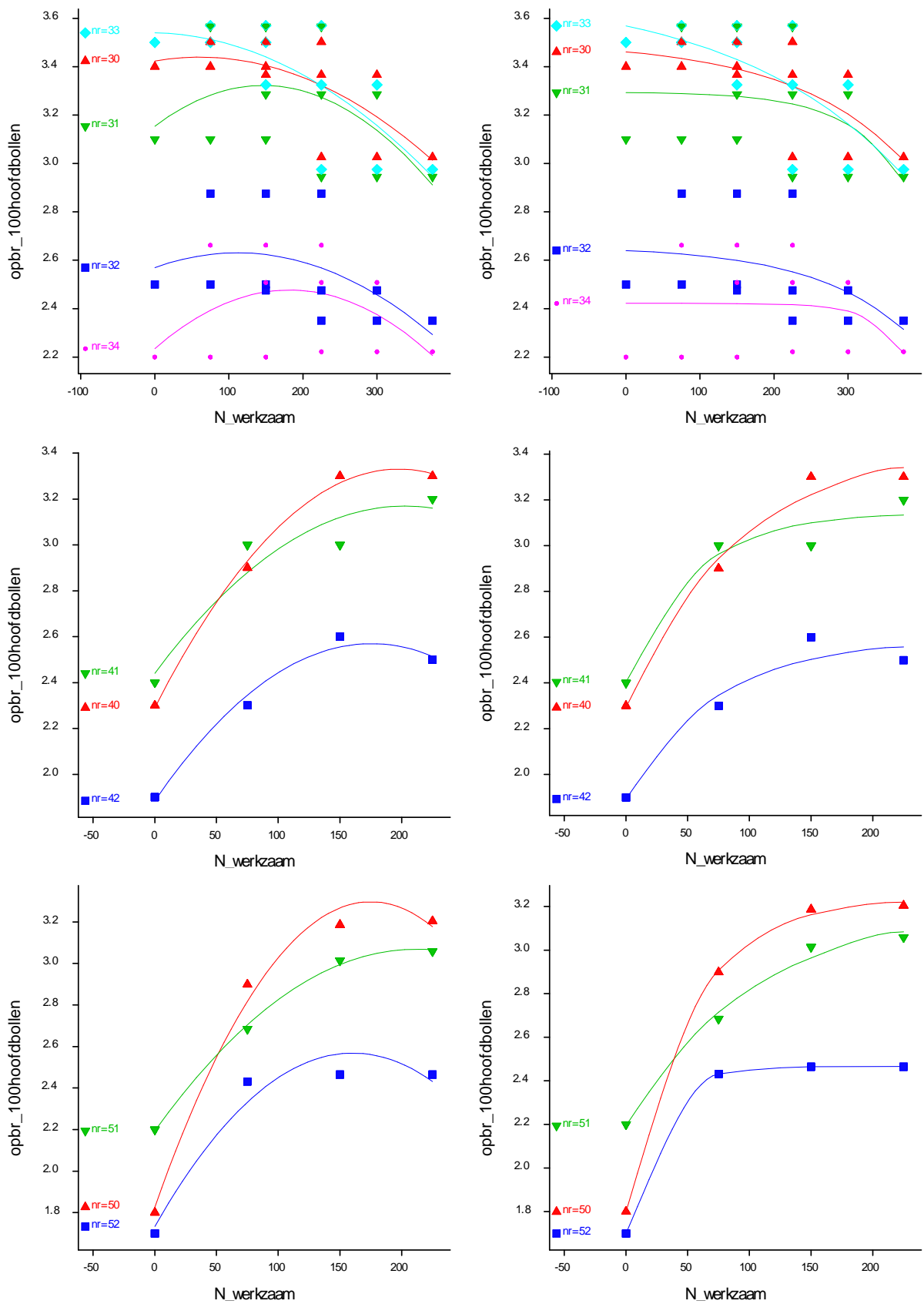
Proef	Polynoom					Exponentieel				
	PVV	Max	99	97,5	95	PVV	max	99	97,5	95
7	50*	275	215	181	145	52*		312	223	156
8	66*	209	161	134	103	82*		120	86	60
9	61*	132	53	7	-44	23*		<0	109	235
10	59*	>500	>500	>500	>500	61*		>500	>500	>500
11	49*	186	120	82	39	21*		70	42	21
12		<0	<0	<0	<0	49		<0	<0	<0
13	2	231	99	23	<0	2		52	19	<0
15	77	168	58	<0	<0	76		3	1	<0
16	51*	<0	<0	<0	<0	51*		<0	<0	<0
20		57	30	14	<0			13	61	97
21		113								
22		155	114	90	63			8	5	3
23	95*	100	82	72	61	93*		14	10	7
24		50								
30	37*	61	<0	<0	<0	36		<0	113	219
31	9	146	81	44	1	1		195	263	315
32	7	112	38	<0	<0	3		49	166	254
33	46*	<0	<0	<0	<0	45*		<0	<0	46
34	3	182	124	90	52			10	6	3
40	100*	198	162	142	118	98*		310	229	167
41	89*	203	160	136	108	95*		168	119	82
42	98*	176	141	122	99	94*		232	167	119
50	99*	175	149	134	116	100*		194	147	112
51	100*	212	172	149	123	99*		351	258	187
52	94*	160	132	116	97	100*		83	61	44

\* significante relatie

In Tabel 98 is de gefitte respons weergegeven bij N-giften in de range 50 – 100% van de gebruiksnorm 2006 (155 kg werkzame N per ha). Gemiddeld over de proeven waarbij de N-gebruiksnorm in het bereik van de N trappen lag (proef 7 – 18 en 30 - 52) leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstdaling van 0, 1, 1, 2, en 3% (polynoom) en 0, 0, 0, 1, en 1% (exponentieel model). Wanneer de proeven met een negatieve respons weggelaten worden bedroeg de derving 1, 1, 2, 4, en 5% (polynoom) en 0, 1, 2, 3, en 4 % (exponentieel model).



Figuur 33. Opbrengst aziatische lelie (kg per 100 geogste hoofdbollen) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 96).



Figuur 33 (vervolg). **Opbrengst aziatische lolie (kg per 100 geogste hoofdbollen) in relatie tot de werkzame N-gift (kg per ha) bij de proeven (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 96).**

Tabel 98. **Gefitte opbrengst aziatische lelie (kg per 100 geogste hoofdbollen) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Mo del	N-gift (% van GN)	Proef																						Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>
		7	8	9	10	11	12	13	15	16	22	30	31	32	33	34	40	41	42	50	51	52			
P O L Y N O O M	50	2,52	2,51	3,64	2,73	3,11	2,61	3,83	3,26	4,21	3,64	3,44	3,29	2,63	3,51	2,40	2,95	2,89	2,36	2,84	2,72	2,35	2,99	2,89	
	55	2,55	2,53	3,64	2,72	3,12	2,59	3,83	3,26	4,20	3,67	3,44	3,29	2,63	3,51	2,41	2,99	2,93	2,39	2,91	2,76	2,39	3,00	2,91	
	60	2,57	2,55	3,65	2,71	3,13	2,58	3,84	3,27	4,18	3,69	3,44	3,30	2,63	3,50	2,42	3,04	2,96	2,42	2,97	2,79	2,42	3,02	2,93	
	65	2,59	2,57	3,65	2,69	3,15	2,56	3,84	3,27	4,17	3,71	3,43	3,31	2,63	3,49	2,43	3,08	2,99	2,45	3,03	2,83	2,45	3,03	2,95	
	70	2,61	2,59	3,65	2,68	3,15	2,54	3,85	3,27	4,15	3,73	3,43	3,31	2,63	3,49	2,44	3,12	3,01	2,47	3,09	2,86	2,48	3,04	2,97	
	75	2,63	2,61	3,66	2,66	3,16	2,53	3,85	3,28	4,14	3,74	3,43	3,32	2,63	3,48	2,45	3,15	3,04	2,49	3,13	2,89	2,51	3,05	2,99	
	80	2,65	2,63	3,66	2,65	3,17	2,51	3,86	3,28	4,12	3,75	3,42	3,32	2,63	3,47	2,45	3,19	3,06	2,51	3,17	2,92	2,53	3,06	3,00	
	85	2,67	2,64	3,66	2,64	3,18	2,49	3,86	3,28	4,11	3,76	3,42	3,32	2,63	3,46	2,46	3,22	3,08	2,53	3,21	2,94	2,54	3,07	3,01	
	90	2,69	2,66	3,66	2,62	3,18	2,47	3,86	3,28	4,09	3,77	3,41	3,32	2,63	3,45	2,46	3,24	3,10	2,54	3,24	2,97	2,55	3,07	3,03	
	95	2,70	2,67	3,66	2,61	3,19	2,45	3,87	3,28	4,08	3,77	3,41	3,32	2,62	3,44	2,47	3,26	3,12	2,55	3,26	2,99	2,56	3,08	3,03	
100	2,72	2,68	3,65	2,59	3,19	2,43	3,87	3,28	4,06	0,00	3,40	3,32	2,62	3,43	2,47	3,28	3,13	2,56	3,28	3,01	2,57	3,08	3,04		
E X P O N E N T I E E L	50	2,55	2,59	3,67	2,73	3,12	2,61	3,85	3,27	4,21	3,75	3,43	3,29	2,63	3,51	2,42	2,96	2,97	2,36	2,92	2,73	2,43	3,01	2,95	
	55	2,57	2,61	3,66	2,72	3,13	2,59	3,86	3,27	4,20	3,75	3,43	3,29	2,62	3,50	2,42	3,00	3,00	2,38	2,97	2,76	2,44	3,02	2,97	
	60	2,60	2,62	3,66	2,71	3,13	2,57	3,86	3,27	4,18	3,75	3,43	3,29	2,62	3,49	2,42	3,03	3,02	2,40	3,01	2,79	2,45	3,03	2,99	
	65	2,62	2,63	3,65	2,69	3,14	2,56	3,86	3,27	4,17	3,75	3,42	3,29	2,62	3,49	2,42	3,07	3,03	2,42	3,04	2,82	2,45	3,03	3,00	
	70	2,64	2,64	3,65	2,68	3,14	2,54	3,86	3,27	4,15	3,75	3,42	3,29	2,62	3,48	2,42	3,10	3,05	2,44	3,07	2,85	2,46	3,04	3,01	
	75	2,65	2,64	3,65	2,66	3,14	2,52	3,86	3,27	4,14	3,75	3,41	3,28	2,61	3,47	2,42	3,13	3,06	2,45	3,09	2,87	2,46	3,04	3,02	
	80	2,67	2,65	3,64	2,65	3,14	2,51	3,87	3,27	4,12	3,75	3,41	3,28	2,61	3,46	2,42	3,15	3,07	2,47	3,11	2,90	2,46	3,04	3,03	
	85	2,69	2,65	3,64	2,64	3,14	2,49	3,87	3,27	4,11	3,75	3,40	3,28	2,61	3,45	2,42	3,17	3,08	2,48	3,13	2,92	2,46	3,04	3,04	
	90	2,70	2,66	3,63	2,62	3,14	2,47	3,87	3,27	4,09	3,75	3,40	3,28	2,60	3,44	2,42	3,20	3,09	2,49	3,14	2,94	2,46	3,05	3,05	
	95	2,71	2,66	3,63	2,61	3,15	2,45	3,87	3,27	4,07	3,75	3,39	3,28	2,60	3,43	2,42	3,22	3,10	2,50	3,16	2,96	2,46	3,05	3,06	
100	2,72	2,66	3,62	2,59	3,15	2,43	3,87	3,27	4,06	0,00	3,39	3,28	2,60	3,42	2,42	3,23	3,10	2,51	3,17	2,98	2,47	3,05	3,06		

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van de proeven (exclusief proeven waarbij de gebruiksnorm buiten bereik van de N-trappen ligt) Gem2 = gemiddelde van de proeven met een positieve N-respons in het gemeten traject en de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen. Wegens negatieve N-respons zijn proeven 10, 12, 16, 20, 22, 30 en 33 niet in Gem2 verrekend. bij de polynoom en de exponentieel. Proeven 31, 32 en 34 zijn alleen bij de exponentieel niet meegerekend.

### Financiële effecten

Voor berekening van de financiële opbrengstderving is uitgegaan van de waarde van de opbrengst bij gebruik van grof plantgoed. De leverbare opbrengst heeft daarbij een waarde van € 45.500, bij 650.000 stuks à € 0.07 per stuk (Schreuder en Van der Wekken, 2005). 1% opbrengstderving kost dus € 455. Daarnaast wordt er plantgoed geoogst, 5000 kg. Hiervoor is geen waarde gegeven. Als uitgegaan wordt van een gelijke kg prijs als leverbare bollen en een gemiddeld bolgewicht van 30,6 g bij 100% van de gebruiksnorm (Tabel 97), bedraagt de waarde van dit plantgoed € 11430. De totale waarde van de oogst is dan, afgerond, € 57.000. 1% opbrengstderving hierbij kost € 570.

Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden geschat (Tabel 99). Hiervoor is aangenomen dat waarde van € 48.000 per ha geldt bij de gemiddelde opbrengst in de proeven bij bemesting volgens de gebruiksnorm, 3.062 kg/100 geoogste bollen (Tabel 98, gemiddelde van de twee modellen). De financiële derving van € 570 bij 1% fysieke opbrengstderving geldt dan bij afname van de opbrengst van 0,031 kg per 100 geoogste bollen. Hiermee zijn de financiële effecten uitgerekend voor de afzonderlijke proeven. Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een daling van de financiële opbrengst met -35, -30, 15, 100 en 225 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren groot. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -1400 tot 1665 € per ha.

Tabel 99. **Derving financiële opbrengst aziatische lelie (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Pr 7	Pr 8	Pr 9	Pr 10	Pr 11	Pr 12	Pr 13	Pr 15	Pr 16	Pr 30
50	3475	2310	-260 <sup>1</sup>	-2605	955	-3285	525	205	-2845	-775
60	2595	1610	-270	-2080	650	-2685	370	140	-2300	-675
70	1820	1050	-255	-1560	410	-2060	245	85	-1740	-550
80	1130	610	-205	-1040	230	-1400	145	45	-1175	-395
90	525	265	-120	-520	95	-715	65	15	-595	-210

	Pr 31	Pr 32	Pr 33	Pr 34	Pr 40	Pr 41	Pr 42	Pr 50	Pr 51	Pr 52	Gem
50	225	-290	-1510	695	5700	3440	3335	6365	5005	2345	225
60	100	-290	-1265	490	4130	2435	2330	4350	3680	1505	100
70	15	-260	-990	320	2790	1610	1510	2755	2525	870	15
80	-30	-200	-690	180	1665	940	855	1520	1535	420	-30
90	-35	-115	-360	75	740	410	355	615	695	135	-35

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

### Kwaliteit Aziaten

N-bemesting heeft bij lelies niet alleen effect op het gewicht van de bollen maar ook op het N-gehalte en daarmee op de kwaliteit van de bloemen die uit de bollen gebroeid worden. In proeven 7 en 8 zijn de bollen afgebloeid. Als maat voor de kwaliteit is hier het aantal knoppen en bloemen genomen. In Tabel 100 zijn het percentage verklaarde variantie en de optimale N-gift volgens beide curven per proef gegeven. In Figuur 34 is de respons grafisch weergegeven. De optimale N-giften voor een maximaal aantal bloemen en knoppen zijn voor proef 7 lager en voor proef 8 juist hoger dan de optima voor de opbrengst. In Tabel 101 is de respons op de N-gift gegeven in het traject van 50 – 100% van de gebruiksnorm 2006. Hieruit blijkt dat bij 10, 20, 30, 40 en 50% reductie van de N-gift ten opzichte van de gebruiksnorm 2006 het aantal bloemen en knoppen met 1, 1, 2, 3 en 4% (polynoom) en 0, 1, 1, 2 en 3% (exponentieel). Hiermee is volgens beide modellen de N-respons voor het aantal bloemen en knoppen zwakker dan de respons van het gewicht van de bollen gemiddeld over proeven 7 en 8 (data niet gepresenteerd).

Tabel 100. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en aantal bloemen en knoppen bij aziatische lelie en berekende N-gift (kg per ha) bij maximaal aantal bloemen en knoppen en 99, 97,5 en 95% van maximaal aantal bloemen en knoppen.**

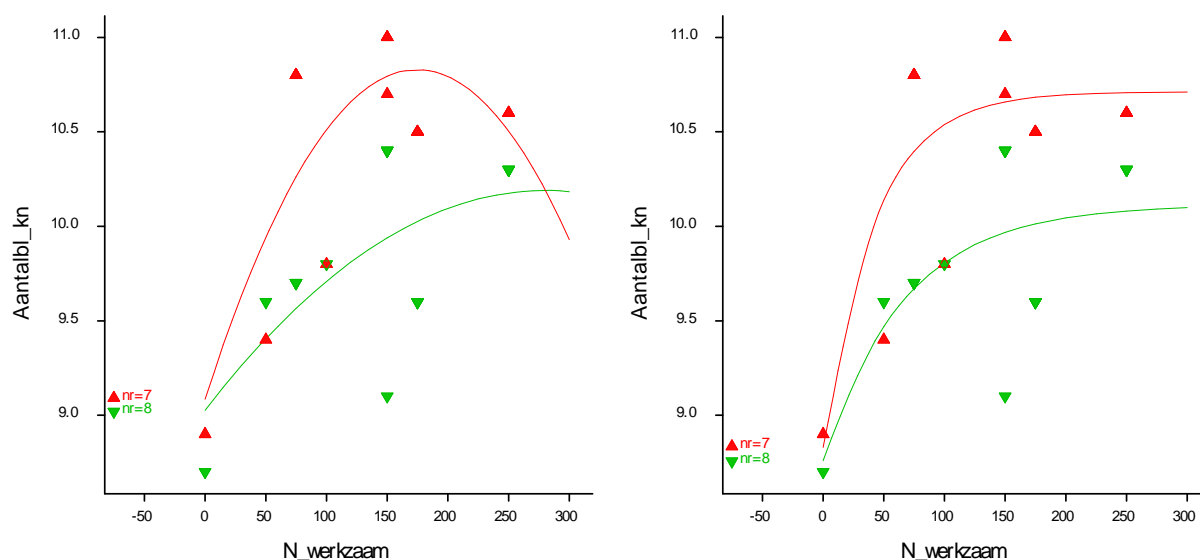
Proef	Polynoom					Exponentieel				
	PVV	Max	99	97,5	95	PVV	max	99	97,5	95
7	53	175	131	106	77	55		121	82	53
8	33	280	197	149	95	38		175	113	66

Tabel 101. **Gefit aantal bloemen en knoppen aziatische lelie in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.**

Model	N-gift (% van GN)	proef		
		7	8	Gem
Polynoom	50	10,3	9,6	9,9
	55	10,4	9,6	10,0
	60	10,5	9,7	10,1
	65	10,5	9,7	10,1
	70	10,6	9,8	10,2
	75	10,6	9,8	10,2
	80	10,7	9,8	10,3
	85	10,7	9,9	10,3
	90	10,8	9,9	10,3
	95	10,8	9,9	10,4
	100	10,8	10,0	10,4
Exponentieel	50	10,4	9,7	10,1
	55	10,5	9,7	10,1
	60	10,5	9,8	10,1
	65	10,5	9,8	10,2
	70	10,6	9,8	10,2
	75	10,6	9,9	10,2
	80	10,6	9,9	10,3
	85	10,6	9,9	10,3
	90	10,6	9,9	10,3
	95	10,7	10,0	10,3
	100	10,7	10,0	10,3

\* Netto N-afvoer = N-inhoud geogoste bollen – N-inhoud plantgoed. De N-inhoud van het plantgoed was, gemiddeld over de cultivars, 20 kg N per ha in beide proeven).





Figuur 34. Het aantal bloemen en knoppen bij aziatische lelie in relatie tot N-gift (kg per ha) bij proeven 7 en 8 (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 96).

### N-opname Aziaten

Voor de N-opname is uitgegaan van de N-inhoud van de geogoste bollen. De N-opname is bekend als gemiddelde van proeven 40, 41, en 42; en van 50, 51 en 52. Binnen deze twee series proeven verschilt alleen de cultivar, en de N-opname is dus gemiddeld over de cultivars. Het percentage verklaarde variantie is voor beide modellen weergegeven in Tabel 102.

In Tabel 103 is de gefitte respons van de N-inhoud van de bollen gegeven in het traject van 50 tot 100% van de stikstof gebruiksnorm (155 kg werkzame N per ha). Ook is de netto N-afvoer gegeven: de inhoud van de geogoste bollen verminderd met de N-inhoud van het plantgoed. Zowel bij de polynoom als bij de exponentieel neemt bij 10, 20, 30, 40 en 50% reductie van de N-gift t.o.v. de gebruiksnorm 2006 de N-inhoud van de bollen af met 3, 5, 9, 12 en 16% af. De netto N-afvoer nam af met 4, 8, 13, 18 en 24% (polynoom) en 4, 8, 13, 18 en 23% (exponentieel model).

Tabel 102. Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en de N-inhoud van de bollen van aziatische lelies.

Proef	Polynoom	Exponentieel
40, 41, 42	85	85
50, 51, 52	73	73

Tabel 103. Gefitte N-inhoud van de geoogste bollen aziatische lelie (kg per ha) en de Netto N-afvoer in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	N-inhoud (kg per ha)		Gem	Gem netto afvoer*
		40, 41, 42	50, 51, 52		
Polynoom	50	48	57	53	33
	55	49	58	54	34
	60	50	60	55	35
	65	51	61	56	36
	70	52	62	57	37
	75	53	63	58	38
	80	54	65	59	39
	85	55	66	60	40
	90	56	67	61	41
	95	57	68	62	42
	100	57	69	63	43
Exponentieel	50	49	57	53	33
	55	50	58	54	34
	60	51	60	55	35
	65	52	61	56	36
	70	52	62	57	37
	75	53	63	58	38
	80	54	64	59	39
	85	55	65	60	40
	90	56	66	61	41
	95	57	67	62	42
	100	57	68	63	43

\* Netto N-afvoer = N-inhoud geoogste bollen – N-inhoud plantgoed. De N-inhoud van het plantgoed was, gemiddeld over de cultivars, 20 kg N per ha in beide proeven).

### 3.19.6 Discussie Aziaten

De proeven zijn uitgevoerd tussen 1979 en 1992. Mogelijk was de reguliere organische bemesting in die jaren hoger dan na invoering van het mest- en mineralenbeleid vanaf 1998. Daardoor zou de mineralisatie in de proefpercelen hoger kunnen zijn geweest dan nu.

In de meeste proeven wordt een optimum bereikt, waarna de opbrengst weer afneemt: bij hoge giften kan schade optreden. Deze schade treedt het eerst op als grote giften in één keer gegeven worden. In een aantal proeven is de deling van de gift gevarieerd. Hieruit bleek dat de gift het best in kleinere porties gedeeld kan worden.

Bij proeven 10, 12, 16, 20 en 33 neemt de opbrengst af in het gehele traject van de N-giften. Het betreft hier drie proeven op zavel (Wieringerwerf, Creil), één op zand (Ens) en één op duinzand (Breezand). In proeven 10 en 12 (Wieringerwerf) werden de lelies op ruggen geteeld, een werkwijze die niet of nauwelijks nog wordt toegepast. Bij parallelle proeven in Breezand werd wel een positief effect van N-bemesting gevonden, zoals in bijna alle proeven op duinzand. Het negatieve effect van de N-bemesting lijkt samen te hangen met grondsoort, en mogelijk met teeltwijze (ruggen in plaats van bedden).

### 3.19.7 Combinatie Aziaten en Orientals

Gemiddeld lag de optimale N-gift bij de beide groepen lelies ongeveer gelijk. De respons was bij Orientals iets sterker dan bij Aziaten.

In Tabel 104 is de respons gegeven van alle lelieproeven, zowel Aziaten als Orientals. Gemiddeld leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstdaling van 0, 0, 1, 2 en 3 % (polynoom) en 0, 0, 0, 1 en 1% (exponentieel model). Als de proeven met een negatieve respons weggelaten worden bedroeg de opbrengstderving 0, 1, 2, 4 en 5 % (polynoom) en 0, 1, 1, 2 en 3% (exponentieel model).

Tabel 104. **Gefitte opbrengst lelie (kg per 100 geoogste hoofdbollen) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model (hier zijn Orientals en Aziaten bij elkaar gevoegd).**

Model	N-gift (% van GN)	Gemiddelde opbrengst (kg per 100 hoofdbollen)	
		Gem1 <sup>1</sup>	Gem2 <sup>1</sup>
Polynoom	50	3,07	3,06
	55	3,09	3,09
	60	3,11	3,11
	65	3,12	3,14
	70	3,13	3,16
	75	3,14	3,18
	80	3,15	3,19
	85	3,16	3,21
	90	3,16	3,22
	95	3,16	3,22
	100	3,16	3,23
Exponentieel	50	3,09	3,09
	55	3,10	3,10
	60	3,11	3,12
	65	3,11	3,13
	70	3,12	3,14
	75	3,12	3,15
	80	3,13	3,16
	85	3,13	3,17
	90	3,13	3,18
	95	3,13	3,18
	100	3,13	3,19

<sup>1</sup> Gem1 = gemiddelde van de proeven (exclusief proef 22, waarbij de gebruiksnorm buiten bereik van de N-trappen ligt) Gem2 = gemiddelde van de proeven met een positieve N-respons in het gemeten traject en de gebruiksnorm binnen het bereik van de N-trappen. Wegens negatieve N-respons zijn proeven 10, 12, 16, 20, 22, 30 en 33 niet in Gem2 verrekend. bij de polynoom en de exponentieel. Proeven 31, 32 en 34 zijn alleen bij de exponentieel niet meegerekend.

## 3.20 Gladiool

### 3.20.1 Beschikbare data

Bij gladiool worden twee soorten plantgoed gebruikt: kralen (kleine maat plantgoed) en pitten (grote maat). De teelt is tweejarig: in het eerste jaar worden kralen geplant en pitten geoogst. In het tweede jaar worden pitten geplant en leverbare bollen geoogst, met daarbij nieuwe kralen. Kralen en pitten hebben een apart N-advies en een aparte N-gebruiksnorm. Ongeveer 85% van het areaal is beplant met pitten. In de analyse is alleen de teelt van pitten in beschouwing genomen.

In Tabel 105 zijn de proeven weergegeven die beschikbaar waren voor de analyse:

- Totaal waren zes proeven beschikbaar waarvan vier op duinzand en twee op lichte zavelgrond.
- In alle proeven is alleen kunstmest-N gegeven, in een gedeelde volveldse gift.
- In drie proeven is de cultivar 'Hunting Song' gebruikt, in de drie andere 'Traderhorn'.
- In vier proeven is de plantmaat 4-6 gebruikt, in twee proeven de plantmaat 5-6.
- In alle proeven ligt de hoogste gift boven de N-gebruiksnorm.
- De N-opname is niet geanalyseerd.
- De gebruiksnorm (2006) van gladiolenpitten is 260 kg N per ha op zand en 285 kg N per ha op zavel en klei.
- Er waren voldoende proeven met voldoende N-trappen en de relatie tussen N-gift en opbrengst was in het algemeen goed.
- De leverbare opbrengst van gladiool heeft een waarde van € 25.364, bij 1.100.000 stuks à € 0.023 per stuk (Schreuder en Van der Wekken, 2005). 1% opbrengstderving kost dus € 254.

Tabel 105. **Karakterisering gebruikte proeven met gladiool.**

Proef	Jaar	Locatie	Grondsoort	Voorvrucht	Cultivar	plantmaat	N-niveaus		
							Aantal**	Min	Max
1	1987	Lisse	duinzand	bloembollen	Hunting Song	4-6	6	0	375
2	1987	Lisse	duinzand	bloembollen	Traderhorn	4-6	6	0	375
3	1988	Lisse	duinzand	bloembollen	Hunting Song	4-6	9	0	300
4	1988	Lisse	duinzand	bloembollen	Traderhorn	4-6	9	0	300
5	1989	Creil	lichte zavel	NB*	Hunting Song	5-6	7	0	275
6	1989	Creil	lichte zavel	NB	Traderhorn	5-6	7	0	275

\*NB = niet bekend. \*\* Per N-niveau kunnen er verschillende behandelingen zijn met uiteenlopende timing van de giften.

### 3.20.2 Resultaten analyse

Als opbrengstparameter is het gewicht per 100 geoogste knollen genomen.

In Tabel 106 zijn de resultaten weergegeven (percentage verklaarde variantie, optima) van de twee gebruikte regressiemodellen. In Figuur 35 is de respons per proef grafisch weergegeven (zowel gefitte lijnen voor beide modellen als afzonderlijke meetpunten).

Bij een gezamenlijke analyse (alle proeven tegelijk, wel fit per proef) bedroeg het percentage verklaarde variantie 93% en 92% voor respectievelijk de polynoom en het exponentieel model.

Bij een analyse per afzonderlijke proef blijkt dat de respons bij de zavelproeven minder goed geschat worden dan op duinzand omdat de N-trappen minder goed verdeeld zijn over de range van 0 tot de hoogste gift (geen N-niveaus tussen 0 en 150 kg N per ha). Daardoor is bij proef 5 en 6 de respons slecht te schatten in het traject zonder meetpunten. Maar omdat dit weinig effect heeft op de respons in het traject 50 – 100% van de gebruiksnorm, worden de proeven toch meegenomen bij schatting van een gemiddelde opbrengstreductie bij verlaagde N-gift.

Bij alle proeven op duinzandgrond (1 t/m 4) lag de optimale gift (optimum polynoom en 99% punt exponentieel) boven de gebruiksnorm (Tabel 106). Op zavel was dit bij de polynoom ook het geval in proef 5 maar niet in proef 6. Het exponentiële model gaf voor beide zavelproeven (5,6) een 99%-punt ruim

beneden de gebruiksnorm. Bij de polynoom lagen alle optima binnen het bereik van de N-trappen. Bij het exponentiële model was dit slechts bij twee proeven het geval. Bij proef 1 t/m 5 was de relatie significant. Beide modellen presteerden vergelijkbaar wat betreft percentage verklaarde variantie (PVV). Bij de proeven met een significante relatie lag de optimale gift hoger voor 'Traderhorn' dan voor 'Hunting Song' (tabel 2), hoewel de opbrengst juist bij 'Hunting Song' hoger was (Tabel 107).

Tabel 106. **Percentage verklaarde variantie (PVV, %) bij de relatie tussen N-gift en opbrengst bij gladiool en berekende N-gift (kg per ha) bij maximale opbrengst en 99, 97,5 en 95% van maximale opbrengst.**

Proef	Polynoom					Exponentieel				
	PVV	Max	99	97,5	95	PVV	max	99	97,5	95
1	78*	301	255	228	198	76*		488	371	283
2	84*	367	316	287	253	84*		>500	>500	444
3	98*	232	200	181	160	95*		379	293	227
4	97*	268	230	208	183	95*		>500	435	337
5	58*	264	191	149	101	60*		194	126	75
6	23	187	147	124	98	19		12	9	6

\* significante relatie

In Tabel 107 zijn de gefitte opbrengsten weergegeven in de range 50 – 100% van de gebruiksnorm (260 kg werkzame N per ha). Gemiddelde over de proeven leidde daling van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een opbrengstdaling van 0, 1, 3, 5 en 9% (polynoom) en 1, 2, 4, 6 en 9% (exponentieel). Deze gemiddelden worden vooral bepaald door de veel sterkere respons op zand (tot 13% derving bij 50% van de gebruiksnorm) in vergelijking met die bij de zavelproeven (tot 1% derving bij 50% van de gebruiksnorm).

#### *Financiële effecten*

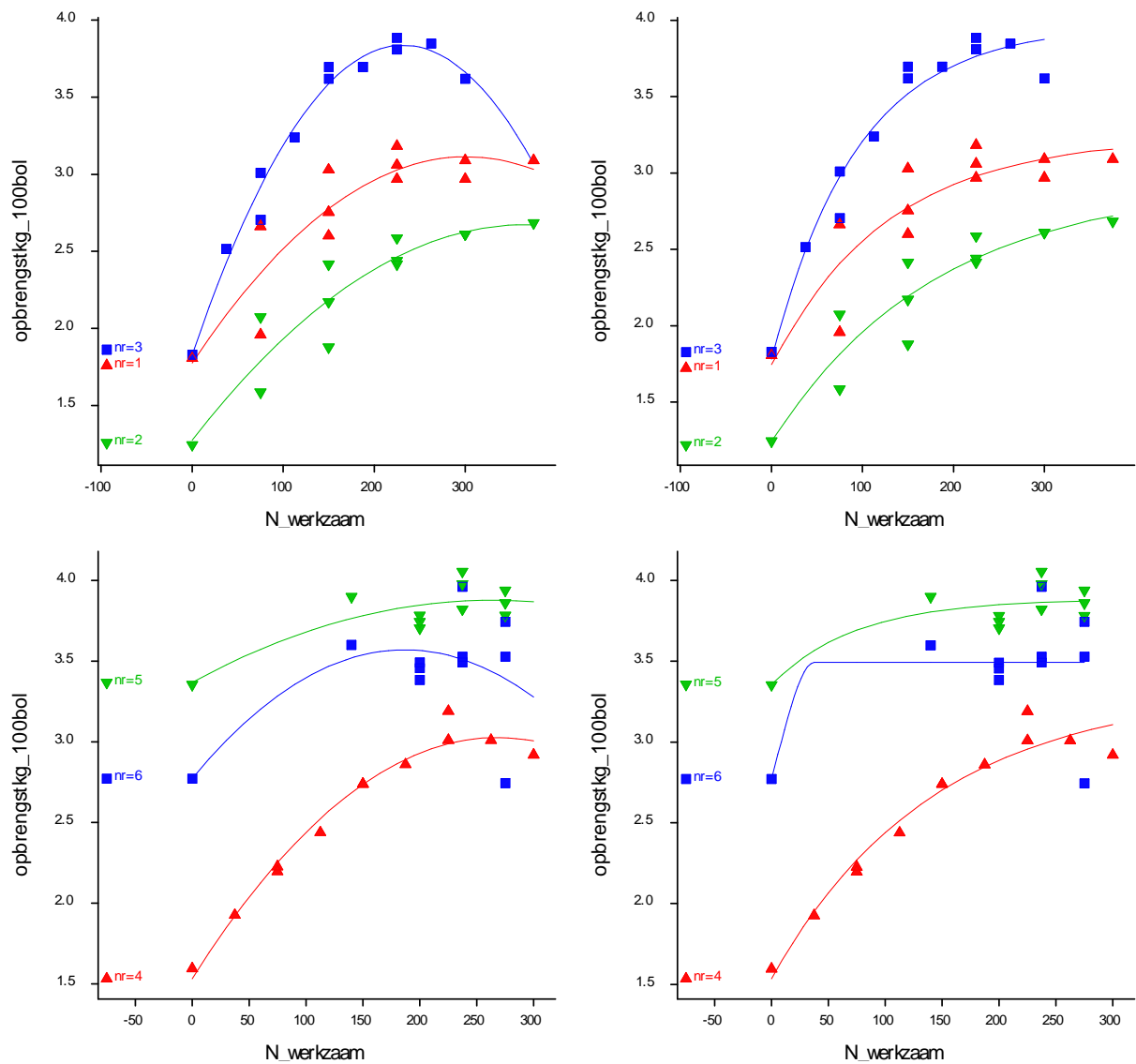
Op basis van de vastgestelde respons kunnen financiële effecten van gereduceerde gebruiksnormen worden ingeschat (Tabel 108). Hiervoor is aangenomen dat een waarde van € 25.364,- per ha (uit Schreuder en Van der Wekken, 2005) geldt bij de gemiddelde opbrengst in de proeven bij bemesting volgens de gebruiksnorm, 3.300 kg/100 geoogste bollen (Tabel 107, gemiddelde van de twee modellen). De financiële derving van € 254 bij 1% fysieke opbrengstderving geldt dan bij afname van de opbrengst van 0.033 kg per 100 geoogste bollen. Hiermee zijn de financiële effecten uitgerekend voor de afzonderlijke proeven.

Gemiddeld over de proeven leidde verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 tot een daling van de financiële opbrengst met 160, 445, 870, 1445 en 2170 € per ha. De verschillen tussen de proeven waren groot. Bij reductie van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep de financiële derving uiteen van -430 tot 1065 € per ha.

Tabel 108. **Derving financiële opbrengst (€ per ha ten opzichte van niveau bij gebruiksnorm (GN) 2006) in relatie tot N-gift (gemiddelde van beide regressiemodellen).**

N-gift (% van GN)	Proef 1	Proef 2	Proef 3	Proef 4	Proef 5	Proef 6	Gem
50	2885	3405	2960	3165	800	-190 <sup>1</sup>	2170
60	2035	2520	1785	2190	515	-385	1445
70	1335	1740	930	1395	305	-470	870
80	770	1065	360	770	150	-430	450
90	325	485	55	310	50	-275	160

1. Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.



Figuur 35. Opbrengst gladiolen (kg per 100 geoogste bollen) in relatie tot N-gift (kg per ha) bij de verschillende proeven (links: polynoom, rechts: exponentieel model; proefnummers verwijzen naar Tabel 105).

### 3.20.3 Discussie

Alle beschikbare proeven lagen op duinzand- of zavelgrond. Er waren echter geen proeven beschikbaar op dekzand waar wel veel gladiolen staan.

Het verschil tussen de zand- en zavelproeven lijkt vooral veroorzaakt te zijn door de veel hogere nulopbrengst (onbemest) in beide zavelproeven, die veroorzaakt kan zijn door hogere N-levering uit de bodem. Het absolute opbrengstniveau bij de hogere N-trappen lag bij de zavelproeven niet hoger bij de zandproeven. In deze range (150 kg N per ha en hoger) was de respons op beide grondsoorten vergelijkbaar.

Tabel 107. Gefitte opbrengst gladiool (kg per 100 geogste hoofdbollen) in relatie tot N-gift (percentage van gebruiksnorm (GN) 2006) op basis van tweedegraads polynoom en exponentieel model.

Model	N-gift (% van GN)	Proef								
		1	2	3	4	5	6	Gem zand+zavel	Gem zand	Gem zavel
Pol	50	2,68	2,09	3,45	2,63	3,75	3,50	3,02	2,71	3,62
	55	2,75	2,15	3,54	2,70	3,77	3,53	3,07	2,79	3,65
	60	2,80	2,21	3,62	2,77	3,79	3,55	3,12	2,85	3,67
	65	2,86	2,27	3,69	2,82	3,81	3,56	3,17	2,91	3,69
	70	2,91	2,32	3,75	2,87	3,83	3,57	3,21	2,96	3,70
	75	2,95	2,37	3,79	2,92	3,84	3,57	3,24	3,00	3,71
	80	2,99	2,41	3,82	2,95	3,86	3,56	3,26	3,04	3,71
	85	3,02	2,45	3,83	2,98	3,86	3,54	3,28	3,07	3,70
	90	3,05	2,49	3,84	3,00	3,87	3,52	3,29	3,09	3,70
	95	3,07	2,52	3,83	3,02	3,88	3,49	3,30	3,11	3,68
100	3,09	2,55	3,81	3,03	3,88	3,45	3,30	3,12	3,66	
Exp	50	2,70	2,11	3,41	2,61	3,79	3,49	3,02	2,71	3,64
	55	2,75	2,16	3,49	2,67	3,81	3,49	3,06	2,77	3,65
	60	2,80	2,22	3,55	2,73	3,82	3,49	3,10	2,82	3,66
	65	2,84	2,27	3,60	2,78	3,83	3,49	3,14	2,87	3,66
	70	2,88	2,31	3,65	2,83	3,84	3,49	3,17	2,92	3,67
	75	2,91	2,36	3,69	2,87	3,85	3,49	3,20	2,96	3,67
	80	2,94	2,40	3,72	2,91	3,85	3,49	3,22	2,99	3,67
	85	2,97	2,43	3,76	2,95	3,86	3,49	3,24	3,03	3,68
	90	3,00	2,47	3,78	2,98	3,86	3,49	3,26	3,06	3,68
	95	3,02	2,50	3,81	3,01	3,87	3,49	3,28	3,08	3,68
100	3,04	2,53	3,83	3,04	3,87	3,49	3,30	3,11	3,68	

## 4 Synthese

In de afzonderlijke hoofdstukken zijn de resultaten per gewas besproken. In dit hoofdstuk vindt een synthese plaats, waarbij eerst wordt ingegaan op de kwaliteit van de datasets en vervolgens op de gevonden respons, zowel wat betreft marktbaar opbrengst als N-opname in marktbaar product. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een discussie en de meest relevante conclusies.

### 4.1 Kwaliteit datasets

In Tabel 109A (marktbaar opbrengst) en 109B (N-opname in marktbaar product) is een kwalificatie gegeven van de beschikbare datasets. Per gewas is voor de betrokken responsvariabelen de kwaliteit van de datasets aangegeven volgens de indeling beschreven in hoofdstuk 2 (zie paragraaf 2.3.2):

- Voldoende proeven met voldoende N-trappen; goed verband
- Voldoende proeven met voldoende N-trappen; slecht verband
- Onvoldoende proeven met voldoende N-trappen; goed verband
- Onvoldoende proeven met voldoende N-trappen; slecht verband

Tevens is het aantal proeven aangegeven, dat gebruikt is voor de bepaling van de gemiddelde respons. Vaak waren wel meer proeven beschikbaar, maar waren die minder geschikt voor de vaststelling van de respons. Dat kan te maken hebben met het beperkte aantal N-niveaus ( $\leq 3$ ) of de verdeling van de N-trappen over het N-bemestingstraject tot aan de gebruiksnorm. Wat betreft het laatste, zijn proeven uitgesloten waarbij de gebruiksnorm buiten het bereik van de N-trappen lag of wanneer de verdeling van de N-trappen zeer ongelijkmatig was. Zo waren bijvoorbeeld proeven beschikbaar met één laag N-niveau en een aantal N-niveaus in het hoge deel van het N-bemestingstraject. Door het ontbreken van tussenliggende N-niveaus kan dan niet goed een curve worden gefit. De uitgesloten proeven zijn wel besproken in de afzonderlijke gewashoofdstukken omdat ze wel informatie geven over de reactie op toegediende N. Er is niet geselecteerd op voorvrucht en hoeveelheid minerale bodem-N bij aanvang van de teelt. Enerzijds omdat niet in alle gevallen deze informatie beschikbaar was en anderzijds omdat er ook in de praktijk sprake is van een bepaalde variatie in voorvrucht en minerale bodem-N. Veel van de gebruikte proeven hadden overigens niet tot doel de N-respons vast te stellen. Vaak ging het om een vergelijking van bemestingssystemen of meststoffen.

Niet voor alle uitspoelingsgevoelige gewassen (Bijlage 1) waren gegevens beschikbaar. Met uitzondering van de fruitteeltgewassen, zijn de qua areaal belangrijkste gewassen per sector vertegenwoordigd.

#### **Marktbaar opbrengst**

In Tabel 109A is aangegeven welke responsvariabele voor het marktbaar product is gebruikt bij de verschillende gewassen. Bij veel gewassen speelt de kwaliteit een belangrijke rol. Daar waar informatie beschikbaar was is deze meegenomen in de studie.

In het algemeen waren er bij de akkerbouwgewassen in een groot deel van de proeven voldoende N-trappen ( $\geq 5$ ) aanwezig om de respons betrouwbaar te kunnen vaststellen en was er sprake van een redelijk tot goed verband tussen N-bemesting en marktbaar product. De meeste proeven waren beschikbaar bij de grotere akkerbouwgewassen (aardappelen, suikerbieten en snijmaïs). Bij triticale waren slechts vier N-trappen aanwezig, waardoor het lastiger is een betrouwbare respons af te leiden. Dit geldt ook voor de lössproeven bij consumptieaardappelen, suikerbieten en snijmaïs.

Bij de vollegrondsgroenten waren de meeste proeven beschikbaar bij ijssla. Ook bij de gewassen prei, knolselderij, bloemkool, kropsla en knolvenkel stonden nog een redelijk aantal proeven (7-10) ter beschikking. Bij al deze gewassen waren er bij een groot deel van de proeven voldoende N-trappen aanwezig voor een betrouwbare vaststelling van de respons. Bij de gewassen stamslaboon en Chinese kool



waren er in de proeven slechts vier N-trappen aanwezig waardoor de vastgestelde respons minder betrouwbaar is. Bovendien was bij deze gewassen de reactie op N-bemesting doorgaans gering. Bij de bloembolgewassen (tulp, lelie en gladiool) was er per gewas een redelijk aantal proeven beschikbaar (4-11). Ook hier waren er in een aanzienlijk deel van de proeven voldoende N-trappen voor een goede vaststelling van de respons. In het algemeen was er, met uitzondering van lelies (Orientals), sprake van een redelijk tot goed verband tussen N-bemesting en marktbaar opbrengst.

### **N-opname**

De N-opname in marktbaar product is bij minder gewassen en bij minder proeven vastgesteld dan de marktbaar opbrengst (Tabel 109B). Het verband tussen N-bemesting en N-opname in marktbaar product is in alle datasets goed. Bij suikerbieten is de respons gebaseerd op vooral lössproeven waarin slechts vier N-trappen aanwezig waren.

Tabel 109A. **Waardering van beschikbare datasets: marktbare opbrengst.**

Gewas	Responsvariabele	Grond- Soort <sup>1</sup>	Aantal Proeven per grond- soort <sup>2</sup>	Waardering			
				Voldoende proeven met voldoende N- trappen		Onvoldoende proeven met voldoende N- trappen	
				Goed verband	Slecht verband	Goed verband	Slecht verband
<b>Akkerbouw</b>							
Cons aard	Netto knolopbrengst	Zand/löss	20/9	+			
Zetmeel aard	Uitbetalingsgewicht	Dal/zand	6/4	+			
Suikerbiet	Financiële opbr <sup>3</sup>	Zand/löss	16/10	+			
Snijmais	Drogestofopbrengst	Zand/lei/löss	28/7/3	+			
Korrelmais	Korrelopbrengst	Zand	5	+			
Engels raaigr	Zaadopbrengst	Zand/lei	3/5	+			
Triticale	Korrelopbrengst	Zand	5			+	
<b>Vollegroondsgroenten</b>							
Stamslaboon	Peulopbrengst	Klei	4		+		+
Broccoli	Opbrengst (kl I+II)	Klei/dal	3/2	+			
Bloemkool	%-zessen, kl I	Klei	7	+			
Spinazie	Versopbrengst	Klei	2	+			
IJssla	% kroppen, kl I Kropgewicht	Zand/lei Zand/lei	4/6 15/10	+	+		
Kropsla	Kropgewicht	Zand/lei	7/3	+			
Chinese kool	% klasse I Marktbaar opbr kl I	Zand	5				+
		Zand	2				+
Prei	Kwaliteit klasse I Marktbaar opbrengst	Zand/dal/lei	10/3/2		+		
		Zand/dal/lei	5/1/1	+			
Knolselderij	Versopbrengst	Klei	7	+			
Knolvenkel	Versopbrengst	Klei/dal/lei	5/1/1		+		
<b>Bloembollen</b>							
Tulp	Knolopbrengst	Duinzand	11	+			
Lelie - Aziaten	Gewicht/100 bollen	Duinzand/ dekszand/zavel	16/2/3	+			
- Orientals	Gewicht/100 bollen	Duinzand	3		+		
Gladiol (pit)	Gewicht/100 bollen	Duinzand/zavel	4/2	+			

1 Bij bloembollen wordt bij zand onderscheid gemaakt tussen duinzand en dekszand, bij de andere gewassen gaat het altijd om dekszand.

2 wanneer meerdere aantallen worden weergegeven hebben deze betrekking op de respectievelijke grondsoorten zoals weergegeven in voorgaande kolom

3 bij suikerbieten is de winbare suikeropbrengst omgerekend naar de financiële opbrengst, omdat de uitbetalingsprijs niet constant is, maar afhangt van diverse kwaliteitsparameters.

Tabel 109B. **Waardering van beschikbare datasets: N-opname in marktbaar product.**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven per Grondsoort <sup>1</sup>	Waardering			
			Voldoende proeven met voldoende N-trappen		Onvoldoende proeven met voldoende N-trappen	
			Goed verband	Slecht verband	Goed verband	Slecht verband
<b>Akkerbouw</b>						
Consumptieaardappel	Zand/löss	9/9	+			
Zetmeelaardappel	Zand	4	+			
Suikerbiet	Löss/klei	10/3			+	
Snijmaïs	Zand/klei/löss	28/7/3	+			
Korrelmaïs	Zand	5	+			
<b>Vollegrondsgroenten</b>						
Broccoli	Klei	1	+			
Bloemkool	Klei	2	+			
IJssla	Zand/klei	15/6	+			
Kropsla	Klei	3	+			
Prei	Zand	4	+			
Knolselderij	Klei	2	+			
<b>Bloembollen</b>						
Tulp	Duinzand	11	+			
Lelies, Aziaten	Duinzand	2	+			

<sup>1</sup> Wanneer meerdere aantallen worden weergegeven hebben deze betrekking op de respectievelijke grondsoorten zoals weergegeven in voorgaande kolom

## 4.2 Respons op verlaging van de N-bemesting

In deze paragraaf worden de belangrijkste uitkomsten samengevat. Voor meer details wordt verwezen naar de afzonderlijke hoofdstukken waarin per gewas de resultaten zijn beschreven. Er is onderscheid gemaakt tussen de respons van de marktbaar opbrengst en de respons van de N-opname in het marktbaar product.

### 4.2.1 Marktbaar opbrengst

In Tabel 110 is de respons weergegeven van de marktbaar opbrengst op N-bemesting bij een aantal gebruiksnormniveaus. Hierbij zijn de resultaten van zowel de polynoom als het exponentiële model vermeld. Tevens is het gemiddelde van beide modellen en is de minimale en maximale respons weergegeven. Bij veel gewassen gaf de polynoom een iets scherpere respons dan het exponentiële model, vooral bij de lagere gebruiksnormniveaus (50 en 60% van niveau 2006). Het verschil was het sterkst bij bloemkool. Qua percentage verklaarde variantie presteerden de beide modellen bij de meeste gewassen vergelijkbaar. Bij suikerbieten en zetmeelaardappelen was er bij veel proeven sprake van een afname van de suikeropbrengst (suikerbieten) en het uitbetalingsgewicht (zetmeelaardappelen) bij de hogere N-bemestingsniveaus. Dit is een bekend gegeven bij deze gewassen door de negatieve reactie van het suikergehalte en het onderwatergewicht op een te hoge N-bemesting. Om die reden ligt het meer voor de hand om bij deze gewassen uit te gaan van de polynoom, omdat die in tegenstelling tot het exponentiële model, een daling bij hogere N niveaus toelaat.

Er was sprake van aanzienlijke verschillen in N-respons tussen de gewassen. De scherpste respons werd waargenomen bij Engels raaigras en spinazie, de zwakste bij zetmeelaardappelen, bloembollen, prei en sla. Ook binnen een gewas was er veelal sprake van een aanzienlijke variatie in respons op N-bemesting. Hieronder worden de resultaten per sector kort besproken.

### **Akkerbouwgewassen**

Bij consumptieaardappelen, suikerbieten en snijmaïs is onderscheid gemaakt tussen zand- en lössproeven. De respons op zandgrond was zwakker dan op lössgrond. Dit verschil was het sterkst bij consumptieaardappelen en snijmaïs. Bij de lössproeven moeten wel de volgende kanttekeningen worden gemaakt. Alle proeven maakten deel uit van een meerjarige proefserie van zeven jaar. Hierbij zijn verschillende teeltsystemen met elkaar vergeleken waaronder bemesting met alleen kunstmest en bemesting met dierlijke mest + kunstmest, beide in een akkerbouwrotatie met consumptieaardappelen, suikerbieten, wintertarwe en snijmaïs. Voor deze studie zijn alleen de kunstmestobjecten meegenomen. Gedurende de gehele onderzoeksperiode is op dit deel van het proefveld geen dierlijke mest gebruikt. Daarnaast lagen de N-trappen elk jaar op dezelfde plaats. Er kan dus sprake zijn geweest van cumulatieve effecten. Deze situatie wijkt af van de praktijk waarin veelal dierlijke mest wordt gebruikt. Verder waren bij de lössproeven slechts vier N-niveaus aanwezig. Voor een nauwkeurige inschatting van de respons met de genoemde modellen zijn eigenlijk minimaal vijf N-niveaus vereist. Genoemde kanttekeningen maken dat enige terughoudendheid bij gebruik van de uitkomsten gewenst is.

Bij suikerbieten op zandgrond bleek dat de meer recentere proeven een scherpere respons gaven dan wat oudere proeven (zie ook hoofdstuk suikerbieten). Dit kan samenhangen met het bemestingsverleden. Vroeger werd op zandgrond veel meer dierlijke mest gebruikt dan de laatste tien jaar. Mogelijk dat het hieruit voortvloeiende hogere mineralisatieniveau heeft geleid tot een zwakkere respons in de oudere proeven. Bij consumptieaardappelen werd dit verschil niet geconstateerd. Deze proeven zijn echter, in tegenstelling tot die met suikerbieten, grotendeels uitgevoerd op proefbedrijf Vredepeel, waar in het verleden minder intensief dierlijke mest zal zijn gebruikt dan in de omringende praktijk.

Ook bij snijmaïs kan het bemestingsverleden een rol hebben gespeeld bij de verschillen in respons tussen enerzijds zand en anderzijds klei en löss. De zandproeven waren grotendeels aangelegd op percelen waar continu maïs werd geteeld. Op deze percelen wordt jaarlijks dierlijke mest toegediend. Bovendien ging het in het verleden vaak om relatief hoge giften.

Bij korrelmaïs zijn alle vijf proeven uitgevoerd op de locatie Vredepeel en ook nog op hetzelfde perceel. Verder lag elke N-trap jaarlijks op dezelfde plaats en is in de onderzoeksperiode ook geen dierlijke mest gebruikt. Hierdoor zijn lange termijn effecten niet uit te sluiten. De uitkomsten kunnen daarom niet direct als representatief voor de korrelmaïsteelt worden beschouwd.

Genoemde lange termijn effecten zouden zich kunnen uiten in een afname van de nulopname (N-opname bij geen N-bemesting) gedurende de onderzoeksperiode. Dit was echter niet duidelijk zichtbaar. Ook de verhouding tussen nulopname en N-opname bij het hoogste N-niveau veranderde niet duidelijk.

Bij aardappelen hangt de N-behoefte mede af van het gebruikte ras. Hiermee is in de gebruiksnormstelling rekening gehouden. Bij consumptieaardappelen wordt onderscheid gemaakt tussen drie rassengroepen, namelijk lage, gemiddelde en hoge N-behoefte. Voor de berekening van de respons is uitgegaan van de gemiddelde norm van respectievelijk 265 (zand) en 250 (löss) kg N per ha. Deze N-giften zijn gebruikt als 100%-niveau. Bij de zandproeven is dat gedaan omdat er verschillende rassen zijn gebruikt en het ras niet altijd bekend was (in ruim de helft van de proeven is Bintje gebruikt, vallend in hoge groep). Bij de lössproeven is er maar één ras gebruikt (Maritiema) die in de hoge groep valt (gebruiksnorm van 275 kg N per ha). Omdat deze norm buiten het bereik van de N-trappen valt van de meeste proeven is daarom gerekend met de gemiddelde löss-norm (250). De weergegeven gemiddelde respons kan zodoende enigszins zijn overschat. Immers, bij de gebruikte curvi-lineaire modellen zal een verlaging van de gebruiksnorm met 10% bij een 100%-niveau van 275 kg N per ha (verlaging naar 248 kg N per ha) minder effect hebben dan bij een 100%-niveau van 250 kg N per ha (verlaging naar 225 kg N per ha).

## **Vollegroondsgroenten**

In het algemeen was het aantal proeven waarop de respons is gebaseerd lager dan bij de grotere akkerbouwgewassen. De scherpste respons werd waargenomen bij spinazie, de zwakste bij prei en sla. Bij broccoli is onderscheid gemaakt tussen klei- en dalgrondproeven. Bij laatstgenoemde proeven was er geen significante respons.

Bij broccoli, bloemkool en spinazie ging het bij de proeven hoofdzakelijk om eerste teelten. De weergegeven respons betreft dan ook alleen deze situatie. Bij deze gewassen kunnen ook volgteelten voorkomen. Naar verwachting zal de respons dan zwakker zijn omdat er bij aanvang van de teelt meer minerale bodem-N aanwezig is en doordat het gewas kan profiteren van N-nawerking van gewasresten van de voorgaande teelt.

Verder beperkte de dataset zich bij broccoli en bloemkool tot zomer- en herfstteelten en bij prei hoofdzakelijk tot late herfstteelten. Bij vroegere teelten of winterteelten kan de respons afwijken van die gevonden in de betrokken proeven. Dit kan komen doordat bij vroege teelten de mineralisatie lager is dan bij latere teelten en doordat bij winterteelten de uitspoelingsrisico's groter zijn.

Wat betreft de locaties van de proeven moeten de volgende kanttekeningen worden geplaatst. Hoewel de studie zich richt op zandgronden waren niet voor alle gewassen zandproeven beschikbaar. Zo is bij bloemkool, spinazie en knolselderij de respons gebaseerd op kleiproeven, bij broccoli op klei- en dalgrondproeven. Bij laatstgenoemde gewas was de respons bij de kleiproeven aanzienlijk sterker dan bij de dalgrondproeven, die zeer zwak reageerden op N-bemesting. Mogelijk hangt dit samen met het feit dat het mineralisatieniveau op dalgronden in het algemeen wat hoger is dan op zand- en kleigronden. De respons bij prei is grotendeels gebaseerd op proeven uitgevoerd op Meterik. Dit is een vrij N-rijke locatie. De gevonden respons is daarom niet representatief voor armere zandgronden.

Voor ijssla en kropsla is geen gemiddelde respons weergegeven in Tabel 110, omdat de marktbaar opbrengst minder eenvoudig in een hoeveelheid product per ha uit te drukken is, omdat sla per stuk wordt betaald. Meest belangrijk voor het financieel resultaat is om zoveel mogelijk kroppen in de kwaliteitsklasse 1 te verkrijgen. Verder worden bij ijssla kroppen met een gewicht van 500-700 gram het beste uitbetaald en bij kropssla kroppen >300 gram (streefgewicht bij oogst is circa 350 gram).

Bij ijssla was er in het traject 50-100% van de gebruiksnorm vrijwel geen effect op de kwaliteit (% klasse I). Bij de kropslaproeven kan hierover geen uitspraak worden gedaan, omdat de kwaliteit niet is vastgesteld. Het kropgewicht nam zowel bij ijssla als kropsla bij een deel van de proeven weliswaar licht toe met de N-gift, echter bij het grootste deel van de proeven werd het minimaal vereiste kropgewicht behaald in het traject van 50-100% van de gebruiksnorm. Verder bleek, dat bij een belangrijk deel van de proeven waar dat niet het geval was, het kropgewicht vrijwel niet af te hangen van de N-bemesting.

Bij beide slagewassen moet worden benadrukt dat een belangrijk deel van de proeven waarop de respons is gebaseerd, zijn uitgevoerd op de N-rijke locaties Meterik en Breda. Anderzijds was bij de ijssla- en kropslaproeven op kleigrond het beeld vergelijkbaar.

Bij Chinese kool en stamslabonen was de respons op N-bemesting, evenals bij sla, in het algemeen zwak. Bovendien waren bij beide gewassen onvoldoende proeven met voldoende N-trappen beschikbaar. Dat laatste speelde vooral bij stamslabonen waarbij in ruim de helft van de proeven slechts drie N-trappen aanwezig waren. Hierdoor was het niet mogelijk een goede respons te fitten en is geen informatie gegeven in Tabel 110.

Bij de beschikbare knolvenkelproeven was er bij geen van de proeven sprake van een significante N-respons. Dit hangt mogelijk samen met de locaties waarop de proeven zijn uitgevoerd (Zwaagdijk en Valthermond). Dit waren beide vrij N-rijke locaties.

### **Bloembollen**

Bij tulp en lelies was er sprake van een zwakke respons. Bij lelies betrof het proeven in de periode 1979-1992. Mogelijk was de reguliere organische bemesting in die jaren hoger dan na invoering van het mineralenbeleid vanaf 1998. Doordat zou de mineralisatie op de percelen waarop de proeven hebben gelegen hoger kunnen zijn geweest dan nu. In Tabel 110 zijn voor lelies alleen de resultaten voor duinzand weergegeven. Bij de zavel- en dekzandproeven was er sprake van een negatieve respons (afnemende opbrengst bij stijging van de N-bemesting). Hiervoor is geen duidelijke oorzaak aan te wijzen. Bij de gladiolen was er bij de duinzandproeven sprake van een duidelijke respons, bij de zavelproeven was deze veel zwakker.

Benadrukt moet worden dat bij de Oriental-Lelies en de gladiolen alle beschikbare proeven hebben gelegen op duinzand, terwijl deze soorten nu vooral op dekzand worden geteeld.

De weergegeven respons heeft betrekking op het gewicht van de geogste bollen. N-bemesting heeft echter ook effect op het N-gehalte en daarmee op de kwaliteit van de bloemen (aantal knoppen en bloemen) die uit de bollen gebroeid worden. Slechts in een tweetal lelieproeven zijn de bollen afgebroeid. Hieruit bleek dat de kwaliteit licht afnam bij verlaging van de gebruiksnorm. Verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een daling van het aantal knoppen en bloemen met respectievelijk 0, 1, 1, 2 en 3%. Hoewel het slechts twee proeven betrof was de relatie tussen N-bemesting en bloemkwaliteit wel significant.

Tabel 110. **Relatieve respons (%) van de marktbaar opbrengst op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					Opbrengst bij 100%
				50	60	70	80	90	
<b>Akkerbouw</b>									
Consumptieaardappel	Zand	20	Polynoom	90,3	93,0	95,4	97,3	98,9	59,5 ton/ha
			Exponentiee	92,1	94,2	96,0	97,5	98,8	58,9 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>91,2</b>	<b>93,6</b>	<b>95,7</b>	<b>97,4</b>	<b>98,8</b>	<b>59,2 ton/ha</b>
			Min	97,2	98,1	98,8	99,4	99,8	46,8 ton/ha
			Max	85,1	88,7	92,0	95,0	97,6	76,5 ton/ha
	Löss	9	Polynoom	81,9	87,2	91,6	95,3	98,0	50,1 ton/ha
			Exponentiee	83,4	87,8	91,5	94,8	97,6	49,9 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>82,6</b>	<b>87,5</b>	<b>91,6</b>	<b>95,0</b>	<b>97,8</b>	<b>50,0 ton/ha</b>
			Min	92,1	95,0	97,1	98,6	99,6	49,1 ton/ha
			Max	72,2	78,4	84,3	89,8	95,1	48,8 ton/ha
Zetmeelaardappel	Zand/dal	10	Polynoom	95,5	97,1	98,3	99,2	99,7	70,1 ton/ha
			Exponentiee	96,7	97,7	98,5	99,1	99,6	69,5 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>96,1</b>	<b>97,4</b>	<b>98,4</b>	<b>99,1</b>	<b>99,7</b>	<b>69,8 ton/ha</b>
			Min	100,1	100,2	100,3	100,3	100,2	75,8 ton/ha
			Max	90,5	93,0	95,4	97,4	98,9	86,6 ton/ha
Suikerbiet	Zand <sup>1</sup>	16	Polynoom	93,0	95,5	97,5	98,9	99,7	2895 €/ha
			Exponentiee	95,8	97,1	98,1	98,9	99,5	2830 €/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>94,4</b>	<b>96,3</b>	<b>97,8</b>	<b>98,9</b>	<b>99,6</b>	<b>2863 €/ha</b>
			Min	100,2	99,9	99,7	99,7	99,8	2745 €/ha
			Max	89,6	92,6	95,1	97,2	98,8	2699 €/ha
	Löss	28	Polynoom	92,1	95,3	97,8	99,4	100,1	2584 €/ha
			Exponentiee	95,1	96,5	97,6	98,5	99,3	2556 €/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>93,6</b>	<b>95,9</b>	<b>97,7</b>	<b>99,0</b>	<b>99,7</b>	<b>2570 €/ha</b>
			Min	97,7	100,5	102,1	102,6	102,8	2597 €/ha
			Max	84,7	87,8	90,9	94,0	96,9	2024 €/ha
Snijmais	Zand	28	Polynoom	93,1	95,5	97,3	98,7	99,6	14,1 ton/ha
			Exponentiee	93,1	95,0	96,5	97,8	99,0	14,0 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>93,1</b>	<b>95,2</b>	<b>96,9</b>	<b>98,3</b>	<b>99,3</b>	<b>14,1 ton/ha</b>
			Min	99,1	99,5	99,8	100,0	100,1	12,6 ton/ha
			Max	70,4	76,5	82,5	88,4	94,2	15,0 ton/ha
	Löss	7	Polynoom	80,1	85,9	90,7	94,7	97,8	18,9 ton/ha
			Exponentiee	80,3	85,5	90,0	93,8	97,1	18,9 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>80,2</b>	<b>85,7</b>	<b>90,3</b>	<b>94,3</b>	<b>97,5</b>	<b>18,9 ton/ha</b>
			Min	87,3	91,6	94,9	97,4	99,1	17,2 ton/ha
			Max	76,3	82,5	87,9	92,6	96,6	20,0 ton/ha
Korrelmais	Zand	5	Polynoom	92,0	95,1	97,5	99,1	100,0	8479 kg/ha
			Exponentiee	92,6	94,9	96,6	98,0	99,1	8402 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>92,3</b>	<b>95,0</b>	<b>97,1</b>	<b>98,6</b>	<b>99,5</b>	<b>8441 kg/ha</b>
			Min	96,8	98,6	99,8	100,4	100,4	8308 kg/ha
			Max	87,2	90,1	92,8	95,3	97,7	8394 kg/ha
Engels raai gras	Zand	3	Polynoom	74,5	81,3	87,3	92,4	96,6	1543 kg/ha
			Exponentiee	75,3	83,7	89,7	94,2	97,5	1539 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>74,9</b>	<b>82,5</b>	<b>88,5</b>	<b>93,3</b>	<b>97,0</b>	<b>1541 kg/ha</b>
			Min	79,7	87,1	92,3	95,9	98,3	1596 kg/ha
			Max	70,6	78,7	85,5	91,3	96,1	1512 kg/ha
	Klei	5	Polynoom	76,1	82,9	88,7	93,4	97,2	2531 kg/ha
			Exponentiee	77,1	83,9	89,3	93,7	97,1	2522 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>76,6</b>	<b>83,4</b>	<b>89,0</b>	<b>93,5</b>	<b>97,2</b>	<b>2527 kg/ha</b>
			Min	84,4	88,2	91,6	94,8	97,5	2452 kg/ha
			Max	72,1	78,6	84,5	90,1	95,2	2208 kg/ha
Triticale	Zand	5	Polynoom	87,1	92,7	96,9	99,4	100,5	6395 kg/ha
			Exponentiee	89,5	93,5	96,2	98,0	99,2	6386 kg/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>88,3</b>	<b>93,1</b>	<b>96,5</b>	<b>98,7</b>	<b>99,8</b>	<b>6391 kg/ha</b>
			Min	101,1	102,5	103,1	102,5	101,0	5352 kg/ha
			Max	78,5	86,3	92,0	96,0	98,6	6141 kg/ha

<sup>1</sup> Gebaseerd op proeven vanaf 1995

Tabel 110 (vervolg). **Relatieve respons (%) van de marktbaar opbrengst op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen**

Gewas	Grondsoort	Aantal proeven	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					Opbrengst bij 100%
				50	60	70	80	90	
<b>Vollegrondsgroenten</b>									
Broccoli	Klei	3	Polynoom	84,8	89,4	93,3	96,3	98,6	12,4 ton/ha
			Exponentieel	86,0	89,8	93,0	95,6	98,0	12,1 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>85,4</b>	<b>89,6</b>	<b>93,2</b>	<b>96,0</b>	<b>98,3</b>	<b>12,3ton/ha</b>
			Min	98,9	100,2	100,9	101,1	100,8	9,1 ton/ha
			Max	80,5	85,7	90,3	94,1	97,4	13,5 ton/ha
	Dal	3	Polynoom	99,8	102,7	104,3	104,3	102,9	9,2 ton/ha
			Exponentieel	99,3	99,7	99,9	100,0	100,0	9,4 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>99,5</b>	<b>101,2</b>	<b>102,1</b>	<b>102,2</b>	<b>101,4</b>	<b>9,3 ton/ha</b>
			Min	100,0	102,4	103,5	103,5	102,3	9,5 ton/ha
			Max	99,0	99,9	100,5	100,7	100,5	9,1 ton/ha
Bloemkool	Klei	7	Polynoom	87,6	91,7	95,0	97,4	99,1	81,2 % zessen
			Exponentieel	92,3	94,6	96,4	97,9	99,0	79,1 % zessen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>89,9</b>	<b>93,1</b>	<b>95,7</b>	<b>97,6</b>	<b>99,1</b>	<b>80,2 % zessen</b>
			Min	99,2	100,0	100,4	100,5	100,4	84,0 % zessen
			Max	65,2	74,3	82,3	89,2	95,1	77,0 % zessen
Spinazie	Klei	2	Polynoom	83,3	90,4	95,2	98,7	100,4	22,8 ton/ha
			Exponentieel	83,9	89,1	92,6	95,7	97,8	23,0 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>83,6</b>	<b>89,8</b>	<b>95,4</b>	<b>97,2</b>	<b>99,1</b>	<b>22,9 ton/ha</b>
			Min	96,4	100,2	102,6	103,2	102,1	23,5 ton/ha
			Max	70,6	78,4	85,2	91,2	96,0	22,3 ton/ha
Prei	Zand/dal	7	Polynoom	96,4	97,6	98,6	99,3	99,8	42,1 ton/ha
			Exponentieel	96,9	97,6	98,3	99,0	99,5	42,0 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>96,7</b>	<b>97,6</b>	<b>98,5</b>	<b>99,2</b>	<b>99,6</b>	<b>42,1 ton/ha</b>
			Min	101,1	101,2	101,1	100,9	100,4	46,1 ton/ha
			Max	80,3	84,6	88,4	92,6	96,4	23,7 ton/ha
Knolselderij	Klei	7	Polynoom	91,3	93,4	95,4	97,1	98,7	46,2 ton/ha
			Exponentieel	93,0	94,8	96,4	97,7	98,9	45,8 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>92,1</b>	<b>94,1</b>	<b>95,9</b>	<b>97,4</b>	<b>98,8</b>	<b>46,0 ton/ha</b>
			Min	98,7	99,1	99,5	99,7	99,9	48,5 ton/ha
			Max	84,4	88,2	91,6	94,7	97,5	52,3 ton/ha
<b>Bloembollen</b>									
Tulp	Duinzand	11	Polynoom	95,6	97,2	98,3	99,2	99,8	32,3 ton/ha
			Exponentieel	96,2	97,3	98,2	98,9	99,5	32,2 ton/ha
			<b>Gemiddeld</b>	<b>95,9</b>	<b>97,2</b>	<b>98,3</b>	<b>99,1</b>	<b>99,6</b>	<b>32,2 ton/ha</b>
			Min	99,8	100,3	100,5	100,5	100,3	31,1 ton/ha
			Max	93,3	95,1	96,7	98,1	99,2	30,7 ton/ha
Lelie, Aziaten	Duinzand	16	Polynoom	95,2	96,6	97,8	98,8	99,5	3,02 kg/100 bollen
			Exponentieel	97,4	98,3	98,9	99,4	99,7	2,98 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>96,3</b>	<b>97,5</b>	<b>98,4</b>	<b>99,1</b>	<b>99,6</b>	<b>3,00 kg/100 bollen</b>
			Min	100,4	100,4	100,4	100,3	100,2	3,64 kg/100 bollen
			Max	89,4	92,7	95,4	97,5	99,0	3,22 kg/100 bollen
Lelie, Orientals	Duinzand	3	Polynoom	97,4	98,9	99,9	100,5	100,5	3,74 kg/100 bollen
			Exponentieel	98,3	98,9	99,4	99,7	99,9	3,69 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>97,8</b>	<b>98,9</b>	<b>99,6</b>	<b>100,1</b>	<b>100,2</b>	<b>3,71 kg/100 bollen</b>
			Min	99,2	100,0	100,4	100,5	100,4	4,28 kg/100 bollen
			Max	95,3	97,0	98,3	99,2	99,7	3,12 kg/100 bollen
Gladiolen	Duinzand	4	Polynoom	87,0	91,4	94,9	97,5	99,2	3,12 kg/100 bollen
			Exponentieel	87,1	90,8	93,8	96,3	98,4	3,11 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>87,0</b>	<b>91,1</b>	<b>94,4</b>	<b>96,9</b>	<b>98,8</b>	<b>3,11 kg/100 bollen</b>
			Min	89,9	93,9	96,8	98,8	99,8	3,82 kg/100 bollen
			Max	82,6	87,1	91,1	94,6	97,5	2,54 kg/10 bollen
	Zavel	2	Polynoom	98,9	100,2	101,0	101,2	100,9	3,66 kg/100 bollen
			Exponentieel	99,0	99,3	99,6	99,8	99,9	3,68 kg/100 bollen
			<b>Gemiddeld</b>	<b>98,9</b>	<b>99,8</b>	<b>100,3</b>	<b>100,5</b>	<b>100,4</b>	<b>3,67 kg/100 bollen</b>
			Min	100,7	101,4	101,7	101,6	101,0	3,47 kg/100 bollen
			Max	97,3	98,3	99,0	99,5	99,8	3,87 kg/100 bollen



### *Financiële gevolgen*

In Tabel 111 zijn de financiële gevolgen weergegeven van verlaging van de N-gebruiksnorm (ten opzichte van de norm in 2006). Het gaat hierbij om de financiële opbrengst (opbrengst\* prijs). Deze is gebaseerd op de gevonden respons (gemiddelde van polynoom en exponentieel model), het opbrengstniveau zoals gevonden in de proeven en een gemiddelde productprijs (De Wolf & van der Klooster, 2006). Naast het gemiddelde effect (gemiddelde van beide regressiemodellen) is tevens de spreiding aangegeven (min/max-waarden). Voor verdere details wordt verwezen naar de gewashoofdstukken.

Op hectarebasis was in het algemeen de financiële derving bij verlaging van de gebruiksnorm bij de akkerbouwgewassen kleiner dan bij de vollegrondsgroente- en bloembolgewassen. Dit hangt vooral samen met het algemene niveau van de financiële opbrengst, die per hectare veel hoger is bij laatstgenoemde gewassen. Omdat in het algemeen het bedrijfsareaal op akkerbouwbedrijven hoger is dan op tuinbouwbedrijven zullen de verschillen in financiële gevolgen op bedrijfsniveau (€ per bedrijf) waarschijnlijk wat geringer zijn dan de gevolgen op hectareniveau.

Binnen de akkerbouwgewassen waren de financiële gevolgen het geringst bij maïs, triticale en zetmeelaardappelen. Het sterkste effect werd gevonden bij consumptieaardappelen. Bij de groentegewassen waren de effecten het sterkst bij broccoli, bloemkool en spinazie. Hoewel de opbrengstderving bij verlaging van de N-gebruiksnorm bij bloembolgewassen in het algemeen in percentages uitgedrukt meeviel, is de financiële derving aanzienlijk. Dit komt door de hoge economische waarde van deze gewassen.

Binnen een gewas was er sprake van een grote spreiding. Zo leidde bijvoorbeeld bij consumptieaardappelen op zand een korting van de gebruiksnorm met 20% ten opzichte van de gebruiksnorm 2006 gemiddeld tot een derving van €125 per ha terwijl dat tussen de proeven uiteen liep van €20 per ha tot ruim €300 per ha.

De financiële effecten zijn berekend op basis van de gemiddelde proefveldopbrengsten. Bij lagere of hogere opbrengstniveaus zullen de effecten respectievelijk kleiner of groter zijn.

In Tabel 111 zijn geen meststofkosten verdisconteerd. Uitgaande van gebruik van kunstmest zullen bij het wel verdisconteren van meststofkosten met name bij akkerbouwgewassen met een relatief zwakke respons en/of lage productprijs de financiële gevolgen verhoudingsgewijs sterk verminderen. Anderzijds wordt juist bij akkerbouwgewassen op zandgrond een flink deel van de bemestingsbehoefte gedekt door goedkope dierlijke mest. Hierbij moet wel worden aangegeven, dat de N-behoefte lang niet altijd volledig wordt gedekt door dierlijke mest.

Bij tuinbouwgewassen staan bemestingskosten doorgaans niet in verhouding tot de financiële opbrengst. Dit is geïllustreerd in Tabel 112 bij het gewas Chinese kool. Zoals reeds eerder aangegeven was er bij de meeste beschikbare proeven geen sprake van een respons op N-bemesting. Slechts bij één proef was er sprake van een duidelijke respons. In de andere vier proeven was er geen opbrengstderving bij verlaging van de gebruiksnorm maar werden wel kosten voor bemesting (kunstmest) gemaakt als volgens de gebruiksnorm zou zijn bemest. De financiële gevolgen voor de ene proef waren fors en zelfs wanneer een dergelijke derving maar eens in vijf of tien teelten zou optreden (Tabel 112) weegt dit niet op tegen de kunstmestkosten van de teelten waarbij geen sprake was van een respons (maar wel volgens de gebruiksnorm is bemest).

**Tabel 112. Financiële opbrengstderving (€ per ha per jaar, inclusief kunstmestkosten) in Chinese kool bij een productprijs van 30 ct per kg, in relatie tot de N-gift (percentage van gebruiksnorm 2006) in de proef met de scherpste N-respons, en veeljarig gemiddelde financiële derving in geval die scherpe respons in 1 op de 5 teelten, respectievelijk 1 op de 10 teelten, zou optreden.**

N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)	Proef met scherpe N-respons	1 op 5 teelten	1 op 10 teelten
50	5775	1095	510
60	4365	825	385
70	3105	585	270
80	1950	365	170
90	930	175	80

Tabel 111. Financiële gevolgen (daling van de financiële opbrengst, € per ha) bij verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.

Gewas	Grondsoort		N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)				
			50	60	70	80	90
<b>Akkerbouwgewassen</b>							
Consumptieaardappel	Zand	Gem	415	305	205	125	55
		Min	105	70	45	20	5
		Max	910	690	490	305	145
	Löss	Gem	695	500	335	200	90
		Min	310	195	115	55	15
		Max	1090	845	615	395	195
Zetmeelaardappel <sup>1</sup>	Zand/dal	Gem	120	80	45	20	5
		Min	-5 <sup>3</sup>	-5	-10	-10	-5
		Max	315	230	155	90	40
Suikerbiet <sup>1,2</sup>	Zand	Gem	205	125	65	25	5
		Min	-5	5	10	10	5
		Max	280	200	130	75	30
	Löss	Gem	165	105	60	25	10
		Min	60	-15	-55	-70	-75
		Max	310	245	185	120	65
Snijmais	Zand	Gem	105	75	50	25	10
		Min	5	-5	-10	-15	-10
		Max	485	385	290	190	95
	Löss	Gem	410	300	200	120	55
		Min	240	160	95	50	20
		Max	520	385	265	165	75
Korrelmais	Zand	Gem	85	55	30	15	5
		Min	35	15	0	-5	-5
		Max	140	110	80	50	25
Engels raaigras	Zand	Gem	290	200	135	80	35
		Min	245	155	90	50	20
		Max	335	240	165	100	45
	Klei	Gem	445	315	210	120	55
		Min	285	215	155	95	45
		Max	460	355	255	165	80
Triticale	Zand	Gem	75	45	20	10	0
		Min	-5	-15	-15	-15	-10
		Max	130	85	50	25	10

1 Gebaseerd op polynoom

2 Gebaseerd op proeven vanaf 1995

3 Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

Tabel 111 (vervolg). **Financiële gevolgen (daling van de financiële opbrengst, € per ha) bij verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort		N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)				
			50	60	70	80	90
<b>Vollegrondsgroenten</b>							
Broccoli	Klei	Gem	1630	1160	765	445	190
		Min	90	-15 <sup>1</sup>	-75	-90	-70
		Max	2410	1745	1180	705	310
	Dal	Gem	40	-100	-175	-180	-120
		Min	0	-210	-305	-300	-195
		Max	80	5	-45	-60	-45
Bloemkool	Klei	Gem	1070	730	465	250	95
		Min	85	5	-45	-60	-45
		Max	3535	2610	1800	1100	500
Spinazie	Klei	Gem	1295	830	475	210	70
		Min	300	-20	-210	-265	-175
		Max	2295	1680	1155	685	315
Prei	Zand	Gem	540	370	235	130	50
		Min	-205	-210	-195	-150	-90
		Max	1760	1390	1030	680	335
Knolselderij	Klei	Gem	255	190	135	85	40
		Min	45	30	20	10	5
		Max	570	435	310	195	90
<b>Bloembollen</b>							
Tulp	Duinzand	Gem	1400	955	595	325	125
		Min	50	-90	-160	-165	-110
		Max	2220	1595	1070	635	280
Lelie, aziatisch	Duinzand	Gem	2070	1425	910	505	205
		Min	-1510	-1265	-990	-690	-360
		Max	6365	4350	2755	1520	615
Lelie, orientals	Duinzand	Gem	1055	520	165	-35	-85
		Min	435	30	-205	-280	-210
		Max	1910	1215	700	335	105
Gladiool	Duinzand	Gem	3105	2130	1350	740	295
		Min	2885	2035	1335	770	325
		Max	3405	2520	1740	1065	485
	Zavel	Gem	305	65	-85	-140	-115
		Min	-190	-385	-470	-430	-275
		Max	800	515	305	150	50

1 Een negatieve waarde houdt in dat er sprake was van een toename van de financiële opbrengst in plaats van een derving.

#### 4.2.2 N-opname marktbaar product

In Tabel 113 is de relatieve respons weergegeven van de N-opname in het marktbaar product. Dit is gedaan voor beide regressiemodellen. Tevens is de minimale en maximale respons weergegeven. In het algemeen zijn de verschillen tussen de modellen zeer gering. Alleen bij ijsla (1<sup>e</sup> teelt) en knolselderij is de respons bij de polynoom scherper dan bij het exponentiële model.

In vergelijking met de marktbaar opbrengst was de respons van de N-opname bij de meeste gewassen sterker. Ook hier waren er duidelijke verschillen tussen de gewassen. Een verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van niveau 2006 leidde tot een relatieve afname van de N-opname

die uiteen liep van 1, 1, 3, 4 en 5% bij ijssla (volgteelt, klei) tot 7, 15, 23, 30 en 38% bij snijmais op lössgrond. Bij snijmais op löss moeten wel weer de kanttekeningen worden gemaakt zoals genoemd bij de respons van de marktbaar opbrengst.

Benadrukt moet worden dat bij een aantal gewassen de respons van de N-opname slechts is gebaseerd op een zeer beperkt aantal proeven (bloemkool, kropsla, knolselderij, lilies).

Tabel 113. **Relatieve respons (%) van de N-opname op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					N opname bij 100% (kg N per ha)
			50	60	70	80	90	
Consumptieaardappel	Zand	Polynoom	75,5	81,4	86,4	91,4	95,9	220
		Exponentieel	75,8	81,3	86,8	91,3	95,9	219
		<b>Gemiddeld</b>	<b>75,6</b>	<b>81,3</b>	<b>86,6</b>	<b>91,3</b>	<b>95,9</b>	<b>220</b>
		Min	81,6	86,2	90,3	94,0	97,2	198
		Max	71,3	78,9	85,5	91,2	96,0	242
	Löss	Polynoom	71,1	78,2	84,4	90,2	95,6	225
		Exponentieel	71,6	78,2	84,4	89,8	95,1	225
		Gemiddeld	71,3	78,2	84,4	90,0	95,3	225
		Min	82,9	88,4	92,8	96,1	98,5	186
		Max	64,6	71,6	78,7	85,8	92,9	217
Zetmeelaardappel	Zand/dal	Polynoom	77,8	83,6	88,4	92,8	96,6	207
		Exponentieel	78,6	84,0	88,3	92,7	96,1	206
		<b>Gemiddeld</b>	<b>78,2</b>	<b>83,8</b>	<b>88,4</b>	<b>92,7</b>	<b>96,4</b>	<b>207</b>
		Min	85,0	89,4	92,8	95,7	98,1	207
		Max	70,3	77,3	83,3	89,3	94,8	201
Suikerbiet	Löss	Polynoom	81,6	86,1	90,3	94,3	97,4	84
		Exponentieel	82,9	86,8	90,2	93,9	97,0	84
		<b>Gemiddeld</b>	<b>82,3</b>	<b>86,5</b>	<b>90,3</b>	<b>94,1</b>	<b>97,2</b>	<b>84</b>
		Min	89,3	92,9	95,8	98,2	99,4	84
		Max	73,0	79,1	84,7	90,2	94,9	108
	Klei	Polynoom	83,9	88,4	92,1	95,2	97,9	97
		Exponentieel	84,2	88,4	91,8	94,9	97,3	97
		<b>Gemiddeld</b>	<b>84,1</b>	<b>88,4</b>	<b>92,0</b>	<b>95,0</b>	<b>97,6</b>	<b>97</b>
		Min	87,0	90,8	93,9	96,6	98,5	131
		Max	78,9	83,8	88,7	93,0	96,5	71
Snijmais	Zand	Polynoom	83,9	87,8	91,1	94,4	97,2	180
		Exponentieel	83,8	87,7	91,1	94,4	97,2	179
		<b>Gemiddeld</b>	<b>83,8</b>	<b>87,7</b>	<b>91,1</b>	<b>94,4</b>	<b>97,2</b>	<b>180</b>
		Min	98,7	99,3	99,7	100,0	100,1	211
		Max	58,1	64,9	72,5	80,8	90,0	167
	Löss	Polynoom	62,0	69,5	77,0	84,5	92,5	200
		Exponentieel	62,0	69,5	77,0	84,5	92,5	200
		<b>Gemiddeld</b>	<b>62,0</b>	<b>69,5</b>	<b>77,0</b>	<b>84,5</b>	<b>92,5</b>	<b>200</b>
		Min	72,7	79,0	84,9	90,4	95,4	159
		Max	54,2	62,2	70,8	80,0	89,7	229
	Klei	Polynoom	74,9	80,4	85,4	90,5	95,5	199
		Exponentieel	74,9	80,4	85,4	90,5	95,5	199
		<b>Gemiddeld</b>	<b>74,9</b>	<b>80,4</b>	<b>85,4</b>	<b>90,5</b>	<b>95,5</b>	<b>199</b>
		Min	82,9	87,2	91,1	94,5	97,5	181
		Max	68,1	73,8	79,8	86,2	92,9	211
Korrelmais	Zand	Polynoom	87,5	91,9	95,3	98,0	99,5	133
		Exponentieel	87,6	91,4	94,3	96,5	98,2	133
		<b>Gemiddeld</b>	<b>87,6</b>	<b>91,6</b>	<b>94,8</b>	<b>97,3</b>	<b>98,9</b>	<b>133</b>
		Min	91,2	94,6	97,3	99,2	99,6	130
		Max	84,9	88,5	92,1	95,3	97,8	140

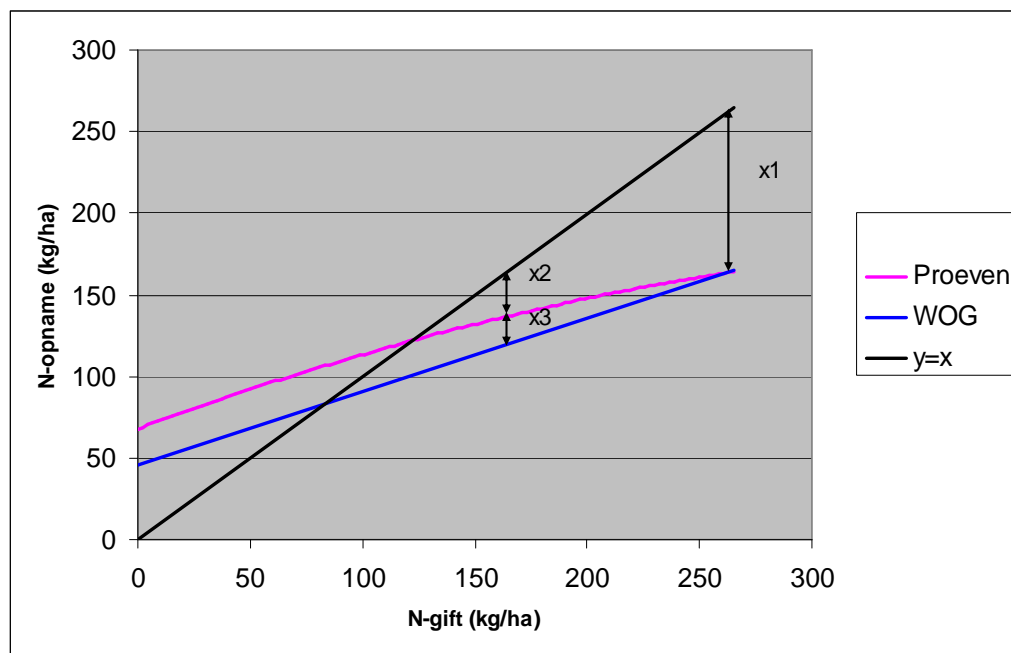


Tabel 113 (vervolg). **Relatieve respons (%) van de N-opname op verlaging van de N-gebruiksnorm ten opzichte van niveau 2006 bij akker- en tuinbouwgewassen.**

Gewas	Grondsoort	Model	N-gift (% van N-gebruiksnorm 2006)					N opname bij 100% (kg N per ha)
			50	60	70	80	90	
Bloemkool	Klei	Polynoom	85,3	88,8	92,2	94,8	97,4	116
		Exponentieel	87,0	90,4	93,0	95,7	98,3	115
		<b>Gemiddeld</b>	<b>86,1</b>	<b>89,6</b>	<b>92,6</b>	<b>95,2</b>	<b>97,8</b>	<b>116</b>
		Min	96,5	97,8	98,3	99,1	100,0	116
		Max	76,6	81,8	87,0	91,8	96,1	116
Ijssla, 1 <sup>e</sup> teelt	Zand	Polynoom	87,3	91,1	94,9	97,5	98,7	79
		Exponentieel	89,6	92,2	94,8	96,1	98,7	77
		<b>Gemiddeld</b>	<b>88,5</b>	<b>91,7</b>	<b>94,9</b>	<b>96,8</b>	<b>98,7</b>	<b>78</b>
		Min	77,0	82,7	87,9	92,4	96,5	78
		Max	94,9	96,6	98,0	99,0	99,6	60
	Klei	Polynoom	85,7	89,6	93,5	96,1	98,7	77
		Exponentieel	94,5	95,9	97,3	98,6	98,6	73
		<b>Gemiddeld</b>	<b>90,1</b>	<b>92,8</b>	<b>95,4</b>	<b>97,4</b>	<b>98,7</b>	<b>75</b>
		Min	88,6	92,3	95,2	97,4	98,9	73
		Max	92,1	94,6	96,6	98,1	99,2	77
Ijssla, volgteelt	Zand	Polynoom	92,3	93,6	96,2	97,4	98,7	78
		Exponentieel	94,8	96,1	97,4	98,7	100,0	77
		<b>Gemiddeld</b>	<b>93,6</b>	<b>94,8</b>	<b>96,8</b>	<b>98,1</b>	<b>99,4</b>	<b>78</b>
		Min	75,4	82,2	88,0	92,8	96,8	62
		Max	101,1	101,2	101,2	101,0	100,6	103
	Klei	Polynoom	92,3	94,9	96,2	97,4	98,7	78
		Exponentieel	97,3	97,3	98,7	100,0	100,0	75
		<b>Gemiddeld</b>	<b>94,8</b>	<b>96,1</b>	<b>97,4</b>	<b>98,7</b>	<b>99,4</b>	<b>77</b>
		Min	92,4	94,4	96,1	97,7	98,9	93
		Max	96,8	96,9	97,3	98,0	98,9	78
Kropsla	Klei	Polynoom	74,8	81,6	88,3	93,2	97,1	103
		Exponentieel	79,0	85,0	90,0	94,0	97,0	100
		<b>Gemiddeld</b>	<b>76,9</b>	<b>83,3</b>	<b>89,2</b>	<b>93,6</b>	<b>97,0</b>	<b>102</b>
		Min	71,2	78,5	85,4	90,9	95,9	110
		Max	87,2	91,1	93,3	96,1	97,8	90
Prei	Zand	Polynoom	90,4	93,4	96,3	97,8	99,3	136
		Exponentieel	90,4	93,4	95,6	97,1	98,5	136
		<b>Gemiddeld</b>	<b>90,4</b>	<b>93,4</b>	<b>96,0</b>	<b>97,4</b>	<b>98,9</b>	<b>136</b>
		Min	93,5	95,8	97,5	98,6	99,2	177
		Max	87,9	91,3	94,0	96,3	98,3	149
Knolselderij	Zand	Polynoom	87,5	90,4	93,3	96,2	98,1	104
		Exponentieel	91,3	93,2	96,1	97,1	99,0	103
		<b>Gemiddeld</b>	<b>89,4</b>	<b>91,8</b>	<b>94,7</b>	<b>96,6</b>	<b>98,6</b>	<b>104</b>
		Min	92,8	94,9	96,6	98,3	98,7	118
		Max	84,3	88,2	91,6	94,9	97,8	89
Tulp	Duinzand	Polynoom	63,0	72,3	80,4	87,8	94,3	77
		Exponentieel	63,8	72,4	80,3	87,3	94,0	77
		<b>Gemiddeld</b>	<b>63,4</b>	<b>72,4</b>	<b>80,3</b>	<b>87,6</b>	<b>94,1</b>	<b>77</b>
		Min	49,3	61,0	71,2	81,5	91,1	73
		Max	73,7	82,5	89,1	93,4	97,8	69
Lelie (Aziaten)	Duinzand	Polynoom	75,6	81,4	86,0	91,9	96,5	43
		Exponentieel	77,6	83,5	87,1	91,8	96,5	43
		<b>Gemiddeld</b>	<b>76,6</b>	<b>82,5</b>	<b>86,6</b>	<b>91,8</b>	<b>96,5</b>	<b>43</b>
		Min	85,1	88,6	91,2	94,7	98,2	57
		Max	83,2	87,6	90,5	94,2	97,1	69

Zoals reeds aangegeven in hoofdstuk 1 is de respons van de N-opname vooral van belang voor de berekening van het N-overschot, die mede de hoogte van de gebruiksnorm bepaalt. Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen in 2004 is door de WOG (Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen) bij akker- en tuinbouwgewassen een lineair verband tussen N-gift en N-opname gehanteerd. Uit de resultaten van onderhavige studie blijkt dat dit een overschatting van het overschot oplevert. Voor consumptieaardappelen is dit geïllustreerd in Figuur 36. Hierin is de N-opname weergegeven (a) zoals in 2004 gehanteerd door de WOG, en (b) zoals nu afgeleid in onderhavige studie. In beide gevallen is uitgegaan van een N-opname behorend bij de standaardopbrengst (165 kg N per ha), die ook in 2004 door de WOG werd gehanteerd. Het N-overschot bij zekere N gift is het verschil tussen enerzijds de beide N-opname curven, en anderzijds de  $y=x$ -lijn. Bij adviesbemesting is deze gelijk aan  $x_1$ . Bij verlaging van de N-bemesting neemt de werkelijke N-opname (volgens voorliggende studie) minder sterk af dan volgens de 'WOG2004-respons'. Dit betekent dat het overschot ( $x_2$  in Figuur 36) sneller daalt dan destijds door de WOG aangenomen ( $x_2+x_3$ ). Het werkelijk overschot is  $x_3$  lager dan volgens WOG-2004. Bij een bepaald toegestaan N-overschot ligt de N-gift dus hoger, dit levert meer gebruiksräume. Dit is bij alle onderzochte gewassen in meer of mindere mate het geval.

De resultaten van deze studie zijn inmiddels gebruikt bij de onderbouwing van de N-gebruiksnormen voor de akker- en tuinbouw voor 2008/2009 (Van Dijk & Schröder, 2007). De nieuwste WOG berekeningen gaan dus uit van gecorrigeerde N-overschotten.



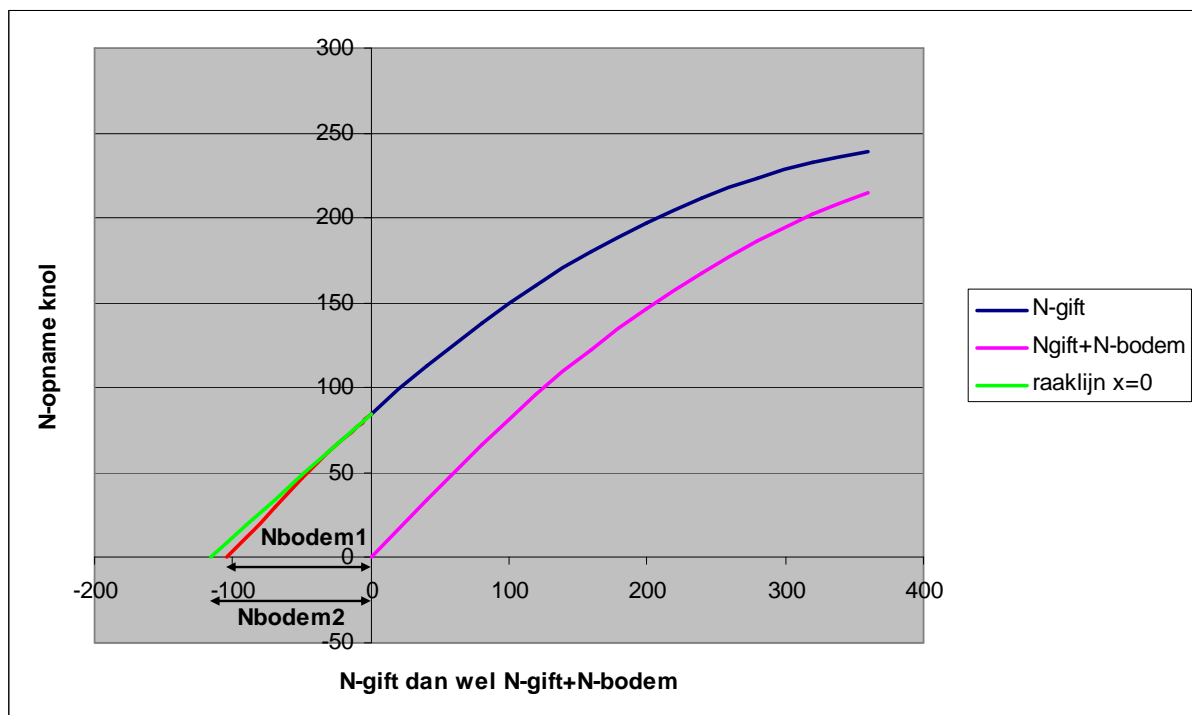
Figuur 36. N-opname consumptieaardappelen volgens de in onderhavige studie gevonden respons (proeven) en volgens de respons gehanteerd door de WOG in 2004 (WOG-2004). Het verschil tussen gekleurde curven en de zwarte  $y=x$ -lijn geeft het N-overschot. Deze bedraagt  $x_1$  bij adviesbemesting (265 kg N per ha). Bij een verlaagde gebruiksnorm van bijvoorbeeld 160 kg N per ha bedraagt het overschot  $x_2$  volgens voorliggende studie, en ( $x_2+x_3$ ) volgens WOG-2004. Het overschot werd dus met  $x_3$  kg per ha overschat.

## 4.3 Discussie

In de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk zijn al verschillende discussiepunten onder de aandacht gebracht, die direct betrekking hebben op specifieke gewassen. Hieronder komen meer algemene aspecten aan de orde, die niet direct verbonden zijn aan bepaalde gewassen.

### *Variatie in N respons*

Zowel bij de marktbaar opbrengst als de N-opname was er bij de meeste gewassen sprake van een aanzienlijke variatie in respons op de N-bemesting. Een deel van de variatie hangt samen met variatie in N-bronnen anders dan meststoffen. Het gaat hierbij om de minerale N die in de bodem aanwezig is bij de aanvang van de teelt, N die beschikbaar komt uit nawerking van eerder toegediende organische mest en gewasresten en depositie. Het totaal van de genoemde posten wordt hierna gemakshalve bodemlevering genoemd. Het kwantificeren van de bodemlevering op basis van de bemestingshistorie en de gewasrotatie van de percelen waarop de proeven hebben gelegen is erg lastig omdat benodigde gegevens vaak ontbreken. Wel kan op basis van de responscurves een schatting worden gemaakt. Dit is geïllustreerd in Figuur 37. Hierin is voor een willekeurige aardappelproef de relatie weergegeven tussen de N-gift en de N-opname (blauwe lijn). De bodemlevering kan worden geschat door deze curve door te extrapoleren naar de x-as (rode lijn) en het snijpunt met de x-as te berekenen (Methode 1,  $N_{\text{bodem1}}$ ). Een andere manier is de nulopname (N-opname bij  $N_{\text{gift}}=0$ ) te delen door de N-recovery bij lage N-bemesting (=afgeleide bij  $x=0$ ) (Methode 2,  $N_{\text{bodem2}}$ ). Dit komt neer op het doortrekken van de raaklijn bij  $N_{\text{gift}}=0$  naar de x-as (groene lijn).



Figuur 37. Berekening bodemlevering via extrapolatie responscurve (blauwe lijn) naar x-as ( $N_{\text{bodem1}}$ ) en via doortrekken raaklijn bij  $N_{\text{gift}}=0$  (groene lijn) naar de x-as ( $N_{\text{bodem2}}$ ) (voorbeeld voor willekeurige aardappelproef).

In Tabel 114 is dit uitgewerkt voor suikerbieten (12 proeven) en consumptieaardappelen (6 proeven) bij de respons van de N-opname. Bij de tweede methode wordt een hogere levering berekend dan bij de eerste. Dat komt waarschijnlijk omdat bij de tweede methode een constante recovery wordt verondersteld tussen

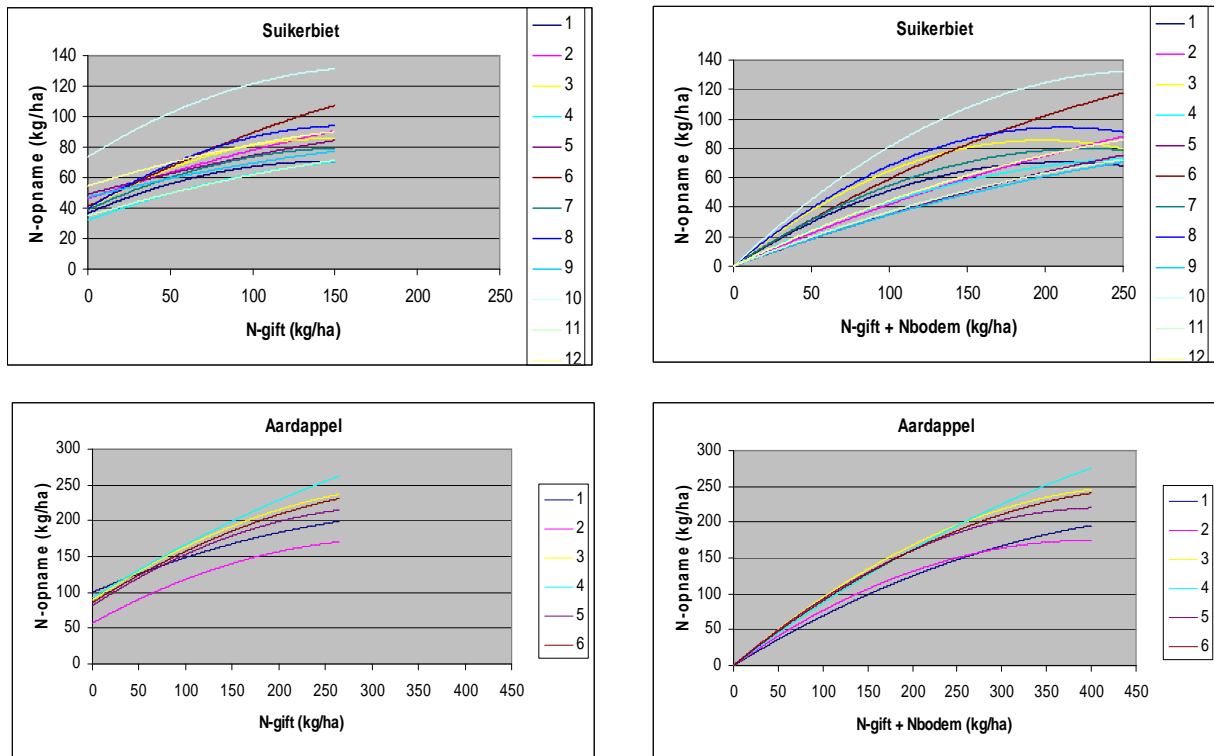


een N-aanbod (werkzame N uit meststoffen + bodemlevering) van 0 kg N per ha en de berekende bodemlevering. Deze zal in werkelijk nog wat toenemen wanneer N-aanbod richting nul gaat. Methode 1 houdt hiermee wel rekening waardoor deze methode waarschijnlijk geschikter is. De berekende N-nalevering liep uiteen van 50 tot 155 kg N per ha.

Tabel 114. **Berekende bodemlevering (kg N per ha) bij suikerbieten en consumptieaardappelen volgens de bovengenoemde methodes.**

Proefnr	Suikerbiet		Consumptieaardappel	
	Methode 1	Methode 2	Methode 1	Methode 2
1	64	78	153	181
2	111	127	72	80
3	53	63	93	105
4	69	80	107	115
5	145	170	87	98
6	66	72	94	106
7	64	77		
8	51	59		
9	143	176		
10	89	111		
11	94	108		
12	128	161		
<i>Gemiddelde</i>	<i>90</i>	<i>107</i>	<i>101</i>	<i>114</i>

Door vervolgens de berekende bodemlevering op te tellen bij de hoeveelheid werkzame N uit meststoffen (N<sub>gift</sub>) en de totale hoeveelheid werkzame N (N<sub>gift</sub>+N<sub>bodem</sub>) weer uit te zetten tegen de N-opname (paarse onderbroken lijn in Figuur 37) loopt de curve nu door de oorsprong. De beide curves lopen niet parallel, omdat ze uiteindelijk beide bij eenzelfde maximale N-opname (plateau) uitkomen. In Figuur 38 is het resultaat van deze bewerking weergegeven voor de suikerbiet- en aardappelproeven. Bij aardappelen lijkt de variatie wat te verminderen. Bij suikerbieten neemt deze correctie echter relatief weinig van de variatie weg. Kennelijk zijn er andere factoren die doorslaggevend zijn. Hierbij kan gedacht worden aan verschillen in N-recovery die samenhangen met gewasopnamecapaciteit zoals verschillen in opbrengstniveau (weerseffecten, ziekten, e.d.) of bewortelingsdiepte en -intensiteit (afhankelijk van bodemprofiel en -structuur).



Figuur 38. Respons van N-opname (kg per ha) van suikerbieten en consumptieaardappelen op N-gift (links) en N-gift+Nbodem (rechts; bodemlevering berekend volgens methode 1).

#### *Gebruiksnormen 2006-2009*

Zoals reeds eerder aangegeven zijn in 2007 de N-gebruiksnormen voor uitspoelingsgevoelige gewassen met 5% verlaagd. In 2009 zal voor een aantal gewassen (o.a. consumptieaardappelen en snijmaïs op niet-derogatiebedrijven) de gebruiksnorm met nog eens 5% verder worden aangescherpt. Zoals bleek uit de analyse beperkt de hiermee gepaard gaande opbrengstderving zicht tot circa 1-2%. Voor consumptieaardappelen komt dit overeen met eerdere studies waarin onder meer gekeken is naar de effecten van verlaging van de N-bemesting (Neeteson, 1989; Veerman, 2001).

#### *Effecten op bedrijfsniveau*

De hier weergegeven effecten van verlaging van de N-gebruiksnorm op opbrengst en kwaliteit gelden op gewasniveau. Op bedrijfsniveau kunnen de effecten meevallen. Binnen een bouwplan kunnen gewassen elkaar compenseren. Wanneer de voorvrucht bijvoorbeeld veel N nalaat (in de vorm van minerale N of via gewasresten) kan een volggewas daarvan profiteren. Deze situatie doet zich vooral voor bij meerdere teelten tijdens het groeiseizoen. Wanneer als gevolg hiervan de N-gebruiksnorm niet volledig nodig is, kan het niet gebruikte deel worden ingezet bij teelten waar de N-voorziening krappert, waardoor er bij deze teelten minder suboptimaal hoeft te worden bemest. Ook zal er bij een tekort aan N vooral worden gekort bij de minder rendabele gewassen (o.a. graan) waardoor de financiële effecten op bedrijfsniveau lager zijn. Daarnaast speelt dat de beschikbaarheid van werkzame N kan worden verhoogd, wanneer de landbouwkundige N-werkingscoëfficiënt van organische mest hoger is dan de wettelijk veronderstelde. De gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm zullen dan minder sterk zijn (Smit et al., 2006; Van Dijk et al., 2007). Door de voorgenomen verhoging van de wettelijke N-werkingscoëfficiënt voor drijfmest op bouwland vanaf 2008 zal dit compensatieeffect geringer worden. Omgekeerd is het zo dat wanneer de landbouwkundige N-werking van organische mest lager is dan de wettelijke, verlaging van de gebruiksnorm ongunstiger uitpakt.

### *Variatie binnen percelen*

De veldproeven, waarop de respons is gebaseerd, zijn meestal uitgevoerd op relatief homogene percelen. In de praktijk is er vaak ook sprake van heterogenere percelen waardoor de gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm mogelijk sterker kunnen zijn dan afgeleid uit de proeven. De heterogeniteit kan een gevolg zijn van verschillen in beschikbaarheid van N (bijvoorbeeld door verschillen in N-leverend vermogen) of van verschillen in N-recovery van beschikbare N. Het laatste kan voortvloeien uit een verlaagde N-opnamecapaciteit door een minder intensieve doorworteling als gevolg van bijvoorbeeld een aaltjesaantasting of een slechtere bodemstructuur. Dit kan ertoe leiden dat de gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm op mindere plekken sterker zijn dan op de betere plekken. Bij de intensieve vollegrondsgroenteteelt kan dit ertoe leiden dat het gewas op de slechtere plekken van het perceel zodanig is achtergebleven in groei of kwaliteit dat het niet wordt vermarkt c.q. als gewasrest op het perceel achterblijft, waardoor het N-overschot minder sterk afneemt dan volgens de berekeningen

### *Secundaire effecten verlaagde N-bemesting*

In deze studie is enkel gekeken naar de directe effecten van N-bemesting op de opbrengst en kwaliteit. Wanneer een verlaagde N-bemesting leidt tot een tragere groei en daardoor een langere groeiduur kan dit mogelijk leiden tot een iets grotere gevoeligheid voor ziekten. Anderzijds kan een hogere N-bemesting ook leiden tot een hogere ziektedruk. Een tragere groei kan ook leiden tot een meer open gewas waardoor de concurrentiekracht van onkruiden toeneemt.

### *Geleide bemesting*

Bij veel proeven is de respons vastgesteld op basis van proeven met vaste N-trappen. Door toepassing van geleide bemesting (sturing van de N-bemesting op basis van gewas- en/of bodemmetingen) kan de toegediende N efficiënter worden benut. Onderzoek heeft uitgewezen dat daardoor kan worden bespaard op de N-bemesting zonder achteruitgang van opbrengst en kwaliteit (Radersma et al., 2005). In dat geval kunnen de negatieve effecten van verlaging van de N-bemesting worden verminderd. Wel moet worden benadrukt dat bij een aantal gewassen (o.a. aardappel, tulp, lelie, gladiol, prei, sla, broccoli) ook objecten zijn meegenomen waar sprake was van geleide bemesting (meestal op basis van minerale bodem-N-metingen). In dat geval zijn mogelijke gunstige effecten van geleide bemesting mogelijk al verdisconteerd in de respons.

Hoewel geleide bemesting perspectieven biedt om opbrengstderving als gevolg van verlaagde N-gebruiksnormen te beperken, brengen deze systemen wel meerkosten met zich mee voor monitoring en extra werkgangen voor meststoftoediening.

### *Lange termijn effecten bodemvruchtbaarheid*

Benadrukt moet worden dat de gevonden respons mede afhangt van de bodemvruchtbaarheid van de percelen waarop de proeven zijn uitgevoerd. Zodra hierin structureel veranderingen optreden zal ook de respons zich wijzigen. In de nabije toekomst zullen bijvoorbeeld door aanscherping van vooral de fosfaatgebruiksnorm de gebruiksmogelijkheden van organische mest verder worden verminderd. Dit kan op termijn invloed hebben op de bodemvruchtbaarheid. Wanneer hierdoor de N-levering van de bodem daalt kan de respons sterker worden (sterkere daling bij verlaging van de N-gift). De respons kan ook toenemen door een afname van de recovery van de beschikbare N (bodemlevering + meststoffen) door een verlaagde opnamecapaciteit. Dat laatste kan bijvoorbeeld een gevolg zijn van een verlaagde vochtbeschikbaarheid door een lager organische stofgehalte of een verslechtering van de bodemstructuur.

## 4.4 Conclusies

### *Kwaliteit datasets*

- Van een aanzienlijk aantal gewassen was wetenschappelijke informatie beschikbaar over de effecten van N-bemesting op opbrengst en kwaliteit. Informatie over de gevolgen voor de N-opname in het marktbaar product was schaarser.
- De meeste proeven waren beschikbaar bij de grotere akkerbouwgewassen (aardappelen, suikerbieten en snijmais), maar ook bij de vollegrondsgroentegewassen ijsla, kropsla, prei, knolselderij, bloemkool en knolvenkel en de bloembolgewassen tulp, lelie en gladiool stonden voldoende proeven ter beschikking voor de vaststelling van de respons.
- In het algemeen waren er bij de zojuist genoemde gewassen in een groot deel van de proeven voldoende N-trappen ( $\geq 5$ ) aanwezig om de respons betrouwbaar te kunnen vaststellen.
- Hoewel de studie zich richtte op de gevolgen van verlaging van de gebruiksnorm op zand- en lössgronden, waren vooral bij de vollegrondsgroente- bloembolgewassen vaak onvoldoende proeven beschikbaar voor deze grondsoorten. In dat geval is ook gebruik gemaakt van gegevens van klei- en zavelgrond.

### *Respons marktbaar opbrengst*

- Er was sprake van aanzienlijke verschillen in respons op N-bemesting tussen de gewassen. De scherpste respons werd waargenomen bij Engels raaigras (opbrengstderving van 3, 7, 11, 16 en 25% bij verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van 2006), de zwakste bij lelies (opbrengstderving van 0, 0, 0, 1 en 2% bij verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% ten opzichte van 2006).
- In het algemeen was de derving van de financiële opbrengst bij verlaging van de gebruiksnorm bij de akkerbouwgewassen kleiner dan bij de vollegrondsgroente- en bloembolgewassen. Bij een verlaging van de gebruiksnorm met bijvoorbeeld 20% liep gemiddeld over de proeven de daling van de financiële opbrengst uiteen van 10-200 € per ha (akkerbouw), 85-445 € per ha (vollegrondsgroenten) en -140-740 € per ha (bloembollen). Binnen de akkerbouwgewassen waren de financiële gevolgen het geringst bij maïs, triticale en zetmeelaardappelen. Het sterkste effect werd gevonden bij consumptieaardappelen. Bij de groentegewassen waren de effecten het sterkst bij broccoli, bloemkool en spinazie en bij bloembolgewassen bij gladiool.
- Binnen een gewas was er sprake van een grote spreiding. Zo leidde bijvoorbeeld bij consumptieaardappelen op zand een korting van de gebruiksnorm met 20% gemiddeld tot een derving van €125 per ha terwijl dat tussen de proeven uiteen liep van €20 per ha tot ruim €300 per ha.

### *Respons N-opname*

- In vergelijking met de marktbaar opbrengst was de respons van de N-opname bij de meeste gewassen sterker. Ook hier waren er duidelijke verschillen tussen de gewassen. Een verlaging van de gebruiksnorm met 10, 20, 30, 40 en 50% leidde tot een relatieve afname van de N-opname die uiteen liep van 1, 1, 3, 4 en 5% bij ijsla (volgteelt) tot 7, 15, 23, 30 en 38% bij snijmais op lössgrond.
- In het algemeen was de gevonden respons minder sterk dan de lineaire respons die gebruikt is in eerdere studies in het kader van de onderbouwing van de N-gebruiksnormen. Hierdoor neemt bij verlaging van de N-bemesting het overschot sterker af, waardoor er meer gebruikruimte resteert.

## 5 Referenties

- Cerrato, M.E. & A.M. Blackmer, 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 82, 138-143.
- Dekker, P.H.M. & T.A. van Dijk, 2005. Voorstel tot herziening N-bemestingsadviezen. PPO projectnr. 500102, NMI projectnr. 1094.05, Lelystad, 131 p.
- Dijk, van W. & W.C.A. van Geel, 2007. Adviesbasis Bemesting Akkerbouw- en Vollegrondsgroentegewassen, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.
- Dijk, van W. & J.J. Schröder, 2007. Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 371, 69 pp.
- Dijk, van W., H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler & R. van der Maas, 2007a. Economische consequenties van gebruiksnormenstelsel 2006-2009 voor melkveehouderij en akker- en tuinbouw. Studie i.k.v. Evaluatie Meststoffenwet 2007. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 365, 156 pp..
- Neeteson, J.J., 1989. Effect of reduced fertilizer nitrogen application rates on yield and nitrogen recovery of sugar beet and potatoes. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 37, p. 227-236.
- Radersma, S., W.C.A. van Geel, C. Grashoff, G.J. Molema & N.S. van Wees. Geleide bemesting in de open teelten: Ontwikkeling van systemen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 334, 31 pp.
- Schreuder, R. & J.W. van der Wekken, 2005. Kwantitatieve Informatie Bloembollen en Bolbloemen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, rapport, nr. 719. Lisse, 219 pp.
- Schröder J, Aarts H F M, Bode M J C d, Dijk W v, Middelkoop J C v, Haan M H A d, Schils R L M, Velthof G L and Willems W J 2004 Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2005. Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in The Netherlands, with special reference to the EU Nitrates Directive. PRI rapport 93, WUR/RIVM, Wageningen/De Bilt, 48 pp
- Schröder J J, Neeteson J J, Withagen J C M and Noij I G A M 1998 Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. . *Field Crops Res.* 58, 55-67.
- Smit, A.L., J.F.F.P. Bos, A.M. van Dam, W. van Dijk, A.A. Pronk, F.J. de Ruijter, J.R. van der Schoot & B. van der Sluis. Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) onder het nieuwe gebruiksnormenstelsel voor de sectoren akkerbouw, vollegrondsgroenten, bollen en bomen. *Plant Research International*, rapport nr. 122, 60 pp.
- Wolf, M. de & A. van der Klooster, 2006. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2006. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 354. 286 pp.

Veerman, A., 2001. Variatie in knolkwaliteit tussen en binnen partijen van consumptieaardappelrassen.  
Proefschrift, 253 pp.

## Bijlage 1 Overzicht uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen

Akkerbouw	Vollegrondsgroenten	Bloembollen	Fruit
Consumptieaardappel	Spinazie	Hyacint	Appel
Zetmeelaardappel	Sla	Iris	Peer
Suikerbiet	Andijvie	Krokus	Kers
Triticale	Prei	Narcis	Pruim
Mais (zonder derogatie)	Bleekselderij	Tulp	Braam
Graszaad		Dahlia	Framboos
Winterui	Spruitkool	Gladiool	Blauwe bes
Blauwmaanzaad	Sluitkool	Lelie	Rode bes
Karwij	Bloemkool	Knolbegonia	Zwarte bes
Winterkoolzaad	Broccoli	Acidenthera	Wijnbouw
	Chinese kool	Anemona Corona	
	Boerenkool	Fritillaria Imperialis	
	Paksoi		
	Raapstelen		
	Aardbei		
	Stamslaboon		
	Peul		
	Suikermâis		
	Asperge		
	Knolselderij		
	Knolvenkel		
	Kroot		
	Koolraap		
	Koolrabi		
	Rabarber		