

Stikstofopnamecurven voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen

Doorrekenen van de gewasrotaties op de kernbedrijven Vredepeel en
Meterik van Telen met toekomst

A.A. Pronk & J. Groenwold

Telen met toekomst
juni 2004
OV0410



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

© 2004 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

Telen met toekomst is een van de landelijke onderzoeksprojecten die uitgevoerd worden in het kader van het Actieplan Nitraatprojecten (2000-2003). Het project wordt gefinancierd door de Ministeries van LNV en van VROM.

In 'Telen met toekomst' werken agrarische ondernemers samen met Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Plant Research International B.V.) en DLV Adviesgroep nv aan duurzame bedrijfssystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollen en boomteelt.

Informatie over Telen met toekomst

DLV Adviesgroep nv
Telefoon: (0317) 49 16 12
Fax: (0317) 46 04 00
Postbus 7001, 6700 CA WAGENINGEN
E-mail: info@telenmettoekomst.nl
Internet: www.telenmettoekomst.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Inhoudsopgave	1
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Materiaal en Methoden	5
2.1 LINTUL gewasgroeimodellen	5
2.1.1 Algemeen	5
2.1.2 Lichtonderschepping en drogestofproductie	5
2.1.3 Drogestofverdeling en bladoppervlaktetoename	6
2.1.4 Ontwikkelingssnelheid en afstervingsnelheid	6
2.1.5 Stikstof in gewasdelen	7
2.2 Specifieke modelontwikkeling	7
2.2.1 Parameterisatie voor de verschillende gewassen	7
2.2.2 Ijssla	7
2.2.3 Prei	8
2.2.4 Bladrammenas	8
2.2.5 Stamslabonen	9
2.2.6 Graangroenbemesters zomergerst en rogge	9
2.2.7 Waspeen	9
2.2.8 Snijmaïs, suikerbieten en triticale	10
2.2.9 Consumptieaardappelen (vroeg en laat)	10
2.3 De berekeningen	10
2.3.1 Kernbedrijf Vredepeel	10
2.3.2 Kernbedrijf Meterik	10
2.3.3 Overige invoer voor het model	11
2.3.4 Validatie van de modellen	11
3. Resultaten van de modelberekeningen	13
3.1 Stikstofopnamecurven kernbedrijf Vredepeel	13
3.2 Stikstofopnamecurven kernbedrijf Meterik	14
3.3 Vergelijking van de berekende en gemeten eindopbrengsten kernbedrijf Vredepeel	16
3.4 Vergelijking van de berekende en gemeten eindopbrengsten kernbedrijf Meterik	18
4. Conclusies	19
Referenties	21
Bijlage I. Plattegrond kernbedrijf Vredepeel	1 p.
Bijlage II. Plattegrond kernbedrijf Meterik	1 p.
Bijlage III. Rotatie kernbedrijf Vredepeel in 2001 en 2002 inclusief groenbemesters voorafgaande aan 2001 en na 2002 van de doorgerekende percelen	1 p.
Bijlage IV. Rotatie kernbedrijf Meterik in 2001 en 2002 inclusief groenbemesters voorafgaande aan 2001 en na 2002 van de doorgerekende percelen	1 p.

Bijlage V.	Verklarende acroniemenlijst	1 p.
Bijlage VI.	Veldspecifieke data voor de doorgerekende percelen (Vredepeel)	2 pp.
Bijlage VII.	Veldspecifieke data voor de doorgerekende percelen (Meterik)	2 pp.
Bijlage VIII.	Basismodel	4 pp.

Reeds verschenen externe rapporten Telen met toekomst

Samenvatting

Het project Telen met toekomst houdt zich op grote schaal bezig met het ontwikkelen van bemestingsstrategieën die een potentiële opbrengst garanderen, waarin de stikstofefficiëntie zo hoog mogelijk is en waarbij de stikstofverliezen naar het grondwater zo laag mogelijk zijn. Om deze elkaar bijtende doelstellingen te bereiken, is een goed inzicht nodig in de vraag naar stikstof op elk gewenst moment van het gewas en het moment waarop mogelijk grote stikstofverliezen kunnen optreden. De stikstofopnamecurven van de gewassen is een goed hulpmiddel om deze vraag in kaart te brengen. Stikstofopnamecurven van de verschillende gewassen van de kernbedrijven Vredepeel voor akkerbouwgewassen en Meterik voor vollegrondsgroente (onder potentiële omstandigheden) zijn opgesteld met behulp van aangepaste LINTUL-modellen. De stikstofopname is in het model geïmplementeerd op een zeer eenvoudige wijze: met behulp van tabelfuncties voor de stikstofinhoud voor de bovengrondse en ondergrondse gewasdelen en het opslagorgaan. Door de diversiteit van de gewassen van de beide kernbedrijven was het niet mogelijk om voor alle gewassen de stikstofopname curven van dezelfde betrouwbaarheid te ontwikkelen, omdat gegevens voor een aantal gewassen slechts beperkt beschikbaar waren. Tagetes, conservenerwten en Chinese kool zijn daarom in zijn geheel niet meegenomen.

De totale gesimuleerde drogestofinhoud van de bovengrondse delen op moment van oogsten van de gewassen van het kernbedrijf Vredepeel, wordt met 4% overschat ten opzichte van de gemeten bovengrondse drogestofinhoud. De correlatie tussen gesimuleerd en gemeten is 85%. De simulaties van de drogestofinhoud van de oogstbare delen wijken gemiddeld echter meer af, 11% en ook de correlatie is lager, 77%. De gesimuleerde stikstofinhoud van de bovengrondse delen wordt overschat met 5% ten opzichte van de gemeten stikstofinhoud met een correlatie tussen gesimuleerd en gemeten van 69%. De gesimuleerde stikstofinhoud van de oogstbare delen wijkt eveneens beduidend meer af van de gemeten stikstofinhoud van deze oogstbare delen, er is een overschatting van 13% en de correlatie is slechts 49%.

Op het kernbedrijf Meterik wijken gemiddeld over alle gewassen heen 10% af van de simulaties van de drogestofinhoud van de gewassen t.o.v. de gemeten drogestofinhoud. De gesimuleerde stikstofinhoud in de totale hoeveelheid drogestof wijkt gemiddeld over alle gewassen 4% af van de gemeten waarden maar de correlatie is laag, 49%.

De eenvoudige manier van het berekenen van de stikstofopname van de gewassen voldeed voor de hier geformuleerde doelstellingen bij de meeste gewassen, alhoewel een afstemming tussen de twee stikstofsinks (bovengrondse delen en opslagorgaan) wenselijk is om kleine onregelmatigheden in de stikstofopname te voorkomen. Hoewel er bij deze stikstofopnamecurven niet op de laatste kg stikstof gekeken moet worden, (wegens de robuuste aanpak), wordt wel duidelijk wanneer er meer of minder stikstof beschikbaar zou moeten zijn voor het gewas en zijn deze curven geschikt om potentiële momenten van uitspoeling van stikstof te identificeren.

1. Inleiding

Stikstof is een belangrijk nutriënt voor de gewasgroei en de opbrengst hangt sterk af van het stikstofaanbod. Stikstof is echter erg mobiel in de bodem en kan gemakkelijk uitspoelen. Als stikstof uitspoelt tot onder de bewortelde diepte is het (meestal) verloren voor het gewas en treedt er een ongewenste milieubelasting op van deze stikstof. Een gewas neemt stikstof op tijdens de gehele groeiperiode en deze opname kan berekend worden aan de hand van de drogestoftoename en de stikstofconcentratie in de verschillende gewasdelen. Hoe deze opname in het groeiseizoen verloopt, is belangrijk voor het afstemmen van de bemesting op de behoefte. Bij veel gewassen verloopt de opname van stikstof volgens hetzelfde patroon als de drogestofproductie, de sigmoïde groeicurve. Dit betekent dat de vraag in het begin laag is, gevolgd wordt door een snel toenemende vraag (exponentieel), tot een constante vraag bereikt is in de lineaire groeifase. Aan het einde van de teelt, als de maximale hoeveelheid stikstof in de biomassa bereikt is, buigt de vraag af naar nul (Addiscott & Whitmore 1987). De stikstofopnamecurven kunnen tevens gebruikt worden om mogelijke momenten van uitspoeling van stikstof te identificeren. Het identificeren van deze mogelijke lekken kan helpen bij het ontwikkelen van milieuvriendelijke teeltsystemen onder potentiële groeicondities, door het juist plaatsen van meststoffen op het geschiktste moment.

In de Nederlandse akker- en tuinbouw wordt een veelheid aan gewassen geteeld. Om deze gewassen op een gestandaardiseerde manier te benaderen voor het opstellen van de stikstofopnamecurven, is gekozen voor een relatief eenvoudige en robuuste modelbenadering: het LINTUL-model (Light INterception and UtILisation, Spitters and Schapendonk 1990; Van Ittersum *et al.* 2003). De veelheid van gewassen is echter nog zo groot dat ook hier een afbakening is aangebracht. De problemen met ongewenste stikstofverliezen zijn het grootste op droge zandgrond (Neeteson *et al.* 2001). De kernbedrijven binnen Telen met toekomst in Vredepeel voor akkerbouwgewassen en in Meterik voor vollegrondsgroentegewassen, telen gewassen die representatief zijn voor de regio en voor die gewassen zijn de stikstofopnamecurven opgesteld.

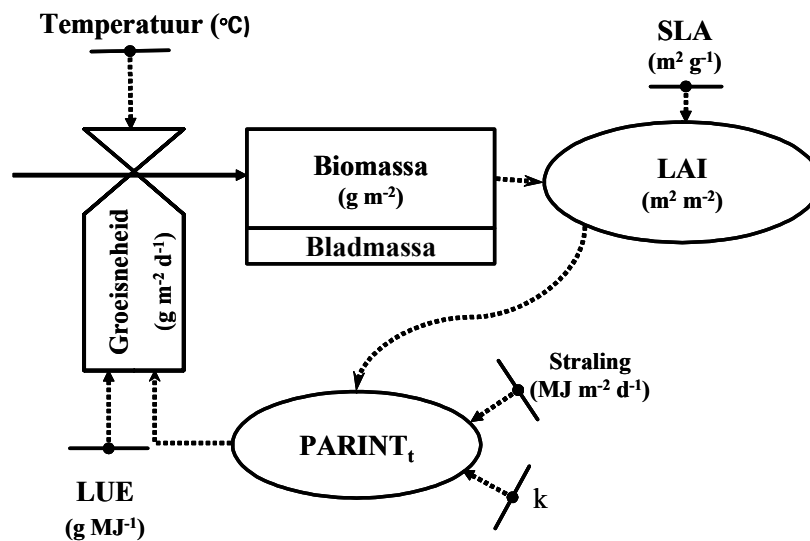
Dit rapport bevat een korte beschrijving van het gebruikte model, hoe de stikstofopname in het model geïmplementeerd is en de resultaten van de berekeningen. De resultaten van de berekeningen zijn vergeleken met de gerealiseerde stikstofopname van de gewassen van de beide kernbedrijven bij de eind oogsten.

2. Materiaal en Methoden

2.1 LINTUL gewasgroeimodellen

2.1.1 Algemeen

Gewasgroei van gewassen kan op vele manieren berekend worden. Voor deze studie is voor een eenvoudige en overzichtelijke structuur gekozen, waarbij gebruik gemaakt wordt van een lineaire relatie tussen de hoeveelheid onderschept licht en biomassaproductie, LINTUL (Figuur 1, Light INterception and UtIlisation, Spitters & Schapendonk 1990; Van Ittersum *et al.* 2003). Dit model is relatief eenvoudig en weinig gevoelig voor kleine onnauwkeurigheden van de invoerparameters. Er wordt voor veel verschillende gewassen gerekend en niet alle parameters voor alle gewassen zijn zo voor handen. Het LINTUL-model wordt daarom voor een aantal gewassen geparameteriseerd. LINTUL-modellen zijn relatief eenvoudig te parameteriseren en te kalibreren door de beperkte behoefte aan invoerparameters. De modelberekeningen zijn uitgevoerd in FST (Rappoldt & Kraalingen 1996) voor windows. Na de kalibratie van de modellen zijn de berekeningen uitgevoerd voor rotaties van de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van Telen met toekomst voor de jaren 2001 en 2002. Van de betreffende kernbedrijven zijn alleen de eindogsten te weten drogestof van het oogstbaar product en van de gewasresten, en de stikstofinhoud van de desbetreffende delen, bepaald. De modelberekeningen zijn daarom alleen vergeleken met de bepaalde eindopbrengsten.



Figuur 1. Relatiediagram van LINTUL. Voor een verklaring van de gebruikte afkortingen, zie paragrafen 2.1.2-2.1.4.

2.1.2 Lichtonderschepping en drogestofproductie

Het gewas onderschept licht ($PARINT_t$, $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) met de bladeren op tijdstip t . Als het licht op een bladerdek valt, dooft dit uit volgens de formule van Monsi & Saki (1953) en de fractie onderschept (F_{int}) wordt:

$$F_{int,t} = 1 - \frac{I}{I_0} = 1 - e^{-k \cdot LAI} \quad (1)$$

waarin:

I = stralingsintensiteit onder bladerdek ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$),

I_0 = stralingsintensiteit boven bladerdek ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$),

k = uitdovingcoëfficiënt (-)

LAI = bladoppervlakte index ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$).

In LINTUL wordt de dagelijkse onderschepte hoeveelheid straling via de 'light use efficiency' (LUE, g ds MJ^{-1}) omgerekend naar een dagelijkse hoeveelheid drogestof, GTW (g ds m^{-2}):

$$GTW_t = PAR_t * F_{\text{int},t} * LUE. \quad (2)$$

waarin PAR ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) de hoeveelheid fotosynthetisch actieve straling is op dag t . In deze berekeningen is 47% van de globale straling fotosynthetisch actief (Gijzen 1992).

2.1.3 Drogestofverdeling en bladoppervlaktetoename

Deze dagelijkse hoeveelheid drogestof wordt vervolgens verdeeld over de verschillende organen en daarbij is de hoeveelheid drogestof op dag t naar de bladeren (GLW_t):

$$GLW_t = GTW_t * FLV_t \quad (3)$$

waarbij FLV de fractie drogestof is die naar de bladeren gaat. Analoog gaat er een hoeveelheid drogestof naar de stengels (via FST), wortels (FRT) en de opslagorganen (FSO). De som van deze fracties is 1. De drogestofverdeling verandert tijdens de groei van de gewassen en is afhankelijk van de temperatuursom TSUM. De toename van TSUM wordt berekend als de gemiddelde waarde van de maximale en de minimale temperatuur per dag, verminderd met een gewasspecifieke basistemperatuur TBASE ($^{\circ}\text{C}$). De toename kan nooit negatief zijn, de minimale toename is nul.

De hoeveelheid drogestof die naar het blad gaat, wordt omgezet in bladoppervlak m.b.v. het specifiek bladoppervlak (SLA, $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$):

$$LAI_t = LAI_{t-1} + GLV_t * SLA \quad (4)$$

Omdat in het begin van de groei de toename van het bladoppervlak sneller gaat, wordt in die periode de toename van het bladoppervlakte anders berekend. Deze wordt berekend met de relatieve groeisnelheid van het blad (RGRL, $\text{m}^2 \text{m}^{-2} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$). Als er een bepaalde bedekkinggraad is gerealiseerd of als een bepaalde temperatuursom (TSUM, $^{\circ}\text{C}$ dagen) is bereikt, wordt de toename volgens vergelijking 4 berekend.

2.1.4 Ontwikkelingssnelheid en afstervingsnelheid

De ontwikkeling van een gewas is eveneens gekoppeld aan TSUM. De afstervingsnelheid van het blad treedt op door enerzijds zelfbeschaduwning als de LAI boven een gewasspecifieke waarde komt en anderzijds veroudering van het gewas, die optreedt bij een gedefinieerde TSUM. De verouderingssnelheid is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium waarin het gewas verkeerd en dit ontwikkelingsstadium is afhankelijk van TSUM. De actuele afsterving van het blad is de maximale waarde van deze twee afstervingsnelheden.

Voor een uitgebreide beschrijving van LINTUL-modellen wordt verwezen naar van Ittersum *et al.*, (2003).

2.1.5 Stikstof in gewasdelen

In het oorspronkelijke LINTUL-model (Spitters & Schapendonk 1990) wordt de opname van stikstof niet gesimuleerd. In deze studie is de potentiële opname van stikstof door het gewas geïmplementeerd met behulp van inputfuncties van de fractie stikstof in de verschillende gewasdelen, namelijk bladeren+stengels en opslagorganen. Voor wortels is een standaardwaarde voor de fractie stikstof aangehouden van 0.01, tenzij anders vermeld. Aan het einde van de dag wordt de stikstofinhoud berekend met behulp van deze fracties en de totale hoeveelheid drogestof in de desbetreffende gewasdelen. Er is geen rekening gehouden met redistributie van stikstof bij het afsterven van bladeren en/of stengels. Dit betekent dat de stikstofinhoud van de bovengrondse delen kan afnemen als de bladmassa afsterft door zelfbeschadwing, veroudering of vorst. Het betekent ook dat als de fractie stikstof afneemt omdat de meetgegevens dat aangeven, de totale stikstofinhoud ook afneemt. Er is in het model niet aangegeven wat er met deze stikstof gebeurt.

2.2 Specifieke modelontwikkeling

2.2.1 Parameterisatie voor de verschillende gewassen

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande, geparametriseerde LINTUL-modellen. Deze waren echter niet voor alle gewassen uit Bijlage III en IV voorhanden. In een aantal gevallen waren deze wel voorhanden maar in een wat andere structuur: de verdeling van drogestof was afhankelijk van Julian dagnummers of ontwikkelingsstadium i.p.v. TSUM; de drogestof wordt eerst naar bovengrondse en ondergrondse delen verdeeld, daarna pas naar blad/stengel/opslagorgaan; of andere kleine wijzigingen. De modellen met deze andere structuur zijn aangepast aan de geschetste structuur. Voor de gewassen waar geen LINTUL-model beschikbaar was, zijn de parameters van een aantal gewassen uit de literatuur verzameld en hiermee zijn modellen gekalibreerd. Vooral voor de groenbemesters en groentegewassen zijn er uit de literatuur eenvoudige en robuuste LINTUL-modellen opgebouwd. Als de gegevensset uit de literatuur onvolledig was, zijn standaard waarden gebruikt. Het basismodel met basisparameters staat in Bijlage VIII.

2.2.2 Ijssla

Voor de kalibratie en parameterisatie van het model voor ijssla is gebruik gemaakt van de literatuurgegevens van veldproeven met ijssla in 1985, 1986 en 1987 in Westmaas (Slangen *et al.* 1989a; Slangen *et al.* 1989b). Hiervoor werden de gegevens over de drogestofproductie en -verdeling (krop, omblad en wortels), stikstofopname en of -verdeling berekend. In deze proeven was de LAI niet bepaald. Daarom is een curve afgeleid voor het fotosynthetiserende oppervlak (onder een aantal aannames) die als LAI in de berekeningen gebruikt is.

Voor de drogestofverdeling zijn de volgende aannames gemaakt:

1. Het gemiddelde percentage drogestof voor omblad en krop zoals die is gemeten bij de eind oogst, is ook aangenomen voor de tussenliggende oogsten.
2. 10% van de drogestof gaat naar de wortels.
3. Begin kropvorming is 4 weken voor de oogst.

Uit de gemeten versgewichten van de tusse oogsten en de verdeling van de drogestof over omblad en krop bij de eind oogst, is wekelijks de toename van de hoeveelheid drogestof van krop, omblad en wortels berekend.

Voor de verdeling van de hoeveelheid stikstof over de organen zijn de volgende aannames gemaakt:

1. Het stikstofgehalte in de wortels is 1%.
2. Het stikstofgehalte in krop en omblad is gelijk.

Uit de stikstofonttrekking door het gewas en de toename van de hoeveelheid drogestof in de krop, omblad en wortel per week is het stikstofgehalte per gewasonderdeel berekend.

De LAI is berekend uit de formule die het verband weergeeft tussen de lichtonderschepping en de drogestofproductie (zie pg. 2.1.2). Voor deze berekening is uitgegaan van:

1. De stralingsgegevens van station Eindhoven
2. $LUE = 3.0 * 10^{-6}$ (g ds MJ⁻¹, aanname)
3. $k = 0.6$ (-, aanname)
4. het fotosynthetisch actieve deel van de straling (PAR) is 47% (Gijzen 1992)

De RGRL is gekozen als best passende parameter op de gegevens van de drogestoftoenamecurven van 1986 en 1987.

In 2001 en 2002 is op enkele percelen de ijsbergsla gedurende een bepaalde periode tegen vorstschade afgedekt met vliesdoek met een lichtonderschepping van 20%. Hiermee is in de berekeningen rekening gehouden.

2001: perceel 27 (vroeg bedekt) en 25 (vroeg)

2002: perceel 34 (vroeg bedekt) en 35 (vroeg)

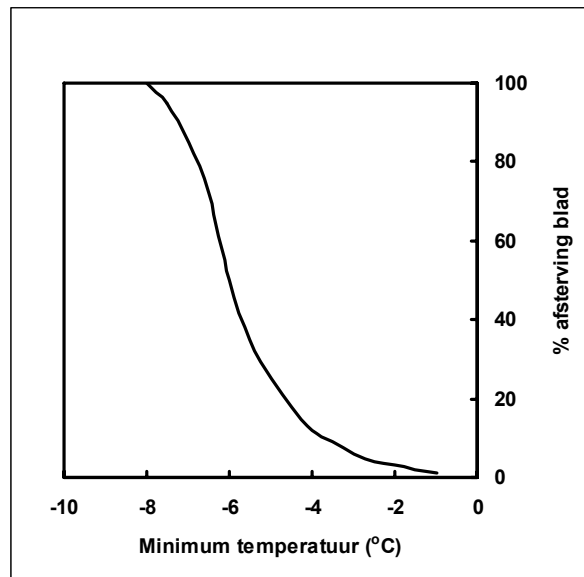
2.2.3 Prei

De literatuurgegevens van de veldproeven van 1991 en 1992 (Booij *et al.* 1996; Smit *et al.* 1996) zijn gebruikt om het model LINTUL voor het gewas prei te kalibreren en te parameteriseren. Dit waren de gegevens van de drogestofproductie en -verdeling (blad, stengel en wortels), stikstofopname en of -verdeling, LAI en de afsterving van het blad. Voor deze berekeningen is gebruik gemaakt van de weersgegevens van Wageningen van de desbetreffende jaren.

De parameters van het model zijn vergeleken met de parameters uit het model van Baumann (2001) & Baumann *et al.* (2002).

2.2.4 Bladrammenas

De literatuurgegevens van de Rhizotronproeven van 1993/94 zijn gebruikt om het model LINTUL voor het gewas bladrammenas te kalibreren en te parameteriseren (Groenwold 1994; Van Dam & Leffelaar 1998). Hiervoor werden de gegevens over de drogestofproductie en -verdeling (blad en wortels), stikstofopname en -verdeling en de LAI gebruikt. Voor deze berekeningen is gebruikgemaakt van de weersgegevens van Wageningen van de desbetreffende jaren. De afsterving van bladrammenas als gevolg van vorst is als een aanname in het model opgenomen. Hiervoor is aangenomen dat het bladoppervlak volledig afsterft bij een temperatuur van -8 °C en dat de afsterving tussen 0 en -8 °C verloopt volgens een sigmoïde curve (Figuur 2).



Figuur 2. Verloop van de afsterving van het bladoppervlak van bladrammenas door vorstschade.

2.2.5 Stamslabonen

De volgende parameters uit de literatuur van de veldproeven van 1984 in Panama zijn gebruikt om het model LINTUL voor het gewas stamslabonen (Manrique 1986; 1993): LUE, k en SLA. Uit de literatuurgegevens zijn tevens de verdelingsparameters voor drogestof tussen de verschillende organen afgeleid. De overige parameters zijn standaard. De gegevens van de stikstofinhoud van de stamslabonen zijn gebaseerd op gemiddelde gegevens van de proeflocatie Vredepeel van de jaren 1991-2002. Omdat alleen het percentage bij de eindogst bepaald is en alleen van de bovengrondse biomassa (blad+stengel+opslagorgaan samen), wordt in het model een constante fractie stikstof in de bovengrondse biomassa aangehouden.

2.2.6 Graangroenbemesters zomergerst en rogge

De LINTUL versie van zomertarwe is gebruikt als uitgangssituatie voor de graangroenbemesters zomergerst en rogge. Voor zomergerst is verder gebruik gemaakt van de parameters van Boons-Prins *et al.* (1993) en voor stikstof in het gewas van de gegevens van Marinissen *et al.* (1994). De ontwikkeling van het gewas is temperatuurafhankelijk. Bij het zaaien van een zomergraan in het najaar moet de ontwikkeling vertraagd en eventueel stopgezet worden. Dit is uitgevoerd door bij de najaarszaai de verdelingsparameters voor drogestof en de fracties stikstof tot 31 december constant te houden met waarden van de eerste periode van groei (tot de eerste temperatuursom aangeeft dat er een verandering in de verdeling of fracties N optreedt). Op 1 januari verloopt de verdeling, de ontwikkeling en de fracties stikstof in de gewasdelen volgens de oplopende temperatuursom.

2.2.7 Waspeen

De LINTUL versie van waspeen is ontleend aan de gegevens en de modelopzet van De Visser *et al.* (1995). De drogestofverdeling naar de wortels is opgenomen zoals in de beschrijving wordt voorgesteld. De benadering was iets anders. De LUE was niet gebaseerd op totale drogestofproductie maar op de productie van het oogstproduct: de wortels (peentjes). Deze structuur is niet aangepast, maar overgenomen. De plantdichtheden die voor de modelontwikkeling gebruikt waren, zijn lager dan de

plantdichtheden van het kernbedrijf Vredepeel. Er is bij de berekeningen geen rekening gehouden dat het model eigenlijk buiten het ontwikkelingsgebied gebruikt wordt.

2.2.8 Snijmaïs, suikerbieten en triticale

Voor deze gewassen is gebruik gemaakt van de LINTUL modellen in Grashoff *et al.* (1998). De fractie stikstof in snijmaïs is gebaseerd op gegevens van Schröder (1998). Bij het model voor suikerbieten zijn enkele aanpassingen gemaakt omdat het oorspronkelijk een model voor voederbieten was en hier suikerbieten doorgerekend zijn (Boons - Prins *et al.* 1993; Van Heemst 1988). De gegevens voor het stikstofgehalte in de bieten zijn gebaseerd op de database van FARM (Spruijt-Verkerke & Van Asperen 2001) en blijven constant gedurende de groeiperiode. Het model voor triticale is op enkele punten aangepast t.o.v. het model gebruikt door Grashoff. De aanpassing had tot doel om het gewas ook te laten groeien in het jaar van aanplant (bij najaarsplant tot 31 december na planten) en niet alleen in het jaar van oogsten. De stikstoffracties in de verschillende gewasdelen van Smid *et. al.*, (1998) zijn voor triticale gebruikt.

2.2.9 Consumptieaardappelen (vroeg en laat)

Voor de berekeningen van de drogestofproductie van consumptieaardappelen is gebruik gemaakt van het model van Spitters & Schapendonk (1990) met enige aanpassingen. Stikstof is als een tabel functie in het model opgenomen. De gegevens zijn afkomstig van Karvonen & Kleemola (1995).

Bij de berekeningen is onderscheid gemaakt tussen consumptieaardappelen vroeg en laat, volgens de gegevens van Van Heemst (1988).

2.3 De berekeningen

2.3.1 Kernbedrijf Vredepeel

De rotatie op het kernbedrijf Vredepeel is gebaseerd op de standaard rotatie in de regio. Het kernbedrijf heeft verschillende percelen die in een rotatie meedraaien (Bijlage I). De gewasvolgorde is: consumptieaardappelen (laat), suikerbieten, triticale, waspeen, consumptieaardappelen (vroeg), suikerbieten, snijmaïs en conservenerwt + stamslabonen of + groenbemester. In de rotatie worden wijzigingen aangebracht als het beoogde gewas niet geteeld kan worden wegens te hoge concentraties schadelijke aaltjes. In de jaren 2001 en 2002 zijn echter alle hierboven genoemde gewassen geteeld (Bijlage III). Op het kernbedrijf zijn 3 systemen met elkaar vergeleken, standaard (S), analyse 1 (A1, niet verder uitgewerkt) en analyse 2 (A2). In de variant analyse zijn verdergaande maatregelen toegepast om aan de nitraatrichtlijn van de Europese Unie te voldoen. De grootste aanpassing is geweest dat stamslabonen vervangen zijn door een groenbemester (Tagetes). Een andere aanpassing is geweest dat daar het waar mogelijk was een groenbemester als vanggewas is ingezaaid. Van alle gewassen die in de rotatie voorkomen zijn stikstofopnamecurven opgesteld, behalve van conservenerwten en Tagetes omdat van deze gewassen geen gegevens beschikbaar waren.

2.3.2 Kernbedrijf Meterik

De rotatie op het kernbedrijf is eveneens gebaseerd op de gewassen en rotaties die in de regio geteeld worden. Ook hier zijn verschillende percelen naast elkaar die een rotatie vormen (Bijlage II). De rotatie is samengesteld uit de bladgewassen prei, ijssla en Chinese kool (Bijlage IV). Het gewas triticale (voor de korrel) is als rustgewas in de rotatie ingezet. Waar mogelijk is in deze rotatie rogge als groenbemester ingezaaid. Ook wordt triticale soms ingezaaid als groenbemester. Van alle gewassen die in de rotatie

voorkomen zijn stikstofopnamecurven vastgesteld, behalve van Chinese kool en Tagetes, omdat van deze gewassen geen gegevens beschikbaar waren.

2.3.3 Overige invoer voor het model

De geregistreerde datum van opkomst was tevens de datum waarop het gewas in de simulatie begon met groeien. De simulaties zijn beëindigd op de dag dat het gewas geoogst werd, of dat de groenbemesters ingewerkt werden. De plantdichtheden uit de teeltregistraties van de beide kernbedrijven zijn input geweest voor de berekeningen en staan vermeld in Bijlage VI en Bijlage VII. De berekeningen zijn voor iedere teelt uitgevoerd.

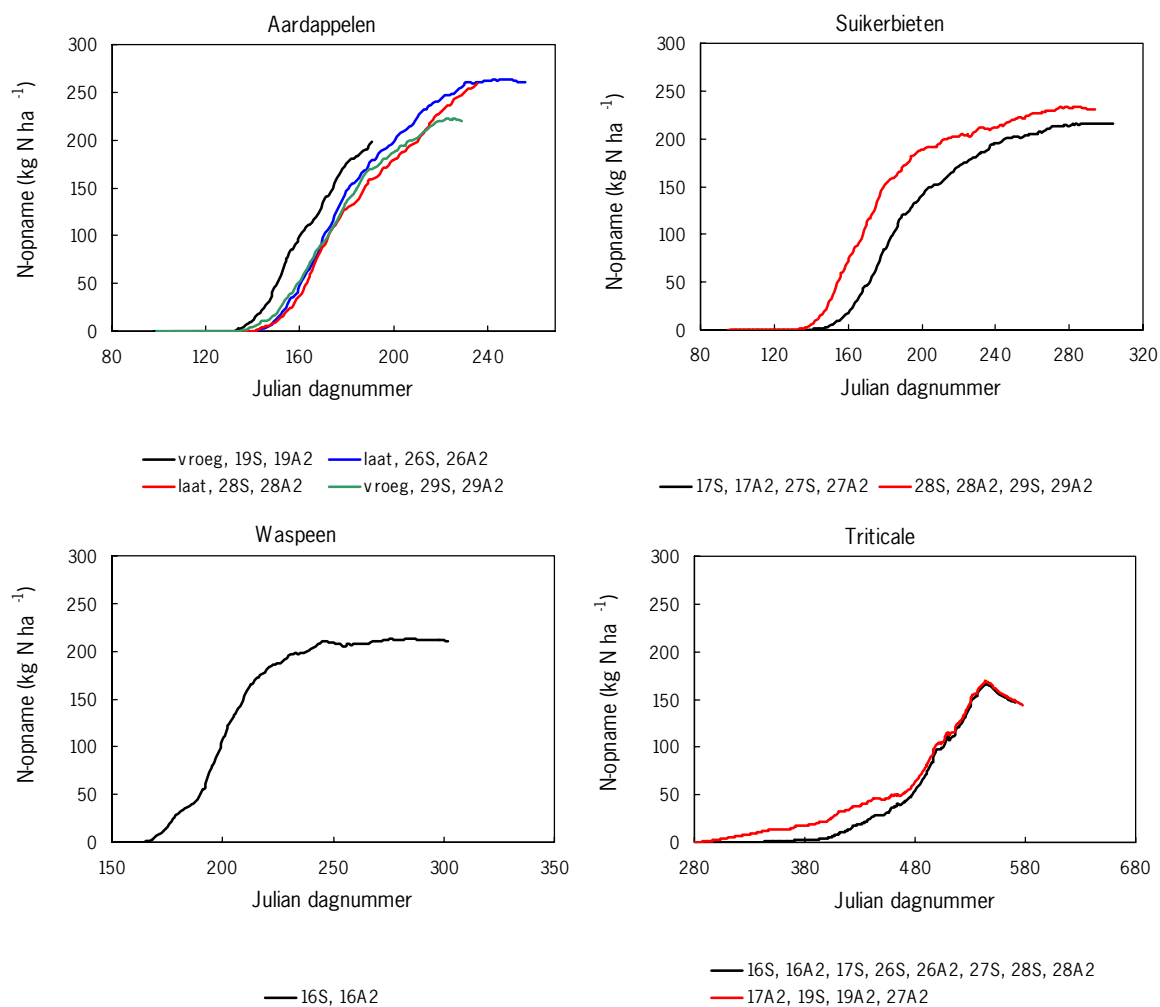
2.3.4 Validatie van de modellen

Met de gekalibreerde modellen zijn de drogestofopbrengsten en de stikstofinhoud van de desbetreffende gewassen van de beide kernbedrijven uitgerekend. De modeluitkomsten werden getoetst aan de gerealiseerde drogestofopbrengsten en stikstofinhoud bij de eindoogst van 2001 en 2002.

3. Resultaten van de modelberekeningen

3.1 Stikstofopnamecurven kernbedrijf Vredepeel

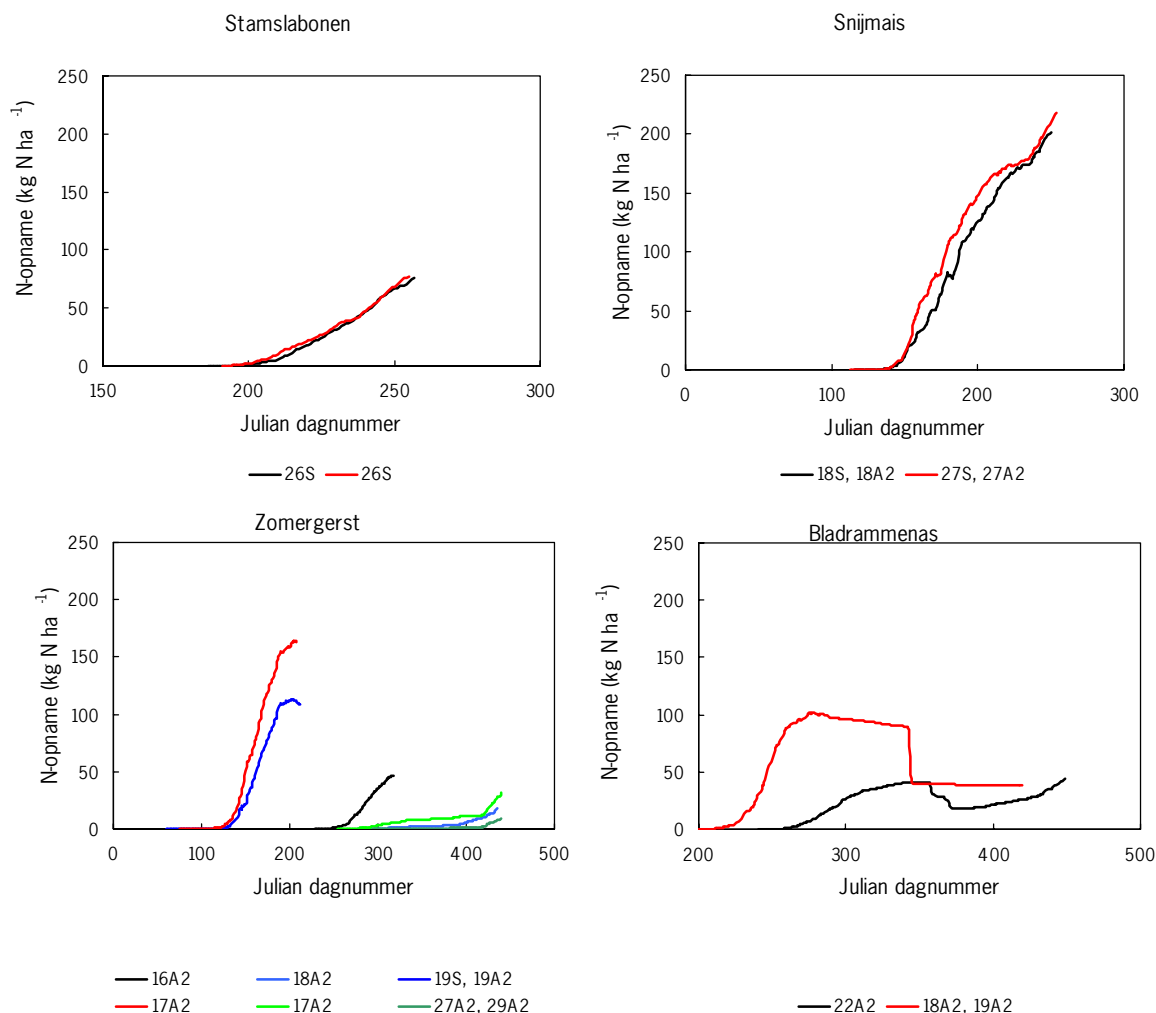
De totale stikstofinhoud van de gewassen (exclusief wortels) neemt toe tijdens de teelt (Figuur 3 en 4).



Figuur 3. Stikstofopnamecurven van de biomassa (exclusief wortels) van consumptieaardappelen, suikerbieten, waspeen en triticale in de jaren 2001 en 2002 op de verschillende percelen van het kernbedrijf Vredepeel.

De stikstofinhoud van het gewas neemt toe in de tijd bij alle gewassen (Figuur 3 en 4). Alleen bij triticale is er aan het einde van de teelt een lichte daling. Dit wordt veroorzaakt doordat het blad afsterft en volgens de metingen van Smid *et al.*, (1998) de stikstofinhoud van het blad afneemt. Deze afname is meer dan er aan stikstof in de korrels terug gevonden wordt. De wijze waarop de stikstofinhoud berekend wordt, staat toe dat dit optreedt, namelijk op ieder tijdstip wordt de stikstofinhoud opnieuw uitgerekend met de dan geldende percentages stikstof. Bij dalende percentages neemt de inhoud af. Indien de stikstofinhoud volgens een integraal berekend zou worden, blijft de stikstofinhoud gelijk of neemt licht toe, als de nieuw te vormen drogestof een percentage stikstof heeft van nul of heel erg laag. Bij deze integraal berekening kan stikstof alleen naar een andere pool gaan doordat b.v. blad waarin stikstof zit dood gaat.

De stikstofinhoud van bladrammenas neemt af als het gevoren heeft (Figuur 4, bladrammenas, curve 18A2, 19 A2). Dit komt omdat de biomassa afneemt (zie 2.5.1), en daarmee de stikstofinhoud op dat tijdstip.



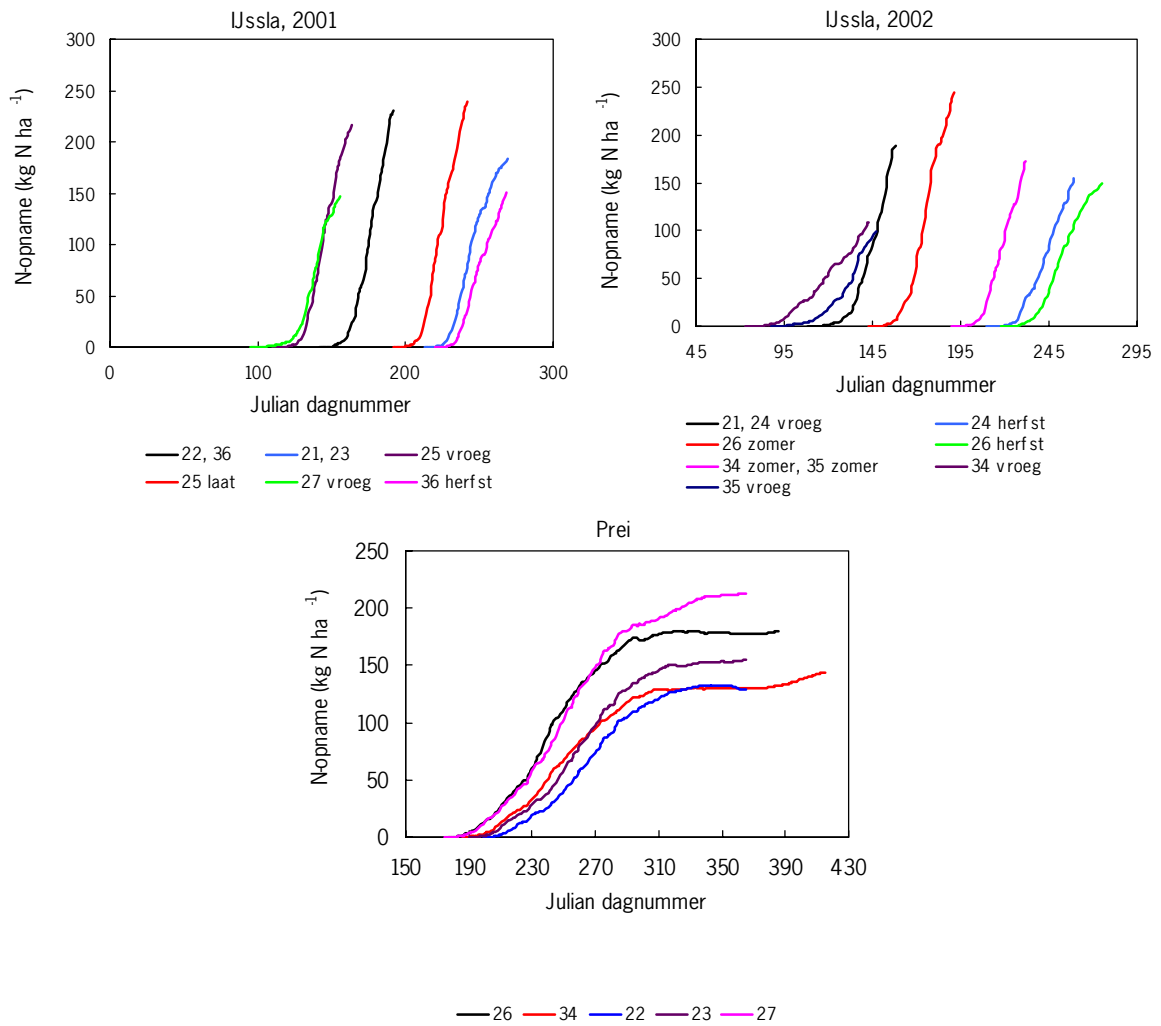
Figuur 4. Stikstofopnamecurven van de biomassa (exclusief wortels) van stamslabonen, snijmais en zomergerst (handelsgewas of groenbemester) en bladrammenas in de jaren 2001 en 2002 op de verschillende percelen van het kernbedrijf Vredepeel.

3.2 Stikstofopnamecurven kernbedrijf Meterik

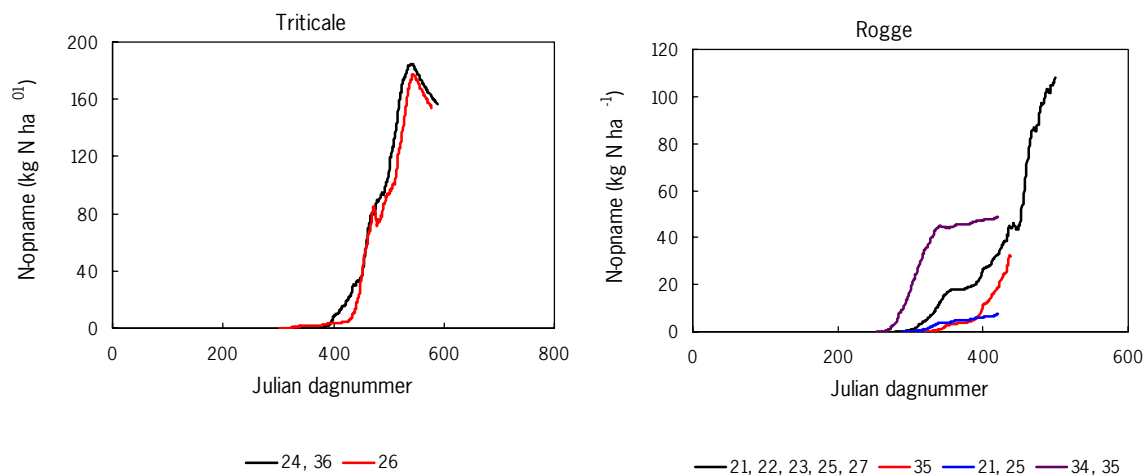
Het verloop van de stikstofopname van de handelsgewassen in Meterik is voor het kort groeiend gewas ijssla anders dan voor het langgroeidend gewas prei (Figuur 5). Ijssla wordt in de volle groei geoogst, in het lineaire deel van de groeicurve. Prei daarentegen, is al veel meer uitgegroeid, waardoor ook de stikstofinhoud niet meer lineair in de tijd toeneemt, maar afbuigt naar de maximale waarde. Na de winter kan de stikstofinhoud van prei nog iets toenemen, maar eigenlijk is het model slechts tot aan november/december gekalibreerd.

Het verloop van de stikstofinhoud van triticale vertoont een kleine onregelmatigheid waarbij de stikstofinhoud iets afneemt en daarna weer toeneemt. Dit is een periode waarin de bijgegroeide biomassa laag is terwijl het percentage stikstof in de bovengrondse biomassa afneemt. De afname van het percentage stikstof is op dit moment iets hoger dan de extra stikstof in het gewas tengevolge van groei. De stikstof-

inhoud is daardoor op een later tijdstip lager. Het gaat echter om enkele kilogrammen en hieraan is geen extra aandacht besteed. Ook bij rogge treedt deze kleine onregelmatigheid op rond het Julian dagnummer van 450.



Figuur 5. Stikstofopnamecurven van de biomassa (exclusief wortels) van ijsla en prei in de jaren 2001 en 2002 op de verschillende percelen van het kernbedrijf Meterik.

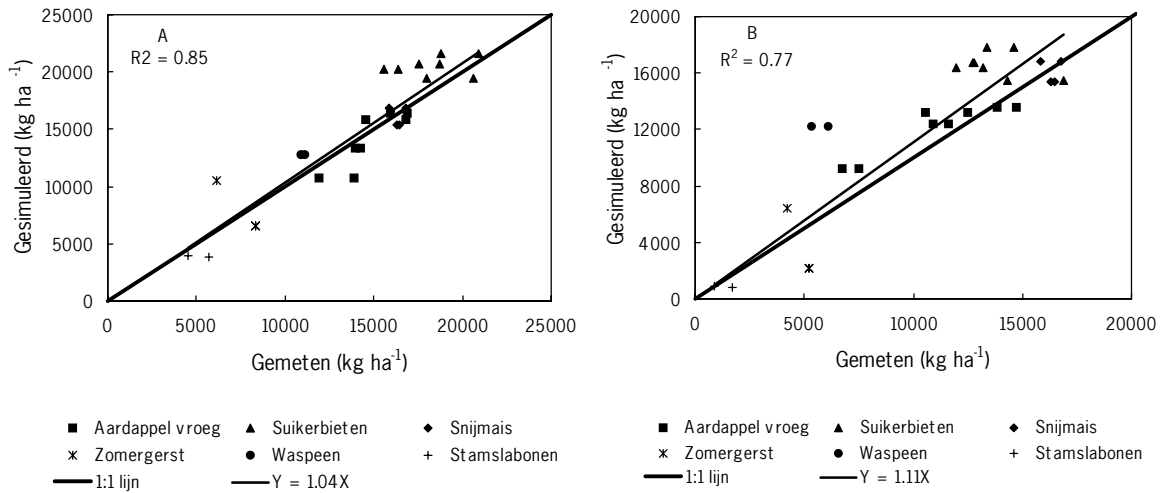


Figuur 6. Stikstofopnamecurven van de biomassa (exclusief wortels) van triticale en rogge als groenbemester in de jaren 2001 en 2002 op de verschillende percelen van het kernbedrijf Meterik.

3.3 Vergelijking van de berekende en gemeten eindopbrengsten kernbedrijf Vredepeel

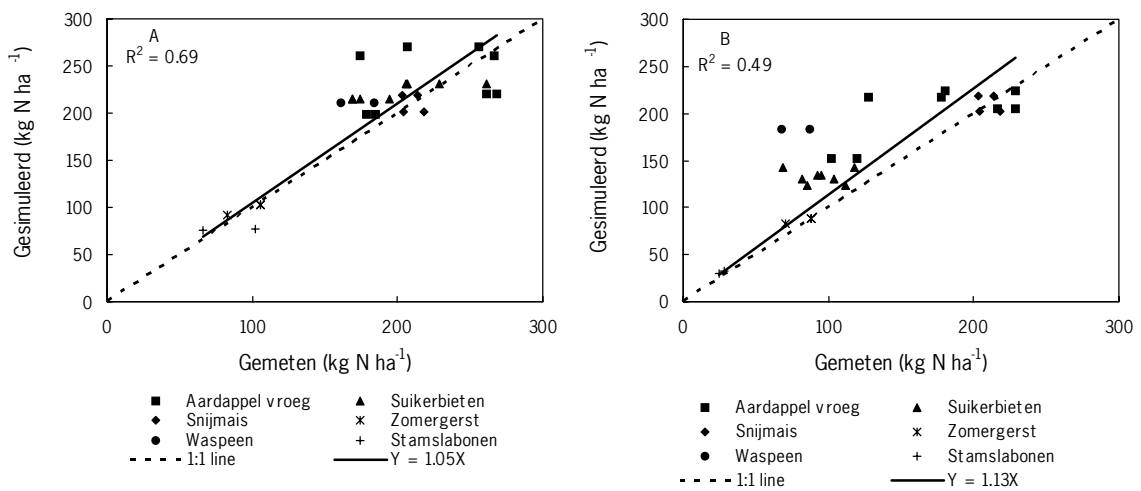
Een gewasgroeimodel dat de potentiële gewasproductie voorspelt op basis van de gerealiseerde weersgegevens zal vrijwel altijd een hogere opbrengst voorspellen dan gerealiseerd is in het betreffende jaar. De gesimuleerde opbrengsten zijn in enkele gevallen echter lager dan de gemeten opbrengsten. De totale gesimuleerde drogestofinhoud van de bovengrondse delen op moment van oogsten, wordt met 4% overschat ten opzichte van de gemeten bovengrondse drogestofinhoud (Figuur 7A). Met name bij aardappelen en stamslabonen zijn de gesimuleerde hoeveelheden drogestof lager dan de gemeten hoeveelheden op het moment van oogsten.

De simulaties van de drogestofinhoud van de oogstbare delen wijken gemiddeld 11% af van de gemeten waarden (Figuur 7B). De simulatie berekent een hogere waarde dan gemeten. De simulaties van de inhoud van de oogstbare delen van met name waspeen zijn veel hoger dan de gemeten waarden. Het is gebruikelijk dat een modelsimulatie een hogere waarde voorspelt dan de gemeten waarde, omdat het model geen rekening houdt met sub-optimale omstandigheden tijdens de teelt. Er zijn echter naast sub-optimale omstandigheden ook andere dan opbrengstbepalende factoren die hier een rol kunnen spelen. Waspeen wordt bijvoorbeeld gekopt en hoeveel gewasrest er met de kop achter blijft op het land, hangt af van de instelling van de machines van de loonwerker. Daarmee wordt de hoeveelheid oogstbaar product bepaald door de afstelling van de machines. In de modelberekeningen wordt hier een vaste verhouding aangehouden, die in individuele jaren sterk af kan wijken van de gerealiseerde verhouding oogstbaar product en gewasrest.



Figuur 7. Gesimuleerde en gemeten drogestofinhoud van de totale hoeveelheid drogestof (A) en de oogstbare delen (B) van het kernbedrijf Vredepeel.

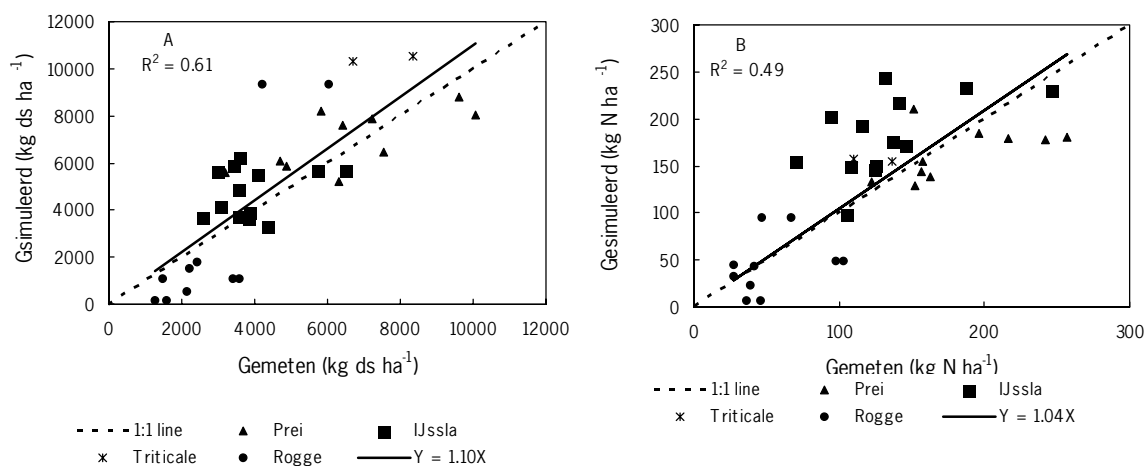
De gesimuleerde stikstofinhoud van de bovengrondse delen wordt overschat met 5% ten opzichte van de gemeten stikstofinhoud (Figuur 8A). De correlatie tussen gesimuleerd en gemeten is 69%. De spreiding in de gemeten waarden is duidelijk te zien in Figuur 8A bij bijvoorbeeld consumptieaardappelen. Deze verschillen in stikstofopname kunnen met dit model niet gesimuleerd worden. Het is niet duidelijk of de verschillen in stikstofopname worden veroorzaakt door verschillen in stikstofbeschikbaarheid voor het gewas of dat er andere factoren zijn die deze spreiding veroorzaken. In de praktijk kunnen zich gemakkelijk ongunstige omstandigheden voordoen tijdens de teelt, waardoor de opbrengsten lager zijn. De gesimuleerde stikstofinhoud van de oogstbare delen wijkt beduidend meer af van de gemeten stikstofinhoud van deze oogstbare delen, er is een overschatting van 13% en de correlatie is slechts 49% (Figuur 8B).



Figuur 8. Gesimuleerde en gemeten stikstofinhoud in de totale hoeveelheid drogestof (A) en in de oogstbare delen (B) van het kernbedrijf Vredepeel.

3.4 Vergelijking van de berekende en gemeten eindopbrengsten kernbedrijf Meterik

De simulaties van de drogestofinhoud van de gewassen voor het kernbedrijf Meterik wijken gemiddeld over alle gewassen heen 10% af van de gemeten hoeveelheden (Figuur 9A). De simulatie overschat de gerealiseerde opbrengst, wat echter in overeenstemming is met de verwachting omdat het model onder potentiële omstandigheden rekent. In het veld komen deze potentiële omstandigheden weinig voor. De correlatie tussen gesimuleerd en gemeten is 61%.



Figuur 9. Gesimuleerde en gemeten drogestofinhoud van de totale hoeveelheid drogestof (A) en de gesimuleerde en gemeten stikstofinhoud in de totale hoeveelheid drogestof (B) van het kernbedrijf Meterik.

De simulaties van de drogestofinhoud van de groenbemester rogge en triticale wijken sterk af van de gemeten drogestofinhoud (Figuur 9A). Een mogelijke oorzaak voor rogge is, dat er in najaar 2002 snijrogge ingezaaid is in plaats van rogge. Het model is gekalibreerd voor rogge en snijrogge wordt gekenmerkt door een snellere begingroei dan rogge. Dit is waarschijnlijk de belangrijkste reden voor het grote verschil tussen de berekende en gemeten drogestofinhoud van rogge.

De gesimuleerde stikstofinhoud in de totale hoeveelheid drogestof wijkt gemiddeld over alle gewassen 4% af van de gemeten waarden en de correlatie is laag, 49% (Figuur 9B). De verschillen tussen simulatie en meting bij de groenbemers zijn al genoemd, maar ook bij de gewassen prei en ijssla komen grote verschillen voor. In de praktijk wordt echter ook een grote variatie in stikstofinhoud aangetroffen tussen gewassen met dezelfde plantdatum, teelttechniek en oogstdatum. Mogelijke oorzaken hiervan zijn o.a. dat inputfuncties voor stikstof van de modelberekeningen kunnen afwijken van de gemeten waarden, het geteelde ras, de uitgevoerde bemesting en/of het tijdstip van oogsten.

4. Conclusies

De wijze waarop stikstofopname in de LINTUL-modellen opgenomen is, heeft een aantal voor- en nadelen. Het voordeel is de eenvoud en de overzichtelijkheid van de structuur en de invoerparameters. Een nadeel is echter dat de stikstofinhoud kan verminderen zoals bij de graangewassen berekend wordt (Figuur 6, triticale en rogge). Doordat de stikstofinhoud van de bovengrondse gewasdelen en het opslagorgaan onafhankelijk van elkaar berekend wordt, kan bij lage groeiselheden de stikstofinhoud van de bovengrondse massa sneller afnemen dan de stikstofinhoud in het opslagorgaan toeneemt. Een berekeningswijze die deze twee stikstof-sinks aan elkaar relateert, is waarschijnlijk een betere methode, echter ook veel gecompliceerder.

Het oogsttijdstip bepaalt of de stikstofopnamecurven naar de maximale waarde toeloopt of dat deze in het lineaire deel van de groeifase stopt. Het verschil tussen de akkerbouwgewassen en het groentegewas ijssla laat dit duidelijk zien: ijssla wordt vroeg en in de lineaire groeifase geoogst. Ook vroege aardappelen kunnen onder bepaalde omstandigheden zo vroeg geoogst worden dat het gewas nog in de lineaire groeifase is (Figuur 3, Aardappelen, curve 19S en 19A). Echter, voor een aantal gewassen zijn standaardwaarden en constante waarden tijdens het groeiseizoen gebruikt en hier liggen nog aanknopingspunten voor verfijning en verbetering. Hetzelfde geldt voor een aantal parameters die gebruikt zijn voor de simulatie van de drogestofproductie. Met name voor de groenbemesters is het nodig dat deze gewas- en/of rasspecifieker gemaakt worden.

De LINTUL-model benadering van deze studie was redelijk in staat om de drogestofproductie en stikstofopname van alle gewassen voor het einde van de teelt te berekenen. Er zijn aanwijsbare redenen waarom bij enkele gewassen de berekende en gemeten waarden uit elkaar liggen, zoals een ander type gewas met andere, veelal onbekende groeiparameters. Maar ook hier treden verschillen op, met name bij de groenbemesters, en dit verdient extra aandacht.

Een ander aspect is, dat bij dezelfde plantdatum, plantdichtheid en weersgegevens er altijd dezelfde opbrengst berekend wordt. In werkelijkheid is de opbrengst van verschillende percelen met dezelfde plantdatum, -dichtheid enz. bijna nooit gelijk. Een model produceert in zo'n situatie slechts één uitkomst. Idealiter zou deze uitkomst vergelijkbaar moeten zijn met de hoogste gemeten uitkomst, omdat bij die uitkomst de omstandigheden het beste de potentiële omstandigheden benaderd hebben. Kan deze relatie voor drogestofproductie in een aantal gevallen nog gevonden worden, het wordt een stuk ingewikkelder wanneer tevens naar stikstof gekeken wordt. Ook in deze studie neemt het verschil tussen berekend en gemeten toe als naar stikstofinhoud gekeken wordt. Uit deze berekeningen blijkt, dat de modellen de gerealiseerde stikstofinhoud in de gewasdelen redelijk goed kunnen voorspellen. De modelberekeningen geven in ieder geval een indicatie van de stikstofopname in de tijd. Hoewel er bij deze stikstofopnamecurven niet op de laatste kg stikstof gekeken moet worden (wegens de robuuste aanpak), wordt wel duidelijk wanneer er meer of minder stikstof beschikbaar zou moeten zijn voor het gewas. Een verdere verfijning is wenselijk en een validatie door tussentijdse gewasoogsten is eigenlijk noodzakelijk; daarmee zouden deze curven beter geschikt zijn om potentiële momenten van uitspoeling van stikstof te identificeren.

Referenties

- Addiscott, T.M. & A.P. Whitmore, 1987.
Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter and spring. *Journal of Agricultural Science* 109, 141-157.
- Baumann, D.T., 2001.
Competitive suppression of weeds in a leek-celery intercropping system: an exploration of functional biodiversity, Wageningen. 190 p.
- Baumann, D.T., L. Bastiaans, J. Goudriaan, H.H. van Laar & M.A. Kropff, 2002.
Analysing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplant competition. *Agricultural Systems* 73, 173-203.
- Booij, R., A.D.H. Kreuzer, A.L. Smit & A. van der Werf, 1996.
Effect of nitrogen availability on dry mass production, nitrogen uptake and light interception of Brussels sprouts and leeks. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 3-19.
- Boons – Prins, E.R., G.H.J. de Koning & C.A. van Diepen, 1993.
Crop-specific simulation parameters for yield forecasting across the European Community. CABO-DLO, Wageningen. 43 p. Simulation Report CABO-TT, no. 32.
- De Visser, C.L.M., J.A. Schoneveld & M.H. Zwart – Roodzant, 1995.
Ontwikkeling van een gewasgroeimodel voor peen op basis van SUCROS 87 [Developments of a crop growth model for carrots based on SUCROS 87]. PAGV, Lelystad. 124 p.
- Gijzen, H., 1992.
Simulation of photosynthesis and dry matter production of greenhouse crops. CABO-DLO, Wageningen. 70 p. Simulation Report CABO-TT, no. 28.
- Grashoff, C., H.F.M. Aarts & H.G. Smid, 1998.
Opbrengst en oogstzekerheid van voedergewassen bij beregeningsverboden : simulatieverkenningen. AB-Dlo, Wageningen. 21 p. Report 93.
- Groenwold, K., 1994.
Rhizolab bladrammenas exp. 19. 1993/94 (intern verslag), Wageningen. 29 p.
- Karvonen, T. & J. Kleemola, 1995.
CROPWATN: Prediction of water and nitrogen limited crop production. In: Modelling and parameterization of the soil - plant - atmosphere system : a comparison of potato growth models, Eds P. Kabat, B.J. v d Broek, B. Marshall, J. Vos & V.K.H. pp 335-369. Wageningen Pers, Wageningen.
- Manrique, L.A., 1986.
Field bean leaf area development and seed yield as affected by phosphorus application on a Typic Tropudult in Panama. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 17, 135-147.
- Manrique, L.A., 1993.
Radiation use-efficiency of field beans as affected by soil phosphorus management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24, 623-631.
- Marinissen, M.J. & C. Grashoff, 1994.
Effect of nitrogen supply and shading on growth, kernel filling, size distribution, and protein and carbohydrate content in malting barley (*Hordeum vulgare* L.). AB-Dlo, Wageningen. 171 p. Report no. 9.
- Monsi, M. & T. Saeki, 1953.
Über den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany* 14, 22-52.
- Neeteson, J.J., J.J. Schröder & J. Hassink, 2001.
The Netherlands. In: Nutrient Management Legislation in European Countries, Eds P De Clercq, A.C. Gertsis, G. Hofman, S.C. Jarvis, J.J. Neeteson & F. Sinabell. pp 282-293. Wageningen Pers, Wageningen.

- Rappoldt, C. & D.W.G. van Kraalingen, 1996.
 Fortran Simulation Translator : FST version 2.0 : introduction and reference manual. AB-DLO, Wageningen. 178 p.
- Schröder, J., 1998.
 Towards improved nitrogen management in silage maize production on sandy soils. Schroeder, Wageningen. 223 p.
- Slangen, J.H.G., H.H.H. Titulaer & H. Niers, 1989a.
 Stikstofbemesting van ijssla (*Lactuca sativa* var. *capitata*) Veldslag no. 18 : veldproeven 1985 - 1987. AGV, Lelystad 62 p.
- Slangen, J.H.G., H.H.H. Titulaer & C.A.E. Rijkers, 1989b.
 Nitrogen fertilizer recommendation with the KNS-system for iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L., var. *capitata*) in field cropping. In: VDLUFA-Schriftenreihe 28, Kongressband 1988, Teil II, 1989b. pp. 251-261.
- Smid, H.G., C. Grashoff & H.F.M. Aarts, 1998.
 Vochtverbruik en droogtegevoeligheid van voedergewassen : experimenteel onderzoek 1994 - 1996. Ab-Dlo, Wageningen. 144 p. Rapport 91.
- Smit, A.L., R. Booij & A. van der Werf, 1996.
 The spatial and temporal rooting pattern of Brussels sprouts and leeks. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 57-72.
- Spitters, C.J.T. & A.H.C.M. Schapendonk, 1990.
 Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato by means of crop growth simulation. In: Proceedings of the third international symposium on genetic aspects of plant mineral nutrition, Braunschweig, Germany, 19-24 June 1988, 1990. Ed N El Bassam. pp 193-203. Plant-and-Soil.
- Spruijt-Verkerke, J. & P. van Asperen, 2001.
 FARM; standaardisatie van gegevensverwerking bij bedrijfssystemen. *Agro informatica* 14, 3-5.
- Van Dam, A.M. & P.A. Leffelaar, 1998.
 Root, soil water and nitrogen dynamics in a catch crop-soil system in the Wageningen Rhizolab. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 46, 267-284.
- Van Heemst, H.D.J., 1988.
 Plant data values required for simple crop growth simulation models : review and bibliography. CABO, Wageningen. 100 p. Simulation Report CABO-TT no. 17.
- Van Ittersum, M.K., P.A. Leffelaar, H. van Keulen, M.J. Kropff, L. Bastiaans & J. Goudriaan, 2003.
 On approaches and applications of the Wageningen crop models. *European Journal of Agronomy* 18, 201-234.

Bijlage I.

Plattegrond kernbedrijf Vredepeel

Telen met toekomst		Kernbedrijf locatie Vredepeel		2001	
Synthese (S) en Analyse (A1 en A2)					
Peelkanaal					
pad			pad		
	Zomergerst	19.2 A2		Aardappel vroeg (bladrammenas)	29.2 A2
	Zomergerst	19.2 A1		Aardappel vroeg	29.1 A1
	Zomergerst	19.1 S		Aardappel vroeg	29.1 S
	Snijmaïs (onderzaai zomergerst)	18.2 A2		Aardappel laat (inwerken stro)	28.2 A2
	Snijmaïs	18.2 A1		Aardappel laat (inwerken stro)	28.2 A1
	Snijmaïs	18.1 S		Aardappel laat	28.1 S
	Suikerbiet	17.2 A2		Suikerbiet	27.2 A2
	Suikerbiet	17.2 A1		Suikerbiet	27.2 A1
	Suikerbiet	17.1 S		Suikerbiet	27.1 S
	Triticale (gbm triticale)	16.2 A2		Erwt & tagetes	26.2 A2
	Triticale	16.2 A1		Erwt & tagetes	26.2 A1
	Triticale	16.1 S		Erwt & stamslaboon	26.1 S
			Kavelpad		

Bijlage II.

Plattegrond kernbedrijf Meterik

Bladgewassen - prei bedrijf (12 percelen)

27	Ijssla + Rogge Vroeg (bed)	pad	36	Ijssla zomer 1 + herfst 2 2 plantafstanden
26	Prei Winter 1		35	Rogge + Ch. kool herfst bewaar
25	Ijssla Vroeg + zomer 2		34	Prei winter 2
24	Ch. kool Vroeg + herfst			
23	Tagetes + Ijssla herfst 1			
22	Ijssla + Ch. kool zomer 1 + herfst			
21	Tagetes + Ijssla			
20	Ch. kool + Ijssla zomer + herfst 2			
19	Prei fertigatie laat winter			

Bijlage III.

Rotatie kernbedrijf Vredepeel in 2001 en 2002 inclusief groenbemesters voorafgaande aan 2001 en na 2002 van de doorgerekende percelen

Perceelsnummer	Groenbemester	Gewas 2001	Groenbemester	Gewas 2002	Groenbemester
16.S		Triticale		Waspeen	
16.A2		Triticale	Zomergerst	Waspeen	
17.S	Triticale	Suikerbieten laat		Triticale	
17.A2	Triticale	Suikerbieten laat		zomergerst	Zomergerst
18.S		Snijmaïs		Conservenerwt/ stamslaboon	
18.A2		Snijmaïs	Zomergerst	Conservenerwt	Blad-rammenas
19.S	Triticale	Zomergerst		Aardappelen zeer vroeg	
19.A2	Triticale	Zomergerst		Aardappelen zeer vroeg	Blad-rammenas
26.S	Triticale	Conservenerwt		Aardappelen laat	
26.A2	Triticale	Conservenerwt	Tagetes	Aardappelen laat	
27.S	Triticale	Suikerbieten		Snijmaïs	
27.A2	Triticale	Suikerbieten		Snijmaïs	Zomergerst
28.S	Triticale	Aardappelen laat		Suikerbieten vroeg	
28.A2	Triticale	Aardappelen laat		Suikerbieten vroeg	
29.S		Aardappelen vroeg		Suikerbieten laat	
29.A2		Aardappelen vroeg	Bladrammenas	Suikerbieten laat	zomergerst

Bijlage IV.

**Rotatie kernbedrijf Meterik in 2001 en
2002 inclusief groenbemesters
voorafgaande aan 2001 en na 2002 van de
doorgerekende percelen**

Perceels- nummer	Groen- bemester	Gewas 2001	Groenbemester	Gewas 2002	Groenbemester
19		Prei			
20		Ch. kool + ijssla			
21	Tagetes	Ijssla	Rogge	Ijssla + ch. kool	Rogge
22		Ijssla + ch. kool	Rogge	Prei	
23	Tagetes	Ijssla	Rogge	Prei	
24		Ch. kool 2 x	Triticale	Ijssla 2 x	
25		Ijssla 2 x	Rogge	Ch. kool 2x	Rogge
26		Prei		Ijssla 2 x	Triticale
27		Ijssla	Rogge	Prei	
34		Prei		Ijssla 2 x	Rogge
35	Rogge	Ch. kool	Rogge	Ijssla 2 x	Rogge
36		Ijssla 2 x	Triticale	Ch. kool	

Bijlage V.

Verklarende acroniemenlijst

Acronym	Beschrijving	Eenheid
DAVTMP	Daily average temperature	Degree Celsius
DOYEM	Julian day number of emerging	d
DOYPL	Julian day number of planting	d
FINTIM	Finish time of simulation (=day number)	d
KDF	Extinction coefficient for photosynthetic active radiation	-
LA0	Initial leaf area index	m ² leaf m ⁻² soil
LAI	Leaf area index	m ² leaf m ⁻² soil
LAICR	Leaf area index beyond which leaves die due to self-shading	m ² leaf m ⁻² soil
LUE	Light use efficiency	g dry mass MJ ⁻¹ m ⁻²
NPL	Number of plants per square meter	# m ⁻²
SLA	Specific leaf area	ha kg ⁻¹
RDRT	Table function for death rate of LAI due to crop aging	(m ² m ⁻²) d ⁻¹
RGRL	Relative growth rate of leaves	(m ² m ⁻²) d ⁻¹
RTDGRO	Potential root growth rate	m d ⁻¹
RTDMAX	Maximum rooting depth	m
TBASE	Base temperature for crop development	Degrees Celsius
TSUM	Temperature sum	Degree Celsius d

Bijlage VI.

Veldspecifieke data voor de doorgerekende percelen (Vredepeel)

Perceel 16S/16A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Triticale (2000)	16S	296	310	306	206 (2001)
	16A2	296	310	306	206 (2001)
Zomergerst (2001)	16A2	228	233	176	318
Waspeen(2002)	16S	151	161	1917	302
	16A2	151	161	1917	302
Perceel 17S/17A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Triticale (2000)	17S	291	-	306	75
	17A2	257	271	306	96
Suikerbieten laat (2001)	17S	96	127	9	283
	17A2	96	127	9	283
Triticale (2001)	17S	299	309	414	208 (2002)
Zomergerst (2001)	17A2	75	91	260	208 (2002)
Zomergerst (2002)	17A2	255	263	275	365
Perceel 18S, A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Snijmaïs (2001)	18S	121	134	9.8	250
	18A2	121	134	9.8	250
Zomergerst (2001)	18A2	277	285	186	70 (2002)
Stamslabonen (2002)	18S	183	191	28.5	255
Bladrammenas (2002)	18A2	241	246	198	134 (2002)
Perceel 19S en 19A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Triticale (2000)	26S	291	-	306	87 (2001)
	26A2	291	-	306	87 (2001)
Zomergerst (2001)	19S	92	110	259	212
	19A2	92	110	259	212
Aardappelen vroeg (2002)	19S	98	130	5.6	191
	19A2	98	130	5.6	191
Bladrammenas (2002)	19A2	200	205	198	134 (2002)
Perceel 26S en 26A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Triticale (2000)	26S	291	-	306	45 (2001)
	26A2	291	-	306	45 (2001)
Stamslabonen (2001)	26S	186	193	27	257
Aardappelen laat (2002)	26S	106	141	4.2	256
	26A2	106	141	4.2	256

VI - 2

Perceel 27S en 27A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Triticale (2000)	27S	291	-	306	75 (2001)
	27A2	291	-	306	75 (2001)
Suikerbieten laat (2001)	27S	96	127	9	304
	27A2	96	127	9	304
Snijmais (2002)	27S	115	133	11.1	254
	27A2	115	133	11.1	254
Zomergerst (2002)	27A2	295	305	275	365
Perceel 28S en 28A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Triticale (2000)	28S	291	-	306	75 (2001)
	28A2	291	-	306	96 (2001)
Aardappelen laat (2001)	28S	113	141	4.2	260
	28A2	113	141	4.2	260
Suikerbieten vroeg (2002)	28S	95	113	9	273
	28A2	95	113	9	273
Perceel 29S en 29A2	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Aardappelen vroeg (2001)	29S	99	134	4.2	228
	29A2	99	134	4.2	228
Bladrammenas (2001)	29A2	200	205	2252	55 (2003)
Suikerbieten laat (2002)	29S	95	113	9	294
	29A2	95	113	9	294

Bijlage VII.**Veldspecifieke data voor de doorgerekende percelen (Meterik)**

Perceel 21	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Tagetes (2001)	21	-			
Ijssla herfst (2001)	21	213	218	6.68	269
Rogge (2001)	21	279	-	525	439
Ijssla vroeg (2002)	21	108	113	7.18	162
Ch. Kool (2002)	21	-			
Rogge (2002)	21	288	-	438	420
Perceel 22	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Ijssla zomer (2001)	22	142	147	6.53	192
Ch. Kool (2001)	22	-			
Rogge (2001)	22	278	-	525	499
Prei laat (2002)	22	199	-	13.1	439
Perceel 23	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Tagetes (2001)	23	-			
Ijssla herfst 1 (2001)	23	213	218	5.90	269
Rogge (2001)	23	278		525	499
Prei (2002)	23	190	-	13.1	386
Perceel 24	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Ch. Kool vroeg (2001)	24	-			
Ch. Kool herfst (2001)	24	-			
Triticale (2001)	24	325	-	457	439
Ijssla vroeg 2 (2002)	24	108	113	6.92	163
Ijssla herfst 1 (2002)	24	210	215	5.35	259
Perceel 25	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Ijssla vroeg (2001)	25	110	115	6.66	164
Ijssla zomer 2 (2001)	25	192	197	6.77	242
Rogge (2001)	25	279	-	525	439
Ch. Kool vroeg (2002)	25	-			
Ch. Kool herfst (2002)	25	-			
Perceel 26	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Prei winter 1 (2001)	26	177	-	14.7	386
Ijssla zomer 1 (2002)	26	143	148	6.75	191
Ijssla herfst 2 (2002)	26	218	223	5.64	275
Triticale (2002)	26	302	-	437	365
Perceel 27	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Ijssla vroeg (2001)	27	95	100	6.60	156
Rogge (2001)	27	279	-	525	351
Prei (2002)	27	176		15	318

VII - 2

Perceel 34	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Prei winter 2 (2001)	34	186	-	15	
Ijssla vroeg (2002)	34	73	78	6.99	143
Ijssla zomer 2 (2002)	34	190	195	6.84	232
Rogge (2002)	34	253	-	438	420

Perceel 35	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Ch. kool (2001)	35	-			
Rogge (2001)	35	303	-	525	439
Ijssla vroeg 1 (2002)	35	88	93	7.15	147
Ijssla zomer 2 (2002)	35	190	195	6.84	233
Rogge (2002)	35	253	-	438	420

Perceel 36	Perceel	DOYPL	DOYEM	NPL	FINTIM
Ijssla zomer 1 (2001)	36	42	147	6.37	192
Ijssla herfst 2 (2001)	36	220	225	6.42	268
Triticale (20021)	36	311		457	589
Ch. kool herfst (2002)	36	-			

Bijlage VIII.

Basismodel

```
DEFINE_CALL SGLA(INPUT,INPUT,INPUT,INPUT,INPUT,INPUT,INPUT,INPUT,..
INPUT,INPUT,OUTPUT)
```

```
TITLE Basismodel.FST
```

```
*****
```

- * Basismodel.FST is a simulation model for crop growth
- * Author: C.J.T. Spitters
- * Reference: Spitters, C.J.T. & A.H.C.M. Schapendonk, 1990.
- * Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato
- * by means of crop growth simulation. Plant and Soil 123: 193-203.
- * Modifications to the Spitters & Schapendonk version:
- * 1. One temperature sum for development in stead of two
- * 2. No effect of drought on Specific Leaf Area.
- * 3. LUE independent of biomass allocation.
- * 4. Allocation described by AFGEN-functions of temperature sum.
- * 5. Rooting depth made dynamic as a linear function of time.
- * 6. Weather included from AB-DLO weather system via FST
- * (Van Kraalingen, 2 October 1995).

```
*****
```

```
INCON ZERO = 0.
```

```
* CROP GROWTH PARAMETERS
```

```
PARAM LUE=3.E-6, LA0=0.007, TBASE=2., TSUMAN = 1110.
```

```
PARAM NPL=27., DOYEM=193.,RGRL=0.009
```

```
* KDF ACCORDING TO Monteith, 1975
```

```
PARAM SLA =0.02, KDF=0.8, LAICR=4.
```

```
PARAM FNWRT = 0.01
```

```
PARAM RTDGR0=0.01,RTDMAX=0.6
```

```
INCON RTDI = 0.1
```

```
* fractie drogestof naar verschillende gewasdelen, gewasspecifiek
```

```
FUNCTION FLVTB = 0.,0.5, 250.,0.5, 550.,0.5, 1000., 0.5, 5000., 0.5
```

```
FUNCTION FSTTB = 0.,0.45, 250.,0.45, 550.,0.25, 1000., 0.25, 5000., 0.25
```

```
FUNCTION FSOTB = 0.,0., 250., 0., 550.,0.2, 1000., 0.2, 5000., 0.2
```

```
FUNCTION FRITB = 0.,0.05,250., 0.05, 550.,0.05, 1000., 0.05, 5000., 0.05
```

```
* fractie stikstof in verschillende gwasdelen, gewasspecifiek
```

```
FUNCTION FNLVTB = 0., 0.1, 5000., 0.1
```

```
FUNCTION FNSTTB = 0., 0.1, 5000., 0.1
```

```
*GEWASSPECIFIEK
```

```
FUNCTION FNSOTB = 0., 0.1, 5000., 0.1
```

```
*****
```

```
INITIAL
```

```
TIMER S'TIME=186., FINTIM=357., DELT=1., PRDEL=1.
```

```
TRANSLATION_FSE
```

VIII - 2

WEATHER CNTR='NLD' ; ISTN=1 ; IYEAR=2001

WEATHER WTRDIR='D:\Data\SYS\Weather\'

PRINT LAI,WLV,WSO,WST,TSUM,NLV,NST,NSO,RDRSH,RDRDV,DRS

* INITIALIZATION

* Leaf area index at emergence (LAI: m²/m²)

LAI = NPL*LA0

DYNAMIC

* WEATHER VARIABLES

* Global radiation (DTR: MJ/m²/d), daily average temperature (DAVTMP:

* 'C), temperature sum for development (TSUM: d*degree).

* Reading of the desired weather data from the CABO/TPE Weather System.

* radiation in MJ/m²/d-1

DTR = RDD

TMIN = TMMN

TMAX = TMMX

HUA = VP

WSAV = WN

DAVTMP = 0.5 * (TMIN + TMAX)

DTEFF = AMAX1 (0.,DAVTMP-TBASE)

EMERG = INSW(DOY-DOYEM, 0., 1.)

RTSUM = DTEFF*EMERG

TSUM = INTGRL(ZERO, RTSUM)

* LEAF GROWTH AND SENESCENCE

CALL SGLA (DOY,DOYEM,DTEFF,TSUM,LAI,RGRL,..

DELTA,SLA,LAI,FLV*GTW,GLAI)

* AP 10/5/2004 SWITCH BETWEEN LEAF SENESCENCE / NO LEAF SENESCENCE

RDRSH = LIMIT(0.,0.03,0.03*(LAI-LAICR)/LAICR)

RDRDV = INSW(TSUM-TSUMAN,0.,AFGEN(RDRT,DAVTMP))

FUNCTION RDRT = -10.,0.03, 10.,0.03, 15.,0.04, 30.,0.09, 50.,0.09

DRS = AMAX1(RDRSH,RDRDV)

DLAI = DRS * LAI

DLV = WLVG * DLAI/NOTNUL (LAI)

RLAI = GLAI - DLAI

LAI = INTGRL(ZERO,RLAI)

* LIGHT INTERCEPTION AND CROP GROWTH

* Total intercepted photosynthetically active radiation (PARINT: MJ/m²

* ground/d), light use efficiency (LUE: g/MJ), total growth rate (GTW:

* kg DM/ha/d), DTR (MJ/m²/d-1)

PARINT = 0.47 * DTR * (1. - EXP(-KDF*LAI))

GTW = LUE * PARINT

```

FLV = AFGEN(FLVTB,TSUM)
FST = AFGEN(FSTTB,TSUM)
FSO = AFGEN(FSOTB,TSUM)
FRT = AFGEN(FRTTB,TSUM)

```

```

FTEST = FLV + FST + FSO + FRT

```

```

* DRY WEIGHTS of green leaves (gDM/m2) minus dead leaves.

```

```

RWLVG = GTW*FLV-DLV
WLVG = INTGRL(ZERO,RWLVG)

```

```

* DRY WEIGHTS of dead leaves en total leaf biomass (gDM/m2)

```

```

WLVD = INTGRL(ZERO,DLV)
WLV = WLVG + WLVD

```

```

* DRY WEIGHT of stems (gDM/m2)

```

```

RWST = GTW*FST
WST = INTGRL(ZERO,RWST)

```

```

* DRY WEIGHT of syorage organs (gDM/m2)

```

```

RWSO = GTW*FSO
WSO = INTGRL(ZERO,RWSO)

```

```

* DRY WEIGHT of roots (gDM/m2)

```

```

RWRT = GTW*FRT
WRT = INTGRL(ZERO,RWRT)

```

```

* Total aboveground dry weight plus storage organs (gDM/m2):

```

```

WSH = WLVG + WST + WSO

```

```

*****

```

```

* Nitrogen in crop

```

```

FNLV = AFGEN(FNLVTB,TIME)
FNST = AFGEN(FNSTTB,TIME)
FNST = AFGEN(FNSTTB,TIME)
FNST = AFGEN(FNSTTB,TIME)
FNSO = AFGEN(FNSOTB,TIME)
NLV = WLVG * FNLV
NST = WST * FNST
NSO = WSO * FNSO
TOTN = NLV + NST + NSO

```

```

END

```

```

STOP

```

```

*****

```

```

* Function GLA computes daily increase of leaf area index (m2/m2/d)

```

```

SUBROUTINE SGLA(DOY,DOYEM,DTEFF,TSUM,LAI,RGRL,DELT,SLA,

```

```

$ LAI,GLV,GLA)

```

```

IMPLICIT REAL (A-Z)

```

```

* during mature plant growth:

```

```

GLA = SLA * GLV

```

```

* during juvenile growth:

```

```

* MvO 17/3/94: TERM 'DELT' HAS TO BE IN EQUATION

```

```

IF ((TSUM.LT.450).AND.(LAI.LT.0.75)) THEN

```

```

GLA = LAI * (EXP(RGRL * DTEFF * DELT) - 1.) / DELT

```

```

ENDIF

```

```

* at day of seedling emergence:

```

VIII - 4

```
IF ((DOY.GE.DOYEM).AND.(LAI.EQ.0)) GLA = LAH / DELT
```

```
* before seedling emergence:
```

```
IF (DOY.LT.DOYEM) GLA = 0.
```

```
RETURN
```

```
END
```

Reeds verschenen externe rapporten

Telen met toekomst

30. Stikstofopnamecurven voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. A.A. Pronk & J. Groenwold. Rapport OV 0410, 2004.
29. Evaluatie Nitraatprojecten, bijdrage vanuit Telen met toekomst. J.W.A. Langeveld. Rapport OV 0409, 2004.
28. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. Ir. R. Postma & Ing. T.A. van Dijk. Rapport OV 0408, 2004.
27. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, Eindrapport. Herbert Mombarg & Anton Kool, Rapport OV 0407, 2004.
26. Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. J.A. de Vos & F.B.T. Assinck. Rapport OV 0406, 2004.
25. Stikstofstromen op het kernbedrijf Meterik. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0405, 2004.
24. Fosfaatkaracteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Een gedetailleerd beeld van het bodemprofiel. P. Ehlert & G. Koopmans. Rapport OV 0404, 2004.
23. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten. A. Smit, K.B. Zwart & J. van Kleef. Rapport OV 0403, 2004.
22. Stikstofstromen op het kernbedrijf Vredepeel. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0402, 2004.
21. Bemesting en Nmin op gewasniveau op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst (2000-2002). F.J. de Ruijter & J. Groenwold. Rapport OV 0401, 2004.
20. Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Mineralisatie van bodem en gewasresten. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0304, 2003.
19. Grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit op de Telen met toekomst bedrijven in 2002. M. van den Berg & M.M. Pulleman. Rapport OV 0303, 2003.
18. AcTA: Accesdatabase Telen met toekomst – Alterra. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0302, 2003.
17. Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0301, 2003.
16. Telen met toekomst, voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2002. Anonymus, 2003.
15. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? B.M.A. Kroonen-Backbier & J.A.J.M. Rovers. Rapport WDNB03, 2003.
14. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? J.A.J.M. Rovers & B.M.A. Kroonen-Backbier, Rapport WDZHZ03, 2003.
13. Startgiften van de stikstofbemesting in tulp. Modelstudie naar de effecten van neerslag op de stikstofbeschikbaarheid in de wortelzone. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0206, 2002.
12. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Methodiek en rekenregels. H.F.M. Mombarg, A. Kool, W.J. Corré, J.W.A. Langeveld & W. Sukkel. Rapport OV 0205, 2003.
11. Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van 'Telen met toekomst' proefvelden Meterik en Vredepeel. J.A. de Vos, E.W.J. Hummelink & T.S. van Steenbergen. Rapport OV 0204, 2002.
10. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. Ir. R. Postma. Rapport OV 0203, 2002.
9. Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt. Rapport OV 0202, 2002.
8. Gebruik van Global Positioning System (GPS) binnen 'Telen met toekomst', Plaatsbepaling bij monsternamen op de Voorloperbedrijven'. A.L. Smit. Rapport OV 0201, 2002.

7. 'Telen met toekomst', kansen en knelpunten in zicht: Jaaroverzicht 2001. Anonymus, 2002.
6. Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van 'Telen met toekomst', Een analyse van de situatie bij de start van het project. Philip Ehlert & Gerwin Koopmans, 2002.
5. Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart & Annemieke Smit, 2002.
4. 'Telen met toekomst', voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2000. Anonymus, 2001.
3. Detaillering projectplan 'Telen met toekomst'. Rennie Booij, Wim van Dijk, Bert Smit, Frank Wijnands, Hans Langeveld, Janjo de Haan, Annette Pronk, Jaap Schröder, Jet Proost, Harm Brinks, Peter Dekker, Philip Ehlert, 2001.
2. Projectplan 'Telen met toekomst'. Jacques Neeteson, Rennie Booij, Wim van Dijk, Janjo de Haan, Annette Pronk, Harm Brinks, Peter Dekker & Hans Langeveld, 2001.
1. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. A.J. de Buck, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij, 2000.