

Yell 56
H.D.J. van Heemst, H. van Keulen en H. Stolwijk

4,

265

Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen
Afdeling Ontwikkelingseconomie, Vrije Universiteit

Potentiële produktie, bruto- en nettoproduktie van de Nederlandse landbouw



LERUWENBORCH-BIBLIOTHEEK
Landbouwhogeschool
Hollandsseweg 1, Wageningen
Tel. 08370-82493

Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie

Wageningen - 1978

15N 107551-01

Publikatie in het kader van de Stichting Onderzoek Wereldvoedselvoorziening (SOW)

H.D.J. van Heemst en H. van Keulen zijn werkzaam op het Centrum voor Agrobiologisch
Onderzoek te Wageningen

H. Stolwijk is werkzaam op de Afdeling Ontwikkelingseconomie aan de Vrije Universiteit

ISBN 90 220 0681 6

Deze publikatie zal tevens verspreid worden als Publikatie 085 van het Centrum voor
Agrobiologisch Onderzoek (CABO), Wageningen.

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, 1978

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van
druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke
toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced or published in any form by print, photoprint,
microfilm or any other means without written permission of the publishers.

Abstract

Heemst, H.D.J. van, H. van Keulen & H. Stolwijk (1978) Potentiële produktie, bruto- en nettoproduktie van de Nederlandse landbouw / Potential, gross and net production of Netherlands agriculture. Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.) 879, ISBN 90 220 0681 6, (vi) + 25 p., 13 tables, 5 figs, 37 refs.

Also: Publ. Cent. Agrobiol. Res. 085.

This report describes a method for computing actual production levels in agriculture. As examples, calculations are done for small grains, potatoes, sugarbeet, fodder maize and grass in the Netherlands. Input data are obtained from agricultural statistics. The calculations are based on the climate-determined potential production. Reduction factors are introduced to account for the effects of shortage of water and nitrogen. Losses resulting from the incidence of pest and diseases and from suboptimal management are estimated and taken into account. The results are in fair agreement with production data published as agricultural statistics. However reliable results can only be obtained when a thorough understanding of the local management system is available. Further increases in production in the Netherlands are most likely to be achieved by higher inputs of skilled labour (management input) rather than by higher material inputs (fertilizers etc.).

Free descriptors: cereals, potatoes, sugar-beet, fodder maize, grass, milk production, nitrogen uptake, water limitation.

Inhoud

1	<i>Inleiding</i>	1
2	<i>Berekening van de droge-stofproductie</i>	3
2.1	Methodiek	3
2.2	Berekening van de droge-stofproductie van een standaardgewas	4
2.3	Invoergegevens	5
3	<i>Berekening van de gewasproductie</i>	9
3.1	Graangewassen	9
3.1.1	Reducties	9
3.1.2	Stikstofrelaties	10
3.1.3	Opbrengst	10
3.2	Aardappelen	10
3.2.1	Stikstofrelaties	12
3.2.2	Opbrengst	12
3.3	Suikerbieten	14
3.3.1	Stikstofrelaties	15
3.3.2	Opbrengst	15
3.4	Snijmaïs	16
3.4.1	Stikstofrelaties	16
3.4.2	Opbrengst	16
3.5	Gras	17
3.5.1	Stikstofrelaties	17
3.5.2	Opbrengst	18
3.6	Melkproductie	18
4	<i>Discussie</i>	21
	<i>Literatuur</i>	24

1 Inleiding

In de laatste twintig jaar zijn berekeningen van de potentiële produktie, d.i. de door de beschikbare energie bepaalde droge-stofproduktie, voor meer of minder uitgestrekte gebieden op aarde uitgevoerd (De Wit, 1965; Lieth, 1975; Buringh et al., 1975; De Wit & Van Heemst, 1976; Van Keulen, 1976; Alberda, 1977). In sommige gevallen bleek het mogelijk de berekende produkties ook inderdaad te realiseren; dit geschiedde dan op proefvelden onder nauwkeurig in de hand gehouden omstandigheden en met een ongelimiteerde en nauwelijks gerapporteerde inzet van arbeid en materialen (Alberda & Sibma, 1968; De Vos, 1975). Voortbouwend op en vaak gebruik makend van de zo verkregen resultaten werden ook berekeningen uitgevoerd voor situaties waarin de beschikbaarheid van water en/of stikstof voor de plant als opbrengstbepalende factor werd ingevoerd (Van Keulen, 1975; Harpaz, 1975). Ook in deze gevallen bleek een redelijke overeenstemming te bestaan tussen de berekende en de in goed uitgevoerde proeven gemeten opbrengsten.

Eén van de belangrijkste problemen waarmee het landbouwkundig onderzoek op dit ogenblik wordt geconfronteerd is het verklaren en zo mogelijk opheffen van het relatief grote verschil dat nog steeds bestaat tussen de berekende potentiële produkties en de onder praktijkomstandigheden behaalde opbrengsten. Deze problematiek speelt zowel een rol in de ontwikkelde landen als in de ontwikkelingslanden. In de eerstgenoemde leidt het vooruitzicht op een mogelijke energieschaarste tot de vraag of de relatief grote hoeveelheid energie die in de landbouw wordt toegepast, niet efficiënter zou kunnen worden gebruikt door de beperkingen die thans het actuele produktieniveau bepalen, op te heffen en zodoende een hogere opbrengst te verkrijgen met inzet van een zelfde hoeveelheid middelen. In de ontwikkelingslanden, waar de discrepantie meestal nog veel groter is, is vooral de vraag van belang welke beperkingen eerst moeten worden opgeheven om een produktieverhoging tot stand te brengen. Uiteraard zal voor beide situaties ook een economische analyse toegepast moeten worden om na te gaan of de kosten - batenverhouding bij opheffing van beperkingen gunstig is.

Om het tegenwoordige produktieniveau te verklaren is het noodzakelijk een kwantitatieve analyse van het gehele landbouwkundig produktieproces uit te voeren. Hierbij moet rekening worden gehouden met beperkingen, opgelegd door het natuurlijk milieu (bodem, klimaat) en door de toegepaste beheerstechnieken (bemesting, ziektebestrijding, oogsttechniek etc.). Daarnaast is inzicht nodig in de mate waarin maatregelen worden genomen om de bestaande beperkingen op te heffen (irrigatie, toediening van kunstmest, gebruik van biociden, inzet van arbeid en/of machines).

Kennis van het actuele produktieniveau dat ligt tussen dat in de gegeven natuurlijke situatie en dat bij volledige opheffing van alle beperkingen, kan in een modelmatige benadering worden beschreven door het invoeren van reductiefactoren op de potentiële produk-

tie, wanneer zich suboptimale omstandigheden voor de groei van de planten voordoen (watergebrek, mineralentekort) of wanneer verliezen optreden door de toegepaste beheersmaatregelen (on nauwkeurigheid, ontijdigheid). Om dergelijke berekeningen uit te kunnen voeren, vooral wanneer deze betrekking hebben op ontwikkelingslanden, zal gebruik gemaakt moeten worden van statistische gegevens over het beschikbare areaal, de toegepaste middelen, de gevolgde werkwijze etc. Ook voor het verkrijgen van enig inzicht in de betrouwbaarheid van de gemaakte schattingen zal een vergelijking met bestaande statistieken van de landbouwproduktie nodig zijn.

In dit artikel wordt een eerste poging beschreven om werkelijke produkties te berekenen. Als proefobject is de Nederlandse landbouw genomen, enerzijds omdat daarover redelijk betrouwbaar statistisch materiaal voorhanden is, anderzijds omdat er uit het landbouwkundig onderzoek een grote hoeveelheid kennis ter beschikking staat met betrekking tot de teeltkundige aspecten.

2 Berekening van de droge-stofproduktie

2.1 METHODIEK

Voor de berekening van de droge-stofproduktie van gewassen wordt uitgegaan van de brutofotosynthesesnelheid van een standaardgewas (De Wit, 1965): een gezond, gesloten, groen gewas met de fysiologische eigenschappen van C_3 -planten en optimaal voorzien van water en voedingsstoffen. De brutofotosynthese van een dergelijk gewasdek hangt onder die omstandigheden alleen af van de beschikbare hoeveelheid zonne-energie, mits de temperatuur niet te laag is. Hoewel niet alle gewassen dezelfde eisen aan de temperatuur stellen, is in de meeste gevallen een minimumtemperatuur van $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ vereist, terwijl voor maximale fotosynthese de gemiddelde temperatuur hoger moet zijn dan $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deze voorwaarden beperken de potentiële groeiperiode in Nederland tot de maanden april tot en met oktober. De bij de fotosynthese gevormde suikers worden door de plant gebruikt voor groei van nieuw structureel weefsel en onderhoud van bestaande structuren. De hiervoor benodigde energie wordt geleverd door ademhalingsprocessen, waarbij ongeveer $0,35\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ van de gevormde suikers wordt verbruikt (Penning de Vries, 1974).

De lengte van het groeiseizoen en de mate van grondbedekking bepalen voor ieder gewas afzonderlijk welk deel van de produktie van het standaardgewas aan een specifiek gewas toegewezen wordt. In de praktijk is er een verschil in groeiperiode tussen het zuiden en het noorden van Nederland; de verschillen van jaar tot jaar zijn echter groter dan die tussen de regio's. Omdat er gerekend wordt met een gemiddeld jaar, wordt in de berekening volstaan met een gemiddelde groeiperiode die geldt voor het gehele land.

De potentiële produktiesnelheid kan alleen worden gehandhaafd als gedurende de groei geen vochttekorten optreden. De Wit (1958) heeft aangetoond dat onder Nederlandse omstandigheden, wanneer water de belangrijkste beperkende factor is, de produktie van droge stof recht evenredig is met de totale transpiratie. De vermindering in droge-stofproduktie als gevolg van optredend watergebrek kan dus in rekening worden gebracht door de potentiële droge-stofproduktie te vermenigvuldigen met het quotiënt van actuele en potentiële verdamping, berekend voor gronden met een verschillend vochthoudend vermogen (Buringh et al., 1975). De zo berekende totale droge-stofproduktie wordt vervolgens verdeeld over hoofd- en bijprodukten met behulp van een gemiddelde verhouding tussen de hoeveelheid marktbaar produkt en de totale droge-stofproduktie inclusief de wortels (oogstindex).

Aangenomen is dat in Nederland de kali- en fosfaatvoorziening van de gewassen voldoende is voor het behalen van de maximale produktie. Dat geldt echter niet voor de voorziening met stikstof. In navolging van Van Keulen (1977) wordt de relatie stikstofbemesting - opbrengst niet direct toegepast, maar geanalyseerd via de relaties bemesting - stikstofopname en stikstofopname - opbrengst.

Voor de relatie N-bemesting - N-opname zijn twee parameters van belang, namelijk de N-opname zonder toediening van stikstof en de opname-efficiëntie van de toegediende meststof. De hoeveelheid opgenomen stikstof zonder bemesting wordt vrij duidelijk beïnvloed door het weer. In een natte winter zijn de verliezen van gemineraliseerde stikstof door uitspoeling veel groter dan in een droge winter (Van der Paauw, 1962). Aangezien met een gemiddeld jaar wordt gewerkt, is dit onderscheid niet in de berekening verwerkt. Wel is rekening gehouden met verschillen tussen grondsoorten en gewassen. De opname-efficiënties lopen sterk uiteen; ook hierbij is rekening gehouden met verschillen tussen grondsoorten en gewassen. Voor het vaststellen van de parameters is gebruik gemaakt van resultaten van bemestingsproeven waarbij ook de N-opname is bepaald. De opname - opbrengstcurve verschilt per gewas wat betreft de opname per kg marktbaar produkt en het maximale niveau, maar is wat vorm betreft voor alle gewassen gelijk: een rechtlijnig verband in het begin van de curve tot ongeveer halverwege de maximale opbrengst, waarna de relatie van de rechte begint af te buigen en de maximale opbrengst asymptotisch nadert.

De opbrengstverliezen ten gevolge van ziekten en plagen kunnen op twee manieren in de opname - opbrengstcurven worden verwerkt: ofwel de opbrengstverliezen door ziekten worden over het gehele traject van de curve in rekening gebracht, zodat zowel de initiële efficiëntie als het maximumniveau verlaagd worden, of alleen het maximale niveau wordt verlaagd met handhaving van de beginhelling.

Bij de granen is voor de laatste mogelijkheid gekozen, omdat bij het graangewas de ziekten die de grootste verliezen veroorzaken, vooral planten met een hoog stikstofgehalte aantasten (Rijdsijk, Landbouwhogeschool Wageningen, afd. Entomologie, pers. meded.). Bij alle andere gewassen is voor de eerste mogelijkheid gekozen, omdat er geen duidelijke aanwijzingen zijn dat de voor het graangewas gegeven veronderstelling ook hier geldig is. Ook wat betreft oogstverliezen, die bij alle gewassen behalve de granen aanzienlijk zijn, wordt voor de eerste benadering gekozen.

Omdat het de bedoeling is de berekende opbrengsten te vergelijken met statistische gegevens over de gerealiseerde opbrengsten, moet worden uitgegaan van de resultaten van een 'gemiddelde' boer. Uit het onderzoek van Zachariasse (1974) blijkt bij vergelijking van de resultaten van verschillende boeren een standaardafwijking van ongeveer 10% te bestaan. Om dit in rekening te brengen wordt in het model een reductie van 10% toegepast.

2.2 BEREKENING VAN DE DROGE-STOFPRODUKTIE VAN EEN STANDAARDGEWAS

De Wit (1965) geeft een tabel waarin dagelijkse totalen van de brutofotosynthese van het standaardgewas worden vermeld voor volledig heldere en volledig bewolkte dagen voor het midden van iedere maand en voor intervallen van 10° geografische breedte. Met behulp van de gemiddelde bewolgingsgraad, berekend uit 30-jarige maandgemiddelden van de percentages zonneschijn, wordt door lineaire interpolatie de brutofotosynthese per maand verkregen. Vermenigvuldiging met de factor 0,65 als correctie voor de ademhalingsverliezen (zie par. 2.1) levert de potentiële droge-stofproduktie (tabel 1).

De potentiële verdamping wordt berekend met de formule van Penman (1948); de actuele verdamping met behulp van een maandelijks waterbalans (Arbab, 1972) voor gronden met een

verschillend vochthoudend vermogen (tabel 2). Het quotiënt van actuele en potentiële verdamping (tabel 2) wordt vermenigvuldigd met de potentiële produktie om de maximale drogestofproduktie van het standaardgewas te berekenen (tabel 3).

2.3 INVOERGEGEVENS

Uitgaande van de twaalf bodemtypen die Berkhout (1977) in de landschappelijke indeling van de Nederlandse LEI-landbouwgebieden onderscheidt (fig. 1) en rekening houdend met

Tabel 1. De potentiële droge-stofproduktie van het standaardgewas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

April	5500	Augustus	6400
Mei	7100	September	4700
Juni	7600	Oktober	3200
Juli	7300	Totaal	41800

Tabel 2. De actuele verdamping ($\text{mm} \cdot \text{maand}^{-1}$) en verhouding actuele/potentiële verdamping bij een vochthoudend vermogen van de grond van 50, 100, 150 en 200 mm.

	Actuele verdamping ($\text{mm} \cdot \text{maand}^{-1}$) en verhouding actuele/potentiële verdamping bij een vochthoudend vermogen van:							
	50 mm		100 mm		150 mm		200 mm	
	act.	act./ pot.	act.	act./ pot.	act.	act./ pot.	act.	act./ pot.
April	37	1,0	37	1,0	37	1,0	37	1,0
Mei	84	0,8	99	1,0	99	1,0	99	1,0
Juni	58	0,5	92	0,8	116	1,0	116	1,0
Juli	77	0,7	77	0,7	103	0,9	112	1,0
Augustus	88	0,9	88	0,9	88	0,9	93	1,0
September	56	1,0	56	1,0	56	1,0	56	1,0
Oktober	23	1,0	23	1,0	23	1,0	23	1,0
Totaal	423		472		522		536	

Tabel 3. Maximale droge-stofproduktie van het standaardgewas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) bij een vochthoudend vermogen van de grond van 50, 100, 150 en 200 mm.

	Maximale droge-stofproduktie ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) bij een vochthoudend vermogen van:			
	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
April	5500	5500	5500	5500
Mei	5700	7100	7100	7100
Juni	3800	6100	7600	7600
Juli	5100	5100	6600	7300
Augustus	5800	5800	5800	6400
September	4700	4700	4700	4700
Oktober	3200	3200	3200	3200
Totaal	33900	37500	40500	41800

Fig. 1. Landschappelijke indeling van de Nederlandse LEI-landbouwgebieden (1975).



laag gelegen landschappen (polders)

- | | |
|----|--|
| 11 | bodems vnl. in zavel |
| 12 | bodems vnl. in zware klei |
| 13 | bodems vnl. in klei, periodiek ernstig wateroverlast |
| 14 | bodems in wisselend moedermateriaal (vaak zandig), gelegen achter de duinen |
| 15 | bodems in vnl. klei en/of veen, periodiek ernstig wateroverlast |
| 16 | bodems van het IJsseldal - laag: bodems in zavel/klei
- hoger: wisselende bodems in vnl. zand |

hoger gelegen landschappen

- | | |
|----|---|
| 21 | vnl. bodems in zand met rel. veel oude bouwlandgronden |
| 22 | vnl. bodems in zand met rel. veel rel. laag gelegen bodems in zand |
| 23 | vnl. rel. laag gelegen bodems in zand |
| 24 | bodems in zand met rel. veel oude bouwlandgronden en/of veenontginingsgronden |
| 25 | bodems in zand met rel. veel vochtige veenbodems |
| 26 | vnl. bodems in leemhoudend zand en löss |

twee bedrijfsgrootteklassen per bodemtype (< 15 ha: letter A, > 15 ha: letter B), krijgt men in totaal 24 klassen. Per klasse is bepaald: de oppervlakte cultuurgrond, het grondgebruik, de oppervlakte van verschillende groepen gewassen, het aantal en de gemiddelde grootte van de bedrijven, de belangrijkste ingezette middelen per bedrijf, per hectare en

Tabel 4. Invoergegevens bij de berekening van de droge-stofproduktie.

Klasse	gewas	vochth. verm. (mm)	stikstof (kg. ha ⁻¹)	percentage		g.v.e. per bedrijf	areaal maïs (ha) per bedrijf	g.v.e. per ha gras
				winter-graai (%)	zomer-graai (%)			
11A	graan	200	80	63	37			
	aard.	185	140/160					
	suikerb.	200	190					
	gras	90	177					
								2,1
11B	graan	200	80	63	37			
	aard.	185	140/160					
	suikerb.	200	190					
	gras	90	285					
								2,3
12A/16A	maïs	200				15,2	0,9	
	gras	80	203					2,4
12B	graan	185	90	58	42			
	aard.	140	140/160					
	suikerb.	185	190					
	gras	70	270					
								2,3
13B/16B	maïs	200				55,0	2,0	
	gras	80	230					2,4
21A/26A, a	maïs	170				18,5	0,5	
	gras	65	250					2,4
21A/26A, b	maïs	170				11,2	1,3	
	gras	65	308					1,9
21A/26A, c	maïs	170				7,6	0,8	
	gras	65	230					3,0
24A	graan	150	90	35	65			
	aard.	110	140/200					
	suikerb.	150	210					
21B, 22B, 24B, 26B	graan	160	90	45	55			
	aard.	125	200					
	suikerb.	160	210					
								2,9
21B, 26B	gras	70	272					2,8
22B	gras	45	258					
23B	maïs	140				49,9	4,0	
	gras	55	295					2,9
24B	gras	55	289					2,7
25B	maïs	200				52,1	4,4	
	gras	85	330					2,4

eventueel per grootvee-eenheid (g.v.e.), de samenstelling van de veestapel en de produktie. Deze gegevens zijn bepaald voor het jaar 1975 door bewerking van statistische gegevens (CBS, 1975; LEI, 1976a, 1976b, 1977; LEI & CBS, 1977a, 1977b). De beschikbare hoeveelheid bodemvocht is berekend uit de door Rijtema (1969) gegeven pF-curven (tussen pF 2,0 en pF 4,2) en de bewortelingsdiepten van de gewassen. Hiertoe is voor elk bodemtype de best passende 'Rijtema-grond' geselecteerd. Als bewortelingsdiepte is voor granen, maïs en suikerbieten 80 cm, voor aardappelen 60 cm en voor gras 30 cm aangenomen.

Uit de totale hoeveelheid toegediende stikstof per bedrijf en een door Sluiman (1974)

bepaalde verdeling over de verschillende gewassen in verschillende gebieden van het land is de stikstofbemesting per gewas geschat, terwijl voor gras tevens de aangewende stalmest in rekening is gebracht.

Met behulp van de Rassenlijst 1974 (Commissie Samenstelling Rassenlijst, 1974) is een schatting gemaakt voor de verdeling van zomer- en wintergranen. In deze cijfers zijn de arealen voor alle granen (tarwe, gerst, haver en rogge) verwerkt, waarbij enig aanpassen noodzakelijk bleek, omdat de door ons onderscheiden klassen niet overeenkomen met de in de rassenlijst gebruikte gebieden.

Het is niet bekend in welke klassen snijmaïs voorkomt. Aangenomen wordt dat op het akkerbouwareaal van de weidebedrijven alleen snijmaïs verbouwd wordt; dit areaal is ruim 107 000 ha, terwijl in 1975 ruim 77 000 ha snijmaïs werd verbouwd. Een deel van het akkerbouwareaal van de weidebedrijven is dus voor andere voedergewassen gebruikt. Omdat onbekend is welk deel dat is en omdat het voor de berekening van de melkgift, die het uiteindelijke doel is van de berekening, niet zoveel zal uitmaken, is aangenomen dat het gehele areaal bebouwd is met snijmaïs. De invloed van deze aanname op de melkproduktie is ook nagegaan.

De fokzeugen zijn als 0,5 g.v.e. per stuk bij het aantal g.v.e. geteld. Hoewel ze wat voedselopname betreft misschien niet gelijk zijn aan 0,5 g.v.e., lijkt de aanname redelijk, omdat ze de weide nogal vernielen.

Alle gebruikte invoergegevens zijn samengevat in tabel 4.

3 Berekening van de gewasproductie

3.1 GRAANGEWASSEN

Er wordt onderscheid gemaakt tussen winter- en zomergranen vanwege verschillen in de lengte van het groeiseizoen.

Wintergranen. De droge-stofproductie van wintergranen voor en gedurende de winter kan worden verwaarloosd. De groei begint omstreeks 15 april; een gesloten gewasdek wordt bereikt omstreeks 15 mei, terwijl 15 augustus als oogstdatum wordt aangehouden. Door onvolledige grondbedekking in het begin van de groeiperiode wordt niet alle licht onderschept, waarvoor gecorrigeerd wordt door de eerste tweeweekse periode voor slechts 25% en de tweede voor 50% in rekening te brengen. In de praktijk begint het gewas aan het einde van de groeiperiode af te sterven en kan niet meer optimaal produceren. De laatste tweeweekse periode wordt daarom ook voor slechts 50% in rekening gebracht.

De maximale graanopbrengst wordt verkregen door de totale droge-stofproductie te vermenigvuldigen met de oogstindex, waarvoor een waarde van 0,40 is aangehouden. Ongerekend op 15% vocht, wordt die maximale opbrengst dan 7,0, 8,5, 10,0 en 10,4 t.ha⁻¹ bij een vocht-houdend vermogen van de grond van 50, 100, 150 en 200 mm.

Zomergranen. De groei begint omstreeks 1 mei, het gewas is dan omstreeks 1 juni gesloten, terwijl de oogst circa 25 augustus plaatsvindt. Evenals bij wintergranen wordt de eerste tweeweekse periode voor 25% in rekening gebracht, de tweede voor 50% en de laatste twee weken voor de oogst eveneens voor 50%.

De graanproductie wordt als bij wintergranen berekend en bedraagt voor de vier bodemvochtklassen respectievelijk 6,7, 8,0, 9,3 en 9,7 t.ha⁻¹.

3.1.1 Reducties

De in paragraaf 3.1 berekende graanproducties kunnen worden behaald met een zeer intensief beheerssysteem. De voornaamste reden dat onder praktijkomstandigheden lagere opbrengsten worden verkregen, lijkt het optreden van roest en afrijpingsziekten te zijn (De Vos, CABO, Wageningen, pers. meded.). Dit complex van ziekten, over het algemeen optredend na de aaraanleg, tast de bladeren aan, die daardoor sneller verouderen en vergelen. Hierdoor treedt een vermindering van de fotosynthesecapaciteit op, terwijl ook de groeiduur wordt bekort omdat het blad eerder 'verouderd' is dan de aar. De mate van reductie in opbrengst hangt natuurlijk af van de ernst van de aantasting. Deze wordt beïnvloed door de weersomstandigheden, de intensiteit van ziektebestrijding etc. Een opbrengstvermindering van 20% lijkt echter een goede schatting (De Wit, 1975). Deze vermindering, gecombineerd met een vermindering van 10% om tot het resultaat van een 'gemiddelde' boer te komen leidt tot een in de praktijk maximale opbrengst zoals vermeld in tabel 5.

Tabel 5. De maximale graanproductie ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) bij 15% vocht onder praktijkomstandigheden bij een vochthoudend vermogen van de grond van 50, 100, 150 en 200 mm.

	Maximale produktie ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) bij een vocht-houdend vermogen van:			
	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
Wintergraan	5050	6150	7150	7450
Zomergraan	4800	5700	6700	6950

3.1.2 Stikstofrelaties

Er lijkt geen reden te zijn om aan te nemen dat de opname - opbrengstcurve verschillend is voor zomer- en wintergranen. Bij de constructie van de curve is uitgegaan van een beginhelling van 70 kg korrel per kg opgenomen stikstof (Van Keulen, 1977).

Zoals opgemerkt in paragraaf 2.1, wordt door ziekten alleen het maximumniveau verlaagd en niet de initiële efficiëntie, omdat de ziekten die tot opbrengstvermindering leiden, voornamelijk optreden in gewassen met een hoog stikstofgehalte. De stikstofopname zonder bemesting is voor kleigrond op $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en voor zandgrond op $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ gesteld. Deze gemiddelde waarden zijn bepaald op basis van gegevens van de laatste jaren. Ze variëren sterk in afhankelijkheid van het weer in de voorafgaande winter en van de voorvrucht. Ook de opname-efficiënties lopen sterk uiteen: de waarden liggen tussen 0,4 en 0,9. Het lijkt redelijk een waarde van 0,5 aan te houden voor zandgrond (waar het uitspoelingsgevaar wat groter is) en 0,6 voor kleigrond, hoewel het niet volledig duidelijk is waarom deze waarden zo laag zijn (fig. 2).

3.1.3 Opbrengst

Met behulp van de invoergegevens uit tabel 4 kunnen uit figuur 2 schattingen van de opbrengst van zomer- en wintergranen per klasse gemaakt worden (tabel 6). Uit de schattingen blijkt dat in alle gevallen hogere gemiddelde opbrengsten mogelijk zouden zijn geweest door het toedienen van meer stikstof. De verhouding wintergranen/zomergranen in aanmerking nemend kan per klasse de totale graanopbrengst worden berekend (tabel 6).

3.2 AARDAPPELEN

In verband met verschillen in de lengte van het groeiseizoen wordt er onderscheid gemaakt tussen pootaardappelen, vroege en late consumptie-aardappelen en fabrieksaardappelen.

Pootaardappelen. Voor de bepaling van het groeiseizoen van de pootaardappelen is uitgegaan van de gegevens van de grootste klasse, en de meest gebruikte variëteit op het grootste areaal (Bintje A, polders). De opkomstdatum is tussen 5 en 10 mei; het duurt ongeveer een maand voor het gewas gesloten is en omstreeks 25 juli wordt het loof doodgespoten. Deze laatste datum, geldend voor een gemiddeld jaar, kan nogal variëren, afhanke-

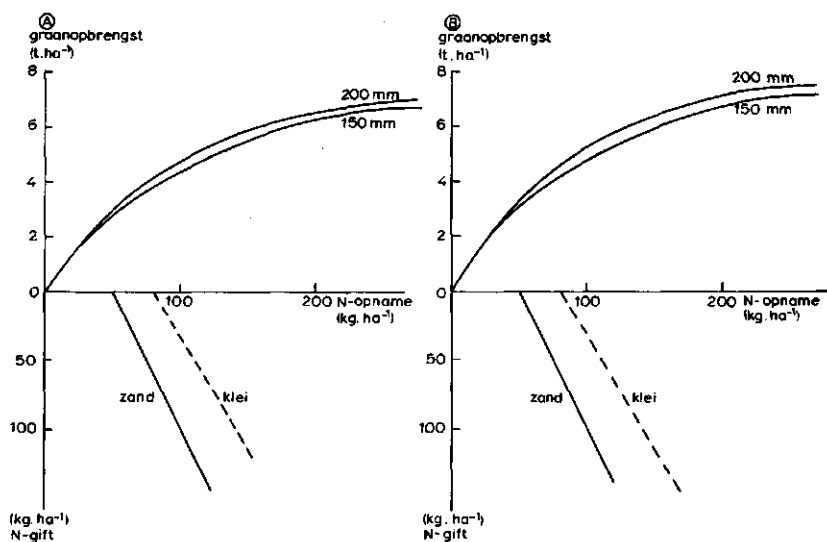


Fig. 2. Het verband tussen de stikstofopname en de graanopbrengst enerzijds en tussen de stikstofgift en de stikstofopname anderzijds. A: zomergranen, B: wintergranen.

Tabel 6. Opbrengst granen ($t. ha^{-1}$) bij een vochtgehalte van 15%.

Klasse	Wintergranen	Zomergranen	Totaal granen
11A	5,8	5,3	5,6
11B	5,8	5,3	5,6
12B	5,7	5,3	5,5
24A	4,5	4,4	4,4
21B, 22B, 24B, 26B	4,6	4,5	4,5

lijk van de ontwikkeling van de bladluizen, die in sterke mate bepaald wordt door de weersomstandigheden. In verband met de onvolledige grondbedekking gedurende de eerste maand na opkomst wordt de eerste tweeweekse periode slechts voor 25% en de tweede voor 50% in rekening gebracht. Bij de oogst is het aandeel van de knollen ongeveer 60% van de droge stof; de knollen hebben een droge-stofgehalte van 20%. De maximale verse-knolproductie bij een vochthoudend vermogen van de vrond van 50, 100, 150 en 200 mm wordt dan respectievelijk: 26, 34, 41 en 43 $t. ha^{-1}$.

Vroege consumptie-aardappelen. Wat groeiseizoen betreft is er geen verschil gemaakt tussen pootaardappelen en vroege consumptie-aardappelen. De grondbedekking wordt in de meeste gevallen geen 100%, omdat men een tamelijk wijd plantverband aanhoudt om een grovere sortering te krijgen. In verband hiermee wordt de totale droge-stofproductie met 10% verminderd. Het aandeel van de knollen is bij de vroege consumptie-aardappelen ongeveer 80% van de droge stof; de knollen hebben een droge-stofgehalte van 22%. De maximale verse-knolproductie van vroege consumptie-aardappelen bij een vochthoudend vermogen van de grond van 50, 100, 150 en 200 mm wordt dan respectievelijk: 29, 37, 45 en 47 $t. ha^{-1}$.

Late consumptie-aardappelen. Middenlate en late consumptie-aardappelen worden hier als één groep behandeld, omdat ze voor het overgrote deel tot de late aardappelen behoren.

De opkomst is omstreeks 15 mei; na een maand is een gesloten gewasdek gevormd en als gemiddelde oogstdatum is 15 september gekozen. In feite valt de oogst niet op een bepaalde datum, maar duurt de oogstperiode een maand of langer. Vanaf half augustus is de grondbedekking niet meer volledig door afsterving van het loof en door legering. Daarom wordt de eerste tweewekse periode na opkomst voor 25%, de tweede voor 50% in rekening gebracht, terwijl de laatste helft van augustus voor 50% en de eerste helft van september voor 25% wordt meegerekend. Het aandeel van de knollen is 80% van de droge stof; de knollen hebben een droge-stofgehalte van 22%. De verse-knolopbrengst bedraagt dan voor de vier bodemvochtclassen respectievelijk 50, 57, 66 en 70 t.ha⁻¹.

Fabrieksaardappelen. Voor de fabrieksaardappelen is het begin van het groeiseizoen gelijk aan dat van de late consumptie-aardappelen. Vaststelling van een oogstdatum is moeilijker, omdat in verband met de verwerking de oogst over een langere periode is uitgespreid. Als gefixeerde datum is hier eind september aangehouden, wanneer ongeveer de helft van het areaal is geoogst. Dit zou tot een lichte overschatting van de opbrengst kunnen leiden, aangezien de extra groei van dan nog niet geoogste percelen minder is dan wat de reeds eind augustus gerooide percelen aan opbrengst hebben gemist. De verslechtering van de kwaliteit van het loof wordt in rekening gebracht door de eerste helft van september met 50% en de tweede helft met 75% te reduceren. Het aandeel van de knollen is eveneens 80% van de droge stof; het droge-stofgehalte van de knollen is circa 24%. De maximale verse-knolopbrengsten zijn voor de vier bodemvochtclassen respectievelijk 54, 61, 69 en 74 t.ha⁻¹.

3.2.1 Stikstofrelaties

Er is aangenomen dat het begintraject van de opname - opbrengstrelatie voor alle aardappelen gelijk is, met een initiële helling van 440 kg verse knollen per kg opgenomen stikstof.

Er is geen reden om aan te nemen dat aantasting door virusziekten die tot opbrengstderiving leidt, beïnvloed wordt door het stikstofgehalte van het gewas. De reductie door ziekten en de oogstverliezen worden daarom dan ook in rekening gebracht, nadat een schatting van de opbrengst gemaakt is op grond van de stikstofbemesting. Voor pootaardappelen en vroege consumptie-aardappelen is de stikstofopname zonder bemesting op 70 kg.ha⁻¹ geschat, met een opname-efficiëntie van de stikstofgift van 50%, voor late consumptie-aardappelen en fabrieksaardappelen zijn waarden aangenomen van 110 kg.ha⁻¹ en 50% voor kleigrond en 85 kg.ha⁻¹ en 60% voor zandgrond zoals aangegeven in figuur 3.

3.2.2 Opbrengst

Aangenomen wordt dat in de klassen 21B, 22B, 24B en 26B uitsluitend fabrieksaardappelteelt plaatsvindt. Het voor de teelt benodigde pootgoed wordt door de telers zelf vermeerderd; daarvoor is ongeveer 10% van het areaal nodig. In de opbrengstgegevens, zoals ze in de statistiek verschijnen, is de opbrengst per hectare verkregen door de totale productie te delen door het areaal fabrieksaardappelen, inclusief het voor de vermeerdering van het pootgoed bestemde areaal. Daarom is de opbrengst van 1975 vermenigvuldigd met 1,1 om de

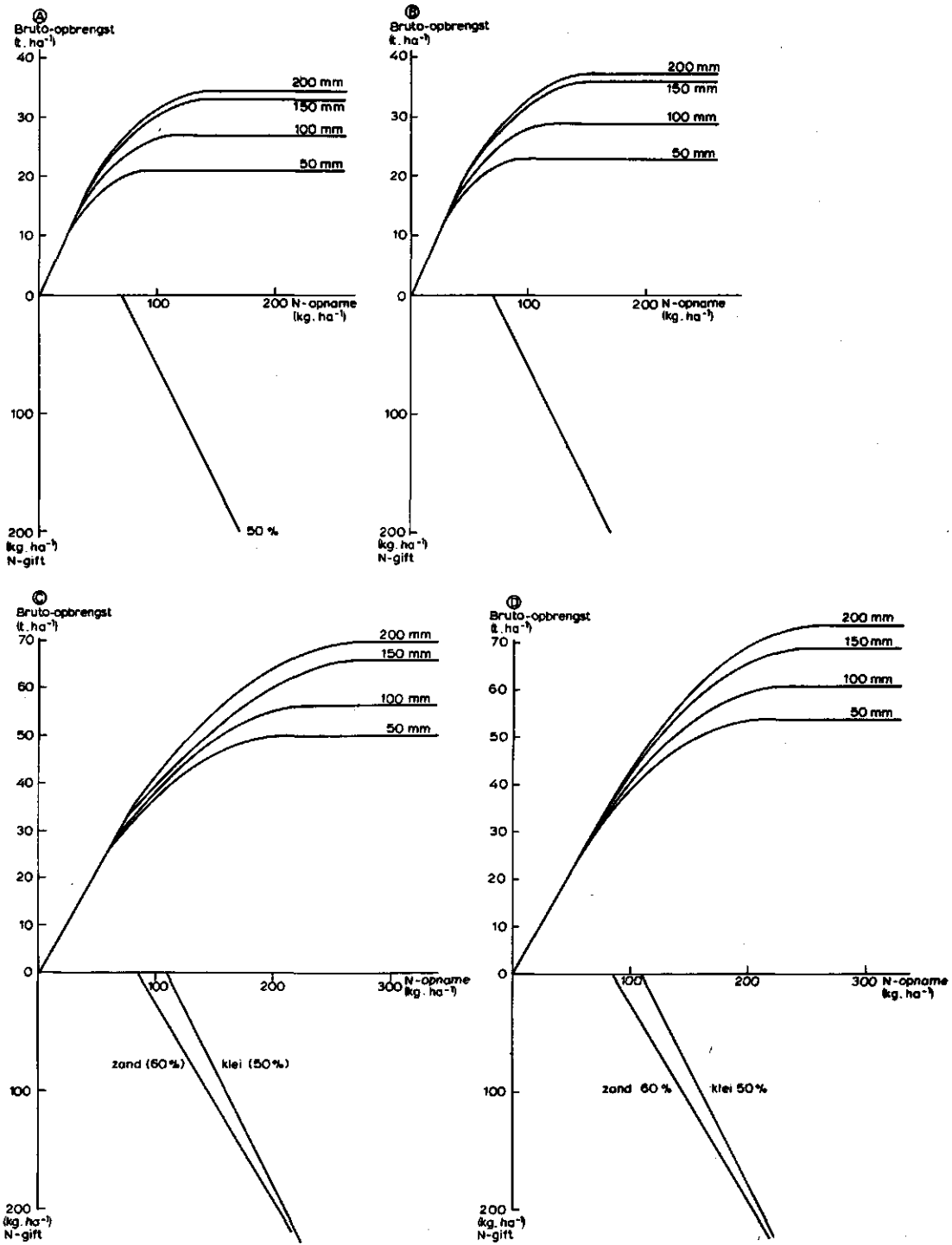


Fig. 3. Het verband tussen de stikstofopname en de bruto-knolopbrengst enerzijds en tussen de stikstofgift en de stikstofopname anderzijds. A: pootaardappelen, B: vroege consumptie-aardappelen, C: late consumptie-aardappelen, D: fabrieksaardappelen.

werkelijke opbrengst te krijgen. Voor de overige klassen is aangenomen dat de areaalverdeling is: 33% pootaardappelen, 8% vroege consumptie-aardappelen en 59% late consumptie-aardappelen (LEI & CBS, 1977).

Met behulp van de invoergegevens uit tabel 4 kunnen uit figuur 3 schattingen van de bruto-opbrengst per klasse gemaakt worden. Op deze opbrengsten zijn een aantal reducties aangebracht, om tot de netto-opbrengst te komen:

- Een reductie van 10% om op de opbrengst van een 'gemiddelde' boer te komen.
- Rooiverliezen: Er zijn in de praktijk erg grote verschillen, afhankelijk van de nauwkeurigheid van afstellen van de rooimachines, grondsoort, toestand van de grond en toestand van het gewas. Gemiddeld is bij late consumptie-aardappelen en fabrieksaardappelen het rooiverlies 10% (Lunkes, 1977; Lunkus & Meerman, 1973). Aangenomen is dat bij de veel duurdere pootaardappelen en vroege consumptie-aardappelen nauwkeuriger geroid wordt; daarom zijn hier de rooiverliezen op 5% gesteld.
- Verliezen door virusziekten, onzorgvuldig voorkiemen of het nalaten van voorkiemen e.d. zijn bij pootaardappelen en vroege consumptie-aardappelen verwaarloosbaar geacht. Het overgrote deel van de telers van late consumptie-aardappelen gebruikt pootgoed dat door de NAK is goedgekeurd. Dit sluit echter niet uit dat in sommige jaren een groot percentage planten door ziekten vroegtijdig afsterft, waardoor de opbrengst wordt verminderd. De telers van fabrieksaardappelen vermeederen hun eigen pootgoed, waardoor bij de teelt van fabrieksaardappelen meer ziekten optreden dan bij de teelt van consumptie-aardappelen. Bovendien wordt hier meestal niet of onvoldoende voorgekiemd, zodat de stand vaak onregelmatiger is dan bij de teelt van consumptie-aardappelen. De verliezen bij de teelt van consumptie-aardappelen zijn daarom op 5%, bij de teelt van fabrieksaardappelen op 15% gesteld. Rekening houdend met de verdeling van de onderscheiden teelten, is de gemiddelde opbrengst per klasse te berekenen (tabel 7).

3.3 SUIKERBIETEN

De opkomstdatum bij suikerbieten is ongeveer 15 mei. Door een trage begingroei is echter pas eind juni het gewas gesloten. De oogst is over een lange periode gespreid; als gemiddelde oogstdatum is 15 oktober gekozen. Het gewas blijft tot de oogst de grond vrijwel volledig bedekken. In verband met de onvolledige grondbedekking aan het begin van het groeiseizoen wordt de eerste tweeweekse periode voor slechts 12,5%, de tweede voor 25% en

Tabel 7. Bruto- en nettoproductie van aardappelen (t.ha⁻¹)

Klasse	Brutoproductie				Nettoproductie				Gem. netto-opbrengst
	poot-aard.	vroege cons. aard.	late cons. aard.	fabr. aard.	poot-aard.	vroege cons. aard.	late cons. aard.	fabr. aard.	
11A, 11B	41	46	61		35	39	47		42
12B	40	44	58		34	38	45		40
24A	35	38	57		30	32	44		39
21B, 22B, 24B, 26B				63				43	43

de derde voor 50% in rekening gebracht. Bij de oogst vormen de bieten ongeveer 60% van de totale gevormde droge stof (inclusief het tijdens de groei afgevallen blad). Bij hoge productie is het suikergehalte circa 80 gewichtsprocenten betrokken op massa droge stof en betrokken op vers gewicht circa 16%. De maximale suikerproductie is dan respectievelijk 9, 10, 11 en 11 t.ha⁻¹ voor de vier bodemvochtclassen.

3.3.1 Stikstofrelaties

Bij de constructie van de opname - opbrengstcurve is uitgegaan van een beginhelling van 80 kg suiker per kg opgenomen stikstof. De stikstofopname zonder bemesting is voor klei op 130 kg.ha⁻¹ en voor zandgrond op 100 kg.ha⁻¹ gesteld, met een efficiëntie van de stikstofbemesting van respectievelijk 55 en 60%, zoals aangegeven in figuur 4.

3.3.2 Opbrengst

Met behulp van de in tabel 4 vermelde invoergegevens kunnen uit figuur 4 schattingen worden gemaakt van de bruto-opbrengst per klasse. De volgende reducties zijn aangebracht om van bruto- tot netto-productie te komen (de verliezen in de fabriek zijn hierbij niet inbegrepen):

- Een reductie van 10% om op de opbrengst van een 'gemiddelde' boer te komen.
- De oogstverliezen, bestaande uit de verliezen door te diep koppen, puntbreuk en verliezen op de grond, variëren sterk en zijn door de mechanisatie ongeveer verdubbeld. Als gemiddelde waarde is hiervoor 8% genomen (Andringa, 1977; Brand, 1975).

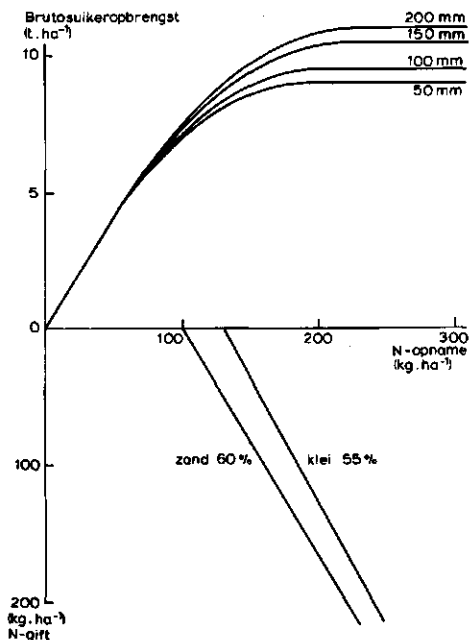


Fig. 4. Het verband tussen de stikstofopname en de suikeropbrengst enerzijds en tussen de stikstofgift en de stikstofopname anderzijds bij suikerbieten.

- Tussen oogst en verwerking door de fabriek liggen de bieten op een grote hoop. Veel bieten zijn tijdens de oogst en door het overstorten beschadigd. De temperatuur in de hoop kan erg hoog worden. Daardoor treedt een aanzienlijk verlies aan suiker op ten gevolge van verademing, dat hier geschat wordt op 4% (De Vletter, 1973).

- Ook suikerbieten hebben van ziekten te lijden. Die aantasting, het voorkomen van 'schie-ters' en een onregelmatige stand hebben een opbrengstderving ten gevolge die geschat is op 5%.

Bruto- en nettoproductie per klasse zijn vermeld in tabel 8.

3.4 SNIJMAIS

Als opkomstdatum voor snijmaïs is 15 mei aangenomen. Evenals bij suikerbieten is de begingroei traag en wordt de maximale grondbedekking pas eind juni bereikt. Om een goede kolfzetting te bereiken wordt tamelijk wijd geplant, zodat een volledige grondbedekking bijna nooit ontstaat. De oogst heeft plaats in september, als oogstdatum is 15 september aangehouden. In verband met de onvolledige grondbedekking tijdens de begingroei wordt dezelfde procedure gevolgd als bij suikerbieten. Voor de rest van het groeiseizoen wordt een vermindering van 10% in rekening gebracht omdat een volledige grondbedekking niet wordt gehaald. Het oogstbare deel van de snijmaïs is ongeveer 80% van de totaal gevormde droge stof. De rest bestaat uit wortels en stoppel.

3.4.1 Stikstofrelaties

Omdat zeer veel snijmaïspercelen gebruikt worden om een teveel aan organische mest te verwerken, is aangenomen dat voor dit gewas stikstof geen beperkende factor voor de produktie is.

3.4.2 Opbrengst

Verliezen tijdens de oogst en door ziekten zijn verwaarloosd. Er is slechts een vermindering van 10% toegepast om op de produktie van de 'gemiddelde' boer te komen en een reductie van 10% voor conserveringsverliezen. De maximale nettoproducties droge stof worden dan 8,9, 9,5, 10,7 en 11,5 t.ha⁻¹ op gronden met een vochthoudend vermogen van respectievelijk 50, 100, 150 en 200 mm.

Met behulp van de gegevens uit tabel 4 kan een schatting van de opbrengst in de verschillende klassen worden gemaakt (tabel 9).

Tabel 8. Bruto- en nettoproductie van bietsuiker (t.ha⁻¹).

Klasse	Brutoproductie	Nettoproductie
11A	11,0	8,3
11B	11,0	8,3
12B	10,8	8,2
24A	10,5	7,9
21B, 22B, 24B, 26B	10,6	8,0

Tabel 9. Opbrengst snijmaïs.

Klasse	Snijmaïsoopbrengst (droge stof)		
	t.ha ⁻¹	t.bedrijf ⁻¹	t.(g.v.e.) ⁻¹
12A/16A	11,5	10,4	0,68
13B/16B	11,5	23,0	0,41
21A/26A, a	11,1	5,6	0,31
21A/26A, b	11,1	14,4	1,29
21A/26A, c	11,1	8,8	1,16
23B	10,4	41,8	0,84
25B	11,5	50,7	0,97

3.5 GRAS

Grasland wordt op twee manieren gebruikt: voor weiden van vee en voor maaien van wintervoer. Het gemaaid gras kan tot hooi of tot kuilvoer worden verwerkt. Vaak wordt een perceel gras in hetzelfde jaar zowel beweid als gemaaid. Hier is zodanig geschematiseerd dat weiden en maaien op verschillende stukken land plaatsvinden. Weiden komt overeen met zesmaal maaien per jaar en wel op 20 mei, 10 juni, 10 juli, 10 augustus, 10 september en 20 oktober. Winning van wintervoer vindt plaats door drie keer maaien, op 10 juni, 10 augustus en 30 oktober. Er wordt verondersteld dat de eerste snede voor wintervoer als hooi wordt gewonnen, terwijl de andere twee sneden als kuilvoer verwerkt worden. Na elke keer maaien heeft het gewas enige tijd nodig om weer een gesloten gewasdek te vormen. Uit gegevens van Alberda & Sibma (1968) volgt dat dit ongeveer drie weken duurt, gedurende welke periode het gewas slechts de helft produceert van een gesloten gewas. Na het maaien voor hooiwinning is aangenomen dat de snede gedurende tien dagen op het land blijft liggen. In deze tijd is er geen productie.

Het maaipercentage was in 1975 ongeveer 100%. Bij de aanname dat er driemaal gemaaid wordt, betekent dit dat 67% van het graslandareaal wordt beweid en 33% wordt gebruikt voor het winnen van wintervoer. Wortels en stoppel vormen circa 40% van de totaal gevormde droge stof. De maximale brutogewasproductie bij beweiding is dan 13,2, 14,6, 15,7 en 16,1 t.ha⁻¹ en voor wintervoederwinning 15,2, 16,8, 18,0 en 18,5 t.ha⁻¹ voor gronden met een vochthoudend vermogen van respectievelijk 50, 100, 150 en 200 mm.

3.5.1 Stikstofrelaties

In Nederland laat men het gras niet zo oud worden dat het stikstofgehalte de minimumwaarde kan bereiken (Brown, 1978). Daarom is voor gras in het stadium waarin men het in Nederland maait, een gehalte aangenomen van minstens 2% en voor gras op het ogenblik dat het vee wordt ingeschaard van 2,5% of hoger. De stikstofopname zonder bemesting is voor zandgrond op 170 kg.ha⁻¹, voor kleigrond op 150 kg.ha⁻¹ en voor veengrond op 240 kg.ha⁻¹ gesteld (Van Steenberghe, 1977).

Wat de opname-efficiënties betreft is er niet alleen verschil tussen de grondsoorten, maar ook tussen de verschillende gebruikswijzen. Beweide percelen krijgen, zodra het vee een perceel verlaten heeft, een stikstofbemesting. Ook na maaien volgt een bemesting. In-

dien een zelfde hoeveelheid stikstof verdeeld over zes giften wordt toegediend wordt deze efficiënter benut dan wanneer dezelfde hoeveelheid verdeeld over drie giften wordt toegediend. Daarom zijn de efficiënties bij beweiden wat hoger dan bij maaien. Bij een zelfde grondsoort is ook onderscheid gemaakt tussen natte grond en normaal vochthoudende grond. Bij een natte grond zijn de verliezen groter verondersteld dan bij normaal vochthoudende gronden (denitrificatie, uitspoeling). Aangenomen zijn efficiënties als in tabel 10 gegeven.

Omdat niet precies bekend is waar en in welke hoeveelheden stalmest wordt aangewend, is aangenomen dat in elke klasse 20 ton drijfmest per hectare grasland wordt gegeven. Het restant van de drijfmest plus de mest van varkens en pluimvee wordt op de snijmaïs gegeven. Bij een stikstofgehalte van 0,44% en een werkingscoëfficiënt van 0,40 betekent deze organische mest een extra stikstofgift van $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Deze hoeveelheid wordt opgeteld bij de in tabel 4 vermelde hoeveelheden kunstmest voor aflozing in figuur 5.

3.5.2 Opbrengst

Met behulp van de invoergegevens uit tabel 4 kunnen uit figuur 5 schattingen worden gemaakt van de bruto-opbrengst in de verschillende klassen. Op deze schattingen werden de volgende reducties aangebracht:

- Een reductie van 10% om tot de opbrengst van een 'gemiddelde' boer te komen.
- De beweidingsverliezen zijn op 30% geschat, de maaiverliezen op 35%.

Bruto- en nettogewasproductie per klasse staan vermeld in tabel 11.

3.6 MELKPRODUKTIE

De melkproductie is berekend uit de hoeveelheid voer per melkkoe. De hoeveelheid gras en maïs is evenredig verdeeld over de melkkoeien, het overige grootvee en de fokzeugen; het krachtvoer is alleen aan het melkvee verstrekt. Alle voer is omgerekend op voedereenheden melk (VEM; VEM is een dimensieloze grootte die de verhouding weergeeft tussen de netto-energie van het voer uitgedrukt in kcal en de netto-energie van 1 kg gerst (1625 kcal.), vermenigvuldigd met 1000). Voor krachtvoer is een VEM-waarde van 1090 genomen, voor gras 880 en voor maïs 910. Van de VEM van het voer worden afgetrokken de VEM nodig voor onderhoud van de koe en voor de produktie van een kalf (gesteld op $2 \cdot 10^6$ per jaar), waarna het restant wordt geacht gebruikt te zijn voor de produktie van melk, en via de VEM

Tabel 10. De stikstof-opname-efficiënties voor gras bij verschillende gebruikswijzen (beweiden en maaien) op natte grond en normaal vochthoudende grond.

	Beweiden		Maaien	
	nat	normaal vochthoudend	nat	normaal vochthoudend
Zand	0,50	0,60	0,40	0,50
Klei	0,50	0,60	0,40	0,50
Veen	0,40	0,50	0,30	0,40

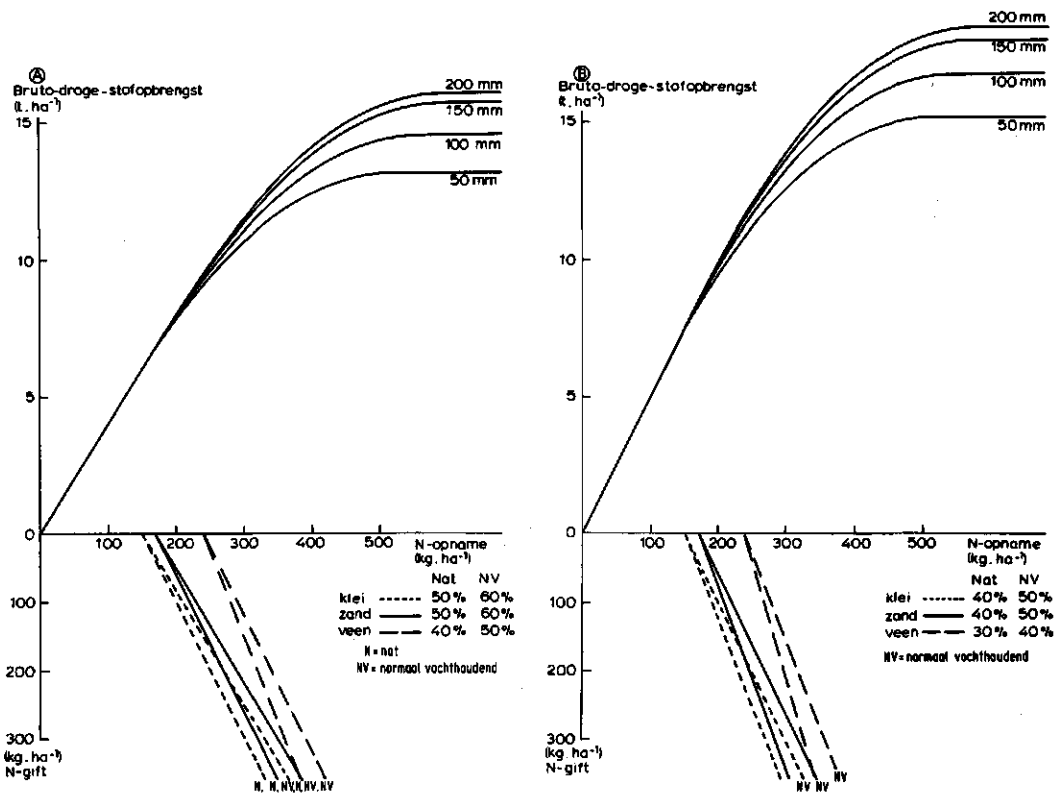


Fig. 5. Het verband tussen de stikstofopname en de droge-stofopbrengst enerzijds en tussen stikstofgift en stikstofopname anderzijds. A: weidegras, B: gras voor wintervoer.

Tabel 11. Bruto- en nettoproductie van droge stof van gras ($t \cdot ha^{-1}$).

Klasse	Brutoproductie		Nettoproductie		Gem. totale productie
	weiden	maaien	weiden	maaien	
11A	10,2	11,7	6,4	6,8	6,5
11B	11,9	12,3	7,5	7,8	7,6
12A/16A	10,0	11,2	6,3	6,6	6,4
12B	11,6	12,8	7,3	7,5	7,4
13B/16B	10,4	11,7	6,6	6,8	6,7
21A/26A, a	11,7	13,0	7,4	7,6	7,5
21A/26A, b	12,3	13,7	7,7	8,0	7,8
21A/26A, c	11,4	12,8	7,2	7,5	7,3
21B/26B	12,0	13,3	7,6	7,8	7,7
22B	11,4	12,7	7,2	7,4	7,3
23B	11,5	12,6	7,2	7,4	7,3
24B	12,1	13,4	7,6	7,8	7,7
25B	12,6	14,1	7,9	8,2	8,0

per volume melk (450 per liter) omgerekend in volume melk per tijd (Anoniem, 1976; Benedictus, 1977). De resultaten zijn vermeld in tabel 12.

Tabel 12. VEM per melkkoe en melkproduktie (t.melkkoe⁻¹).

Klasse	Voer (t.melkkoe ⁻¹)			Voer (VEM per melkkoe (· 10 ⁶))			Melkproduktie per melkkoe ⁻¹	
	maïs	gras	kracht-voer	maïs	gras	kracht-voer	VEM (· 10 ⁶)	t.melkkoe ⁻¹
11A		3,1	1,4		2,7	1,5	2,2	4,9
11B		3,3	1,6		2,9	1,7	2,6	5,8
12A/16A	0,68	2,7	1,4	0,6	2,4	1,5	2,5	5,6
12B		3,2	1,7		2,8	1,9	2,7	6,0
13B/16B	0,41	2,8	1,6	0,4	2,5	1,7	2,6	5,8
21A/26A, a	0,31	3,1	1,7	0,3	2,7	1,9	2,9	6,4
21A/26A, b	1,29	4,1	1,8	1,2	3,6	2,0	4,8	10,7
21A/26A, c	1,16	2,4	*	1,1	2,1	*	*	*
21B/26B		2,7	1,7		2,4	1,9	2,3	5,1
22B		2,6	1,7		2,3	1,9	2,2	4,9
23B	0,84	2,5	1,8	0,8	2,2	2,0	3,0	6,7
24B		2,9	1,7		2,6	1,9	2,5	5,6
25B	0,97	3,3	2,0	0,9	2,9	2,2	4,0	8,9

4 Discussie

In tabel 13 zijn de resultaten van de berekeningen en de in 1975 volgens de landbouwstatistiek behaalde opbrengsten samengevat. Het is opvallend dat in bijna alle klassen de berekende produkties hoger zijn dan de in 1975 behaalde opbrengsten. Uit de Landbouwcijfers (LEI & CBS, 1977) blijkt dat de graanopbrengsten en de melkproduktie per koe in 1975 op ongeveer hetzelfde niveau lagen als in de voorgaande jaren; aardappel- en bietenopbrengsten waren in dat jaar echter ongeveer 10% lager. Daarmee rekening houdend (de berekeningen zijn uitgevoerd voor een 'gemiddeld' jaar) zijn de geschatte opbrengsten op een enkele uitzondering na in redelijke overeenstemming met de actuele opbrengsten. Het is echter goed zich te realiseren dat bij de berekening gebruik gemaakt is van een relatief grote hoeveelheid kennis van de Nederlandse landbouw: veel van de schattingen over verliezen door ziekte, tijdens het rooien etc. zijn gebaseerd op de resultaten van vrij uitgebreide onderzoeken die in Nederland zijn verricht.

Het toepassen van eenzelfde berekeningswijze voor gebieden waarvan veel minder bekend is ten aanzien van zowel de ingezette middelen als ook de gevolgde beheerstechnieken, zal daarom voorafgegaan moeten worden door ofwel testen op meer regionale schaal waar gemakkelijker inzicht in de processen kan worden verkregen, ofwel 'tuning' van het model met behulp van gegevens van een 'standaard' jaar. Deze laatste methode verdient het minst aanbeveling, omdat daardoor de algemene toepasbaarheid van het model kleiner wordt.

Tabel 13. De berekende en gerealiseerde opbrengsten voor 1975 ($t \cdot ha^{-1}$) van granen (gewichtpercentage vocht 15%), aardappelen (verse-knolproduktie, bietsuiker ($t \cdot ha^{-1}$)) en melk ($t \cdot melkkoe^{-1}$). Tussen haakjes: de berekende melkproduktie, wanneer op het niet onder gras liggend areaal handelsgewassen zouden zijn verbouwd.

Klasse	Granen		Aardappelen		Bietsuiker		Melk	
	ber.	1975	ber.	1975	ber.	1975	ber.	1975
11A	5,6	4,2	42	32	8,3	7,5	4,9	4,7
11B	5,6	5,0	42	34	8,3	7,6	5,8	5,2
12A/16A							5,6 (4,2)	4,7
12B	5,5	5,1	40	31	8,2	7,0	6,0	5,0
13B/16B							5,8 (4,9)	4,8
21A/26A, a							6,4 (5,8)	4,6
21A/26A, b							10,7 (8,0)	4,5
21A/26A, c							.	4,6
21B, 22B, 24B, 26B	4,5	4,4	43	31	8,0	6,4		
21B, 26B							5,1	4,9
22B							4,9	5,0
23B							6,7 (4,9)	5,0
24A	4,4	4,4	39	29	7,9	6,5		
24B							5,6	5,0
25B							8,9 (6,9)	4,9

De invloed van 'onzekerheden' in de berekening komt bijvoorbeeld naar voren in de resultaten van de melkproducties in klassen waarin het areaal dat niet onder gras ligt relatief groot is. Er is daar verondersteld dat ten eerste alle stikstof aan het grasland wordt gegeven en ten tweede dat op het areaal dat niet onder gras ligt een voedergewas wordt verbouwd voor eigen gebruik. De berekende melkproductie ligt dan ver boven de werkelijk behaalde. In tabel 13 zijn tussen haakjes de berekende waarden aangegeven, wanneer op het niet onder gras liggend areaal handelsgewassen zouden zijn verbouwd. Enkele schattingen komen dan onder de actuele producties te liggen. Daaruit zou de conclusie getrokken mogen worden dat slechts een gedeelte van het areaal dat niet onder gras ligt voor de verbouw van voedergewassen wordt gebruikt en dat een deel van de stikstof ook op dit areaal wordt aangewend. De twee ook na deze correctie nog sterk naar boven afwijkende klassen zijn die waarin naast melkvee ook relatief veel mestvarkens en pluimvee worden gehouden. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat voor die gebieden de aanname dat al het aangekochte krachtvoer voor het melkvee is gebruikt, de voornaamste oorzaak van deze discrepantie is.

Vergelijkt men de actuele opbrengsten met de eerder vermelde potentiële productiemogelijkheden, dan lijken er voor de hier behandelde gewassen nog ruime mogelijkheden voor produktiviteitsstijging aanwezig. Een belangrijk deel van het 'gat' tussen potentiële en praktijkopbrengsten wordt veroorzaakt door verliezen ten gevolge van ziekte en door oogstverliezen. Deze discrepantie zou althans voor een deel kunnen worden opgeheven door een beter beheer met name wat betreft zorgvuldigheid en tijdigheid, het gebruik van gezond zaai- en pootgoed en een nauwkeuriger ziektebestrijding. Verhoging van de opbrengst zou dan mogelijk zijn door de inzet van meer, hoog gekwalificeerde arbeid, zonder het niveau van de ingezette middelen te verhogen. Het landbouwkundig onderzoek zal zich dan ook, meer dan in het verleden het geval was, moeten richten op een nauwkeuriger analyse van die situatie en op het aangeven van methoden die tot verbetering kunnen leiden.

Eén van de meest in het oog springende verschijnselen hierbij heeft betrekking op de stikstofbemesting. Er blijkt dat voor alle hier behandelde gewassen de opname-efficiëntie van de toegediende kunstmest aan de lage kant is. Verliezen van 30-40% (waarschijnlijk door uitspoeling en denitrificatie) vormen geen uitzondering. Weliswaar is de tegenwoordige prijs van de stikstof nog geen sterke drijfveer voor pogingen zuiniger met dit materiaal om te gaan, maar het is niet zeker dat dat in de toekomst niet zal veranderen. Misschien zou de efficiëntie verhoogd kunnen worden door betere toedieningsmethoden, die dan waarschijnlijk wel arbeidsintensiever zullen zijn (kleinere giften per keer). Zelfs met de lage benuttingspercentages blijkt de hoeveelheid door het gewas opgenomen stikstof (vooral bij suikerbieten) zich te bevinden in het traject, waar wel de stikstofopname en daarmee het stikstofgehalte stijgt, maar waar de opbrengst nauwelijks toeneemt (zie fig. 4). Het lijkt zinvol na te gaan of betere bemestingsadviezen hier niet tot zuiniger gebruik zouden kunnen leiden.

Met betrekking tot gras vallen vooral de zeer hoge maai- en beweidingsverliezen op, waardoor van de potentiële opbrengst van 20 ton droge stof per hectare (Alberda & Sibma, 1968) niet veel meer dan ruim een derde ook werkelijk gehaald wordt. Ook hier lijkt het er weer op dat wel de technieken bekend zijn om deze verliezen te beperken, maar dat in de praktijk de beschikbaarheid van arbeid één van de belangrijkste beperkende factoren is.

Concluderend kan gezegd worden dat de hier uitgewerkte methode tot nuttige en soms verrassende resultaten leidt in verband met het landbouwkundig productieproces. Het lijkt noodzakelijk in een verdere analyse inderdaad ook de arbeidsbehoefte en de beheersaspecten verder te kwantificeren. Daartoe zal ook in het landbouwkundig onderzoek meer aandacht aan deze aspecten moeten worden besteed, in combinatie met teeltkundig onderzoek.

Het toepassen van een zelfde werkwijze om te komen tot uitspraken over de mogelijkheid om de productie in specifieke ontwikkelingslanden te verhogen, zal waarschijnlijk bemoeilijkt worden door gebrek aan kwantitatieve gegevens over de ter plaatse gevolgde productieschema's.

Literatuur

- Alberda, Th., 1977. Possibilities of dry matter production from forage plants under different climatic conditions. In: Proceedings of the 13th International Grassland Congress, Leipzig (in press). Also: Publication 72, Centre for Agrobiological Research, Wageningen.
- Alberda, Th. & L. Sibma, 1968. Dry matter production and light interception of crop surfaces. IV. Maximum herbage production as compared with predicted values. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 16: 142-153.
- Andringa, J.T., 1977. Verliezen bij de oogst van suikerbieten. Publikatie van CLA, IMAG, IRS en PAGV, februari 1977.
- Anoniem, 1976. Verkorte tabel Voedernormen voor Landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoeders. Centraal Veevoeder Bureau, Lelystad.
- Arbab, M., 1972. A CSMP-program for computing Thornthwaite's classification of climate. Report 8, Department of Theoretical Production Ecology, Agricultural University, Wageningen.
- Benedictus, N., 1977. Een nieuw netto-energiesysteem voor herkauwers. *Bedrijfsontwikkeling* 8: 29-40.
- Berkhout, J., 1977. Landschappelijke indeling van de Nederlandse LEI-landbouwgebieden. Nota Stichting Onderzoek Wereldvoedselvoorziening.
- Brand, L.J., 1975. Zijn de verliezen bij de suikerbietenoogst toegenomen door de mechanisatie? Literatuurscriptie afdeling Landbouwplantenteelt en Graslandcultuur, Landbouwhogeschool Wageningen.
- Brown, R.H., 1978. A difference in N-use efficiency in C₃ and C₄ plants and its implications in adaptation and evolution. *Crop Science* 18: 93-98.
- Buringh, P., H.D.J. van Heemst & G.J. Staring, 1975. Computation of the absolute maximum food production of the world. Publikation Nr 598, Section Tropical Soil Science, Department of Soil Science and Geology, Agricultural University Wageningen.
- CBS, 1975. Landbouw telling mei 1975. CBS, Voorburg. ongepubliceerde resultaten.
- Harpaz, Y., 1975. Simulation of the nitrogen balance in semi-arid regions. Ph.D. thesis, Hebrew University, Jerusalem.
- Keulen, H. van, 1975. Simulation of water use and herbage growth in arid regions. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen.
- Keulen, H. van, 1976. A calculation method for potential rice production. Contributions Central Research Institute for Agriculture, Bogor, Indonesia, Nr 21. 26 p.
- Keulen, H. van, 1977. Nitrogen requirements of rice with special reference to Java. Contributions Central Research Institute for Agriculture, Bogor, Indonesia, Nr 30. 67 p.
- LEI, 1976a. Bedrijfsuitkomsten van de landbouwboekjaren 1971/1972 - 1974/1975. Publikatie nr. 3.62.
- LEI, 1976b. Bedrijfsverslag van een modern melkveebedrijf in het rivierkleigebied, Publikatie nr. 3.66.
- LEI, 1977. Varkens 1976. Publikatie nr. 3.65.
- LEI & CBS, 1977a. Landbouwcijfers 1973-1977. LEI Den Haag, CBS, Voorburg.
- LEI & CBS, 1977b. Tuinbouwcijfers 1973-1977. LEI Den Haag, CBS, Voorburg.
- Lieth, H., 1975. Primary productivity in ecosystems: comparative analysis of global patterns. In: W.H. van Dobben & R.H. Lowe-McConnell (Eds). Unifying concepts in ecology. Dr. W. Junk b.v. Publishers, Den Haag, Pudoc, Wageningen. p. 67-88.
- Lumkes, L.M., 1977. Aardappelen als onkruid, oplossingen voor een probleem. *Landbouwmechanisatie* 28: 785-789.
- Lumkes, L.M. & S. Meerman, 1973. Preventieve aardappelopslagbestrijding door cultiveren als hoofdgrondbewerking. *Bedrijfsontwikkeling* 4: 78.
- Paauw, F. van der, 1962. Effect of winter rainfall on the amount of nitrogen available to crops. *Plant and Soil*: 16: 361-380.
- Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society A* 193, London. p. 120-145.
- Penning de Vries, F.W.T., 1974. Substrate utilization and respiration in relation to growth and maintenance in higher plants. *Netherlands Journal of Agricultural Science*

22: 40-44.

- 49ste Rassenlijst voor landbouwgewassen 1974. Commissie Samenstelling Rassenlijst, RIVRO, Bennekom.
- Rijtema, P.E., 1969. Soil moisture forecasting. Nota 513, Institute for Land and Water Management Research, Wageningen.
- Sluiman, W.J., 1974. Een statistisch onderzoek naar het verbruik van stikstofmeststoffen op akkerbouwgewassen. Stikstof no. 77: 151-160.
- Steenbergen, T. van, 1977. Invloed van grondsoort en jaar op het effect van stikstofbemesting op de graslandopbrengst. Stikstof no 85: 9-15.
- Vletter, R. de, 1973. De behandeling van suikerbieten tussen oogst en levering. Bedrijfsontwikkeling 4: 347-353.
- Vos, N.M. de, 1975. Field photosynthesis of winterwheat during the grain filling phase under highly fertile conditions. 2th. International Winterwheat Conference, Zagreb, June 9-19, 1975. p. 251-255.
- Wit, C.T. de, 1958. Transpiration and crop yields. Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen (Agricultural Research Reports) 64.6, Pudoc, Wageningen.
- Wit, C.T. de, 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen (Agricultural Research Reports) 663, Pudoc, Wageningen.
- Wit, C.T. de, 1975. Substitution of labour and energy in agriculture and options for growth. Netherlands Journal of Agricultural Science 23: 145-162.
- Wit, C.T. de & H.D.J. van Heemst, 1976. Aspects of agricultural resources. In: W.T. Koetsier (Ed.), Chemical engineering in a changing world. Proceedings of the Plenary Sessions of the First World Congress on Chemical Engineering, Amsterdam, June 28 - July 1, 1976. Elsevier, Amsterdam. p. 125-145.
- Zachariasse, L.C., 1974. Boer en bedrijfsresultaat. Publikatie no. 8, Vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie, Landbouwhogeschool Wageningen.