



Actualisatie N-bemestingsrichtlijnen zomergerst

Auteurs | R.D. Timmer | W. van Geel & W. van den Berg

Rapport WPR-865



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Actualisatie N-bemestingsrichtlijnen zomergerst

R.D. Timmer, W. van Geel en W. van den Berg¹

¹ Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van de Brancheorganisatie Akkerbouw uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), Business unit Open Teelten.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, juni 2021

Rapport WPR-865

Timmer, R.D., W. van Geel en W. van den Berg, 2021. *Actualisatie N-bemestingsrichtlijnen zomergerst*. Wageningen Research, Rapport WPR-865.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/550201>

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat Wageningen Plant Research heeft uitgevoerd in opdracht van de Brancheorganisatie Akkerbouw met financiële steun van de Topsector Agri & Food. Binnen de Topsector werken bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid samen aan innovaties voor veilig en gezond voedsel voor 9 miljard mensen in een veerkrachtige wereld.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

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

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

Rapport WPR-865

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Bestaande N-bemestingsrichtlijn	9
2.1 Beschrijving van de bestaande richtlijn (BR)	9
2.2 Beschrijving van de onderbouwing van de BR	9
3 Inventarisatie van beschikbare gegevens	11
3.1 Eisen voor de onderbouwing van een nieuwe richtlijn	11
3.2 Beschikbare gegevens	11
3.3 Beschrijving proeven datasets	13
3.4 Analysemethoden	14
4 Data-analyse en afleiding optimale N-giften	15
4.1 Aanpak	15
4.2 Korrelopbrengst	15
4.3 Saldo voergerst	18
4.4 Kwaliteitsparameters	19
4.5 Brouwgerstpremie en saldo brouwgerst	20
4.6 Gevoeligheid saldo voor uitbetalingsprijs en meststofprijs	23
4.7 Correctie voor N-nawerking gewasresten en Nmin-voorraad	23
5 Formuleren van een nieuwe N-bemestingsrichtlijn voor zomergerst	25
5.1 Resultaten verkregen uit de proeven	25
5.2 Vergelijking oudere proeven en recentere proeven	26
5.3 Voorstel voor de N-bemestingsrichtlijn	28
6 Literatuur	30
Bijlage 1 Afleiding van de optimale N-gift per proef op basis van de korrelopbrengst	32
Bijlage 2 Afleiding van de optimale N-gift per proef op basis van het voergerstsaldo	33
Bijlage 3 Afleiding van de optimale N-gift per proef op basis van het brouwgerstsaldo	34

Samenvatting

Zomergerst wordt in Nederland hoofdzakelijk geteeld als brouwgerst. Een probleem bij de teelt is dat de eiwitgehalten tegenwoordig vaak te laag zijn (<9,5%), waardoor de telers niet aan de kwaliteitscriteria van de mouterijen en brouwerijen kunnen voldoen. De mouterijen willen een eiwitgehalte van liefst 10-11,5 %. Daarom is nagegaan of een verhoging van de N-bemestingsrichtlijn nodig is om een hoger eiwitgehalte en daardoor een beter financieel saldo te verkrijgen. Hiervoor zijn 23 N-trappenproeven met zomergerst geanalyseerd, die zijn uitgevoerd tussen 1996 en 2020. Het betrof tien proeven op klei, drie op löss, zes op zand en vier op dalgrond. In alle proeven is nagegaan bij welk N-aanbod de hoogste financiële opbrengst werd behaald bij teelt als voergerst en bij teelt als brouwgerst. Hierbij is uitgegaan van actuele uitbetalingsprijzen voor voergerst en brouwgerst en de kostprijs van kunstmeststikstof (kalkammonsalpeter). Voor voergerst geldt een (jaarlijks variërende) vaste prijs per kg die niet afhankelijk is van de kwaliteit. Bij brouwgerst is de uitbetalingsprijs per kg afhankelijk van de kwaliteit, namelijk het eiwitgehalte en het percentage volgerst. Dit is in de analyse meegenomen. Ook is rekening gehouden met de stikstofnawerking uit de gewasresten van de voorvrucht. Dit betrof bij een aantal proeven suikerbiet.

Overeenkomstig de huidige N-bemestingsrichtlijnen voor zomergerst, zijn nieuwe richtlijnen afgeleid voor klei- en lössgrond en voor zand- en dalgrond. Voor klei- en lössgrond zijn deze gebaseerd op zeven proeven uitgevoerd tussen 2016 en 2020, waarvan vier op klei en drie op löss. Voor zand- en dalgrond zijn ze gebaseerd op tien proeven uitgevoerd tussen 1996 en 2018, waarvan zes op zandgrond en vier op dalgrond. Er zijn voor zand- en dalgrond minder datasets van recente proeven beschikbaar dan voor klei- en lössgrond. Zeven proeven zijn uitgevoerd vóór 2006 en drie proeven tussen 2013 en 2018. De voorgestelde nieuwe richtlijnen zijn:

gewas	grondsoort	teeltdoel	advies	bemonsteringsdiepte bepaling Nmin-voorraad
zomergerst	klei/löss	brouwgerst	125 – Nmin	0-60 cm
zomergerst	klei/löss	voergerst	125 – Nmin	0-60 cm
zomergerst	zand/dalgrond	brouwgerst	130 – Nmin	0-60 cm
zomergerst	zand/dalgrond	voergerst	125 – Nmin	0-60 cm

1 Inleiding

Het areaal zomergerst beslaat de laatste jaren ca. 20.000-25.000 ha (CBS Statline, 2020). De betaalde oppervlakte is sterk teruggelopen t.o.v. de periode 1980-2010 toen er jaarlijks zo'n 40.000 ha werd ingezaaid. Het grootste deel ligt op zand- en dalgrond (circa 65%) en het restant op klei- en lössgrond (35%). Belangrijkste teeltgebieden zijn het Noordoostelijk zand-/dalgebied (Groningen, Drenthe), het Oostelijk veehouderijgebied (Overijssel, Gelderland, oostelijk deel Noord Brabant en Noord Limburg) en het Zuidwestelijk akkerbouwgebied (Zeeland, Zuidholland). De gemiddelde opbrengsten varieerden de laatste 5 jaren tussen de 5.5 en 6.5 t/ha op de zanddalgronden en tussen de 7 en 7.5 t/ha op de centrale en zuidwestelijke kleigronden (CBS Statline, 2020).

Over de afgelopen 50 jaar is de gemiddelde opbrengst van zomergerst in Nederland sterk gestegen, met name in de jaren '70, '80 en '90 (figuur 1). De laatste 20 jaar is de stijging afgezwakt en bedroeg ca. een halve ton per ha.

In Nederland worden uitsluitend brouwgerstrassen gebruikt; de teelt van voergerst omvat slechts een klein deel (naar schatting 10%-20% van het totale zomergerstareaal) en ook hiervoor worden brouwwaardige rassen gebruikt. Was enkele decennia geleden een te hoog eiwitgehalte veelal een probleem bij de teelt van brouwgerst, nu is dat vooral een te laag eiwitgehalte. Belangrijkste reden hiervoor is de introductie van nieuwe rassen die een steeds lager eiwitgehalte hebben. Hierdoor wordt het voor telers steeds moeilijker om aan de kwaliteitscriteria van de mouterijen en brouwerijen te voldoen.

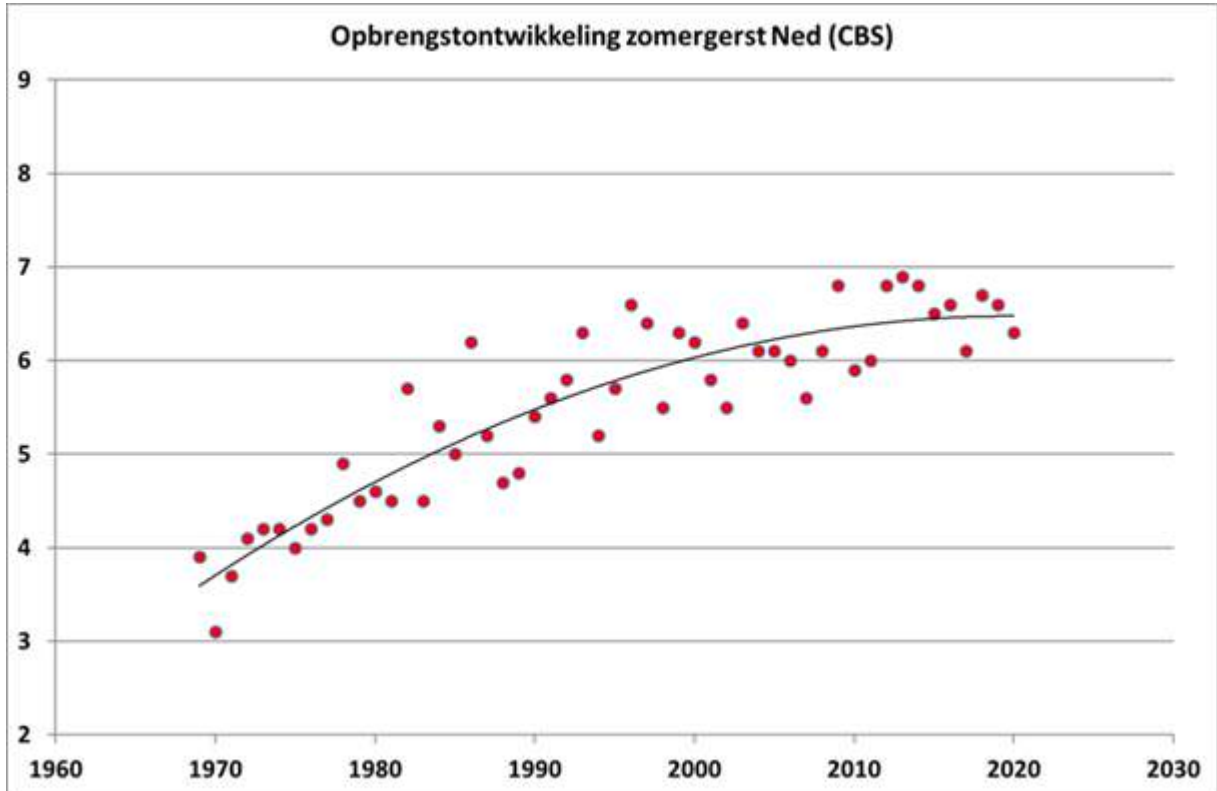
Indien een partij zomergerst voldoet aan de door een mouter gestelde eisen (ras, eiwitgehalte, volgerstpercentage, vocht) wordt voor deze gerst een prijs betaald die boven de voergerstprijs ligt. De hoogte van deze zogenaamde brouwgerstpremie hangt af van de specifieke kwaliteitskenmerken van de partij en van de marktsituatie. Voor een partij brouwgerst waarvan de specificaties buiten de normen vallen zal niet de volle premie betaald worden, maar wordt een korting toegepast. Voor de rendabiliteit van de brouwgerstteelt is het noodzakelijk dat een teler een premie krijgt voor zijn gerst. Voergerst telen is in Nederland niet rendabel. Zonder premie verliest zomergerst de concurrentiestrijd met wintertarwe en zal het gewas uit het bouwplan verdwijnen.

Mouterijen willen brouwgerst met een eiwitgehalte liefst tussen 10 en 11,5 %. Zowel te lage als te hoge eiwitgehalten zijn om ongewenst voor het mout- en brouwproces. De door de belangrijkste coöperaties aangeleverde data aangaande het eiwitgehalte van de door hen ingenomen brouwgerst, lieten in 2010 zien dat het gemiddelde eiwitgehalte lager is dan gewenst. Idealiter is dit ca. 10,8% eiwit omdat in die situatie zoveel mogelijk gerst in het door de mouters gewenste eiwittraject van 10%-11,5% valt. Maar er zijn jaren bij dat het gemiddelde niet hoger is dan 9% tot 9,5%. Dit betekent dat jaarlijks een substantieel deel van de geproduceerde brouwgerst onder de gewenste minimumnorm van 10% uitkomt.

Ook de resultaten van 41 rassenproeven die door de Stichting Nibem in de periode 2002-2009 op kwaliteit zijn onderzocht, laten zien dat lage eiwitgehalten een groot probleem vormen. In 23 van de 41 proeven bleek het gemiddelde eiwitgehalte onder de 10% uit te komen. In 11 van de 41 proeven was dit zelfs onder de 9%. Verder liet een analyse van beschikbare N-bemestingsproeven (waarop ook de huidige N-richtlijn is gebaseerd) zien dat, om gemiddeld genomen te voldoen aan de minimumnorm van 10% eiwit, een N-bemesting nodig is van 90 kg N/ha en 100 kg N/ha op resp. klei- en zand/dalgrond. Dat is aanzienlijk hoger dan het huidige advies. Om niet alleen "gemiddeld" maar "elk jaar" aan de minimeis te voldoen zou een bemesting nodig zijn die nog hoger ligt. Benadrukt moet worden dat deze conclusies enkel zijn gebaseerd op het realiseren van een voldoende eiwitgehalte (Timmer en Pauw, 2010).

Of en in hoeverre de bestaande N-richtlijn een rol speelt bij de (te) lage eiwitgehalten is niet helemaal duidelijk. Daarom is het heel zinvol, nu de resultaten van een groot aantal (12) nieuwe N-bemestingsproeven beschikbaar zijn gekomen, om de bestaande richtlijn opnieuw tegen het licht te houden en zo nodig te actualiseren.

De opzet van dit rapport is gebaseerd op het voorgaande rapport aangaande de actualisatie van de N-bemesting bij zomergerst (Dekker & Postma, 2006).



Figuur 1 Ontwikkeling van de gemiddelde opbrengst van zomergerst in Nederland (ton/ha).

2 Bestaande N-bemestingsrichtlijn

2.1 Beschrijving van de bestaande richtlijn (BR)

In het rapport "Onderbouwing en actualiteit N-bemestingsrichtlijnen akkerbouw" is de bestaande N-richtlijn voor zomergerst opgenomen (van Geel en Brinks, 2018). In de BR van zomergerst wordt onderscheid gemaakt naar grondsoort (klei/löss en zand) en bestaat het advies uit een eenmalige gift, die afhankelijk is van de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm. In de BR wordt ook onderscheid gemaakt naar het teeltdoel, waarbij het advies voor brouwgerst op klei lager is dan voor voergerst. In tabel 2.1 is de BR voor zomergerst weergegeven.

Tabel 2.1 Bestaande N-bemestingsrichtlijn voor zomergerst (in kg N per ha).

gewas	grondsoort	teeltdoel	advies	bemonsteringsdiepte tbv bepaling Nmin-voorraad
zomergerst	klei/löss	brouwgerst	90 – Nmin	0-60 cm
zomergerst	klei/löss	voergerst	110 – Nmin	0-60 cm
zomergerst	zand	brouwgerst	120 – Nmin	0-60 cm
zomergerst	zand	voergerst	120 – Nmin	0-60 cm

2.2 Beschrijving van de onderbouwing van de BR

In de periode 1996-1998 en 2004-2005 zijn door PPO-AGV diverse N-bemestingsproeven met zomergerst uitgevoerd. De proeven in de periode 1996-1998 zijn uitgevoerd op een drietal locaties op klei- en zandgrond en de proeven uit de periode 2004-2005 op een tweetal locaties op zand- en dalgrond. In alle gevallen betrof het proefveldgegevens die beschikbaar waren gekomen na vaststelling van de toenmalige N-richtlijn (90-Nmin voor brouwgerst en 110-Nmin voor voergerst, beide voor alle grondsoorten). Postma e.a. (in Dekker en Postma, 2006) hebben de resultaten van deze proeven geanalyseerd en hierbij rekening gehouden met niet alleen de fysieke opbrengst maar ook kwaliteitsparameters, de premie voor brouwgerst, financiële opbrengst en uiteindelijk het saldo. Ook is er rekening gehouden met N-nawerking van gewasresten en de Nmin-voorraad in de bodem. Behalve de resultaten van de proeven zijn ook gegevens van een groot aantal praktijkpercelen (projecten Telen met Toekomst en Praktijkcijfers 2) meegenomen in de bevindingen. Alles afwegend komen zij tot de conclusie dat er geen aanleiding is om de bestaande richtlijn voor kleigronden te verhogen. De proeven op zand- en dalgrond gaven echter een heel ander beeld. Op basis van een analyse van het saldo met de verschil- en de responsmethode wordt voorgesteld het gemiddelde van de op deze wijze afgeleide optimale N-giften (119 – Nmin; afgerond 120 – Nmin) te nemen als waarde voor een nieuw advies voor zand- en dalgrond (Dekker en Postma, 2006).

3 Inventarisatie van beschikbare gegevens

3.1 Eisen voor de onderbouwing van een nieuwe richtlijn

Aangezien er voor zomergerst een bestaande richtlijn is, waarvan de onderbouwing is gedocumenteerd, en zomergerst een gewas is met een groot belang, zijn de minimaal vereiste combinaties van datatype x methode voor de actualisatie van de N-richtlijn (Ten Berge et al., 2005):

- Voor een voorlopig advies informeel x (verschil- of balans- of responsmethode), waarbij het aantal datasets per advieseenheid minimaal gelijk is aan 8 (tenminste 2 jaar en 2 locaties).
- Voor een definitief advies formeel x (verschil- of balans- of responsmethode), waarbij het aantal datasets per advieseenheid minimaal gelijk is aan 6 (tenminste 2 jaar en 2 locaties).

Een formele proef of dataset is daarbij omschreven als een op een proefveld uitgevoerde proef, waarin een niet met N bemeste controle en verder minimaal twee N-trappen aanwezig zijn (voor de responsmethode zijn dit er vier), waarin minimaal drie herhalingen aanwezig zijn, en waarvoor nog enkele aanvullende eigenschappen zijn geformuleerd (Ten Berge et al., 2005).

3.2 Beschikbare gegevens

In de periode 1996-1998 en 2004-2005 zijn door het toenmalige PPO-AGV (nu WUR Open teelten) diverse N-bemestingsproeven met zomergerst uitgevoerd. De proeven in de periode 1996-1998 zijn uitgevoerd op een drietal locaties op klei- en zandgrond (dataset A) en de proeven uit de periode 2004-2005 op een tweetal locaties op zand- en dalgrond (dataset B). Deze proeven lagen aan de basis van de bestaande richtlijn (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Overzicht van bronnen gebruikt bij de herziening van de N-bemestingsrichtlijn voor zomergerst.

dataset	A	B	C	D
	Proeven PPO-1	Proeven PPO-2	Proeven WUR	DLV, Eurofins
waar beschreven	Timmer, 2001	Wijnholds, 2004, 2005	Timmer, 2019	DLV 2013, Eurofins 2015, 2016
beschikbaar door	WUR	WUR	WUR	Delphi, Agrifirm
onderzoek door	R.D. Timmer	K.H. Wijnholds	R.D. Timmer	DLV, Eurofins
proef- plaatsen	Lelystad, Rolde, Munnekezijl	Rolde, Valthermond	Lelystad, Valthermond, Uithuizermeeden, Wijnandsrade, Geleen	Zeijlen, Annerveen, Uithuizermeeden
grondsoort	klei en zand	zand- en dal	klei-, löss, zand- en dal	zand, dal en klei
rassen	Reggae	Pewter en Prestige	KWS Irina	Quench, Sanette, KWS Irina
wanneer	1996 t/m 1998	2004 t/m 2005	2017-2020	2013, 2015, 2016
N-trappen	4	4	4-5	4-5
N-traject	0 - (150-Nmin)	0-160 kg N/ha	0-140 kg N/ha	0-140 kg N
nultrap	ja	ja	ja	ja
status	formeel	formeel	formeel	formeel
methode	respons	respons	respons	respons

In 2017 en 2018 zijn er door WUR Open teelten N-bemestingsproeven uitgevoerd waarbij ook N-bijbemestingen werden toegepast. Deze werden aangelegd op een 3-tal locaties op klei- en zandgrond. Aanvullend werden in Zuid-Limburg door de telersvereniging Triligran i.s.m. WUR Open teelten in 2018 en 2019 N-proeven uitgevoerd op de locatie Wijnandsrade en in 2020 is voor Trilligran een proef uitgevoerd te Geleen (dataset C). En in 2013 werd door DLV (nu Delphy) eenmalig een N-proef uitgevoerd op een zandlocatie in Drenthe. Tenslotte voerde Eurofins in opdracht van Agrifirm in 2015 en 2016 een N-bemestingsproef uit waarvan de resultaten beschikbaar werden gesteld. De resultaten van deze laatste 3 proeven zijn samengevoegd onder dataset D (tabel 3.1). In tabel 3.2 zijn jaar, locatie, grondsoort, ras etc. en gegevens over de opzet van de proeven weergegeven.

Tabel 3.2 Overzicht 24 N-bemestingsproeven in zomergerst, periode 1996-2019.

proef nr.	jaar	locatie*	grond-soort	ras	voor-vrucht* *	N_min (0-60 cm)	nul-object	aantal N-trappen	hoogste N-gift	N-gift volgens BR***
1	1996	LS	klei	Reggae	SB	41	ja	4	110	49
2	1997	LS	klei	Reggae	SB	24	ja	4	125	66
3	1998	LS	klei	Reggae	SB	31	ja	4	120	59
4	1996	KW	klei	Reggae	SB	28	ja	4	120	62
5	1997	KW	klei	Reggae	SB	29	ja	4	120	61
6	1998	KW	klei	Reggae	SB	31	ja	4	120	59
7	1996	KB	zand	Reggae	ZA	41	ja	4	110	79
8	1997	KB	zand	Reggae	ZA	14	ja	4	135	106
9	1998	KB	zand	Reggae	ZA	20	ja	4	130	100
10	2004	KB	zand	Pewter, Prestige	ZA	17	ja	4	160	103
11	2005	KB	zand	Pewter, Prestige	ZA	18	ja	4	160	102
12	2004	KP	dal	Pewter, Prestige	ZA	20 ¹	ja	4	160	100
13	2005	KP	dal	Pewter, Prestige	ZA	35	ja	4	160	85
14	2017	LS	klei	KWS Irina	WT	24	ja	3	80	66
15	2018	LS	klei	KWS Irina	UI	18	ja	5	140	72
16	2017	UM	klei	KWS Irina	WT ²	20 ¹	ja	5	140	70
17	2018	UM	klei	KWS Irina	CA	20 ¹	ja	5	140	70
18	2017	KP	dal	KWS Irina	ZA	30	ja	5	140	90
19	2018	KP	dal	KWS Irina	ZA	22	ja	5	140	98
20	2018	WR	löss	KWS Irina	SB	29	ja	4	120	61
21	2019	WR	löss	KWS Irina	SB	54	ja	4	120	36
22	2013	ZE	zand	Quench	SB	50	ja	5	140	70
23	2015	AN	dal	Sanette	ZG	30	ja	5	130	100
24	2016	UM	zavel	KWS Irina	WT ³	20 ¹	ja	4	140	70
25	2020	GL	löss	KWS Irina	SB	37	ja	4	120	53

* : LS = WUR locatie Lelystad; UM= Uithuizermeeden; KW= SPNA-locatie Kollumerwaard te Munnekezijl; KB= WUR locatie Kooijenburg te Rolde; KP = WUR locatie 't Kompas te Valthermond; WR= WUR locatie Wijnandsrade; ZE= Delphi locatie Op De Es te Zeijen; AN= Annerveen.

** : SB = suikerbieten; ZA = zetmeelaardappelen; WT = wintertarwe; UI = uien; CA = consumptieaardappelen; ZG=zomergerst

***: voor BR is uitgegaan van brouwergerst --> klei/löss: 90 – Nmin, zand/dal: 120-Nmin

1: inschatting door de teler/proefveldhouder op basis van ervaring op andere percelen

2: na de tarweoogst is er VDM toegepast in de stoppel.

3: na de tarweoogst is er bladrammenas gezaaid en VDM en compost toegepast.

De beschikbare proeven in de datasets A t/m D voldoen op één na (nr. 14) aan de voorwaarden gesteld aan "formele proeven" in het "Protocol voor actualisatie van bemestingsadviezen voor stikstof" (Ten Berge et al., 2005). Er is echter voldoende materiaal beschikbaar om eventueel te komen tot een onderbouwing van een eventuele nieuwe richtlijn (NR).

3.3 Beschrijving proeven datasets

In het kader van onderzoek naar het sturen van de N-bemesting met de chlorofylmeter zijn door PPO in de periode 1996-1998 op 3 locaties (Lelystad, Kollumerwaard, Rolde; grondsoorten zavel en/of lichte klei in Lelystad en Kollumerwaard en zand in Rolde) veldproeven uitgevoerd met brouwergerst, van het ras Reggae (Timmer, 2001; dataset A). Het gaat hier dus om 9 formele proeven (3 jaren * 3 locaties).

In de proeven waren steeds 4 N-trappen (0, 90-Nmin, 120-Nmin en 150-Nmin) in 3 herhalingen aanwezig. Voor het zaaien is de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm bepaald.

Bij de eindogst zijn bepalingen verricht aan de totale korrelopbrengst, het eiwitgehalte, het percentage volgerst en het N-gehalte in korrel en stro, zodat de totale N-opname door het gewas kon worden bepaald.

In 2004 en 2005 zijn in Rolde (zandgrond) en Valthermond (dalgrond) proeven uitgevoerd, waarin het nieuwe ras Pewter is vergeleken met het standaardras Prestige (Wijnholds, 2004 en 2005; dataset B). Hierbij gaat het in totaal om nogmaals 4 proeven. De proeven waren opgebouwd uit 2 rassen, 4 N-trappen (0, 80, 120 en 160 kg N per ha) en het al dan niet inzetten van Moddus als groeiregulator. De N-trappen 120 en 160 kg N per ha waren ook nog aanwezig in een variant met N-deling (80+40 en 120+40). De proeven werden uitgevoerd in 3 herhalingen. Bij de eindogst is de opbrengst en kwaliteit (% volgerst, eiwitgehalte) bepaald. De N-opname door het gewas is niet gerapporteerd. De Nmin-voorraad in het voorjaar is alleen bepaald op het proefveld te Rolde.

Van 2017-2018 zijn door WUR Open teelten i.s.m. Agrifirm N-proeven uitgevoerd bij brouwergerst met als doel het eiwitgehalte te optimaliseren (Timmer, 2019; dataset C). Met behulp van drone en satellietbeelden is getracht te bepalen of het gewas al dan niet een N-bijbemesting nodig heeft om het eiwitgehalte op het gewenste niveau te krijgen. Deze proeven werden uitgevoerd op 3 locaties (Lelystad, Valthermond en Uithuizermeeden; grondsoorten resp. klei, dal en zavel) met het ras KWS Irina. Aansluitend werd door de locatie Wijnandsrade i.s.m. telersvereniging Triligran in 2018 en 2019 een vergelijkbare proef uitgevoerd op de löss. Samen zijn dit 8 formele proeven (2 jaren * 4 locaties). In de proeven waren steeds 4-5 N-trappen in 3 of 4 herhalingen; in al deze proeven werden 1-3 N-trappen ook uitgevoerd met een N-bijbemesting. In 2020 is een negende proef met 4 N-trappen uitgevoerd voor Triligran op löss bij Geleen. Hierin zaten geen objecten met N-bijbemesting. Voor het zaaien is bij de meeste proeven de Nmin-voorraad in de grond bepaald. Bij de eindogst zijn de opbrengst en de kwaliteit (meestal alleen eiwitgehalte) bepaald.

De proef in Lelystad in 2017 (proefnr. 14) mislukte deels waardoor er te weinig N-trappen overbleven voor een formele proef. Deze proef is derhalve niet meegenomen in de verdere analyse.

De proef in Valthermond in 2018 (proefnr. 18) ondervond ernstige droogteschade door extreem warm en droog weer. De opbrengsten waren hierdoor zeer laag en erg onregelmatig, met als gevolg een onacceptabele hoge variatiecoëfficiënt. Deze proef is ook niet meegenomen in de verdere uitwerking. Daardoor resteren in dataset C zeven bruikbare formele proeven.

Een inventarisatie bij andere instellingen naar uitgevoerde N-proeven die voldoen aan het protocol van de CDM leverde drie bruikbare proeven op. Een proef werd uitgevoerd door Delphy in opdracht van OCI in 2013 (Zeijen, zand) en Eurofins voerde twee proeven uit voor Agrifirm in de jaren 2015 (Annerveen, dalgrond) en 2016 (Uithuizermeeden, zavel). De proeven bestonden uit 4-5 N-trappen, waarvan een nul-object, in 4 herhalingen en voldeden alle drie aan de eisen voor een formele proef.

3.4 Analysemethoden

Rekening houdend met de criteria uit het CDM-protocol is voor 24 van de 25 proeven de verschilmethode toepasbaar voor het afleiden van een optimale N-gift. Een voorwaarde die daarvoor in het protocol is genoemd, is dat de bestaande richtlijn (BR) als een van de N-trappen in de proeven opgenomen moet zijn of dat er tenminste 2 N-trappen boven de BR liggen (Ten Berge et al., 2005). In de 9 N-proeven uit de periode 1996-1998 (dataset A) was het BA voor brouwgerst steeds als object in de proeven aanwezig.

In de proeven uit 2004-2005 (dataset B) was de BR niet opgenomen, maar waren wel de twee hoogste N-trappen in deze proeven steeds hoger dan de N-gift volgens de BR (120 – Nmin (0-60)). In de WUR-proeven uit de periode 2017-2020 (dataset C) was de BR bij één proef opgenomen als object (WR 2019) en lager er twee N-trappen boven. In de andere proeven van deze dataset was de BR niet als object aanwezig, maar waren er steeds twee of drie trappen in de proef hoger dan de BR. Enkel in proef nr. 14 (2017 LS) was slecht één N-trap hoger dan de BR en één lager. Deze proef is daarom niet bruikbaar en niet meegenomen in de verdere analyses.

In de proeven van Delphy in 2013 en Eurofins/AgriFirm in 2015 en 2016 (dataset D) was de BR ook niet als object opgenomen, maar lagen er wel twee of drie N-trappen boven.

De BR voor voergerst (110 – Nmin (0-60 cm) voor klei/löss respectievelijk 120 – Nmin (0-60 cm) voor zand/dal) was aanwezig in de proeven nr. 7 (1996 KB), nr. 9 (1998 KB), nr. 16 (2017 UM), nr. 17 (2018 UM), nr. 24 (2016 UM) en nr. 20 (2018 WR), met nog één of twee N-trappen erboven. In de overige proeven was de BR voor voergerst niet opgenomen, maar wel tenminste twee N-trappen die hoger zijn dan de BR, behalve in proef nr. 14 (2017 LS).

Zeven van de 24 proeven voldoen aan de gestelde eisen in het CDM-protocol om de gegevens te analyseren volgens de responsmethode (nrs. 15 t/m 19, 22 en 23). Deze proeven bevatten vijf N-trappen, incl. het nulobject. Dekker en Postma (2006) hebben destijds de proeven met slechts vier N-trappen ook geanalyseerd met de responsmethode en vergeleken met de verschilmethode. De werkgroep "Actualisatie stikstofbestedingsadviezen" van de CDM heeft toepassing van de responsmethode in dit geval toch als valide beoordeeld, omdat het berekende optimum in de meeste gevallen hoger lag (hogere N-gift) dan een meetpunt in de proef dat zelf al hoger lag (hogere N-gift) dan de N-gift volgens de BR. De werkgroep merkte hierbij op dat dit niet impliceert dat voortaan met vier N-trappen kan worden volstaan. De eisen van het protocol blijven onveranderd.

In alle vier de datasets waren één of meerdere proeven waarbij de hogere N-giften ook als een gedeelde bemesting waren opgenomen. Deze gedeelde N-giften zijn niet meegenomen in de verdere uitwerking. Alleen de objecten met éénmalige N-giften aan het begin van het seizoen gegeven (algemene toepassing in de praktijk) zijn geanalyseerd.

4 Data-analyse en afleiding optimale N-giften

4.1 Aanpak

Evenals in het rapport van Dekker en Postma (2006) zijn zowel de verschilmethode als de responsmethode toegepast om per proef een optimale N-gift af te leiden. Voor de verschilmethode is een variantieanalyse uitgevoerd aangevuld met een tweezijdige t-toets. Bij de t-toets is een LSD-waarde berekend (het kleinste betrouwbare verschil) bij een onbetrouwbaarheid (p) van $\leq 0,05$. Verschillen tussen de objecten (N-trappen) zijn als significant aangemerkt indien het verschil groter of gelijk is aan de LSD-waarde.

Bij de meeste proeven is er sprake van een stijging van de financiële opbrengst naar een optimum bij toenemende N-gift en vervolgens een daling van de financiële opbrengst bij hogere N-giften. Voor de responsmethode beperkt dit de modelkeuze tot modellen die deze trend kunnen beschrijven. Dit zijn de tweedegraads polynoom (parabool) en het lineair-exponentieel model. De laatste is echter niet goed toepasbaar bij slechts vier N-trappen, waardoor de tweedegraads polynoom het meest aangewezen responsmodel is. Dit model is dan ook gebruikt voor het afleiden van de optimale N-gift per proef.

De statistische analyses zijn uitgevoerd met het softwarepakket Genstat (19^e editie).

Indien de afgeleide optimale N-gift in een proef hoger is dan de hoogste N-trap in de proef (een geëxtrapoleerde waarde betreft), is de hoogste N-trap als optimale N-gift genomen.

4.2 Korrelopbrengst

De resultaten van de korrelopbrengsten in de 23 beschikbare veldproeven zijn te vinden in tabel 4.1. In de proeven die in 2004 en 2005 zijn uitgevoerd (proeven 10 t/m 13), waren de effecten van ras en het gebruik van de groeiregulator Moddus op de opbrengst beperkt en in vrijwel geen enkele situatie significant. Daarom zijn de gemiddelde resultaten van de opbrengst per N-trap (voor beide rassen samen en voor zowel geen als wel gebruik van Moddus) weergegeven.

Uit tabel 4.1 blijkt dat er in de proef KW 98 (nr. 6) bij het object zonder N-toediening al een zeer hoge opbrengst werd gerealiseerd en dat de opbrengsten bij de objecten met N-toediening lager waren. Uit gewaswaarnemingen die in de proef zijn gedaan is bekend dat er op het betreffende proefveld sprake was van een lang en slap gewas en dat er in een vroeg stadium van het groeiseizoen sprake was van ernstige legering (Timmer, 2001). Het percentage geleverde planten bedroeg respectievelijk 0%, 60%, 90% en 90% bij de objecten 0, 90-Nmin, 120-Nmin en 150-Nmin. De omstandigheden in de proef waren uitzonderlijk in verband met een combinatie van een ruime vochtvoorziening en een hoge N-nalevering. Deze factoren zijn waarschijnlijk verantwoordelijk geweest voor het hoge legeringspercentage.

In de overige proeven nam de opbrengst in het algemeen toe met een toenemende N-gift, maar in een aantal gevallen was er sprake van een optimum, waarbij de opbrengst bij de hoogste N-gift weer ging dalen.

Tabel 4.1 Korrelopbrengst in de 23 N-trappenproeven.

Nr	Proef	grondsoort	Nmin	N-gift*				LSD _{0,05}	
				0	90-Nmin	120-Nmin	150-Nmin		
1	LS 96	klei	41	7016	8373	8405	8188	542	
2	LS 97	klei	24	7262	9218	9230	8799	585	
3	LS 98	klei	31	7356	8297	7584	6871	306	
4	KW 96	klei	28	7485	8675	8662	8496	584	
5	KW 97	klei	29	7368	8749	8624	8407	431	
6	KW 98	klei	31	8123	7778	7137	6740	375	
7	KB 96	zand	41	5078	6759	7502	7622	589	
8	KB 97	zand	14	3543	7253	7951	7672	389	
9	KB 98	zand	20	3822	6341	6458	6593	587	
				0		80	120	160	LSD _{0,05}
10	KB 04	zand	17	3466		6201	6681	6798	602
11	KB 05	zand	18	3359		6899	7814	7680	209
12	KP 04	dal	20	3978		5764	5754	5323	272
13	KP 05	dal	35	3757		6318	6696	6554	346
				0	50	80	110	140	LSD _{0,05}
15	LS 18	klei	18	2699	4519	5562	5894	6543	984
16	UM 17	klei	20	7665	9691	9935	10126	10292	703
17	UM 18	klei	20	5871	9016	10741	11681	12008	595
19	KP 18	dal	22	4316	6643	6686	7483	7075	1121
				0	40	80	120		LSD _{0,05}
20	WR 18	löss	29	4996	8394	8766	9722		364
21	WR 19	löss	54	7533	9551	10137	10549		1053
25	GL 20	löss	37	5992	6977	7294	7369		402
				0	60	80	100	120	LSD _{0,05}
22	ZE 13	zand	50	7084	9284	9699	9978	10014	414
				0	55	80	105	130	LSD _{0,05}
23	AN 15	dal	30	4359	6042	6958	7683	8090	1002
				0		80	110	140	LSD _{0,05}
24	UM 16	klei	20	5893		7553	7673	7595	441

*: N in kg/ha

Het N-niveau waarbij de hoogste opbrengst in de proeven uit 1996-1998 is verkregen, varieerde van 90-Nmin tot 150-Nmin kg N per ha, in afhankelijkheid van locatie en jaar. In de proeven uit 2004-2005 werd de maximale opbrengst verkregen bij N-giften variërend van 80 tot 160 kg N per ha (tabel 4.2). In de 10 proeven uit de periode 2013-2020 (datasets C en D, proefnummers 14-25) was dit het geval bij N-giften tussen 110 en 140 kg N per ha.

Tabel 4.2 N-gift waarbij de hoogste korrelopbrengst werd gerealiseerd per proef.

dataset	N-gift waarbij hoogste opbrengst werd gerealiseerd	proef
A	30 - Nmin	KW 98
	90 - Nmin	LS 98, KW 96, KW 97
	120 - Nmin	LS 96, LS 97, KB 97
	150 - Nmin	KB 96, KB 98
B	80	KP 04
	120	KB 05, KP 05
	160	KB 04
C+D	110	KP18, UM16
	120	WR18, WR19, GL20, ZE13
	130	AN15
	140	LE18, UM17, UM18,

Uit een vergelijking van de opbrengstverschillen tussen de N-trappen en de LSD-waarde (tabel 4.1), blijkt dat de hoogste opbrengst niet in alle gevallen significant hoger was dan de opbrengst die werd verkregen bij een lagere N-trap. In die gevallen lijkt het niet verantwoord de N-gift die leidt tot de maximale opbrengst te gebruiken voor een onderbouwing van een nieuwe richtlijn. De N-gift waarbij de opbrengst significant hoger was dan bij een gift volgens het BA (of indien het BA niet aanwezig was de N-gift net boven het BA) is eveneens per proef bepaald (tabel 4.3).

Tabel 4.3 N-gift waarbij de korrelopbrengst significant hoger/lager was dan bij BA; per proef.

dataset	N-gift waarbij opbrengst significant hoger/lager was dan bij BA	proef
klei/löss	BA-60	KW 98
	BA	LS 96, LS 97, LS 98, KW 96, KW 97, UM 16, UM 17, WR19, GL20
	BA+30	UM 18
	BA+60	LE 18, WR17
zand/dal	BA-30	KB 98
	BA-20	KP 04
	BA	KB 96, KB 97, KP 18, ZE 13, AN 15
	BA+20	KB 04, KB 05
	BA+35	KP 05

Om op basis van de opbrengst en de verschilmethode een nieuw advies (NA) te onderbouwen moet de opbrengst van bij NA hoger zijn dan bij het BA (90-Nmin voor klei/löss en 120-Nmin voor zand/dal) of moet de opbrengst bij het NA hoger zijn dan bij een ander aangelegd N-niveau dat hoger was dan BA. Op zand-/dalgrond leidde in 3 proeven een niveau boven BA tot een significant hogere korrelopbrengst, maar daar stonden 2 proeven tegenover met een optimale N-gift bij een niveau onder BA.

Op klei-/lössgrond daarentegen staan er tegenover 3 proeven met een optimale gift boven het BA slechts één proef met de optimale N-gift onder het BA. En dit was bovendien de proef KW 98 (nr. 6) waar vanwege bijzondere omstandigheden de optimale N-gift al werd bereikt bij het nul-object. De drie proeven op klei met een optimale N-gift boven het BA bevinden zich tussen de meer recentere uitgevoerde proeven (datasets C en D, 2013-2019).

Zoals blijkt uit tabel 3.2 hadden 9 van de 13 proeven op zavel, löss en kleigrond suikerbieten als voorvrucht, terwijl dat voor 8 van de 10 proeven op zand- en dalgrond (zetmeel)aardappelen waren. Het is bekend dat de N-inhoud van de gewasresten van suikerbieten aanzienlijk is en dat er het volgende groeiseizoen in de volgteelt rekening moet worden gehouden met een nawerking van 30 kg N per ha, waarvan ongeveer 1/3 tot uiting komt in een hogere Nmin-voorraad in voorjaar en er nog 20 kg N/ha kan worden gekort op de N-gift volgens de N-richtlijn¹.

Verder dient de onderbouwing van een NA bij voorkeur te worden gebaseerd op de marktbaar opbrengst of het saldo, en niet op de korrelopbrengst, zoals hiervoor is gedaan. Voor brouwergerst betekent dat, dat rekening moet worden gehouden met kwaliteitsaspecten, zoals het volgerstpercentage en het eiwitgehalte (voor marktbaar opbrengst) en met de meststof- en bemestingskosten voor het saldo. Daartoe is hierna voor dezelfde proeven eerst ingegaan op het saldo indien de gerst zou worden afgezet als voergerst (dus zonder kwaliteitsaspecten) en vervolgens op de kwaliteitsparameters en het saldo als brouwergerst.

¹ Bron: handboekbodemembemesting.nl

4.3 Saldo voergerst

Bemestingsadviezen zijn in het algemeen gebaseerd op de economisch optimale N-gift. Dit is de N-gift waarbij het saldo het hoogst is, ofwel waarbij de extra benodigde meststofkosten nog net opwegen tegen de extra opbrengst die daarmee wordt gerealiseerd. In het eerdergenoemde protocol (Ten Berge et al., 2005) is aangegeven dat bij hantering van de verschil- of de responsmethode de marktbaar opbrengst, het saldo of een andere relevante maat voor opbrengst van een NA hoger dient te zijn dan dat van het BA. Het saldo is daarbij gedefinieerd als de opbrengst minus de toegerekende kosten, waarbij de toegerekende kosten zich beperken tot de bemestingskosten van stikstof. Op basis van de korrelopbrengst (tabel 4.1), de prijs voor kunstmeststikstof (KAS) en de uitbetalingsprijs voor voergerst is voor alle proeven het saldo voor voergerst (tabel 4.4) per object uitgerekend.

De laatste 5 jaar schommelde de prijs van KAS (kalkammonsalpeter, 27% N) van 21.50 tot 28.10 euro per 100 kg (LEI Wageningen UR, 2020). Voor de berekening van het saldo is het gemiddelde prijsniveau van 23.80 euro per 100 kg over de laatste 5 jaar aangehouden. Dit komt overeen met 0.88 euro per kg N.

Voor de voergerstprijs is gerekend met €142.50 per ton (paragraaf 4.5).

Tabel 4.4 Saldo voergerst in de 23 N-trappenproeven in €/ha.

Nr	Proef	grond-soort	BA	N-gift*				LSD _{0,05}	
				0	90-Nmin	120-Nmin	150-Nmin		
1	LS 96	klei	69	1035	1149	1127	1070	102	
2	LS 97	klei	86	1035	1256	1232	1144	77	
3	LS 98	klei	79	1048	1130	1005	874	38	
4	KW 96	klei	82	1067	1183	1155	1105	73	
5	KW 97	klei	81	1050	1194	1150	1092	53	
6	KW 98	klei	79	1157	1056	938	855	48	
7	KB 96	zand	79	724	920	1000	990	72	
8	KB 97	zand	106	505	967	1041	974	46	
9	KB 98	zand	100	545	842	832	825	76	
				0		80	120	160	LSD _{0,05}
10	KB 04	zand	103	494		813	846	828	122
11	KB 05	zand	102	479		913	1008	954	38
12	KP 04	dal	100	567		751	714	618	60
13	KP 05	dal	85	535		830	849	793	71
				0	50	80	110	140	LSD _{0,05}
15	LS 18	klei	92	385	600	722	743	809	140
16	UM 17	klei	90	1092	1337	1345	1346	1343	100
17	UM 18	klei	90	837	1241	1460	1568	1588	85
19	KP 18	dal	98	615	903	882	970	885	160
				0	40	80	120		LSD _{0,05}
20	WR 18	löss	81	712	1161	1179	1280		52
21	WR 19	löss	56	1073	1326	1374	1398		150
25	GL 20	löss	73	854	959	969	945		57
				0	60	80	100	120	LSD _{0,05}
22	ZE 13	zand	70	1009	1270	1312	1334	1321	56
				0	55	80	105	130	LSD _{0,05}
23	AN 15	dal	90	621	813	921	1002	1038	143
				0		80	110	140	LSD _{0,05}
24	UM 16	klei	90	840		1006	997	959	63

*: N in kg/ha

Uit de resultaten blijkt dat het hoogste voergerstsaldo in acht van de dertien proeven op kleigrond (nr. 1 t/m 5, 15, 24, 25) werd gerealiseerd bij het BA (110-Nmin) of bij een N-gift net boven of net onder het BA indien BA niet in de proeven was opgenomen. In de proeven UM 17 (nr. 16) en WR 19 (nr. 21) lag de optimale N-gift onder het BA terwijl in de proeven UM 18 (nr. 17) en WR 18 (nr. 20) de optimale gift boven het BA lag.

Hierbij is in de 9 proeven met voorvrucht suikerbieten rekening gehouden met nalevering uit bietenblad en is van het BA (110-Nmin) 20 kg N/ha afgetrokken. Verder was er één proef waarbij de optimale N-gift 0 kg was (KW 98, nr.6).

In twee van de tien proeven op zandgrond werd het hoogste voergerstsaldo gerealiseerd bij het BA (120-Nmin) of bij een N-gift net boven of net onder het BA indien BA niet in de proeven was opgenomen. In de proeven KB 98, KB 04, KP 04, KP 05 en KP 18 (nr. 9, 10, 12, 13 en 19) lag de optimale N-gift onder het BA terwijl in de proeven KB 05, ZE 13 en AN 15 (nr. 11, 22 en 23) de optimale gift boven het BA lag. Hierbij is in 1 proef met voorvrucht suikerbieten (ZE 13) rekening gehouden met een korting van 20 kg N/ha op de adviesgift.

4.4 Kwaliteitsparameters

Zomergerst kan worden geteeld als brouwergerst of als voergerst. Om als brouwergerst in aanmerking te komen, moet de gerst aan een aantal kwaliteitseisen voldoen. De kwaliteitseisen hebben betrekking op het eiwitgehalte, dat niet te hoog en niet te laag dient te zijn, en op het volgerstpercentage, dat zo hoog mogelijk moet zijn. Het effect van de N-trappen op het eiwitgehalte en het percentage volgerst is per proef weergegeven in tabel 4.5.

Tabel 4.5 Effect van de N-gift op het eiwitgehalte en het percentage volgerst in de 23 proeven.

Nr	Proef	Volgerst%				Eiwit%					
		N-gift*				N-gift*					
		0	90-Nmin	120-Nmin	150-Nmin	0	90-Nmin	120-Nmin	150-Nmin		
1	LS 96	99	99	98	98	9.1	9.7	10.8	11.1		
2	LS 97	97	96	94	89	8.6	8.8	9.2	10.0		
3	LS 98	97	96	91	84	9.4	9.6	10.0	11.2		
4	KW 96	96	98	96	93	9.1	9.5	9.9	10.3		
5	KW 97	95	89	82	78	8.8	9.5	10.1	10.3		
6	KW 98	90	80	79	76	9.7	10.7	11.0	11.8		
7	KB 96	96	97	94	93	7.7	8.4	9.4	10.8		
8	KB 97	96	94	92	89	8.6	8.6	9.2	10.2		
9	KB 98	97	94	92	91	9.0	8.9	9.3	10.5		
		0		80	120	160	0		80	120	160
10	KB 04	98		98	98	98	9.9		10.8	11.8	12.2
11	KB 05	98		98	98	96	10.0		9.5	10.6	11.9
12	KP 04	94		94	93	90	11.3		10.5	10.9	11.7
13	KP 05	99		99	98	98	9.3		10.3	11.9	13.1
		0	50	80	110	140	0	50	80	110	140
15	LS 18	--	--	--	--	--	8.1	8.0	8.6	8.5	9.3
16	UM 17	--	--	--	--	--	10.3	10.0	10.6	10.2	10.6
17	UM 18	--	--	--	--	--	9.2	8.4	8.1	9.0	9.5
19	KP 18	98	98	97	98	98	8.7	9.3	9.8	11.3	11.8
		0	40	80	120		0	40	80	120	
20	WR 18	98	97	97	98		8.3	8.6	9.1	9.8	
21	WR 19	97	97	97	97		10.0	10.1	10.8	11.2	
25	GL 20	95	93	94	93		9.9	10.9	11.8	12.8	
		0	60	80	100	120	0	60	80	100	120
22	ZE 13	96	97	97	97	97	6.9	7.5	8.5	8.9	9.9
		0	55	80	105	130	0	55	80	105	130
23	AN 15	96	98	97	97	97	7.2	8.1	8.5	9.0	9.6
		0		80	110	140	0		80	110	140
24	UM 16	95		92	90	90	9.8		10.1	10.7	11.2

*: N in kg/ha

Uit tabel 4.5 blijkt het volgende:

- 1 Het eiwitgehalte neemt gemiddeld toe met een toenemende N-gift maar de mate waarin dit gebeurt verschilt tussen locaties (grondsoort) en jaren. In 4 van de 10 proeven op zandgrond (nr. 10 t/m 13 en 19) en in 2 van de 13 proeven op klei-/lössgrond (de proef op Kollumerwaard in 1998, welke sterk door legering werd beïnvloed, en de proef op löss in 2020) werd bij de hoogste N-gift de premiegrens voor eiwit voor brouwergerst (11.5%) overschreden.
- 2 Het aandeel volgerst neemt gemiddeld iets af met een toenemende N-gift maar is ook bij de hogere N-giften op een hoog niveau. In geen enkele proef daalde het aandeel volgerst onder de 60% waardoor het als voergerst zou moeten worden afgezet. Ook daalde het volgerstpercentage bij een toenemende N-gift slechts incidenteel onder de 90% waardoor in vrijwel alle gevallen de maximale premie voor brouwergerst behouden bleef.

Gemiddeld over de 23 proeven blijkt het effect van een toenemende N-gift op de kwaliteit van brouwergerst beperkt. Het grootste effect is er bij te lage of te hoge eiwitgehalten. In de volgende paragraaf is beschreven hoe dit tot uiting komt in het saldo voor brouwergerst.

4.5 Brouwergerstpremie en saldo brouwergerst

Bemestingsadviezen zijn in het algemeen gebaseerd op de economisch optimale N-gift. Dit is de N-gift waarbij het saldo het hoogst is, ofwel waarbij de extra benodigde meststofkosten nog net opwegen tegen de extra opbrengst die daarmee wordt gerealiseerd. In het eerdergenoemde protocol (Ten Berge et al., 2005) is aangegeven dat bij hantering van de verschil- of de responsmethode de marktbaar opbrengst, het saldo of een andere relevante maat voor opbrengst van NA hoger dient te zijn dan dat van BA.

Het saldo is daarbij gedefinieerd als de opbrengst minus de toegerekende kosten, waarbij de toegerekende kosten zich beperken tot de bemestingskosten. Hierna is de optimale N-gift afgeleid voor het saldo van brouwergerst, waarbij de kwaliteitsaspecten van invloed zijn op de hoogte van de gerstprijzen.

Bij Agrifirm zijn de uitbetalingsprijzen voor gerst opgevraagd. Deze zijn gebaseerd op de seizoenen 2016 t/m 2018. De door Agrifirm beschikbaar gestelde prijzen zijn weergegeven in tabel 4.6.

Tabel 4.6 Gemiddelde premietabel voor brouwergerst, oogst 2016-2018 (Bron: Agrifirm, 2020).

Volgerstpercentage	premie in €/ton	Eiwitgehalte in %	Premie in €/ton
>= 90 %	13.6	<= 8.5	0
60 - 89.9 %	9.3	8.6-9.0	2
< 60 %	voergerstprijzen	9.1-9.5	5.3
		9.6-11.5	10.7
		11.6-12.5	2.7
		>12.5	0

De premies komen boven op de standaardprijs voor voergerst, die in deze periode lag op een niveau van 142.50 euro per ton. Dit betekent dat de maximaal uitbetaalde premie voor brouwergerst 24.30 euro per ton was.

De laatste 5 jaar schommelde de prijs van KAS (kalkammonsalpeter, 27% N) van 21.50 tot 28.10 euro per 100 kg (LEI Wageningen UR, 2020). Voor de berekening van het saldo is het gemiddelde prijsniveau van 23.80 euro per 100 kg over de laatste 5 jaar aangehouden. Dit komt overeen met 0.88 euro per kg N.

Op basis van korrelopbrengst (tabel 4.1), volgerst en eiwitgehalte (tabel 4.5), de brouwergerstprijzen (tabel 4.6) en de prijs voor kunstmest, is voor alle proeven het saldo voor brouwergerst per object uitgerekend (tabel 4.7).

Uit de resultaten van de datasets A en B (proeven 1 t/m 13) blijkt dat het hoogste saldo in vijf van de zes proeven op kleigrond werd gerealiseerd bij een niveau van 90-Nmin en in één proef (KW 98) bij 0.

In twee van de drie proeven op zandgrond uit de periode 1996-1998 werd het hoogste saldo gerealiseerd bij 120-Nmin en in de derde proef bij 90 - Nmin. In twee van de vier proeven op zand- en dalgrond die zijn uitgevoerd in 2004 en 2005 werd het hoogste saldo gerealiseerd bij een niveau van 120 kg N per ha en in de overige twee proeven bij 80 kg N per ha.

Uit de resultaten van de meest recent uitgevoerde N-proeven (nr. 15 t/m 25) blijkt dat het hoogste saldo in de zes proeven op klei/löss werd gerealiseerd bij een per proef sterk wisselende N-gift van 40 kg tot 120 kg N/ha.

In drie van de vier proeven op zandgrond (nr. 17, 22, 23) werd het hoogste saldo gerealiseerd bij N-giften van 120 tot 140 kg N/ha. In één proef was de optimale N-gift aanzienlijk lager (50 kg N/ha, nr. 16).

Tabel 4.7 Brouwgerstsaldo in de 23 N-trappenproeven in €/ha.

Nr	Proef	grondsoort	N-gift*				LSD _{0,05}	
			0	90-Nmin	120-Nmin	150-Nmin		
1	LS 96	klei	1173	1353	1332	1269	119	
2	LS 97	klei	1144	1405	1413	1323	99	
3	LS 98	klei	1188	1317	1175	1013	67	
4	KW 96	klei	1209	1379	1366	1312	91	
5	KW 97	klei	1165	1391	1325	1263	61	
6	KW 98	klei	1355	1214	1083	956	52	
7	KB 96	zand	793	1017	1155	1176	83	
8	KB 97	zand	558	1072	1192	1161	55	
9	KB 98	zand	614	949	966	976	96	
			0		80	120	160	LSD _{0,05}
10	KB 04	zand	574		964	993	939	148
11	KB 05	zand	556		1053	1198	1088	49
12	KP 04	dal	648		891	854	694	70
13	KP 05	dal	608		984	962	886	82
			0	50	80	110	140	LSD _{0,05}
15	LS 18	klei	422	662	802	835	939	167
16	UM 17	klei	1269	1552	1593	1579	1574	141
17	UM 18	klei	953	1387	1613	1780	1864	116
19	KP 18	dal	689	1037	1045	1105	1024	181
			0	40	80	120		LSD _{0,05}
20	WR 18	löss	780	1287	1351	1516		57
21	WR 19	löss	1257	1545	1621	1614		185
25	GL 20	löss	999	1129	1088	1045		66
			0	60	80	100	120	LSD _{0,05}
22	ZE 13	zand	1106	1397	1444	1490	1565	---
			0	55	80	105	130	LSD _{0,05}
23	AN 15	dal	681	899	1026	1149	1224	165
			0		80	110	140	LSD _{0,05}
24	UM 16	klei	968		1190	1168	1136	88

*: N in kg/ha

Op basis van de resultaten van de korrelopbrengst en het saldo voor voergerst en brouwgerst zijn de optimale N-giften per proef afgeleid. Daartoe is zowel de verschilmethode als de responsmethode gebruikt. Aangezien er bij de meeste proeven sprake was van een optimum (vanaf een bepaalde N-gift was sprake van een dalende opbrengst en saldo) was de 2^e graads polynoom het meest aangewezen responsmodel (zie figuren in bijlage 1, 2 en 3). Dit model is dan ook gebruikt voor het afleiden van de optimale N-gift per proef. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.8 waarbij de optimale N-giften zijn afgeleid van de werkelijk gerealiseerde N-giften, zonder rekening te houden met de Nmin-voorraad in de proeven. Hierbij is een onderscheid gemaakt in de proeven op kleigrond en die op zandgrond.

Uit tabel 4.8 blijkt dat het niveau van de optimale N-giften die zijn afgeleid uit de hiervoor beschreven proeven:

- sterk verschillen tussen klei- en lössgronden enerzijds en zand- en dalgronden anderzijds, waarbij de optimale N-gift op zand- en dalgrond steeds veel hoger was dan die op klei-/lössgrond. Afhankelijk van de methode en de basisdata was de optimale N-gift op zanddalgrond 22 tot 30 kg N/ha hoger. Mogelijk speelt de hogere N-nalevering uit de bodem en gewasresten op de kleigronden hierbij een rol (op de klei- en lössgronden was veelal sprake van suikerbieten als voorvrucht t.o.v. zetmeel-aardappelen op de zanddalgronden).
- slechts weinig verschillen tussen de basisdata waarvan ze waren afgeleid. De optima gebaseerd op korrelopbrengst, saldo voergerst en saldo brouwergerst lagen steeds dicht bij elkaar.
- afhankelijk was van de methode die is gebruikt voor de afleiding. Gebruik van de verschilmethode leverde gemiddeld een lagere optimale N-gift op dan gebruik van de responsmethode.

Het voorgaande is gebaseerd op de werkelijk in de proeven gerealiseerde N-gift. De huidige bemestingsrichtlijn (BR) is weergegeven als een functie van de Nmin-voorraad. Daarnaast is in de BR de mogelijkheid opgenomen om een correctie toe te passen voor de N-nawerking van bepaalde voorvruchten, zoals suikerbieten. In paragraaf 4.7 wordt nagegaan op welke manier daarmee in de voorstellen voor een NR rekening kan worden gehouden. Eerst wordt in de volgende paragraaf ingegaan op het effect van de meststofprijs op het saldo.

Tabel 4.8 Optimale N-giften (in kg N/ha) op kleigrond (klei, zavel, löss) en zandgrond (zand en dal) afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode voor korrelopbrengst (Opbr), saldo voergerst (SVoer) en saldo brouwergerst (SBrouw).

Nr.	proef	grond-soort	N-min	verschilmethode			responsmethode		
				Opbr	SVoer	SBrouw	Opbr	SVoer	SBrouw
1	LE 96	klei	41	49	49	49	74	61	65
2	LE 97	klei	24	66	66	66	83	73	79
3	LE 98	klei	31	59	59	59	53	43	46
15	LE 18	klei	18	140	80	80	140	140	140
4	KW 96	klei	28	62	62	62	82	65	73
5	KW 97	klei	29	61	61	61	78	64	68
6	KW 98	klei	31	0	0	0	0	0	0
24	UM 16	zavel	20*	80	80	80	113	91	93
16	UM 17	zavel	20*	50	50	50	116	100	101
17	UM 18	zavel	20*	110	110	110	140	140	140
20	WR 18	löss	29	120	120	120	107	99	112
21	WR 19	löss	54	40	40	40	107	95	90
25	GL 20	löss	37	40	40	40	99	77	65
	gem.		29	67	63	63	92	81	82
7	KB 96	zand	41	79	79	79	109	98	109
8	KB 97	zand	14	106	106	106	115	105	121
9	KB 98	zand	20	70	70	70	111	98	109
10	KB 04	zand	17	160	80	80	145	126	116
11	KB 05	zand	18	120	120	120	105	86	84
12	KP 04	dal	20*	80	80	80	141	127	124
13	KP 05	dal	35	120	80	80	128	111	104
19	KP 18	dal	22	50	50	50	112	99	98
22	ZE 13	zand	50	80	80	120	114	100	120
23	AN 15	dal	30	105	105	105	130	130	130
	gem.		27	97	85	89	121	108	112

4.6 Gevoeligheid saldo voor uitbetalingsprijs en meststofprijs

Dekker en Postma (2006) vergeleken de telersprijs/uitbetalingsprijs uit 2004 (104 euro per ton) en die van 2005 (130 euro per ton) en kwamen tot de conclusie dat de uitbetalingsprijs uiteraard wel van invloed is op de hoogte van het saldo, maar nauwelijks op de ligging van het optimum ervan. In dit rapport wordt derhalve niet opnieuw het effect van de uitbetalingsprijs onderzocht.

Meststofprijzen kunnen wel een significant effect hebben op de ligging van het optimale saldo. Een hoge(re) meststofprijs heeft tot gevolg dat het optimale saldo bij een lagere N-gift wordt bereikt dan bij een lage(re) meststofprijzen. Aangezien de kunstmest-N-prijs flinke schommelingen kan laten zien is hierna aangegeven wat het effect daarvan is op de ligging van het saldo.

In de periode van 1996-2005, de periode waarin de proeven werden uitgevoerd die zijn gebruikt bij de totstandkoming van het BA, werd de laagste prijs gerealiseerd in het seizoen 1998/99 (0.44 euro per kg N) en de hoogste prijs in 2004/05 (0.74 euro per kg N).

In het rapport van Dekker en Postma (2006) is het effect berekend van een daling van de meststofprijs van 0.74 euro per kg N naar een prijs van 0.44 euro per kg N. Hieruit bleek dat de meststofprijs de ligging van het N-niveau waarbij het hoogste saldo werd gerealiseerd bij een aantal proeven inderdaad beïnvloedde, en daarmee ook de hoogte van de voorgestelde N-bemestingsrichtlijn.

De laatste 5 jaar schommelde de prijs van KAS van 21.50 tot 28.10 euro per 100 kg. Voor de berekening van het saldo voor voergerst en brouwergerst in het voorliggende rapport is gerekend met de gemiddelde prijs over de laatste 5 jaar wat overeenkomt met een prijs van 0.88 euro kg N. Deze prijs ligt daarmee hoger dan de prijs waarmee is gerekend bij de berekening van het BA. Dit heeft als gevolg dat de optimale N-giften in dit rapport (iets) lager liggen dan bij een kunstmest-N-prijs van 0.74 euro per kg N bij de berekening van het BA in het rapport van Dekker en Postma.

4.7 Correctie voor N-nawerking gewasresten en Nmin-voorraad

In de voorgaande paragrafen is het saldo berekend op basis van de door Agrifirm gehanteerde uitbetalingsprijs en de gemiddelde meststofprijs van kalkammonsalpeter (KAS) over de laatste 5 jaar. De gift waarbij het hoogste saldo wordt bereikt is de economisch optimale N-gift (tabel 4.8). Bij de interpretatie van deze cijfers moet echter rekening worden gehouden met de volgende zaken:

- De resultaten van de optimale N-giften per proef zijn in tabel 11 weergegeven als vaste giften. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de Nmin-voorraad in de grond.
- In de proeven op klei-/lössgrond was de voorvrucht in 9 van de 13 gevallen suikerbieten. In het Handboek Bodem en Bemesting (De Haan, e.a., 2016) is aangegeven dat in het eerste jaar na onderwerken van suikerbietenblad een korting op de N-adviesgift kan worden toegepast $2/3 \cdot 30$ kg N per ha = 20 kg N per ha, als de Nmin-voorraad in het voorjaar wordt gemeten. Met andere woorden: de economisch optimale N-gift is in een situatie met suikerbieten als voorvrucht 20 kg N per ha lager dan in een situatie met een andere voorvrucht, zoals aardappelen. Aangezien in Het Handboek wordt geadviseerd een korting op de N-gift van het volggewas toe te passen als bietenblad wordt ondergewerkt, dient voor het advies uitgegaan te worden van een situatie met een voorvrucht anders dan suikerbieten. Daartoe lijkt het verantwoord de N-giften waarbij de hoogste saldi werden gerealiseerd (tabel 4.8) voor de situaties met suikerbieten als voorvrucht met 20 kg N per ha te verhogen.

De hiervoor voorgestelde correcties zijn toegepast in tabel 4.9.

Uit de resultaten die zijn weergegeven in tabel 12 blijkt weer het grote verschil tussen de optimale N-giften op klei- en lössgrond enerzijds en die op zand- en dalgrond anderzijds. De relatief lage optimale N-gift in de proeven op klei-/lössgrond is waarschijnlijk veroorzaakt door de hoge N-nalevering uit bodem en gewasresten in deze proeven. Dit komt het duidelijkst naar voren in proef KW98, waar de optimale N-gift gelijk was aan 0. Als deze proef niet zou worden meegenomen zou de gemiddelde optimale N gift 6 kg N per ha hoger zijn geweest. Onduidelijk is of de hoge nalevering moet worden toegeschreven aan een nalevering uit de bodem, uit gewasresten of uit beide.

Tabel 4.9 Optimale N-giften (waarden van "a" in formule voor Nmin-advies: $a - b \times N_{min}$, waarbij $b=1$) op kleigrond en zand- en dalgrond, afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode en gebaseerd op opbrengst en saldo. Voor een aantal proeven is tevens een correctie voor voorvrucht toegepast.

Nr.	proef	grond-soort	N-min	voor-vrucht	verschil-methode			respons-methode		
					Opbr	SVoer	SBrouw	Opbr	SVoer	SBrouw
1	LE 96	klei	41	SB	110*	110*	110*	135*	122*	126*
2	LE 97	klei	24	SB	110*	110*	110*	127*	117*	123*
3	LE 98	klei	31	SB	110*	110*	110*	104*	94*	97*
15	LE 18	klei	18		158	98	98	158	158	158
4	KW 96	klei	28	SB	110*	110*	110*	130*	113*	121*
5	KW 97	klei	29	SB	110*	110*	110*	127*	113*	117*
6	KW 98	klei	31	SB	51	51	51	51	51	51
24	UM 16	zavel	20**		100	100	100	133	111	113
16	UM 17	zavel	20**		70	70	70	136	120	121
17	UM 18	zavel	20**		130	130	130	160	160	160
20	WR 18	löss	29	SB	169*	169*	169*	156*	148*	161*
21	WR 19	löss	54	SB	114*	114*	114*	181*	169*	164*
25	GL 20	löss	37	SB	97	97	97	148	134	122
gem.			29		111	106	106	134	124	126
7	KB 96	zand	41		120	120	120	150	139	150
8	KB 97	zand	14		120	120	120	129	119	135
9	KB 98	zand	20		90	90	90	131	118	129
10	KB 04	zand	17		177	97	97	162	143	133
11	KB 05	zand	18		138	138	138	122	103	101
12	KP 04	dal	20**		100	100	100	161	147	144
13	KP 05	dal	35		155	115	115	163	146	139
19	KP 18	dal	22		72	72	72	134	121	120
22	ZE 13	zand	50	SB	150*	150*	190*	184*	170	190
23	AN 15	dal	30		135	135	135	160	160	160
gem.			27		126	114	118	150	137	140

* Optimale N-gift (waarde "a" in formule voor Nmin-advies), waarbij correctie van +20 kg voor voorvrucht suikerbieten.

** Nmin niet bepaald maar ingeschat door de teler/proefveldhouder op basis van ervaring op andere percelen

Als een optimale N-gift wordt afgeleid op basis van alleen de korrelopbrengst, zonder rekening te houden met de meststofkosten ligt deze iets hoger dan op basis van het voergerst- of brouwgerst-saldo, maar de verschillen zijn erg klein. Aangezien het bij de afleiding van bemestingsadviezen gaat om de economisch optimale N-gift, is het saldo de meest aangewezen maat voor afleiding van de optimale N-gift en een nieuwe N-bemestingsrichtlijn.

Gebruik van de verschilmethode dan wel de responsmethode heeft ook invloed op de ligging van het optimum. In de hier beschreven situaties leidde gebruik van de responsmethode tot hogere optimale N-giften dan bij gebruik van de verschilmethode.

Het lijkt zinvol het gemiddelde van de optimale N-giften op basis van het saldo afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode te gebruiken als basis voor het voorstel voor een NA.

5 Formuleren van een nieuwe N-bemestingsrichtlijn voor zomergerst

5.1 Resultaten verkregen uit de proeven

Op basis van de proefresultaten is nagegaan of een NR kan worden onderbouwd voor zomergerst, waarbij de teeltdoelen brouwergerst en voergerst worden onderscheiden. Aangezien op dit moment vrijwel alle gerst als brouwergerst wordt geteeld, is de aandacht vooral gericht op een eventuele actualisatie van het brouwergerstadvies.

Hierbij is gebruik gemaakt van de datasets A en B, welke proeven omvatten uit de periode 1996-2005 en welke aan de basis lagen van het BA. Hieraan zijn de datasets C en D toegevoegd met N-trappenproeven uit de periode 2013-2019. Dataset A bestond uit negen proeven, waarvan zes proeven zijn uitgevoerd op kleigrond en drie op zandgrond, in de periode van 1996-1998. Daarbij moet worden opgemerkt dat in de zes proeven op kleigrond suikerbieten de voorvrucht is geweest, waarvan bekend is dat er sprake is van een aanzienlijke N-nalevering. Daarnaast was er een dataset B met vier proeven die in 2004-2005 zijn uitgevoerd op zand- en dalgrond. De bestaande richtlijn is gebaseerd op deze 13 proeven.

Datasets C en D bestonden samen uit 10 (bruikbare) proeven waarvan zeven op klei/lössgrond en drie op zand/dalgrond, uitgevoerd in de periode 2013-2020.

Ondanks dat de proeven veelal niet voldeden aan de in het protocol gestelde eisen ten aanzien van een analyse met de responsmethode, zijn de proeven zowel geanalyseerd met de verschilmethode als met de responsmethode. Daarbij is nagegaan of er op basis van saldo aanleiding was een NA te formuleren.

De hoogte van de gemiddelde optimale N-gift voor de proeven op kleigrond en die op zand- en dalgrond was afhankelijk van de gebruikte basisgegevens (saldo voergerst, saldo brouwergerst) en de methode (verschil- of responsmethode) (tabel 5.1).

Tabel 5.1 Gemiddelde optimale N-giften (waarden van "a" in formule voor N_{min} -advies: $a - b^* N_{min}$, waarbij $b=1$) op kleigrond en zand- en dalgrond, afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode en gebaseerd op het saldo van 23 proeven uit de periode 1996-2020.

Grondsoort	Verschilmethode		Responsmethode	
	saldo voergerst	saldo brouwergerst	saldo voergerst	saldo brouwergerst
klei en löss*	106 (111)	106 (111)	124 (130)	126 (132)
zand- en dalgrond	114	118	137	140

* tussen haakjes het gemiddelde als de sterk afwijkende proef KW98 (nr.6) zou worden weggelaten

Uit de resultaten die zijn weergegeven in tabel 5.1 blijkt het volgende:

- Er is sprake van een verschil tussen de optimale N-giften op klei- en lössgrond enerzijds en die op zand- en dalgrond anderzijds. De iets lagere optimale N-gift in de proeven op klei- en lössgrond is waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van een hoge N-nalevering uit bodem en gewasresten (dit blijkt het duidelijkst uit proef KW98).
- Gebruik van de verschilmethode dan wel de responsmethode heeft invloed op de ligging van het optimum. In de hier beschreven situaties leidde gebruik van de responsmethode tot hogere optimale N-giften dan gebruik van de verschilmethode. Het lijkt zinvol het gemiddelde van de optimale N-giften op basis van het saldo, afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode, te gebruiken als basis voor het voorstel voor een NA.

De iets hogere adviesgift voor brouwergerst t.o.v. voergerst is terug te leiden tot hogere eiwitgehalten bij hogere N-giften waaraan een hogere premie was verbonden. Op kleigrond werd in diverse proeven door te lage eiwitgehalten (lager dan 9.5%) niet altijd de hoogste brouwergerstpremie verkregen.

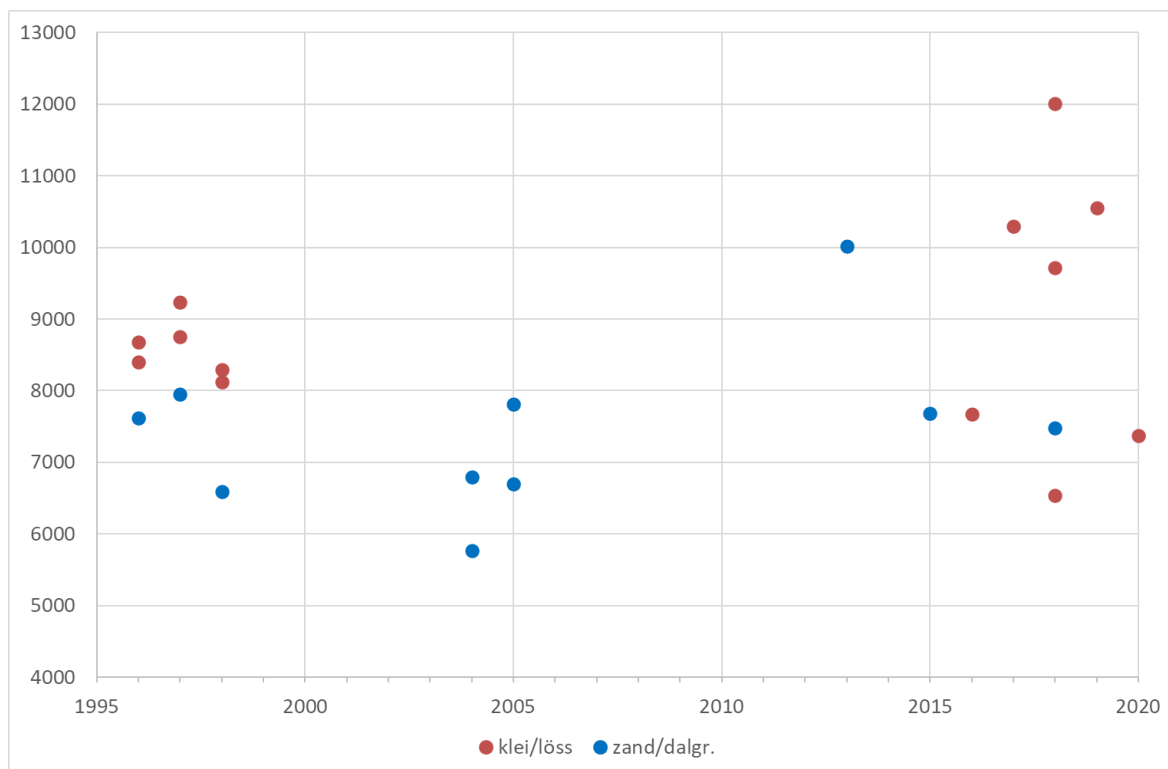
Een verhoging van de N-bemestingsrichtlijn voor klei lijkt daarom gewenst om tot een hoger eiwitgehalte te komen. Anderzijds moet de richtlijn zodanig worden opgesteld dat de kans op overschrijding van het gewenste eiwitgehalte (hoger dan 11,5%) klein is. Korrelopbrengst en eiwitgehalte zijn vooraf moeilijk te voorspellen. Het wordt mede beïnvloed door de groeiomstandigheden tijdens de teelt, waaronder de stikstoflevering vanuit de bodem en de weersomstandigheden. Door een hoge N-levering van de bodem of door een lagere korrelopbrengst, veroorzaakt dan andere groeifactoren dan stikstof, waardoor bij gelijkblijvende N-opname het eiwitgehalte in de korrel stijgt, kan het eiwitgehalte te hoog worden voor brouwkwaliteit. De N-bemestingsrichtlijn geeft aan wat gemiddeld een optimale N-gift is. Op hoe meer proeven van meerdere jaren en locaties dit is gebaseerd, hoe nauwkeuriger dit gemiddelde kan worden bepaald.

5.2 Vergelijking oudere proeven en recentere proeven

Vraag is in hoeverre proeven van meer dan 20 jaar geleden nog representatief zijn voor het huidige rassenassortiment en de huidige opbrengstniveaus. Voor klei/löss bestaat het databestand uit zes proeven uit de periode 1996-1998 en zeven proeven uit de periode 2016-2020; er zit dus 17 jaar tussen de eerste en tweede proefserie. De opbrengsten zijn de afgelopen 20 jaar gemiddeld slechts iets gestegen maar het eiwitgehalte van nieuwere rassen is duidelijk lager dan dat van oudere rassen. In de oudere proeven is veelal het ras Reggae geteeld en in de nieuwere proeven veelal het ras KWS Irina. Uit het cultuur- en gebruikswaardeonderzoek (CGO) aan zomergerst komt een meerjarig gemiddeld eiwitgehalte naar voren van 10,6% voor Reggae en 9,5% voor KWS Irina (bron: CGO/Nibem).

Er is nagegaan of de opbrengsten en de optimale N-giften in de proeven van vóór 2000 significant lager zijn dan die in de proeven vanaf 2000. Hiertoe is voor klei/löss en zand/dalgrond afzonderlijk een tweezijdige t-toets uitgevoerd. Het verschil tussen de proeven van vóór 2000 en die van na 2000 is als significant aangemerkt bij een onbetrouwbaarheid (p) van $\leq 0,05$.

In figuur 2 zijn de hoogste, gemeten korrelopbrengsten in de proeven (overgenomen uit tabel 4) uitgezet tegen de tijd. Hieruit is niet op te maken dat het opbrengstniveau in de proeven na 2000 structureel hoger is dan in die van vóór 2000. Het verschil is zowel voor klei/löss als zand/dalgrond ook niet significant. De spreiding van de opbrengsten is groot, tussen jaren maar ook binnen jaren tussen de verschillende proeflocaties.



Figuur 2 Hoogste, gemeten korrelopbrengsten (kg/ha) in de N-bemestingsproeven met zomergerst uitgezet tegen de proefjaren.

In tabel 5.2 zijn de gemiddelde optimale N-niveaus weergegeven in de proeven vóór en na 2000. Het gemiddelde optimale N-niveau bij de verschilmethode is in de proeven na 2000 iets hoger dan in de proeven vóór 2000, maar het verschil is niet significant. Bij de responsmethode is het verschil voor zand- en dalgrond ook niet significant. Voor klei en löss is het verschil bij de responsmethode groter dan bij de verschilmethode en wel significant, zowel voor voer- als brouwgerst, ook als de proef te Kollumerwaard in 1998 buiten beschouwing wordt gelaten.

Tabel 5.2 Gemiddelde optimale N-giften (waarden van "a" in formule voor N_{min}-advies: $a - b \cdot N_{min}$, waarbij $b=1$) op kleigrond en zand- en dalgrond in de proeven vóór en na 2000, afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode

Grondsoort	Periode	Verschilmethode		Responsmethode	
		saldo	saldo	saldo	saldo
		voergerst	brouwgerst	voergerst	brouwgerst
klei en löss, incl. KW 98	vóór 2000	100	100	102	106
	na 2015	111	111	143	143
		<i>n.s.*</i>	<i>n.s.</i>	$p = 0,011$	$p = 0,025$
klei en löss, excl. KW 98	vóór 2000	110	110	112	117
	na 2015	114	114	144	146
		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	$p = 0,015$	$p = 0,043$
zand- en dalgrond	vóór 2000	110	110	125	138
	na 2000	115	121	141	141
		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

* n.s. = niet significant verschillend van elkaar

5.3 Voorstel voor de N-bemestingsrichtlijn

Aangezien er voor zomergerst een bestaande richtlijn is, waarvan de onderbouwing is gedocumenteerd, en zomergerst een gewas is met een groot belang, zijn de minimaal vereiste combinaties van datatype x methode voor de actualisatie van een definitief advies 6 formele datasets (tenminste 2 jaar en 2 locaties). Deze mogen worden geanalyseerd met de verschil-, de balans- of de responsmethode. Het totaal aantal beschikbare proeven was voor deze studie gelijk aan 23, die in alle gevallen voldoen aan de voorwaarden gesteld aan formele proeven, zodat er in principe voldoende materiaal beschikbaar is om een actualisatie van een definitief advies mogelijk te maken. Ondanks dat het aantal N-trappen in een deel van de proeven onvoldoende was om een analyse volgens de responsmethode uit te voeren, is zowel een analyse met de verschilmethode als met de responsmethode uitgevoerd. Daarbij is een aparte analyse uitgevoerd voor de 13 proeven op kleigrond en voor de 10 proeven op zand- en dalgrond. Bij de proeven op kleigrond was veelal sprake van een voorvrucht suikerbieten. Hiervoor is een correctie uitgevoerd op de optimale N-gift met 20 kg N per ha.

Analyse van de saldi voor voer- en brouwergerst met de verschilmethode dan wel de responsmethode geven aanleiding om de bestaande richtlijn voor klei- en lössgronden te verhogen. Op basis van een analyse van het saldo met de verschil- en de responsmethode wordt voorgesteld het gemiddelde van de op deze wijze afgeleide optimale N-giften te nemen als waarde voor een nieuwe richtlijn voor kleigrond (tabel 5.3). Als dit wordt gebaseerd op alle 13 proeven op klei/löss komt die richtlijn afgerond uit op 115 – Nmin voor zowel voergerst als brouwergerst dan wel 120 – Nmin als proef KW 98 buiten beschouwing wordt gelaten. Echter, op basis van alleen de zeven proeven na 2015 komt de richtlijn hoger uit: afgerond op 125 – Nmin voor zowel voer- als brouwergerst. Voorstel is om uit te gaan van de zeven meest recente proeven van na 2015 (zie tabel 4.9).

De analyseresultaten van de proeven op zand -en dalgrond geven ook aanleiding om de huidige richtlijn voor deze gronden iets te verhogen. Op basis van een analyse van het saldo met de verschil- en de responsmethode wordt voorgesteld het gemiddelde van de op deze wijze afgeleide optimale N-giften te nemen als waarde voor een nieuwe richtlijn voor zand- en dalgrond (tabel 5.3). Het maakt hierbij nauwelijks verschil uit of de richtlijn wordt gebaseerd op alle 10 de proeven of alleen op de zeven proeven na 2000. In het eerste geval komt de richtlijn uit op afgerond 125 – Nmin voor voergerst en 130 – Nmin voor brouwergerst en in het tweede geval op 130 – Nmin voor beide teelten. Aangezien er geen significant verschil was tussen het gemiddelde optimale N-niveau in de proeven vóór 2002 en die na 2000, is het robuuster om het op alle 10 de proeven te baseren dan op zeven proeven.

Tabel 5.3 Gemiddelde optimale N-giften (waarden van "a" in formule voor Nmin-advies: $a - b \cdot N_{min}$, waarbij $b=1$) op kleigrond en zand- en dalgrond, gebaseerd op alle proeven of alleen de proeven na 2000, afgeleid met de verschilmethode en de responsmethode.

Grondsoort	Proeven	Aantal proeven	Verschilmethode		Responsmethode	
			saldo	saldo	saldo	saldo
			voergerst	brouwgerst	voergerst	brouwgerst
klei/löss	1996 t/m 2020 incl. KW 98	13	106	106	124	126
	1996 t/m 2020 excl. KW 98	12	111	111	130	132
	2016 t/m 2020	7	111	111	143	143
zand/dalgrond	1996 t/m 2018	10	114	118	137	140
	2004 t/m 2018	7	115	121	141	141

Grondsoort	Proeven	Aantal proeven	Gemiddelde van de verschil-en responsmethode	
			saldo	saldo
			voergerst	brouwgerst
klei/löss	1996 t/m 2020 incl. KW 98	13	115	116
	1996 t/m 2020 excl. KW 98	12	120	121
	2016 t/m 2020	7	127	127
zand/dalgrond	1996 t/m 2018	10	125	129
	2004 t/m 2018	7	128	131

Tabel 5.4 Voorgestelde aanpassing voor de N-bemestingsrichtlijn voor zomergerst op klei- en lössgrond en op zand- en dalgrond (in kg N per ha)

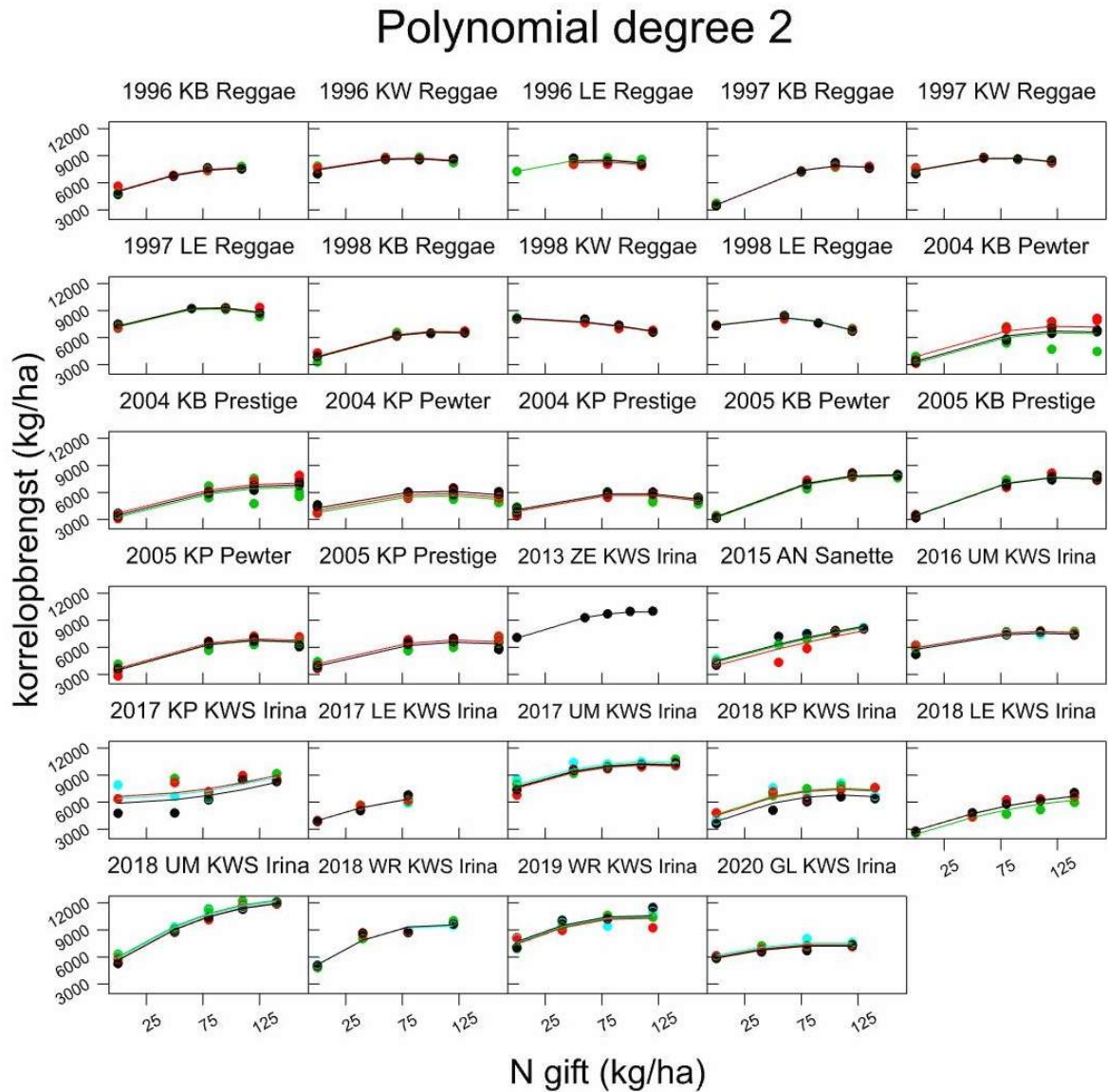
Gewas	Grondsoort	Teeltdoel	Richtlijn	Bemonsteringsdiepte bepaling Nmin-voorraad
zomergerst	klei/löss	brouwgerst	125 - Nmin	0-60 cm
zomergerst	klei/löss	voergerst	125 - Nmin	0-60 cm
zomergerst	zand/dalgrond	brouwgerst	130 - Nmin	0-60 cm
zomergerst	zand/dalgrond	voergerst	125 - Nmin	0-60 cm

6 Literatuur

- Berge. H. ten e.a. (2005). Protocol voor de actualisatie van bemestingsadviezen voor stikstof. PRI Nota 332. 50 p.
- Dekker. P.H.M. en R. Postma (2006). Voorstel tot herziening N-bemestingsadviezen van wintertarwe, zomergerst en zaaiui. PPO project nr. 32500195. 75 p.
- Geel. W. van en H. Brinks (2018). Onderbouwing en actualiteit N-bemestingsrichtlijnen akkerbouw. WUR/Open teelten-rapport 3750354210; 68 p.
- Haan. J. de e.a. Commissie Bemesting AV (2016) Website:
<https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting.htm>
- LEI. Prijzen (2020). Website: www.agrimatie.nl
- Statline CBS. Landbouwstatistieken. Website: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/>
- Timmer. R.D. (2001). Voorspelling eiwitgehalte brouwgerst met behulp van een chlorofylmeter. PPO-projectrapportnr. 1142210a. 11 pp + 16 bijlagen.
- Timmer. R.D. en J. Pauw (2010). Eiwitgehalte bij brouwgerst. PPO Rapport 3250173110. 27 p.
- Timmer. R.D. e.a. (2019). Optimalisatie eiwitgehalte brouwgerst. Rapport WPR. 46 p.
- Wijnholds K.H. (2004). Stikstofbemesting en groeiregulatie in zomergerst 2004. PPO-projectrapportnr. 510451. 12 p.
- Wijnholds K.H. (2005). Stikstofbemesting en groeiregulatie in zomergerst 2005. PPO-projectrapportnr. 500123. 17 p.

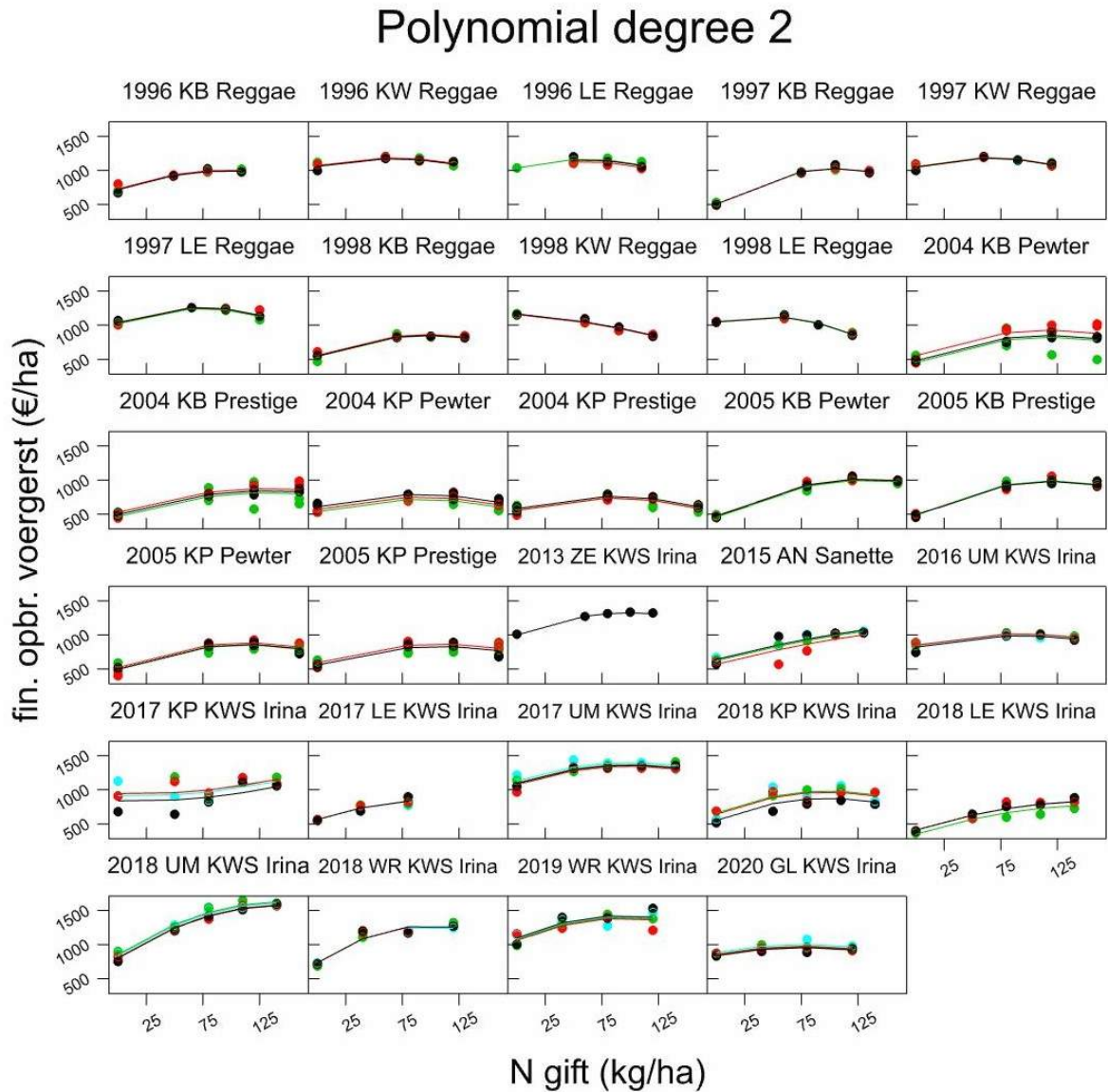
Bijlage 1 Afleiding van de optimale N-gift per proef op basis van de korrelobbrengst

De verschillende kleuren in de grafieken geven de verschillende herhalingen in de proeven aan.



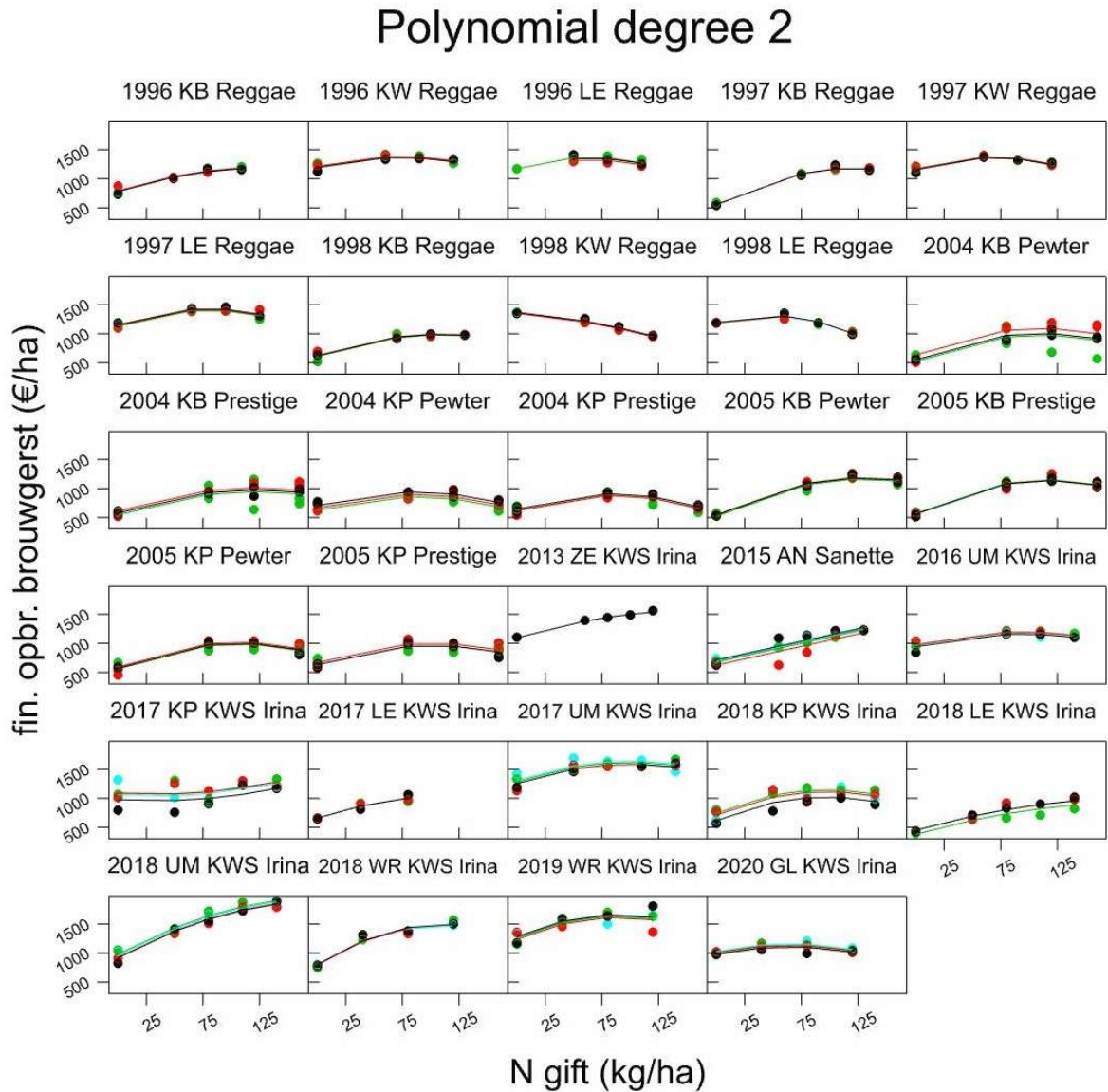
Bijlage 2 Afleiding van de optimale N-gift per proef op basis van het voergerstsaldo

De verschillende kleuren in de grafieken geven de verschillende herhalingen in de proeven aan.



Bijlage 3 Afleiding van de optimale N-gift per proef op basis van het brouwgerstsaldo

De verschillende kleuren in de grafieken geven de verschillende herhalingen in de proeven aan.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-865

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
